



ABSTRACT & PROCEEDING

THE 21ST NARESUAN NATIONAL ACADEMIC CONFERENCE

NARESUAN21ST

RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE

RESEARCH & INNOVATION SYNERGY:
COLLABORATING FOR A
Sustainable Future



กองการวิจัยและนวัตกรรม
NARESUAN UNIVERSITY

ABSTRACT & PROCEEDING

THE 21ST NARESUAN NATIONAL ACADEMIC CONFERENCE

NARESUAN21ST

RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE

RESEARCH & INNOVATION SYNERGY:
COLLABORATING FOR A
Sustainable Future

พิมพ์ครั้งที่ 1

15 สิงหาคม 2568

ISBN (E-BOOK)

978-616-8219-71-3

จัดพิมพ์โดย

กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชั้น 4 โซน A อาคารมหาธรรมราชา 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์

อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

โทร. 0 5596 8641

คำนำ

การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21 มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความร่วมมือด้านการวิจัยและนวัตกรรมระหว่างสถาบันการศึกษา ภาครัฐ ภาคเอกชน และเปิดเวทีให้นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษาทั่วประเทศได้แลกเปลี่ยนผลงานและขับเคลื่อนงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์และสังคมอันจะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมใหม่ที่ตอบโจทย์ความท้าทายของสังคมในอนาคตอย่างยั่งยืน

ปี พ.ศ.2568 การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21 ภายใต้หัวข้อ “Research & Innovation Synergy: Collaborating for a Sustainable Future” ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 17 – 18 กรกฎาคม 2568 ณ ศูนย์แสดงนิทรรศการและการจัดประชุมสมเด็จพระนเรศวรมหาราชมหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยจัดให้มีการนำเสนอผลงานรูปแบบภาคบรรยาย (Oral Presentation) และรูปแบบภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มสาขา คือ กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยมีผลงานวิจัย ผลงานวิทยานิพนธ์ ผลงานการค้นคว้าอิสระ และวิจัยสถาบันที่ได้รับการพิจารณาคัดเลือกจากผู้ทรงคุณวุฒิลงตีพิมพ์บทความใน Abstract/Proceedings จำนวน 74 ผลงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีส่วนผลักดันการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21 “Research & Innovation Synergy: Collaborating for a Sustainable Future” ขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานวิจัยที่เข้าร่วมนำเสนอผลงานทุกท่าน ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่มีส่วนร่วมในการคัดกรองคุณภาพผลงานที่นำเสนอ ซึ่งเป็นมาตรฐานผลงานวิจัย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ให้มีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ ขอขอบคุณหน่วยงานภาคีเครือข่ายต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยที่ร่วมกันนำเสนอบูธนิทรรศการผลงานวิจัยเด่นของมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณผู้สนับสนุนการประชุมวิชาการฯ บริษัท พาราไซแอนติฟิค จำกัด บริษัท ภูติศมฺเทศ จำกัด บริษัท แสงวิทย์ ชายน์ จำกัด บริษัท ออฟฟิเชียล อีควิปเมนต์ แมนูแฟคเจอร์ จำกัด บริษัท เคมีเคิลเฮาส์ แอนด์ แล็บอินสตรูเมนต์ จำกัด บริษัท หริกุล ชายเอนซ์ จำกัด บริษัท เอส.เค.เพาเวอร์เอเบิล จำกัด และ หจก. ไทยกล้าแลนด์ 2001 คอนสตรัคชั่น และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมและส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ท้ายที่สุดมหาวิทยาลัยนเรศวรมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ให้เป็นเวทีทางวิชาการที่มีมาตรฐาน ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาคุณภาพนักวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวรและของประเทศโดยภาพรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง

หน้า

ABSTRACT

Advancing Medical Science for a Healthier Tomorrow: From Discovery to Human Well-Being

Alteration of Astrocyte in the Curcumin Solid Dispersion (CSD)-Treated Paradigm of Dexamethasone-Induced Depression

Ponthip Cheenkhwan 1

Antibacterial Activity of *Xenorhabdus thungxuanensis* in Inhibiting the Growth of Human Pathogenic Bacteria

Yaowapa Sikhaophon 2

Association of GAD1 and GAD2 Genes Polymorphisms with Suicidal Behavior of Major Depressive Disorder Patients in a Thai Population

Siripaporn Kesyou 3

Comparative Effects of *Bacopa monnieri* and *Ginkgo biloba* on Cognitive Functions: A Systematic Review and Network Meta-Analysis

Pailada Tiemtad 4

Effects of CBD-Enriched Hemp Extract and CBD Isolate on Behavioral and Neuronal Changes in a Stress-Induced Anxiety Rat Model

Wanfrutkon Waehama 5

Genetic Association of 5-HTTLPR and rs25531 Polymorphisms with Suicidal Behavior in Major Depressive Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis

Sulaifan Waehama 6

The Effects of Engineered Exosomes on Learning and Memory in a Rat Model of Alzheimer's Disease

Kitiya Duangsaengjan 7

The Proteomic Analysis of the Prefrontal Cortex Reveals Activation of NF- κ B Signalling Pathways in a Rat Model of Chronic Unpredictable Mild Stress-Induced Anxiety

Plaiyfh Janthueng 8

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การพัฒนาเทคนิค High Resolution Melting (HRM) Analysis สำหรับตรวจฮีโมโกลบินคอนสแตนต์สปริงร่วมกับฮีโมโกลบินอี	
ศิริพัฒน์ ม่วงป่า	9-10
การพัฒนาแนวทางวิเคราะห์ทางชีวสารสนเทศที่เข้าถึงได้สำหรับการประเมินความเสี่ยงในระดับจีโนมของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์: กรณีศึกษาจาก Bacillus spp. ที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์	
ชญัญชิตา พันแต้ม	11-12
ประสิทธิภาพของสารสกัดชาและกระชายในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย Escherichia coli เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชา	
พรชนิตว์ ทองอรุณศรี	13-14
ผลของเครื่องดื่มน้ำจากมะม่วงหิมพานต์ต่อภาวะความเครียดออกซิเดชันในหนูแรทที่ถูกเหนี่ยวนำให้สมองเกิดความแก่และเกิดภาวะความจำบกพร่องด้วยสารดี-กาแลคโตส	
วิศรา ทรัพย์พันธุ์	15-16
วิทยาศาสตร์พลเมืองดิจิทัล: การพัฒนาระบบ C-Site และ AI สำหรับติดตามผลกระทบมลพิษข้ามพรมแดนในจังหวัดน่าน ประเทศไทย	
วรากร มณีชูเกตุ	17-18
<u>Advancing Green Innovation, Energy Transition, and Climate Technology for a Resilient Future</u>	
Carbon Footprint Reduction Strategy and Practice: A Case Study at Naresuan university	
Sariya Kruayim	19
Real-Time Monitoring of the Release of Multiple Payloads from Nanomaterials	
Nathanyarat Janprasit	20
Transforming Green Waste into Pesticide Adsorbents: Activated Carbon from Rain Tree Pods for Water Purification	
Anuwat Aunkham	21
การประเมินคุณภาพน้ำและการจำแนกสารอาหารจำกัดในบึงราชนก	
พรนภา สุตะวงศ์	22-23
การเพิ่มการผลิตก๊าซมีเทนโดยใช้จุลินทรีย์ไมโครออกซิเจนที่ตรึงบนไบโอชาร์ จากแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ	
ศิริวรรณ วิชัย	24-25

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอเอสเตอร์โดยผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ริฟิเคชันประสานกับตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่เป็นเนื้อเดียวกันและใช้วิธีกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ

อนุสรณ์ วรสิงห์ 26-27

แนวโน้มความเปราะบางใหม่ในพื้นที่ชายแดน: กรณีวิกฤตน้ำท่วมแม่สาย พ.ศ. 2567

เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ 28-29

High Value Added Agriculture

การฉายรังสีต่อคุณภาพส้มโอไทย: ก้าวสู่มาตรฐานส่งออกสหรัฐอเมริกา

พงศ์พี วีจิตรคุณานันท์ 30-31

การวิเคราะห์ 3-เอ็มซีพีดีเอสเทอร์ในน้ำมันปาล์มบริโภคโดยเทคนิคฟลูออเรสเซนต์ฟอรัมอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

ศลิษา ชุ่มสันเทียะ 32-33

ผลของชนิดแบ่งและอัตราส่วนระหว่างซากุ้งทอดกรอบและแบ่งต่อคุณภาพของขนมซากุ้งแผ่นกรอบ

กัลยรัตน์ บานแย้ม 34-35

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่อคุณภาพของขนมซากุ้งแผ่นกรอบ

วารินทร์ ผึ้งมณี 36-37

Agricultural Science and Technology: Smart Farming

Improvement of Cadmium Tolerance and Accumulation in *Candida* sp. by Phosphate Supplementation

Pongsanat Pongcharoen 38

การตรวจไวรัสโรคเหี่ยวสับปะรด Pineapple Mealybug Wilt-Associated Virus-1 และ 2 อย่างง่ายและรวดเร็วโดย Reverse Transcription Loop-Mediated Isothermal Amplification และการตรวจสัญญาณสีด้วยอะนาล็อกโพรบ

ปิยะศักดิ์ ช่อมพฤกษ์ 39-40

การเปรียบเทียบชนิดของรังสีที่มีต่อคุณภาพของผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษา

สุชาดา ศรสุรินทร์ 41-42

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การสำรวจและการจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในจังหวัดอุดรธานี	
ชนาธินาถ หอมแก้ว	43-44
ความหลากหลายของปลวกและเห็ดโคนที่พบในสวนยางพารา จังหวัดบึงกาฬ	
อุบลวรรณ ปฐมวงษ์กฤต	45-46
ความหลากหลายทางชีวภาพของม้าน้ำและสาหร่ายที่ทางชีวภาพในเขตจังหวัดพิษณุโลก	
พุทธพงษ์ สร้อยเพชรเกษม	47-48
ผลของระยะการสุกสับปะรดและกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพสับปะรด MD-2 ตัดแต่ง	
นริศรา กาสา	49-50

Navigating Transition and Resilience in Tourism and Hospitality Entrepreneurship

การศึกษาหุ่นกระบอกไทยสำหรับส่งเสริมการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาไทย	
นิรัช สุดสังข์	51-52
“อ๋อ นายสืงเว” บทประพันธ์เพลงสำหรับวงดนตรีร่วมสมัย	
ศราวุฒิ จินดา	53
AR WalkMap: นวัตกรรมเส้นทางท่องเที่ยวประวัติศาสตร์ผ่านเทคโนโลยี AR	
กนกกาญจน์ เสน่ห์ นมะหุต	54-55

R2R Synergy: Bridging Routine and Research for Sustainability

Ecological Risk Assessment of Heavy Metal Contamination in the Kok River, Northern Thailand: Implications for Fish Health and Lymphocystis Disease Outbreak Potential	
Tanapon Phenrat	56
Satisfaction and Sanitation of Toilet at Mae Fah Luang University, Thailand	
Vivat Keawdounlek	57
การวิเคราะห์ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติในฐานข้อมูล Scopus ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร	
ญารัชนี หม่องนันท์	58-59

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การวิเคราะห์สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงโครงการวิจัย และบริการวิชาการ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริด เทคโนโลยี (SGTech)	
บงกช ประสิทธิ์	60-61
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไปเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาคณะหลักสูตรเฉลี่ย และผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ของผู้สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร	
ธนิดา มั่นคง	62-63
ความตระหนักในการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ของผู้เรียนระดับปริญญาตรี	
ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ	64-65
ความต้องการของกลุ่มเรียนระดับปริญญาตรีในการปรับตัวสู่โลกไกลหล (BANI World)	
อำนวย พิรุณสาร	66-67
ประสิทธิภาพระบบออนไลน์ในการยื่นรับการพิจารณาเป็นครั้งแรกของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	
ศิริวรรณ แก้วสุขเรือง	68-69
พัฒนา Dashboard ข้อมูลเพื่อการกำกับติดตามการดำเนินงานของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	
อารยา อินเลื่อม	70-71

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

Full Paper

Advancing Medical Science for a Healthier Tomorrow: From Discovery to Human Well-Being

การเตรียมเซลล์ Coombs Control Cells โดยวิธี In-House Method สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิตและ
ธนาคารเลือด

ทัศนียา คำขุรี 73-81

การพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยการประยุกต์วิธีการประมาณค่าสูญหายร่วมกับเทคนิคการพยากรณ์
ภิญญาพัชญ์ รังสรรค์ 82-91

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และการเห็นคุณค่าในตนเองของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์
สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร
กนกพัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร 92-101

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมสีย้อมสเมียร์เลือดด้วยสี Wright-Giemsa แบบเตรียมใช้เองในห้องปฏิบัติการ
(In-House)
อรรณพ เทียมแก้ว 102-113

การศึกษาองค์ประกอบทางพันธุกรรมที่เคลื่อนที่ได้ และยีนดื้อยาปฏิชีวนะในเชื้อ *Acinetobacter calcoaceticus*–
Acinetobacter baumannii (ACB) Complex จากโรงพยาบาลในประเทศไทยระหว่างปี 2014 และ 2024
ศิโรรัตน์ สมานธิ 114-124

ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c บนผิวเม็ดเลือดแดงของ Panel Cells ที่ใช้สำหรับการตรวจหาชนิดของ
แอนติบอดี
เชิดชาย แซ่ฮ่วน 125-133

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

Advancing Green Innovation, Energy Transition, and Climate Technology for a Resilient Future

An Interactive AI-Based Model for PM_{2.5} Removal by Negative Air Ions in Forest Areas: Analysis of Meteorological and Vegetation Factors from a Literature Review

Jantira Chimlert

134–142

การศึกษาประสิทธิภาพการแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมีเทนของจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจนจากระบบบำบัดน้ำเสียในสภาวะไร้อากาศ

สลิลญา อังเพชร

143–152

วิเคราะห์การลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส

สมพร เรืองสินชัยวานิช

153–161

High Value Added Agriculture

การศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ด้วยวิธี Microwave Extraction จากใบชาผู้เออร์สุก

คุณากร ชติศรี

162–172

Agricultural Science and Technology: Smart Farming

Comparative Analysis of Large Eddy Simulation Models and Sensitivity Study for Turbulent Flow over a Backward-Facing Step

Nuttapong Khiaonoi

173–183

การจัดการสารละลายธาตุอาหารใช้แล้วที่ถ่ายออกอย่างต่อเนื่อง จากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT มาใช้ซ้ำในการปลูกเมล่อนในระบบ Substrate Culture กิ่งอัตโนมัติ

นคร บุญน้อย

184–193

ผลของการเติมปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูน

กมลชนก สาลี

194–203

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

Navigating Transition and Resilience in Tourism and Hospitality Entrepreneurship

บทบาทเทคโนโลยีเสี่ยงต่อการแสดงตัวตนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่น

ไกรวิชญ์ น้อยสุข

204-212

ผลงานสร้างสรรค์บทเพลงประสานเสียง: ภาพยนตร์เครื่องควาหวาน

ขจรยศ ทาสา

213-222

R2R Synergy: Bridging Routine and Research for Sustainability

Improving Learning Outcomes in Food Sanitation and Safety Using the UK Professional Standards Framework at Mae Fah Luang University, Thailand

Vivat Keawdoungek

223-233

กลวิธีการบรรเลงและกระบวนการสอนระนาดทุ้มตามแนวทางของรองศาสตราจารย์เดชน์ คงอิม

ทัชสุเมย์ ราชเพี้ยแก้ว

234-242

การบูรณาการงานสอนกับงานวิจัย เพื่อพัฒนารายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกรรมโยธายั่งยืน

สลิกรณ์ เหลืองวิชเจริญ

243-254

การประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์เพื่อยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการภายใต้กรอบการประเมินในรูปแบบ Peer Evaluation

พรสวรรค์ กลมกลิ้ง

255-265

การพัฒนาชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษ SMTE

จิราวรรณ แสงนาม

266-274

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

การพัฒนาโปรแกรมการกรอกรายงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ธราดล เทียนหอม

275-284

การพัฒนาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขวัญญานันท์ มากเหลือธัญญ์

285-294

การวิเคราะห์งบประมาณรายรับ-รายจ่าย จากเงินงบประมาณรายได้ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

พัชรินทร์ ฉิมพลี

295-304

การวิเคราะห์ปริมาณ และคาดการณ์แนวโน้มการเกิดของเสียสารเคมีจากการจัดการเรียนการสอนของห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

หนึ่งฤทัย เทียนทอง

305-314

การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์

ธนกร อีระวุฒิชัยกิจ

315-325

การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

ปรางทิพย์ แก้วประสิทธิ์

326-336

การศึกษาความตระหนัก ทักษะคตติ และพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุดี มีมาก

337-346

ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567

ศิริพร บัวอัน

347-355

สภาพแวดล้อมในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากร คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รจเรช แก้วพฤษ

356-367

ABSTRACT



Alteration of Astrocyte in the Curcumin Solid Dispersion (CSD)-Treated Paradigm of Dexamethasone-Induced Depression

Ponthip Cheenkhwan^{1,6}, Suchiwa Pan-on², Waree Tiyafoonchai^{3,6}, Samur Thanoi⁴,
Sawanya Charoenlappanit⁵, Sittiruk Roytrakul⁵ Jurepon Roboon^{1,6}
and Sutisa Nudmamud-Thanoi^{1,6,*}

¹Department of Anatomy, Faculty of Medical science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Cosmetic Science and Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Burapha University, Chonburi, 20131

³Department of Pharmaceutical, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 6500

⁴Department of Anatomy, School of Medical sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

⁵National Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency,
Pathum Thani, 12120

⁶Centre of excellence in Medical Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sutisat@nu.ac.th

Abstract

According to the World Health Organization (WHO), 280 million people suffer from depression, a prevalent mental health disorder associated with impaired neural activity and astrocyte dysfunction, particularly in the hippocampus. Curcumin, a natural polyphenolic compound derived from *Curcuma longa*, has demonstrated antidepressant, antioxidant, and neuroprotective properties, its clinical application is limited by poor solubility, low permeability across the blood-brain barrier, and rapid systemic metabolism. Our previous study showed curcumin solid dispersion forms improved the depressive rat behavior and restored the neuronal damage in the hippocampus. However, the role of astrocytes, glial cells that play crucial roles in maintaining brain homeostasis, is not well understood at the molecular level. This study aims to evaluate the astrocyte alteration of CSD and its influence on protein profile in a dexamethasone (DEX)-induced depression model. Male Sprague-Dawley rats were divided into three groups: the control, the DEX, and the DEX+CSD groups. Immunohistochemical staining for glial fibrillary acidic protein (GFAP) was performed to assess astrocyte activation in the hippocampus. While no significant differences in GFAP expression were observed among the groups, proteomic analysis using LC-MS revealed that CSD treatment modulated protein expression linked to the MAPK signaling pathway, which is essential for neuroplasticity and neurogenesis. In the DEX+CSD group exhibited increased expression of CAC1G, RGRF1, RPGF2, and GNA12—proteins associated with MAPK signaling—compared to the DEX group. These findings suggest that CSD's antidepressant effects may be mediated through molecular modulation of astrocyte function, rather than through changes in astrocyte morphology. By influencing MAPK pathway activity, CSD may enhance neuroplasticity and neuronal resilience, offering a promising therapeutic strategy for major depressive disorder.

Keywords: Depression, Hippocampus, Curcumin solid dispersion, Astrocyte alteration, Proteomics



Antibacterial Activity of *Xenorhabdus thungxuanensis* in Inhibiting the Growth of Human Pathogenic Bacteria

Yaowapa sikhaophon¹ and Aunchalee thanwisai^{1,*}

¹Department of Microbiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: aunchaleet@nu.ac.th

Abstract

Xenorhabdus is a Gram-negative bacterium in the family *Morganellaceae*, which forms a symbiotic relationship with entomopathogenic nematodes (EPNs) of the genus *Steinernema*. These bacteria are known for producing secondary metabolites with antimicrobial properties. This study aimed to evaluate the antibacterial activity of crude extracts from two isolates of *Xenorhabdus thungxuanensis* (KLK17.5 and KLK18.1) against four pathogenic bacteria. The results demonstrated that crude extracts from both *X. thungxuanensis* KLK17.5 and KLK18.1 effectively inhibited the growth of all four tested pathogenic bacteria. Notably, the extract from strain KLK18.1 exhibited strong inhibitory effects against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strain PB57 (MRSA), extremely drug-resistant (XDR) *Acinetobacter baumannii* strain AB321, extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing and multidrug-resistant (MDR) *Klebsiella pneumoniae* strain PB5, as well as *Escherichia coli* strain PB1. The minimum inhibitory concentrations (MIC) of the extracts ranged from 0.2 to 12.5 mg/ml, while the minimum bactericidal concentrations (MBC) ranged from 0.39 to 50 mg/ml. Future research should focus on isolating and characterizing the secondary metabolites, particularly antibacterial compounds, to support the development of new antibiotics for treating human diseases.

Keywords: *Xenorhabdus*, *Steinernema*, Secondary metabolites, Antibacterial activity



Association of *GAD1* and *GAD2* Genes Polymorphisms with Suicidal Behavior of Major Depressive Disorder Patients in a Thai Population

Siripaporn Kesyou¹, Benjamard Thaweethee-Sukjai², Sirijit Suttajit³, Samur Thanoi⁴,

Gavin P Reynolds⁵ and Sutisa Nudmamud-Thanoi^{6,7}

¹Medical Science Graduate Program, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²School of Medicine, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

³Department of Psychiatry, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

⁴School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

⁵Biomolecular Sciences Research Centre, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK. S1 1WB

⁶Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁷Centre of Excellence in Medical Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sutisat@nu.ac.th

Abstract

Major depressive disorder (MDD) is a serious mental health condition that increases a significant economic and social burden worldwide. It is characterized by persistent low mood, loss of interest, sleep disturbances, difficulty concentrating, and may lead to suicidal behavior. Although suicide is a major issue in MDD, the biological mechanisms are still not completely understood. Dysfunction in the gamma aminobutyric acid (GABA) system has been implicated in the pathophysiology of both depression and suicidality. Particularly glutamic decarboxylase (GAD), the enzyme that synthesizes GABA, has two isoforms; *GAD1* and *GAD2*, that have different functions. This study aimed to investigate the association of genetic polymorphisms (SNPs) in *GAD1* (rs769404, rs701492) and *GAD2* (rs2236418). A total of 100 MDD patients were divided into two subgroups with 50 patients in the suicidal group and 50 patients in the non-suicidal group. Diagnoses were confirmed by psychiatrists using the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-V) and the Thai version of the Hamilton Depression Rating Scale (HDRS-17). The TaqMan SNP genotyping real-time PCR technique was performed to identify the genotype and allele frequencies. The results showed that for *GAD1* rs769404, the T allele was significantly more frequent among suicidal patients, and T allele carriers (TT/CT genotypes) were more common in the suicidal subgroup. Although *GAD1* rs701492 did not show a statistically significant difference, a trend toward a higher T allele frequency in suicidal patients was observed. In contrast, no significant associations were found for *GAD2* rs2236418. These findings suggest the association between *GAD1* rs769404 and suicidal behavior in MDD. Therefore, GABAergic dysfunction could be the possible risk in suicide behavior of MDD patients. Further research with larger sample sizes is necessary to better understand the involvement of GABA related genes in the neurobiology of suicide.

Keywords: Major depressive disorder, Suicidal behavior, GABA, Glutamic acid decarboxylase, Single nucleotide polymorphism



Comparative Effects of *Bacopa monnieri* and *Ginkgo biloba* on Cognitive Functions:

A Systematic Review and Network Meta-Analysis

Pailada Tiemtad¹, Phiyanuch Thimkorn², Natnicha Rattanachaisit³, Kornkanok Ingkaninan^{1,*}
and Teerapon Dhippayom^{2,4,*}

¹Center of Excellence for Natural Health Product Innovation and Center of Excellence for Innovation in Chemistry (PERCH-CIC), Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²The Research Unit of Evidence Synthesis (TRUES), Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok 65000

³Independent Researcher, Chai Nat, 17000

⁴Department of Pharmacotherapy, College of Pharmacy, University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA

*Corresponding author. E-mail: k_ingkaninan@yahoo.com, teerapond@nu.ac.th

Abstract

Preserving cognitive function is essential for maintaining quality of life and productivity throughout adulthood. As mild cognitive decline can begin as early as midlife, early intervention is key to supporting long-term brain health. Among non-pharmacological strategies, herbal supplements have gained increasing attention. Notably, *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. (Brahmi) and *Ginkgo biloba* L. (Ginkgo) are two of the most extensively studied plant-derived nootropics, known for their potential to enhance cognitive performance. However, direct comparative evidence between these two supplements remains limited. This systematic review and network meta-analysis aimed to compare their effects on cognitive function in healthy adults, using data from randomized controlled trials (RCTs). Thirty RCTs were included, and cognitive outcomes were analyzed using standardized mean differences (SMDs) within a frequentist random-effects network model. Results showed that high-dose Brahmi (≥ 600 mg/day) significantly improved working memory compared to low-dose Brahmi (≥ 300 mg/day but < 600 mg/day) (SMD = 1.84, 95% CI: 1.07–2.61), high-dose Ginkgo (≥ 240 mg/day) (SMD = 1.94, 95% CI: 1.13–2.75), low-dose Ginkgo (≥ 120 mg/day but < 240 mg/day) (SMD = 2.04, 95% CI: 1.27–2.80), and placebo (SMD = 2.03, 95% CI: 1.30–2.76). For short-term memory, high-dose Brahmi also outperformed all comparators ($p < 0.05$), supporting its role in enhancing memory and potentially delaying cognitive decline in healthy adults, with no serious adverse effects or significant changes in clinical laboratory parameters. Additionally, low-dose Brahmi was superior to both low-dose Ginkgo (SMD = 0.44, 95% CI: 0.01–0.87) and placebo (SMD = 0.49, 95% CI: 0.15–0.84) in delayed memory. No significant differences were observed among interventions for sustained attention, selective attention, or processing speed. These findings suggest that Brahmi, particularly at high doses, may offer superior cognitive benefits in memory-related domains compared to Ginkgo in healthy adults.

Keywords: Bacopa, Brahmi, Ginkgo, Cognition, meta-analysis, Randomized controlled trial



Effects of CBD-Enriched Hemp Extract and CBD Isolate on Behavioral and Neuronal Changes in a Stress-Induced Anxiety Rats

Wanfrutkon Waehama^{1,5}, Jureeporn Roboon², Prapapan Temkitthawon^{3,6},

Samur Thanoi⁴ and Sutisa Nudmamud-Thanoi^{2,5,*}

¹Medical Science Graduate Program, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁴School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 65000

⁵Center of Excellence in Medical Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁶Center of Excellence for Natural Health Product Innovation, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sutisat@nu.ac.th

Abstract

Anxiety disorders are prevalent mental health conditions, often caused by prolonged stress. Cannabidiol (CBD) has demonstrated anxiolytic effects and memory enhancement in animal models. This study aimed to evaluate the effects of CBD-enriched hemp extract (CBD-E) and CBD isolate (CBD-I) on anxiety and recognition memory in rats subjected to Chronic unpredictable mild stress (CUMS). In this study, male Sprague-Dawley rats were orally administered CBD-E or CBD-I at doses of 2.5 or 5 mg/kg daily for 14 consecutive days, concurrently with CUMS procedure. The rats were divided into six groups: control, CUMS, CUMS with CBD-E (2.5 & 5 mg/kg), and CBD-I (2.5 & 5 mg/kg). On the final day of the stress induction period, all rats underwent behavioral testing, including the open field test (OFT), elevated plus maze test (EPM), and novel object recognition test (NOR). Histological changes in the hippocampus were observed using hematoxylin and eosin staining. The rats in CUMS group exhibited a significant increase in the number of closed-arm entries in the EPM compared to the control group. Histological analysis confirmed a significant reduction in the percentage of normal neurons in the CA1 region of the hippocampus in CUMS group, indicating anxiety-like behavior. CUMS with CBD-I 2.5 and 5 groups showed a significant decrease in the number of closed-arm entries compared to CUMS group, indicating an anxiolytic effect. Additionally, CUMS with CBD-E 2.5 and CBD-I 5 groups showed a significant increase in the recognition index in the NOR compared to CUMS group, indicating CBD-I and CBD-E demonstrate enhancing memory. Furthermore, the percentage of normal neurons in the CA1 region of the hippocampus tended to increase in CUMS group administered with CBD-I and CBD-E. These findings support CBD as an effective natural alternative for alleviating stress-induced anxiety and highlight its potential for development into a brain-enhancing dietary supplement.

Keywords: Anxiety, Cannabidiol, Hemp, Chronic unpredictable mild stress, Hippocampus



Genetic Association of *5-HTTLPR* and *rs25531* Polymorphisms

with Suicidal Behavior in Major Depressive Disorder:

A Systematic Review and Meta-Analysis

Sulaifan Waehama¹, Nathorn Chaiyakunapruk², Ratree Sawangjit³, Nisalwa Japakeeya⁴,

Samur Thanoi⁵, Jureepon Roboon⁸, Gavin P. Reynolds^{6,7}

and Sutisa Nudmamud-Thanoi^{7,8*}

¹Medical Science Graduate Program, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Pharmacotherapy, University of Utah College of Pharmacy, South 2000 East, Salt Lake City, USA

³Clinical Trials and Evidence-Based Syntheses Research Unit, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44150

⁴Faculty of Nursing, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani, 94000

⁵School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

⁶Biomolecular Sciences Research Centre, Sheffield Hallam University, Howard Road, Sheffield, UK

⁷Centre of Excellence in Medical Biotechnology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁸Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sutisat@nu.ac.th

Abstract

The serotonin transporter gene-linked polymorphic region (*5-HTTLPR*) has been extensively studied for its role in the pathogenesis of major depressive disorder (MDD) and its association with suicidal behavior (SB). However, the impact of *5-HTTLPR* and the related *rs25531* polymorphism on SB in MDD remains unclear. This study aimed to evaluate the association between *5-HTTLPR* polymorphisms and SB risk in MDD through a systematic review and meta-analysis. A comprehensive search was conducted in PubMed, Scopus, Embase, and PsycINFO up to September 2024. Case-control studies on the *5-HTTLPR* polymorphisms and SB in MDD reporting genotype or allele frequencies and Hardy-Weinberg equilibrium ($p > 0.05$) in controls were included. Two independent reviewers screened studies, assessed quality, and extracted data. A meta-analysis was performed to pool odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs) using fixed- or random-effects models based on heterogeneity. From 840 records screened, eight studies compiled with the inclusion criteria, including 580 MDD patients with SB, 611 without SB, and 568 healthy controls. The meta-analysis found a significant association between *5-HTTLPR* polymorphisms and SB risk in MDD patients. In the dominant model, individuals carrying the S' allele (S and L_G) had an increased risk of SB (OR = 1.38, 95%CI: 1.04–1.84). The S'S' genotype conferred the highest risk for suicide attempts (SA) in MDD, with an OR of 1.55 compared to non-SA individuals and 1.35 compared to healthy controls. In mixed populations, the S'S' genotype was significantly associated with SA risk (OR = 1.44, 95% CI: 1.04–1.98). These findings suggest that the S'S' genotype of *5-HTTLPR* polymorphisms is associated with increased SB risk in MDD, particularly for suicide attempts in mixed populations, and could be used as a potential genetic marker for early risk assessment and targeted therapies.

Keywords: *5-HTTLPR*, *rs25531*, Suicidal behavior, Major depressive disorder, Meta-analysis



The Effects of Engineered Exosomes on Learning and Memory in a Rat Model of Alzheimer's Disease

Kitiya Duangsaengjan^{1,*}, Pornnarin Taepavarapruk¹, Pakpoom Subsoontorn², Waracharee Srifa²,
Anyapat Atipimonpat² and Kovit Pattanapanyasat³

¹Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Biochemistry, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Center of Excellence for Microparticle and Exosome in Diseases, Research Department, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, 10700

*Corresponding author. E-mail: kitiyad66@nu.ac.th

Abstract

An excessive accumulation of amyloid- β is closely linked to the pathogenesis and development of Alzheimer's disease (AD) leading to a decline in learning and memory. Recently, exosomes have shown promise as a novel therapeutic approach for AD due to their abilities to carry therapeutic molecules and traverse the blood-brain barrier to reach the target. In this study, 134-SHED-EVs were engineered from stem cells derived from human exfoliated deciduous teeth (SHED) employing genetic and chemicals modifications. A rat model of AD was induced by bilateral intracerebroventricular (ICV) injection of A β 1-42 peptides. These amnesic rats were further divided into 3 groups receiving a) 134-SHED-EVs (n=7), b) non-engineered SHED exosomes (WT-SHED-EVs) (n=5) or c) phosphate-buffered saline (PBS; n=4), via intravenous (IV) injections into the lateral tail vein. Rats in the sham control group (n=9) received an ICV injection of sterile water and IV injection of PBS. The cognitive performance was evaluated using Novel Object Recognition (NOR) test for recognition index (RI) and Morris Water Maze (MWM) test for spatial memory index (SMI). The preliminary results showed that A β -treated model rats showed deficits in learning and memory since the control amnesic rats treated with PBS had lower RI (45.9%) and SMI (55.95%) as compared to the sham control group that their RI and SMI were 76.35% and 70.5%, respectively. In amnesic rats injected with 134-SHED-EVs or WT-SHED-EVs had higher RI (78.59% and 70.77%) when compared to the control amnesic rats (45.9%). However, the SMI of amnesic rats treated with 134-SHED-EVs (63.91%), and WT-SHED-EVs (60.43%) showed no significant difference when compared to the control amnesic rats (55.95%). These findings suggest that IV administration of engineered exosomes might have a therapeutic potential in AD. Further experiments are still being conducted with more animals to confirm the results with statistical differences and to investigate the underlying mechanism.

Keywords: Alzheimer's disease, SHED-derived exosomes, Learning and memory, Amyloid- β



The Proteomic Analysis of the Prefrontal Cortex Reveals Activation

of NF- κ B Signalling Pathways in a Rat Model

of Chronic Unpredictable Mild Stress-Induced Anxiety

Plaiyfh Janthueng^{1,7}, Wanfrutkon Waehama^{1,7}, Sawanya Charoenlappanit²,
Sittiruk Roytrakul², Prapapan Temkitthawon^{3,4}, Paweena Kaewman^{5,7}, Jureeporn roboon^{5,7},
Samur Thanoi⁶ and Sutisa Nudmamud-Thanoi^{2,7,*}

¹Medical Science Graduate Program, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency, Pathumthani, 12120

³Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁴Center of Excellence in Cannabis Research, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁵Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁶School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

⁷Centre of Excellence in Medical Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sutisat@nu.ac.th

Abstract

Anxiety disorder is considered the most prevalent mental health disorder listed in DSM-V, an estimated 4.05% of the global population. Stress-induced immune system changes cause neuroinflammation and have been linked to depression and anxiety, which are frequently associated with more severe, persistent, and treatment-resistant condition. The nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells (NF- κ B) pathway is one of the most prominent regulators of inflammation in anxiety disorder. However, the role of NF- κ B in stress-induced anxiety disorders is not well understood at the molecular level. We aimed to investigate the NF- κ B signalling protein profile in the rat prefrontal cortex under chronic unpredictable mild stress (CUMS). Male Sprague-Dawley rats were divided into 2 groups: control and chronic unpredictable mild stress (CUMS) (N= 5-6); the rats were subjected to a continuous 2-week regimen of CUMS. All rats were measured for locomotor and anxiety-like behaviors on the last day of CUMS, using an open field test (OFT). The proteins in rat prefrontal cortex were investigated by proteomics technique (LC-MS/MS) and identified by using the NCBI protein database. The CUMS group exhibited an increase in locomotor activity and anxiety-like behavior when compared with the control group. Additionally, the proteomic analysis identified 17,916 quantified proteins in the prefrontal cortex, among which 34 proteins in NF- κ B signaling pathways were abundantly expressed in both the control and CUMS groups, suggesting their potential role in the regulation of stress-related responses. In summary, after two weeks of CUMS, animals exhibit anxiety-like behavior and hyperlocomotion, accompanied by inflammatory responses mediated by NF- κ B activation in the prefrontal cortex. Due to the limitations of using proteomics, there is continued research for validation of protein expression patterns. Overall, these findings improve our knowledge of the molecular processes that underlie neuroinflammation in CUMS-induced anxiety and potentially identify new therapeutic targets for treating anxiety patients.

Keywords: Anxiety, CUMS, Prefrontal cortex, Proteomics, NF- κ B signalling



การพัฒนาเทคนิค High Resolution Melting (HRM) Analysis

สำหรับตรวจฮีโมโกลบินคอนสแตนท์สปริงร่วมกับฮีโมโกลบินอี

ศิริพัฒน์ ม่วงป่า¹, พีระพล วงษ์² และนงลักษณ์ ยิ้มตระกูล^{1,*}

Development of High Resolution Melting (HRM) Analysis for Detection of Hb

Constant Spring Co-Inheritance with Hb E

Siriphat Muangpa¹, Peerapon Wong² and Nonglak Yimtragool^{1,*}

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²หน่วยวิจัยธาลัสซีเมีย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Thalassemia Research Unit, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: nonglakp@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ฮีโมโกลบินคอนสแตนท์สปริง (Hb CS) เป็นฮีโมโกลบินผิดปกติที่พบได้บ่อยในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งในประเทศไทย ผู้ป่วยที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่าง Hb CS และแอลฟาธาลัสซีเมีย 1 (SEA และ THAI deletion) จะก่อให้เกิดโรค Hb H-CS ที่มีความรุนแรง ผู้ป่วยบางรายมีอาการตับและม้ามโต จำเป็นต้องได้รับการรักษาโดยการให้เลือด แต่ปัญหาที่สำคัญคือ Hb CS มีความไม่เสถียร สลายตัวได้ง่าย และมักที่จะตรวจไม่พบ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยที่มี Hb CS ร่วมกับฮีโมโกลบินอี (Hb E) งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเทคนิค real-time PCR ร่วมกับ High resolution melting (HRM) analysis ในการตรวจกลุ่มตัวอย่างที่มีจีโนไทป์ Hb CS ร่วมกับ Hb E โดยออกแบบไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อบริเวณที่เกิดการกลายของยีน *HBA2* และ *HBB* ทำการแยกความแตกต่างของตัวอย่างดีเอ็นเอที่ทราบความผิดปกติทั้ง 8 จีโนไทป์ (heterozygous Hb E, homozygous Hb E, heterozygous Hb CS, homozygous Hb CS, heterozygous Hb Pakse', SEA/Hb CS, heterozygous Hb CS/heterozygous Hb E และ homozygous Hb CS/heterozygous Hb E) ผลการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะ melting peak ที่ได้จากเทคนิค HRM มีประสิทธิภาพในการแยกความแตกต่างทั้ง 8 จีโนไทป์ ได้อย่างชัดเจน การพัฒนาเทคนิคในการตรวจเพื่อวินิจฉัย Hb CS ที่อาจแฝงในกลุ่มผู้ที่มี Hb E จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการเพิ่มศักยภาพในการตรวจโรคและการวางแผนรักษาผู้ป่วยในคู่สามี-ภรรยาที่อาจให้กำเนิดบุตรเป็นโรค Hb H-CS ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ฮีโมโกลบินคอนสแตนท์สปริง ฮีโมโกลบินอี เทคนิค HRM เทคนิค real-time PCR ธาลัสซีเมีย

Abstract

Hemoglobin Constant Spring (Hb CS) is a common abnormal hemoglobin variant found in Southeast Asia, including Thailand. The co-inheritance of Hb CS and α -thalassemia 1 (SEA and THAI deletions) leads to Hb H-CS disease, which is associated with severe clinical symptoms. Some patients present with hepatosplenomegaly and require blood transfusion therapy. The major challenges for detection of these variant are Hb CS as the unstable hemoglobin, easily degraded, and often undetectable especially in individuals who also carry with hemoglobin E (Hb E). The aim of this study was to develop a method using real-time PCR combined with high resolution melting (HRM) analysis to identify individual DNA samples with known co-inheritance of Hb CS and Hb E genotypes. The specific primers were designed to target the mutation regions in the *HBA2* and *HBB* genes, enabling the differentiation of eight known abnormal genotypes (heterozygous Hb E, homozygous Hb E, heterozygous Hb CS, homozygous Hb CS, heterozygous Hb Pakse', SEA/Hb CS, heterozygous Hb CS/heterozygous Hb E, and homozygous Hb CS /heterozygous Hb E). The HRM analysis demonstrated clear melting peak patterns and effectively distinguished all eight genotypes. The development



of the HRM technique offers significant potential for detecting the co-inheritance of Hb CS carrier in individuals carrying Hb E. It is also particularly useful for improving diagnostic accuracy and serves as a valuable tool in genetic counseling for couples at high risk of having an infant with Hb H-CS disease in the future.

Keywords: Hb CS, Hb E, HRM analysis, Real-time PCR, Thalassemia



การพัฒนาแนวทางวิเคราะห์ทางชีวสารสนเทศที่เข้าถึงได้ สำหรับการประเมินความเสี่ยงในระดับจีโนมของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์:

กรณีศึกษาจาก *Bacillus* spp. ที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์

ชนัญชิดา พันแต้ม¹, จินณพัต จุลมูล², จิราภรณ์ สีหาวัตร², รัตติยา ชีวพัฒน์¹,
สุดารัตน์ อ่อนสุระทุม¹, ศิริวัฒน์ คูเจริญไพบูลย์¹, จินตนา ว่องวิทย์การ¹, สุภาพร ล้ำเลิศธน¹,
กัญญิภา ทศนภักดิ์¹, หทัยชนก อิมเพ็ง³, อมรรัตน์ อรุณนวล⁴ และระพี ธรรมมีภักดิ์^{1,*}

Development of an Accessible Bioinformatics Pipeline

for Genome-Level Risk Assessment of Probiotics:

A Case Study in Commercially Relevant *Bacillus* spp.

Chanunchida Pantaem¹, Jinnapat Junlamusi², Chiraphon Sihawat², Rattiya Cheewapat¹,
Sudarat Onsurathum¹, Siriwat Kucharoenphaibul¹, Jintana Wongwigkarn¹,
Supaporn Lamlerththorn¹, Kannipa Tasanapak¹, Hathaichanok Impheng³,
Amornrat Aroonnuat⁴ and Rapee Thummeepuk^{3,*}

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

⁴ภาควิชาโภชนศาสตร์เขตร้อนและวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

¹Department of microbiology and parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

²Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

³Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

⁴Department of Tropical Nutrition and Food Science, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok, 10400

*Corresponding author. E-mail: rapeet@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินความปลอดภัยของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ในระดับจีโนมถือเป็นขั้นตอนสำคัญก่อนการทดสอบในหลอดทดลองหรือในสัตว์ทดลอง อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิตและการจัดจำหน่าย *Bacillus* spp. เป็นหนึ่งในกลุ่มจุลินทรีย์ที่ถูกพัฒนาเป็นโปรไบโอติกส์อย่างแพร่หลายมากที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกจีโนมของ *Bacillus* spp. 43 สายพันธุ์จากฐานข้อมูลสาธารณะที่มีการระบุไว้ในวรรณกรรมก่อนหน้านี้ ว่ามีคุณสมบัติเชิงโปรไบโอติกส์ จากนั้นจึงได้พัฒนา pipeline ทางชีวสารสนเทศที่เข้าถึงได้ง่าย ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมของฐานข้อมูลและเครื่องมือทางชีวสารสนเทศที่สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์หรือใช้คำสั่ง command-line ซึ่ง pipeline นี้ประกอบด้วย การประกอบจีโนม การระบุชนิดของสายพันธุ์ การทำนายยีนดีออกซิเจน การตรวจหาจีโนมของไวรัส การตรวจหาโปรเฟจ การวิเคราะห์สายวิวัฒนาการ และการตรวจหาจีโนมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารทุติยภูมิ การวิเคราะห์การระบุสายพันธุ์พบว่าส่วนใหญ่สามารถจัดอยู่ในกลุ่ม *Bacillus subtilis* การวิเคราะห์ยีนดีออกซิเจนพบว่า 69.77% ของจีโนมทั้งหมดมีการตรวจพบยีนดีออกซิเจนหลายชนิด สะท้อนศักยภาพในการดีออกซิเจนหลายกลไก การวิเคราะห์ virulence พบว่า ทุกจีโนมที่ตรวจสอบมีอย่างน้อยหนึ่งยีนที่เกี่ยวข้องกับการยึดเกาะ การสร้างไบโอฟิล์ม หรือการสร้างสารพิษ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการเฝ้าระวังความปลอดภัย บางสายพันธุ์มีโปรเฟจที่มียีนดีออกซิเจนหรือยีนสร้างสารพิษซึ่งแสดงถึงความเป็นไปได้ในการถ่ายทอดยีนเหล่านี้ไปยัง



แบคทีเรียชนิดอื่น อีกทั้งยังพบโปรเฟจมียืนสร้างเอนไซม์สำหรับย่อยสลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย โดยเจาะจงต่อพันธะเคมีเฉพาะซึ่งอาจนำไปสู่ การพัฒนาสารต้านจุลชีพชนิดใหม่ได้ในอนาคต pipeline ที่พัฒนาขึ้นนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินความปลอดภัยของโปรไบโอติกส์ในระดับจีโนม และสามารถนำไปต่อยอดสู่การตรวจสอบยืนยันในระดับห้องปฏิบัติการต่อไปได้

คำสำคัญ: Probiotics, *Bacillus* spp., Microbial Genomics, Risk assessment, A bioinformatics pipeline

Abstract

Genome-level safety assessment of probiotics is a crucial step prior to in vitro or in vivo testing, and it can also be applied for quality control during manufacturing and distribution. *Bacillus* spp. are among the most commonly developed probiotic candidates. In this study, we selected 43 publicly available *Bacillus* spp. genomes that had previously been described in the literature for their probiotic potential. We developed an accessible bioinformatics pipeline using web-based platforms as hubs of databases and bioinformatic tools that require no software installation or command-line usage. The pipeline includes genome assembly, species identification, antimicrobial resistance (AMR) gene prediction, virulence factor detection, prophage identification, phylogenetic analysis, and screening for secondary metabolite biosynthetic gene clusters. Species identification revealed that most strains were classified as *Bacillus subtilis*. AMR gene analysis showed that 69.77% of the total genomes carried multiple resistance determinants, indicating multidrug resistance potential. Virulence profiling revealed that the analyzed genomes harbored at least one gene associated with adhesion, biofilm formation, or toxin production, suggesting a need for biosafety monitoring. Notably, some genome carried AMR or toxin genes—highlighting a possible route for horizontal gene transfer. Additionally, prophages carrying genes for cell wall-degrading enzymes targeting distinct chemical bonds were also detected, presenting novel opportunities for antibacterial compound development. This pipeline provides a practical framework for initial genome-based probiotic safety assessment and can serve as a foundation for subsequent laboratory validations.

Keywords: Probiotics, *Bacillus* spp., Microbial Genomics, Risk assessment, A bioinformatics pipeline



ประสิทธิภาพของสารสกัดข่าและกระชาย ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชา

พรชนิตว์ ทองอรุณศรี^{1,*}, ปณิตา แจ่มจำรัส¹, ธาวิกานต์ วัฒนศัพท์¹
และพิชยา โชติวรรณกุล¹

Antibacterial Activity of Galangal and Fingerroot Extracts for the Development of Herbal Tea against *Escherichia coli*

Phornchanit Thongarunsri^{1,*}, Panita Jaemjumrat¹, Thawikan Wattanasapt¹
and Pichaya Chowtivannakul¹

¹โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Naresuan University Secondary Demonstration School, Muang District, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: pornchanitt66@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบที่ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร อันมีสาเหตุจากการบริโภคอาหารหรือน้ำที่ปนเปื้อน คณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ของข่า (*Alpinia galanga* (L.) Sw. (Zingiberaceae)) และกระชาย (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. (Zingiberaceae)) ที่ซึ่งเป็นสมุนไพรไทยที่มีการใช้ทั้งในด้านอาหารและการแพทย์แผนไทย และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรสำหรับบริโภค วิธีการศึกษาทดสอบฤทธิ์ของข่าและกระชายในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* มีดังนี้ นำเหง้าข่าและเหง้ากระชายมาสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 แช่ไว้ 3 วัน จากนั้นนำน้ำหมักไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator แล้วนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *E. coli* ด้วยวิธี Agar Well Diffusion โดยนำสารสกัดได้มาอย่างละ 50 mg หยดลงในหลุมอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller-Hinton Agar ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ในส่วนของการทำชา นำเหง้าข่าและกระชายมาล้าง ตำเนื้อมาอบแห้งทั้งหมด 3 รอบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส, 150 องศาเซลเซียส, และ 150 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นนำไปบดและบรรจุในถุงชา จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากกระชายไม่สามารถต้านเชื้อ *E. coli* ขณะที่สารสกัดจากเหง้าข่าสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้สังเกตจากวงใสรอบ ๆ หลุมของสารสกัด ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนแนวโน้มที่ดีในการนำข่าไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *E. coli*

คำสำคัญ: กระชาย การสกัดสมุนไพร ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ชาสมุนไพร

Abstract

The issue of microbial contamination in food is a major concern that affects public health, especially contamination by *Escherichia coli*, a Gram-negative bacterium that causes gastrointestinal diseases resulting from the consumption of contaminated food or water. Therefore, the objective of this study was to investigate and compare the inhibitory effects on the growth of *E. coli* of galangal (*Alpinia galanga* (L.) Sw. (Zingiberaceae)) and fingerroot (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. (Zingiberaceae)), which are Thai herbs commonly used in both culinary and traditional medicine, and to develop them into a consumable herbal tea product. The method of study involved testing the antibacterial effects of galangal and fingerroot against *E. coli* by soaking the rhizomes in 95% ethanol for 3 days, followed by evaporation of the ethanol by using Rotary evaporator. Each extract, at 50 mg, was then tested for antibacterial activity against *E. coli* using the agar well diffusion method, where the extract was placed into wells on Mueller-Hinton agar. The experiment was repeated three times. For tea preparation, galangal and fingerroot rhizomes



were washed and dried through three rounds at 100°C, 150°C, and 150°C, respectively, then ground and packed into tea bags. The results of the study showed that the extract of fingerroot did not inhibit *E. coli*, while the extract of galangal was able to inhibit bacterial growth, as observed by a clear zone around the well containing the extract. These findings indicate the potential for galangal to be developed into a natural health product with antibacterial activity against *E. coli*.

Keywords: *Alpinia galanga* (L.) Sw. (Zingiberaceae), *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. (Zingiberaceae), Herbal extract, Antimicrobial activity, Herbal tea



**ผลของเครื่องดื่มจากมะม่วงหิมพานต์ต่อภาวะความเครียดออกซิเดชันในหนูแรทที่ถูก
เหนี่ยวนำให้สมองเกิดความแก่และเกิดภาวะความจำบกพร่องด้วยสารดี-กาแลคโตส**
วรศรา ทรัพย์พันธุ์^{1,*}, เพ็ญภา ชลปฐมพิกุลเลิศ², จิรวรรณ อินสุทะ¹ และพรนรินทร์ เทพาวราพฤกษ์¹

The Effects of Cashew-Derived Beverage on Oxidative Stress in Rats with D-Galactose-Induced Brain Aging and Cognitive Impairment

Warissara Subphan^{1,*}, Pennapa Chonpathompikunlert², Jirawan In-sutha¹
and Pornnarin Taepavarapruk¹

¹ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

¹Department of Physiology, Faculty Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani, 12120

*Corresponding author. E-mail: Warissaras66@nu.ac.th

บทคัดย่อ

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นพืชอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว โปรตีน และสารต้านอนุมูลอิสระ มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกในการลดความเสี่ยงหรือป้องกันโรคที่เกี่ยวข้องกับภาวะเครียดออกซิเดชันที่กระตุ้นให้เซลล์เกิดการเสียหายส่งผลให้เกิดความผิดปกติโดยเฉพาะสมองที่อาจเร่งให้แก่เร็วขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ใช้หนูขาวพันธุ์ Sprague-Dawley เพศผู้ จำนวน 25 ตัวมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิผลของเครื่องดื่มจากมะม่วงหิมพานต์ต่อหนูแรทที่ถูกฉีดสารดี-กาแลคโตส 200 มก./กก. น้ำหนักตัว เพื่อเหนี่ยวนำให้สมองแก่และมีภาวะความจำบกพร่อง โดยทำการป้อนที่ขนาด 1, 5 และ 10 มล./กก. น้ำหนักตัว ทุกวันติดต่อกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดสอบพฤติกรรมพบว่า หนูแรท กลุ่มที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสารดี-กาแลคโตส และได้รับการป้อนเครื่องดื่มจากมะม่วงหิมพานต์ทั้งขนาด 5 และ 10 มล./กก. มีดัชนีการจดจำเกี่ยวกับวัตถุสิ่งของและความจำเกี่ยวกับสถานที่ มากกว่าหนูแรทที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสารดี-กาแลคโตส (กลุ่มควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการลดของระดับการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันจากการวัดระดับปริมาณของมาลอนไดอัลดีไฮด์ มีการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสและระดับของโปรตีนบีตีเอนเอฟในสมองส่วนฮิปโปแคมปัสที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้และความจำ ซึ่งอาจบ่งชี้ได้ว่า เครื่องดื่มจากมะม่วงหิมพานต์ที่ขนาด 5 และ 10 มล./กก. เมื่อให้ทุกวันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ อาจช่วยฟื้นฟูและปกป้องภาวะความจำบกพร่องได้โดยไปลดปริมาณสารอนุมูลอิสระในสมอง

คำสำคัญ: ภาวะเครียดออกซิเดชัน เครื่องดื่มจากมะม่วงหิมพานต์ สารต้านอนุมูลอิสระ ความจำบกพร่อง สารดี-กาแลคโตส

Abstract

The nutritional profile of cashew nuts includes unsaturated fatty acids, vitamin E, and antioxidants. Cashew nuts show strong potential to become alternative products, which help minimize disease risks linked to oxidative stress, which damages cells and contributes to various health disorders—especially in the brain, where it may accelerate the aging process, resulting in abnormalities, especially in the brain that may accelerate brain aging, which damages cells and contributes to various health disorders—especially in the brain, where it may accelerate the aging process, resulting in abnormalities, especially in the brain that may accelerate brain aging. This study used a total of 25 male Sprague-Dawley and aimed to test the efficacy of a cashew-derived beverage on the rats injected with D-galactose (200 mg/kg BW) to induce brain aging and memory impairment. The rats were fed with 1, 5 and 10 ml/kg BW daily for 8 weeks. The behavioral test results showed that the rats induced with D-galactose and



fed with a cashew-derived beverage at both 5 and 10 ml/kg BW had significantly higher object recognition and spatial memory indices than D-galactose-induced (control) rats. It was also found that there was a reduction in the level of oxidative stress from the measurement of malondialdehyde (MDA) levels, an increase in the activity of glutathione peroxidase enzyme and the level of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) expression in the hippocampus, a region critical for learning and memory. These data indicate that administering cashew-derived beverages at doses of 5 and 10 ml/kg daily may help restore and protect against memory impairment by reducing free radicals in the brain.

Keywords: Oxidative stress, Cashew-derived beverage, Antioxidant, Memory impairment, D-galactose



วิทยาศาสตร์พลเมืองดิจิทัล: การพัฒนาระบบ C-Site และ AI สำหรับติดตามผลกระทบ

มลพิษข้ามพรมแดนในจังหวัดน่าน ประเทศไทย

วรากร มณีชูเกตุ¹, ธนพล เพ็ญรัตน์^{1,2,3,*}, วิน ไตรวิทย์านุรักษ์⁴, ศรัณย์พร เกิดเกาะ⁵,
มนุพัศ โลหิตนาวี⁶ และพิชชาภา วงศ์คำลือ¹

Digital Citizen Science: Development of C-Site System and AI

for Monitoring Transboundary Pollution Impact in Nan Province, Thailand

Warakorn Maneechuket¹, Tanapon Phenrat^{1,2,3,*}, Win Trivitayanurak⁴, Saranporn Kirdkoh⁵,
Manupat Lohitnavy⁶ and Phichapa Wongkumlue¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²หน่วยวิจัยเพื่อการฟื้นฟูและจัดการทรัพยากรธรรมชาติแบบบูรณาการ (IN3R) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ศูนย์ความเป็นเลิศด้านความยั่งยืนของสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และอุตสาหกรรม (SHEI) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

⁴ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

⁵วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

⁶คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Research Unit for Integrated Natural Resources Remediation and Reclamation (IN3R), Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Center of Excellence for Sustainability of Health, Environment and Industry (SHEI), Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁴Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

⁵International College, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

⁶Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำเสนอระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการภาคประชาชน (วิทยาศาสตร์พลเมืองดิจิทัล) เพื่อจัดการความเสี่ยงของประชาชนกลุ่มเปราะบางในจังหวัดน่าน จากการตกสะสมของก๊าซกรดและปรอทข้ามพรมแดนจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน คณะวิจัยได้พัฒนาแพลตฟอร์ม C-Site บูรณาการกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และระบบการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ โดยอบรมและสร้างเครือข่ายนักวิทยาศาสตร์ที่เสี่ยงภาคประชาชน 28 ท่าน ใน 9 หมู่บ้าน ครอบคลุมอำเภอเฉลิมพระเกียรติและทุ่งช้าง ดำเนินการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน 50 ตัวอย่าง ปรอทในปลา 85 ตัวอย่าง และข้าว 89 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค Acid Source Ratio (ASR) และการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเพื่อจำแนกสาเหตุความเป็นกรดของดิน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถเก็บข้อมูลตัวอย่างพืชและดิน 1,210 ข้อมูล จากผู้ใช้งาน 450 คน โดยมีผู้ใช้งานสม่ำเสมอ 90 คน การวิเคราะห์พบดินเป็นกรด (pH < 5.5) 30 ตัวอย่าง การวิเคราะห์ ASR ระบุสาเหตุจากฝนกรด (33.3%) ปุ๋ยแอมโมเนีย (30%) และผลรวม (36.7%) ค่าปรอทในปลาเฉลี่ย 0.07±0.09 มก./กก. โดยพื้นที่เสี่ยงสูงที่อำเภอทุ่งช้าง/บ้านปอน (0.11 มก./กก.) และมี 1.2% ของตัวอย่างเกินมาตรฐาน แบบจำลองคาดการณ์ระบุความน่าจะเป็น 32% ที่ปลาจะเกินมาตรฐานใน 30 ปีข้างหน้า ระบบวิทยาศาสตร์พลเมืองดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นเสริมประสิทธิภาพการเฝ้าระวัง



สิ่งแวดล้อมของภาครัฐ สร้างฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับประสบการณ์ประชาชน และเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมข้ามพรมแดนเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: วิทยาศาสตร์พลเมืองดิจิทัล ระบบ C-Site มลพิษข้ามพรมแดน ดินกรด จังหวัดน่าน

Abstract

This research presents an integrated digital citizen science platform for managing environmental risks affecting vulnerable populations in Nan Province, Thailand, from transboundary acid gas and mercury deposition from coal-fired power plants. The research team developed the C-Site platform integrated with artificial intelligence and big data analytics technologies. A network of 28 Active Citizen Scientist Trainers was established and trained across 9 villages in Chaloem Phra Kiat and Thung Chang districts. Comprehensive analysis was conducted on 50 soil samples, 85 fish samples, and 89 rice samples using Acid Source Ratio (ASR) technique and multiple linear regression analysis to identify soil acidification causes. The study found that the system successfully collected 1,210 plant and soil samples from 450 users, with 90 regular participants. Analysis revealed 30 soil samples with acidic conditions ($\text{pH} < 5.5$). ASR analysis attributed acidification causes to acid rain (33.3%), ammonium fertilizer application (30%), and combined effects (36.7%). Mercury concentrations in fish averaged 0.07 ± 0.09 mg/kg, with highest levels in Thung Chang/Ban Pon area (0.11 mg/kg), and approximately 1.2% of samples exceeded safety standards. Predictive modeling indicated a 32% probability of fish exceeding mercury standards within 30 years in high-risk areas. The developed digital citizen science system enhances governmental environmental monitoring capabilities by creating databases that correlate with community experiences. This approach serves as an effective tool for targeting transboundary environmental problem-solving towards sustainable development.

Keywords: Digital citizen science, C-Site system, Transboundary pollution, Acid soil, Nan Province



Carbon Footprint Reduction Strategy and Practice:

A Case Study at Naresuan University

Sariya Kruayim^{1,*}, Kittatpit Peinsilp¹ and Kittitat Kasemsin¹

¹Faculty of Business Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author. E-mail: sariyak@nu.ac.th

Abstract

To address climate change in the university context, carbon footprint has been used as a key indicator to guide sustainable actions, particularly in transportation activities. On a university scale, promoting carbon footprint reduction must be integrated into all activities, particularly those related to transportation. At Naresuan University, the “NU Zero Waste Club,” one of the student clubs, has significantly organized several activities to encourage students and university stakeholders to reduce household waste and increase recycling rates annually. However, there was no evidence that students paid attention to reducing carbon footprint emissions from their travel to attend those activities. Therefore, the club launched a new campaign to promote low-carbon transportation while participating in those activities. This study aims to explore key success factors for changing student behaviour regarding transportation, demonstrating the results after the campaign launch as a case of low carbon transportation model. This study utilized interviews, informal conversations, and observation to explore the prime strategies to promote carbon reduction. The key success strategies consist of several factors. For example, the club introduced desirable rewards. Offering the new low-carbon travel methods via TikTok, Facebook, and Instagram to reduce communication gaps was adopted. The results showed that five hundred and four participants. A significant 26.78 percent of participants changed their mode of transportation from solo motorcycling to walking, cycling, shared motorcycling, or carpooling. Compared to the non-campaign scenario baseline of 47.30 kg CO₂-e, the campaign reduced emissions by 13.15 kg CO₂-e. Moreover, it is suggested that using digital platforms with reward-based incentives can significantly influence student behaviour for sustainable transportation.

Keywords: Carbon footprint reduction, Low carbon transportation, Behavioral change, Social media promotion, University student



Real-time monitoring of the release of multiple payloads from nanomaterials

Nathanyarat Janprasit¹, Albert Schulte^{2,*} and Daniel Crespy^{1,*}

¹Department of Materials Science and Engineering, School of Molecular Science and Engineering, Vidyasirimedhi Institute of Science and Technology (VISTEC), Rayong, 21210

²School of Biomolecular Science and Engineering, Vidyasirimedhi Institute of Science and Technology (VISTEC), Rayong, 21210

*Corresponding author. E-mail: albert.s@vistec.ac.th and daniel.crespy@vistec.ac.th

Abstract

Monitoring in-situ release of several payloads at the same time is an important challenge when developing controlled and sustainable release systems for applications in biomedicine, smart agriculture, and anti-corrosion. Herein, we overcome some limitations of conventional spectroscopy and chromatography methods to monitor in-situ the release of two payloads from electrospun nanofibers. The concentration of 8-hydroxyquinoline and sulfathiazole, two corrosion inhibitors, are measured during their gradual release from loaded nanofibers by square wave voltammetry. Within concentrations from 10–100 micromolar, the recoveries of 8-hydroxyquinoline and sulfathiazole were $98\pm3\%$ and $106\pm7\%$, respectively. Moreover, A good agreement of the release profiles of each single payload between optical and electrochemical measurements was observed in this study. Concentration changes in the micromolar range from 4 to 25 micromolar are detected for the two compounds using electrochemical detection, while comparisons with the release profiles of single payloads from identically prepared nanofibers proved the absence of antagonistic effects during the simultaneous detection of the two payloads. Our results demonstrate that square wave voltammetry is a suitable method for the direct and simultaneous determination of the concentration of two payloads in solution in real-time and in-situ.

Keywords: Electrochemical detection, In-situ detection, Nanomaterial, Real-time detection, Simultaneous release



Transforming Green Waste into Pesticide Adsorbents:

Activated Carbon from Rain Tree Pods for Water Purification

Utaiwan Atasuwan¹, Phetchomphu Prathumman¹, Phetprakay Prathumman¹,
Chun Hsiang Yuan¹, Worakorn Srisawang¹, Sirada Thongornak¹ and Anuwat Aunkham^{1,*}

¹Program of Environmental Health, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author. E-mail: anuwat.aun@mfu.ac.th

Abstract

Activated carbon (AC) derived from rain tree pods (*Samanea saman*), a locally available green waste, was developed for the removal of paraquat, a persistent herbicide that remains detectable in some agricultural areas due to unauthorized use. The study aimed to produce effective adsorbent material for mitigating pesticide contamination in surface water sources. AC was prepared via ZnCl₂ impregnation and carbonization at 500°C. Characterization using Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) revealed a porous structure and surface functional groups such as hydroxyl and amino groups that enhance adsorption. Batch adsorption experiments were conducted by varying AC dosages (0–1.5 g), paraquat concentrations (50–300 mg/L), and contact time (up to 30 min). At optimal conditions, 1.5 g of AC achieved 98.22% removal of paraquat within 10 minutes. The maximum adsorption capacity was 62.5 mg/g, demonstrating performance comparable to AC derived from conventional biomass sources. These findings highlight the potential of rain tree pod-based activated carbon as a viable option for pesticide removal, supporting environmentally responsible water treatment practices through the valorization of neglected plant residues.

Keywords: Activated carbon, Rain tree pods, Pesticide adsorption, Water purification, Green waste



การประเมินคุณภาพน้ำและการจำแนกสารอาหารจำกัดในบึงราชนค

พรนภา สุตะวงศ์^{1,*}, เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ², วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ³ และวิชญา อัมกระจำง¹

Assessment of Water Quality and Nutrient Limitation in Bueng Rachanok

Pornnapa Sutawong^{1,*}, Det wattanachaiyingcharoen², Wandee wattanachaiyingcharoen³
and Wichaya Imkrajang¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

³Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University

*Corresponding author. Email: Pornnapas@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ภาวะยูโทรฟิเคชันเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในแหล่งน้ำจืด โดยมีสาเหตุหลักจากการสะสมของสารอาหารโดยเฉพาะจากน้ำเสียและการชะล้างจากเกษตรกรรม งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาคุณภาพน้ำตามฤดูกาลและวิเคราะห์สารอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายในบึงราชนค จังหวัดพิษณุโลก โดยเก็บตัวอย่างน้ำจาก 5 จุดในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ตรวจวัดค่าต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจนรวม (TN), ฟอสฟอรัสรวม (TP), ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (BOD) และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ผลการวิเคราะห์พบว่า TN:TP มีค่าสูงกว่า 50 ในทุกฤดูกาลและทุกจุดตัวอย่าง แสดงว่าฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารจำกัดหลักในการกระตุ้นการเติบโตของสาหร่าย จุดที่พบปัญหามลพิษรุนแรงที่สุดอยู่บริเวณทางน้ำออก ซึ่งมีลักษณะน้ำไหลนิ่งและมีตะกอนสะสมมาก ส่งผลให้เกิดการกักเก็บสารอาหารและเสี่ยงต่อภาวะยูโทรฟิเคชัน แม้ว่าจะระดับ TP โดยรวมจะบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำที่มีภาวะสารอาหารต่ำ (Oligotrophic) แต่คงเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมเฉพาะจุดเนื่องจากไนโตรเจนที่สะสมและการไหลเวียนน้ำที่ไม่เพียงพอ งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการจัดการ เช่น การบำบัดน้ำเสีย การควบคุมสารอาหารจากเกษตรกรรม การขุดลอกตะกอน และการเพิ่มการไหลเวียนของน้ำ เพื่อควบคุมการสะสมของสารอาหารในระบบน้ำ โดยให้ข้อมูลเชิงวิศวกรรมสำหรับการจัดการยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำเขตร้อนที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสีย

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ ยูโทรฟิเคชัน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส น้ำเสีย

Abstract

Eutrophication is a major environmental issue in freshwater reservoirs, commonly resulting from excessive nutrient input via wastewater discharge and agricultural runoff. This study investigates the seasonal variation in water quality and identifies the primary limiting nutrient in Rachanok Reservoir, Phitsanulok Province, Thailand. Water samples were collected from five stations during the rainy, winter, and summer seasons. Key parameters measured include total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), and coliform bacteria. The results revealed seasonal and spatial variation in nutrient concentrations and water quality status. The TN:TP ratio exceeded 50 across all stations and seasons, indicating that phosphorus is the primary limiting nutrient for algal growth. The highest nutrient levels were found at the reservoir outlet, where stagnant conditions and sediment accumulation intensified nutrient retention and eutrophication risk. Despite low TP levels classifying the reservoir as oligotrophic, the presence of nitrogen-rich inflows and poor water circulation contributed to localized degradation. The study highlights the importance of regular water quality monitoring, nutrient ratio analysis, and sediment-nutrient



interactions in eutrophication assessment. To address these issues, the study recommends improved wastewater treatment, reduction of agricultural runoff, sediment dredging, and hydrodynamic enhancement to increase water flow. These measures aim to reduce internal nutrient loading and support sustainable water resource management. The findings provide scientific and engineering insights for managing eutrophication in wastewater-impacted reservoirs, particularly in tropical regions.

Keywords: Water quality, Eutrophication, Nitrogen, Phosphorus, Wastewater



การเพิ่มการผลิตก๊าซมีเทนโดยใช้จุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจนที่ตรึงบนไบโอชาร์ จากแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

นภัสสร ทองย้อม¹, ธัญญาลักษณ์ รวมสุข¹, นุศรา ยินยอม², กุสุมา รินทะไชย³ และศิริวรรณ วิชัย^{1,*}

Enhanced Methane Production Using Biochar-Immobilized Anaerobic Cultures from Depleted Oil and Gas Field Samples

Napassorn Thongyom¹, Thanyalak Ruamsuk¹, Nusara Yinyom², Kusuma Rintachai³
and Siriwan Wichai^{1,*}

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²ฝ่ายมาตรวิทยาเคมีและชีวภาพ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Chemical Metrology and Biometry Department, National Institute of Metrology (Thailand), Pathum Thani, 12120

³Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: siriwanwichai@nu.ac.th

บทคัดย่อ

แม้ว่าก๊าซมีเทนจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน แต่ก็มีศักยภาพในการเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนหากมีการจัดการและนำมาใช้อย่างเหมาะสมโดยเฉพาะในเทคโนโลยีไบโอแก๊สและก๊าซธรรมชาติ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมีเทนโดยใช้จุลินทรีย์ผสมแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ถูกตรึงเซลล์บนไบโอชาร์และแยกเชื้อด้วยวิธี roll tube ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติในประเทศเพื่อนบ้านเก็บด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างและนำมาบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ ATCC 1340 ที่มีแหล่งคาร์บอนคืออะซิเตต ฟอเมต และก๊าซไฮโดรเจน/คาร์บอนไดออกไซด์ (H_2/CO_2) ในขวดเซรัมภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าตัวอย่าง ATCC-02-H ที่ตรึงเซลล์ด้วยไบโอชาร์สามารถผลิตมีเทนได้สูงสุด 15.93% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้ไบโอชาร์ ซึ่งผลิตได้เพียง 1.51% ค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อในกลุ่มที่ใช้ไบโอชาร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 8.26 เป็น 8.31 ขณะที่ในกลุ่มควบคุมลดลงจาก 8.20 เป็น 7.99 ค่าศักย์รีดออกซ์ (ORP) คงที่อยู่ในช่วง -290 ถึง -322 mV ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของเมทาโนเจน จุลินทรีย์ผสมสามารถใช้ฟอเมต เมทานอล และก๊าซ H_2/CO_2 เป็นแหล่งคาร์บอน แสดงการมีอยู่ของเมทาโนเจนกลุ่มไฮโดรเจนโนโทรฟิกและเมทิลโทรฟิก การแยกเชื้อพบว่าเป็นแกรมบวก รูปท่อนและทรงกลม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ไบโอชาร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมีเทนชีวภาพจากจุลินทรีย์ผสมในระบบบำบัดน้ำเสีย

คำสำคัญ: ไฮโดรเจนโนโทรฟิก เมทาโนเจน อาหารเลี้ยงเชื้อ ATCC 1340 เมทิลโทรฟิก เมทาโนเจน

Abstract

While methane is a significant contributor to global warming, it also holds promise as an alternative energy source when managed and utilized responsibly, especially in biogas and natural gas technologies. This study aimed to enhance methane production using immobilized mixed anaerobic cultures on biochar, followed by microbial isolation using the roll tube method. The water sample was collected using sampling equipment from a depleted oil and gas field in a neighboring country and then cultivated in ATCC 1340 medium containing acetate, formate, and H_2/CO_2 as carbon sources in serum bottles under anaerobic conditions at 37 °C for 14 days. The biochar-immobilized ATCC-02-H culture produced a maximum methane yield of 15.93%, compared to 1.51% in the non-immobilized control. In the presence of biochar, the culture medium pH slightly increased from 8.26 to 8.31,



while it decreased from 8.20 to 7.99 in the control group. Oxidation-Reduction potential (ORP) values remained stable between -290 and -322 mV. The pH and ORP values were optimal for the growth of methanogens. The mixed cultures utilized formate, methanol, and H_2/CO_2 as substrates, indicating the presence of hydrogenotrophic and methylotrophic methanogens. Microbial isolation revealed gram-positive rods and cocci. These findings could apply biochar-based immobilization to improve wastewater biomethane production from mixed cultures.

Keywords: Hydrogenotrophic methanogen, ATCC 1340 medium, Methylotrophic methanogen



การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอเอสเตอร์ โดยผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ริฟิเคชันประสาน กับตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่เป็นเนื้อเดียวกันและใช้วิธีกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ

น้ำฝน เบ้าทองคำ¹, ศศิภา ตั้งคดิธรรม¹, ณัฐริกา สุธะตุน¹,
นิพนธ์ มากน้อย¹, ภูรินทร์ สุดแสง¹, จตุรงค์ สุภาพพร้อม¹ และอนุสรณ์ วรสิงห์^{1,2,*}

Study on the Optimum Conditions for Bioester Production

via Transesterification Reaction

with Heterogeneous Catalyst and Microwave Activation

Namfon Baothongkam¹, Sasipa tangkhatitham¹, Nuttarika suyaton¹, Niphon maknoi¹, Purin
Sudseang¹, Chaturong Suparpprom¹ and Anusorn Vorasingha^{1,2,*}

¹ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีการตรวจและวัสดุขั้นสูง มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Center of Excellence for Innovation and Technology for Detection and Advanced Materials (ITDAM), Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: anusornv@nu.ac.th

บทคัดย่อ

จากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมปรับตัวสูงขึ้นมากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และภาคการขนส่ง จึงความจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเป็นจำนวนมาก งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสำโรง ใช้การกระตุ้นด้วยไมโครเวฟเป็นแหล่งให้ความร้อน โดยปรับปริมาณน้ำมันของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันชนิดกรด ได้แก่ เซลลูโลสซัลโฟนิค เพื่อจะศึกษาสภาวะของตัวเร่งที่พัฒนาขึ้นและลดเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และมีปัจจัยที่ควบคุมคือเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 9:1 และ 12:1 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30, 40, 50 และ 60 นาที และอัตราการให้พลังงานของคลื่นไมโครเวฟ 600 และ 800 วัตต์ จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ โดยสภาวะที่ให้ปริมาณผลผลิตของเมทิลเอสเตอร์สูงสุด คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันจาก 9:1 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 60 นาที ใช้พลังงานของไมโครเวฟ 800 วัตต์ ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 87 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไบโอเอสเตอร์ด้วย เทคนิควิเคราะห์ด้วยวิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (¹H-NMR) และ เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FT-IR) จากผลการศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่าโครงสร้างเป็นไปตามผลิตภัณฑ์ไบโอเอสเตอร์ชนิดเมทิลเอสเตอร์ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้สามารถนำมาใช้ซ้ำได้มากกว่า 4 ครั้ง โดยจะพบว่าปริมาณของไบโอเอสเตอร์ที่ได้จะลดลงร้อยละ 12 ของประสิทธิภาพเริ่มแรก การใช้น้ำมันจากสำโรงผ่านกระบวนการผลิตเป็นไบโอดีเซลด้วยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จะทำให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตให้ได้คุณภาพไบโอดีเซลที่สะอาดเนื่องมาจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบของแข็งซึ่งจะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล น้ำมันสำโรง ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ กระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ



Abstract

Due to the high price of petroleum fuel, the industrial sector, agricultural sector and transportation sector have to rely heavily on diesel fuel. This research studied the biodiesel production from Pinari oil by microwave irradiation to reduce reaction time. The effects of the reaction parameters, including heterogeneous catalyst weight from 5–10 wt%, molar ratio of methanol to oil of 6:1, 9:1 and 12:1, reaction time of 30, 40, 50 and 60 minute and heat rate of microwave of 600–800 watt were studied. The results shown that the maximum of methyl ester 87% achieved when using 10 % by weight of heterogeneous catalyst, methanol to oil ratio of 9:1, reaction time of 60 minute and heat rate of microwave 800 watt. The chemical structure of bioester products were analyzed by nuclear magnetic resonance spectroscopy (^1H -NMR) and fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR). The catalyst can be used more than 4 times. It was found that the amount of bioester obtained was reduced by 12 percent of the initial efficiency. However, it was found that the amount of methyl ester was slightly decreased. Using oil from Samrong through the production process to become biodiesel using the catalyst developed in this experiment will increase the efficiency of the production process, resulting in clean biodiesel quality due to the use of the catalyst. Solid type which will not dissolve into the same product as the substance.

Key words: Biodiesel, Pinari oil, Heterogeneous catalyst, Microwave activation



แนวโน้มความเปราะบางใหม่ในพื้นที่ชายแดน: กรณีวิกฤตน้ำท่วมแม่สาย พ.ศ. 2567

เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ¹, พรนภา สุตะวงศ์^{2,*} และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ³

Emerging Vulnerabilities in Border Areas:

A Case Study of the 2024 Mae Sai Flood Crisis

Det wattanachaiyingcharoen¹, Pornnapa Sutawong^{2,*} and Wandee wattanachaiyingcharoen³

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University

*Corresponding author. E-mail: Email: Pornnapas@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปี พ.ศ. 2567 อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ประสบอุทกภัยรุนแรงจากฝนสะสมมากกว่า 200 มิลลิเมตรภายใน 24 ชั่วโมง ส่งผลให้น้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่เศรษฐกิจและชุมชนเมือง การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods) ภายใต้กรอบแนวคิด DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response) โดยวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึกจาก 13 หน่วยงานและเวทีรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 73 ราย พบปัจจัยเสี่ยงสำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ (1) ความถี่ของฝนตกหนักเฉียบพลันที่เพิ่มขึ้น โดยวันที่ 10 กันยายนมีฝนสูงถึง 190 มม. และฝนสะสมเดือนกันยายน 582 มม. สูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาวถึงร้อยละ 40 (2) การตื้นเขินของลำน้ำสาย ลดศักยภาพระบายน้ำเหลือเพียง 1 ใน 3 จากเดิม (3) กิจกรรมตื้นน้ำในฝั่งเมียนมา เช่น การทำเหมืองและเกษตรเชิงเดี่ยวที่ขาดการควบคุม (4) ระบบเตือนภัยและการเชื่อมโยงข้อมูลข้ามพรมแดนที่ยังไม่ครอบคลุม โดยพื้นที่ลุ่มน้ำสายมากกว่า 80% ตั้งอยู่ในเขตประเทศเมียนมา ส่งผลให้ไทยไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝนและสถานการณ์ตื้นน้ำได้อย่างแม่นยำ จึงไม่สามารถคาดการณ์และเตือนภัยได้อย่างทันทั่วถึง และ (5) ชีตความสามารถท้องถิ่นที่กีดต่อการบริหารจัดการภัยพิบัติ โดยเฉพาะต่อกลุ่มเปราะบาง เหตุการณ์นี้ชี้ให้เห็นว่าแม่สายกำลังเข้าสู่ภาวะ “เปราะบางใหม่” ที่ไม่สามารถรับมือด้วยมาตรการแบบเดิม จำเป็นต้องมีมาตรการเชิงรุกในทุกระดับ ทั้งการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน การฟื้นฟูแนวกันชน การจัดทำแผนที่ความเสี่ยง และการพัฒนาระบบเตือนภัยอัจฉริยะ พร้อมส่งเสริมการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างความพร้อมรับมือภัยพิบัติอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: น้ำท่วม แม่สาย การจัดการภัยพิบัติ ความเปราะบางใหม่

Abstract

In 2024, Mae Sai District in Chiang Rai Province, Thailand, experienced a severe flood following an extreme rainfall event exceeding 200 millimeters within 24 hours, which caused extensive flash flooding in urban and economic zones. This study employed a mixed-methods approach guided by the DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response) framework. Secondary data from government and environmental databases were integrated with qualitative insights obtained from in-depth interviews with 13 agencies and a participatory forum involving 73 local actors. The analysis identified five key drivers of flood risk: (1) increasing frequency of extreme rainfall, with 190 mm recorded on September 10 and a monthly total of 582 mm—40% above the long-term average; (2) sedimentation of the Sai River, which has reduced its drainage capacity to one-third of its original



level; (3) unregulated upstream activities in Myanmar, including deforestation, mining, and monoculture agriculture; (4) insufficient early warning systems and lack of transboundary hydrometeorological data sharing—particularly problematic given that over 80% of the river basin lies within Myanmar, hindering accurate forecasting and real-time risk assessment; and (5) limited local disaster management capacity, especially in supporting vulnerable populations. Collectively, these factors indicate the onset of an emerging vulnerability in Mae Sai, driven by climate extremes, rapid urbanization, and institutional constraints. This new form of risk exceeds the coping capacity of conventional flood mitigation approaches. The study highlights the urgent need for proactive, multi-level interventions, including infrastructural upgrades, restoration of natural floodplains, development of integrated risk maps, smart early warning systems, and institutionalized cross-border cooperation. Building systemic resilience through participatory and adaptive governance is essential to address the complexities of climate-induced disasters in borderland regions like Mae Sai.

Keywords: Flood, Mae Sai, Disaster Management, Emerging Vulnerability



การฉายรังสีต่อคุณภาพส้มโอไทย: ก้าวสู่มาตรฐานส่งออกสหรัฐอเมริกา

พงศ์พี วิจิตรคุณานันท์¹, นุชนาฏ ภักดี¹, สุวิมล เจตะวัฒนะ²,
 หาญณรงค์ นัทรพย์² และพีระศักดิ์ ฉายประสาท^{1,*}

Irradiation on the Quality of Thai Pomelo: Advancing to U.S. Export Standards

Phongrapi Wichitkunanant¹, Nuchanat Phakdee¹, Suwimol Jetawattana²,
 Hannarong Shamsub² and Peerasak Chaiprasart^{1,*}

¹สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) นครนายก 26120

¹Center of Excellence in Postharvest Technology, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization), Nakhon Nayok, 26120

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

บทคัดย่อ

ส้มโอได้ถูกอนุญาตให้ส่งออกไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้ แต่ต้องได้รับการฉายรังสีที่ปริมาณ 400 เกรย์ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืช รังสีแกมมาจึงถูกนำมาใช้ก่อนการส่งออกผลไม้สด อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพในระหว่างเก็บรักษาของส้มโอขาวแตงกวามาก่อน การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของส้มโอขาวแตงกวาภายหลังการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 400 เกรย์ จากโคบอลต์-60 (1.25 MeV) เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้ฉายรังสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13-15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 วัน ผลการทดลองพบว่าคุณภาพในระหว่างเก็บรักษาระหว่างผลที่ไม่ได้ฉายรังสีและฉายรังสีมีคุณภาพไม่แตกต่างกัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเปลือก/เนื้อ สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญ ผลจะเริ่มเน่าเสียเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน และยังพบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างผลที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสีใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ ภายหลังการส่งออกทางเรือไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าส้มโอมีอัตราการเน่าเสียต่ำเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ และคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นวิธีการใหม่ที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการส่งออกส้มโอตามมาตรฐานสหรัฐอเมริกาได้ และคาดว่าจะสามารถนำมาใช้ได้ในส้มโอพันธุ์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ส้มโอ มาตรการกักกันพืช รังสี อายุเก็บรักษา

Abstract

Pomelo has been approved for export to the United States but requires irradiation at a dose of 400 Gray to prevent the spread of insect pests. Gamma radiation is thus employed before fresh fruit export. However, there have been no previous reports regarding the effects of gamma radiation on the quality of ‘Khao Tang Kwa’ pomelo during storage. This experiment aimed to study the quality of ‘Khao Tang Kwa’ pomelo after gamma irradiation at a dose of 400 Gray from Cobalt-60 (1.25 MeV) compared to non-irradiated fruit, stored at a temperature of 13-15 degrees Celsius for 50 days. The results indicated that the quality during storage did not differ between irradiated and non-irradiated fruits. No statistically significant differences were observed in weight loss, peel/flesh firmness, total soluble solids to titratable acidity ratio, respiration rate, and ethylene production. The fruit began to decay after 20 days of storage. Furthermore, sensory evaluation scores between irradiated and non-irradiated fruits were similar. Additionally, following shipping export to the United States, the pomelo exhibited a low decay rate of only 4



percent and the quality remained acceptable to consumers. This new approach can be applied to manage pomelo exports in compliance with U.S. standards. It is expected that this radiation method can be applied to other pomelo varieties as well.

Keywords: Pomelo, Phytosanitary measure, Radiation, Storage life



การวิเคราะห์ 3-เอ็มซีพีดีเอสเทอร์ในน้ำมันปาล์มบริโภค โดยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

ศลิษา ชุ่มสันเทียะ^{1,*}, พิราพร สมบัติสุวรรณ¹ และกรณ์กนก อายุสุข^{1,2}

Analysis of 3-MCPD Esters in Edible Palm Oil by Fourier Transform Infrared Spectroscopy

Salisa Chumsantea^{1,*}, Piraporn Sombutsuwan¹ and Kornkanok Aryusuk^{1,2}

¹สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

²สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

¹Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10150

²Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10150

*Corresponding author. E-mail: salisa.chu@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

สาร 3-โมโนคลอโรโพรเพน-1,2-ไดออลเอสเทอร์ (3-MCPD ester) เป็นสารก่อมะเร็งที่ปนเปื้อนในน้ำมันปาล์มบริโภค การลดปริมาณปนเปื้อนให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดของสหภาพยุโรป (EU Regulation 2020/1322) จำเป็นต้องปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการรีไฟน์ (refining process) น้ำมันปาล์มให้เหมาะสม เช่น การควบคุมปริมาณกรดฟอสฟอริกและอุณหภูมิในขั้นตอนการกำจัดกัม ปริมาณดินฟอกสี และอุณหภูมิในการกำจัดกลิ่น เป็นต้น การตรวจวิเคราะห์ 3-MCPD ester โดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) และ เทคนิคคลิวิตโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (LC-MS) ซึ่งแม่นยำแต่ใช้เวลาและต้นทุนสูง ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) ด้วยฟังก์ชัน Universal Attenuated Total Reflectance (UATR) โดยใช้เครื่อง FTIR รุ่น Spectrum Two (PerkinElmer, USA) ช่วงการดูดกลืนแสง 4000–550 cm⁻¹ เพื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน C-Cl ซึ่งเป็นองค์ประกอบเฉพาะของ 3-MCPD ester ที่มีค่าการดูดกลืนในช่วง 850–550 cm⁻¹ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันปาล์มบริโภค จำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณ 3-MCPD ester อยู่ในช่วง 6.9–13.4 ppm แสดงให้เห็นว่า FTIR เป็นเทคนิคที่สามารถใช้วิเคราะห์สารดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์

คำสำคัญ: 3-เอ็มซีพีดีเอสเทอร์ น้ำมันปาล์มบริโภค ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Abstract

3-Monochloropropane-1,2-diol esters (3-MCPD esters) are carcinogenic contaminants found in edible palm oil. To reduce their levels to comply with the European Union regulation (EU Regulation 2020/1322), it is necessary to optimize various parameters in the palm oil refining process. These include controlling the amount of phosphoric acid and temperature during the degumming stage, the amount of bleaching earth, and the temperature during deodorization. Typically, 3-MCPD esters are analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS), both of which are accuracy but time-consuming and costly. This study proposes the application of Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) with the Universal Attenuated Total Reflectance (UATR) mode, using an FTIR Spectrum Two instrument (PerkinElmer, USA), scanning in the absorption range of 4000–550 cm⁻¹ to detect the C-Cl functional group, a distinctive component of 3-MCPD esters, which shows absorption in the 850–550 cm⁻¹ range. Analysis of 6 edible palm oil samples revealed 3-MCPD esters levels ranging from 6.9 to 13.4 ppm. This demonstrates that FTIR is a technique capable of rapidly analyzing such substances,



reducing both the time and cost of analysis. is a useful technique for the rapid analysis of 3-MCPD esters, offering significant reductions in both analysis time and cost.

Keywords: 3-MCPD Esters, Edible Palm Oil, Fourier-Transform Infrared Spectroscopy



ผลของชนิดแป้งและอัตราส่วนระหว่างขากุ้งทอดกรอบและแป้ง

ต่อคุณภาพของขนมขากุ้งแผ่นกรอบ

ณัฏพล สัพทะเสวี¹, ศุภณัฐ สิริกุลชวาล¹, ชนาธิป พรหมกลิ่น¹, กัลยรัตน์ บานแย้ม¹,
จิรัชยา จัฒพล¹ และเหรียญทอง สิงห์จามูนสงศ์^{1,2,*}

Effect of Flour Type and Ratio of Crispy Fried Shrimp Legs and Flour on Quality of Crispy Shrimp Legs Snack

Natchaphon Suptasewee¹, Suphanut Sirikulchawan¹ and Chanathip Phanklin¹, Kanyarat Banyam¹,
Jiratchaya Judphol¹ and Riantong Singanusong^{1,2,*}

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านไขมันและน้ำมัน คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Centre of Excellence in Fats and Oils, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: riantongs@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดแป้งและอัตราส่วนระหว่างขากุ้งทอดกรอบและแป้งต่อคุณภาพของขนมขากุ้งแผ่นกรอบ โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขากุ้งทอดกรอบ จากนั้นศึกษาผลของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง และอัตราส่วนระหว่างขากุ้งทอดกรอบและแป้ง 3 อัตราส่วนคือ 90:10, 80:20 และ 70:30 ต่อคุณภาพของขนมขากุ้งแผ่นกรอบ โดยใช้ข้าวโพดป่นเป็นตัวอย่างควบคุม และส่วนผสมอื่นๆ เหมือนกันทั้ง 10 ตัวอย่าง วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ จุลชีววิทยาและทางประสาทสัมผัสของขนมขากุ้งแผ่นกรอบ พบว่า ขากุ้งทอดกรอบมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย แคลเซียม และแคลเซียม 2.45%, 23.67%, 18.41%, 6.64%, 7.98%, 40.85% และ 2,222 มก./100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนและแคลเซียมสูง ชนิดของแป้งและอัตราส่วนที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณผลผลิต ค่าสี เนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณโปรตีน และคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนมขากุ้งแผ่นกรอบที่ใช้ขากุ้งทอดกรอบต่อแป้งข้าวโพด 80:20 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะที่ทดสอบ และมีคะแนนความชอบโดยรวม ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.67±0.99) มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และแคลเซียมสูงถึง 13.31%, 5.58% และ 1,676 มก./100 กรัม ตามลำดับ และมีปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. *Staphylococcus aureus* *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* เป็นไปตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 416 งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวโพดและอัตราส่วนระหว่างขากุ้งทอดกรอบและแป้งข้าวโพด 80:20 เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขากุ้งแผ่นกรอบ

คำสำคัญ: ขากุ้งทอดกรอบ คุณภาพของขนมขากุ้งแผ่นกรอบ แป้งสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง .

Abstract

This study aimed to investigate the effects of different types of flour and the ratio between crispy fried shrimp legs and flour on the quality of crispy shrimp leg snacks. The chemical composition of the crispy fried shrimp legs was determined. Then, the effects of three types of flour: wheat flour, corn flour, and potato flour, were studied, along with three ratios of shrimp legs to



flour: 90:10, 80:20, and 70:30 on quality of crispy shrimp legs snacks. Cornmeal was used as the control, and all 10 formulations shared the same additional ingredients. The samples were analyzed for physicochemical, microbiological, and sensory properties. The crispy fried shrimp legs were found to contain 2.45% moisture, 23.67% fat, 18.41% protein, 6.64% fiber, 7.98% ash, 40.85% carbohydrates, and 2,222 mg/100 g of calcium, indicating a high content of protein and calcium. The results showed that both the type of flour and the ratio used significantly affected yield, color values, texture, moisture content, water activity, protein content, and sensory quality. The formulation using crispy fried shrimp legs and corn flour in an 80:20 ratio received the highest acceptance scores across all evaluated attributes. It was rated from moderately liked to highly liked in overall sensory acceptance (7.67 ± 0.99) and was high in protein (13.31%), dietary fiber (5.58%), and calcium (1,676 mg/100 g). Additionally, microbial counts of *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, and *Clostridium perfringens* complied with the standards outlined in Ministry of Public Health Notification No. 416. This research demonstrates that corn flour, combined with crispy fried shrimp legs in an 80:20 ratio, is suitable for developing crispy shrimp leg snack products.

Keywords: Crispy fried shrimp leg, Quality of crispy fried shrimp legs snack, Wheat flour, Corn flour, Potato flour



ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่อคุณภาพของขนมขากุ้งแผ่นอบกรอบ

วารีนธิ ฝั่งมณี¹, มุขสุดา ศรีสิงห์¹, สุพิชชา วงศ์สาทร¹, กัญรัตน์ บานแย้ม¹,

จิรัชยา จิตพล¹ และเหริญทอง สิงห์จามูนสง^{1, 2,*}

Effect of Temperature and Time of Drying on Quality of Crispy Shrimp Legs Snack

Wareenit Fangmanee¹, Mooksuda Sornsing¹, Supidcha Wongsathon¹, Kanyarat Banyam¹,

Jiratchaya Judphol¹ and Riantong Singanusong^{1, 2,*}

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านไขมันและน้ำมัน คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Centre of Excellence in Fats and Oils, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: riantongs@nu.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการทำแห้งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทำให้เกิดการหดตัว เกิดเปลือกแข็ง เปลี่ยนสี และสูญเสียความสามารถในการคืนรูปและสารอาหารบางชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่อคุณภาพของขนมขากุ้งแผ่นอบกรอบ ซึ่งผลิตจากขากุ้งทอดกรอบที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตขากุ้งทอดกรอบ ที่มีปริมาณมากถึง 50–60% ของน้ำหนักขากุ้งแช่แข็ง ขากุ้งทอดกรอบมีโปรตีนสูงถึง 19.04% และมีแคลเซียม 2,222 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เหมาะสำหรับนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนและแคลเซียมสูง โดยทำการศึกษาสภาวะในการอบแห้งขนมขากุ้งแผ่นอบกรอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70, 75 และ 80 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลา 1, 1.5 และ 2 ชั่วโมง พบว่า การใช้อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณผลผลิต สี เนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณโปรตีน และคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 90% โดยน้ำหนัก และขนมขากุ้งแผ่นอบกรอบที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คนมากที่สุด คือ 7.53 ± 1.14 โดยเฉลี่ย ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ความชอบระดับปานกลาง และมีสีส้มแดง มีความแข็งและความเปราะที่เหมาะสม มีปริมาณโปรตีนและแคลเซียมสูงถึง 16.66 กรัม/100 กรัม และ 1,938 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* และ *Staphylococcus aureus* เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 416

คำสำคัญ: ขนมขากุ้งแผ่นอบกรอบ ขากุ้งทอดกรอบ อุณหภูมิการทำแห้ง เวลาการทำแห้ง

Abstract

The drying process affects the quality of the product by causing shrinkage, crust formation, discoloration, and the loss of rehydration ability and certain nutrients. This research aimed to study the effects of drying temperature and time on the quality of crispy shrimp leg snacks, which are made from crispy fried shrimp legs, a by-product of the crispy shrimp head production process, accounting for 50–60% of the weight of frozen shrimp heads. Fried shrimp legs are high in protein (up to 19.04%) and contain calcium at 2,222 mg/100 g, making them suitable for developing high-protein, high-calcium snack products. The study examined the drying conditions of crispy shrimp leg snacks using a hot-air oven at temperatures of 70, 75, and 80°C for durations



of 1, 1.5, and 2 h. The results showed that different temperatures and times significantly affected yield, color, texture, moisture content, water activity, protein content, and sensory quality. Yields ranged from 87–94%. The product dried at 70°C for 2 h received the highest overall acceptance score from a panel of 30 general consumers. It was rated as moderately liked and featured a reddish–orange color, appropriate hardness and crispness, with high protein and calcium contents of 16.66 g/100 g and 1,938 mg/100 g, respectively. Additionally, the moisture content, water activity, and microbial counts of *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, and *Staphylococcus aureus* complied with the standards set by the Ministry of Public Health, Notification No. 416.

Keywords: Crispy shrimp legs snack, Crispy fried shrimp legs, Drying temperature, Drying time



Improvement of Cadmium Tolerance and Accumulation in *Candida* sp. by Phosphate Supplementation

Pongsanat Pongcharoen^{1,2,*}, Wittaya Tawong^{1,2}, Kawee Sujipuli^{1,2}, Kumrop Ratanasut^{1,2},

Thanita Boonsrangsom^{1,2} and Siriwat Kucharoenphaibul³

¹Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000.

²Center of Excellence in Research in Agricultural Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000.

³Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000,

*Corresponding author. E-mail: pongsanatp@nu.ac.th

Abstract

Heavy metal pollution, especially cadmium chloride, raises a significant global challenge due to its toxic effects on living organisms. Increasing attention has been given to the use of microorganisms and plants for metal recovery. Phosphate, an essential nutrient required for key cellular functions, has been supposed to be effective in reducing cadmium bioavailability, possibly through its chelating potential. This study investigated the influence of phosphate on cadmium toxicity and the cellular response of yeast *Candida tropicalis* to cadmium chloride stress, using spot test and cell viability assay. One-way analysis of variance and Duncan's Multiple Range Tests were used to determine significant ($P < 0.05$) differences in cell viability using the R program. *C. tropicalis* displayed tolerance under stress condition of 1,000 μM cadmium chloride than the reference yeast *S. cerevisiae*. Supplementation of phosphate promoted yeast growth and cell viability under cadmium chloride-induced stress. Addition of 100 mM phosphate under 1,000 μM cadmium chloride increased cell viability of *C. tropicalis* to 6.28 fold, compared to the treatment of cadmium chloride concentration without phosphate supplementation ($P < 0.05$) as investigated by MTT assay. Phosphate acts an important role, a protein-like chaperone that enhance to protects cells against stress and triggering apoptosis in eukaryotes. The results of this study indicate a promising biosorption of cadmium chloride and phosphate supplementation by the yeast *C. tropicalis*. It is possible that phosphate may serve as an important factor in mitigating the effects of environmental cadmium stress on microorganisms. *Candida tropicalis* demonstrates high bioremediation potential and process feasibility, supporting its role as a potentially effective agent for green chemistry-driven environmental remediation

Keywords: *Candida* sp., Cadmium chloride, Cadmium stress, Biosorption, Phosphate



การตรวจไวรัสโรคเหี่ยวสับปะรด Pineapple Mealybug Wilt-Associated Virus-1 และ 2 อย่างง่ายและรวดเร็วโดย Reverse Transcription Loop-Mediated Isothermal Amplification

และการตรวจสัญญาณสีด้วยอะนาลอกโพรบ

ปิยะศักดิ์ ช่อมพฤษ^{1,*}, พีระศักดิ์ ฉายประสาท² และธีรยุทธ วิไลวัลย์³

Simple and Rapid Detection of Pineapple Mealybug Wilt-Associated Virus-1 and 2 by Reverse Transcription Loop-Mediated Isothermal Amplification and Colorimetric

Signal Detection with DNA Analog Probe

Piyasak Chaumpluk^{1,*}, Peerasak Chaiprasart² and Tirayut Vilaivan³

¹ห้องปฏิบัติการทรานสเจนิคเทคโนโลยีในพืชและไบโอเซ็นเซอร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

¹Laboratory of Plant Transgenic Technology and Biosensor, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

²Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

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

บทคัดย่อ

โรคเหี่ยวของสับปะรดมีสาเหตุจากเชื้อไวรัสในกลุ่ม *Pineapple mealybug wilt-associated virus* (PMWaV) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก หนึ่งในวิธีป้องกันที่มีประสิทธิภาพคือ การใช้หน่อพันธุ์ปลอดเชื้อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีตรวจสอบเชื้อ PMWaV-1 และ PMWaV-2 ในตัวอย่างสับปะรด โดยใช้เทคนิค RT-LAMP (Reverse Transcription Loop-mediated Isothermal Amplification) ที่สามารถแปลผลได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยตาเปล่า ในการทดลองนี้ ได้ออกแบบไพรเมอร์และ DNA analog probe ที่จำเพาะต่อยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนเปลือกหุ้มของ PMWaV-1 และ PMWaV-2 จากนั้นทำการสกัด RNA จากเนื้อเยื่อโคนต้น และเปลี่ยนเป็น cDNA พร้อมเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมเป้าหมายด้วยเทคนิค RT-LAMP ซึ่งสามารถตรวจสอบผลการเพิ่มปริมาณพันธุกรรม โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดจากปฏิกิริยากับอนุภาคนาโนทองคำ (AuNPs) ผลการทดลอง พบว่า ในกรณีผลบวก (positive result) สารละลายมีสีแดงทึบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ RT-LAMP amplification สามารถจับกับอนุภาคนาโนทองคำและป้องกันไม่ให้เกิดการรวมตัว ขณะที่ผลลบ (negative result) แสดงสีม่วง เนื่องจากไม่มีผลิตภัณฑ์ RT-LAMP amplification ทำให้ AuNPs เกิดการรวมตัว (aggregation) วิธี RT-LAMP ที่พัฒนาขึ้นมีความไวสูง โดยสามารถตรวจพบ RNA templates ได้ตั้งแต่ 100 copies ขึ้นไป ภายในเวลา 40 นาที โดยไม่พบปฏิกิริยาข้ามกับไวรัสชนิดอื่น เช่น Tobacco Mosaic Virus Cucumber Mosaic Virus และสารพันธุกรรมสังเคราะห์ของ Pineapple Bacilliform Virus การทดสอบภาคสนาม (N=40) แสดงความจำเพาะและความไวของการทดสอบที่ 91.67% และ 100% ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เทคนิค RT-LAMP ที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำ รวดเร็ว และเหมาะสมสำหรับการจำแนกเชื้อ PMWaV-1 และ PMWaV-2 ทั้งในห้องปฏิบัติการและมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในระดับภาคสนาม

คำสำคัญ: PMWaV-1 PMWaV-2 RT-LAMP ไบโอเซ็นเซอร์ AuNPs



Abstract

Pineapple mealybug wilt disease, caused by the Pineapple mealybug wilt-associated viruses (PMWaVs), leading to significant yield losses. One effective prevention strategy is the use of virus-free pineapple suckers. This study aimed to develop a rapid and accurate method for detecting PMWaV-1 and PMWaV-2 in pineapple samples using the Reverse Transcription Loop-mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) technique, with visual detection based on color change observable by the naked eye. The experiments were performed by designing primers and DNA analog probes specific to the gene encoding the viral coat protein of PMWaV-1 and PMWaV-2. Viral RNA was extracted from basal stem tissue, reverse-transcribed into cDNA and then amplified using the RT-LAMP platform. The amplification products were detected by observing color changes resulting from a reaction with gold nanoparticles (AuNPs). The positive result appeared as a visible ruby red color, due to amplified DNA products binding to gold nanoparticles (AuNPs) and preventing their aggregation. In contrast, a negative result showed a purple color, as no RT-LAMP products were present, allowing the AuNPs to aggregate. Additionally, the developed RT-LAMP method demonstrated high sensitivity, detecting as few as 100 copies of RNA templates within 40 minutes, with no cross-reactivity observed with other viruses such as Tobacco Mosaic Virus, Cucumber Mosaic Virus, and synthetic nucleic acid of Pineapple Bacilliform Virus. Field testing (N=40) demonstrated a specificity of 91.67% and a sensitivity of 100%. These findings indicated that the developed RT-LAMP technique was accurate and rapid for detecting PMWaV-1 and PMWaV-2, and provided a feasible point-of-care testing method for field surveillance in pineapple cultivation.

Keywords: PMWaV-1, PMWaV-2, RT-LAMP, Biosensor, AuNPs



การเปรียบเทียบชนิดของรังสีที่มีต่อคุณภาพของผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษา

สุชาดา ศรสุรินทร์^{1,2}, นุชนาฏ ภักดี^{1,2}, พงศ์พี วิจิตรคุณานันท์^{1,2} และพีระศักดิ์ ฉายประสาท^{1,2,*}

Comparison of Radiation Types on the Quality of Mangosteen During Storage

Suchada Sornsurin^{1,2}, Nuchanat Phakdee^{1,2}, Phongrapi Wichitkunanant^{1,2}

and Peerasak Chaiprasart^{1,2,*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²Center of Excellence in Postharvest Technology, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีมูลค่าสูงทางเศรษฐกิจของไทย มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในตลาดสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตาม มังคุดผลสดจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนมาตรการกักกันพืชด้วยการฉายรังสีชนิดก่อกำเนิดไอออนเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชก่อนการส่งออก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีชนิดก่อกำเนิดไอออน ได้แก่ รังสีอิเล็กตรอน, รังสีแกมมาและ รังสีเอกซ์ ที่ปริมาณ 400 เกรย์ โดยกำหนดระยะเวลาในการฉายรังสีอิเล็กตรอน 15 นาที รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ 25 นาที เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม) ต่อคุณภาพของผลมังคุดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 องศาเซลเซียส ในระหว่างเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 15 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดลองพบว่า การฉายรังสีทั้ง 3 ชนิด ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และปริมาณสัดส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ รักษาความแน่นเนื้อ ลดอัตราการหายใจ มีอายุการเก็บรักษา 12-15 วันขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า ผลที่ผ่านการฉายรังสีได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะภายนอกและคะแนนความชอบโดยรวมดีกว่าชุดควบคุม ดังนั้น การฉายรังสีชนิดก่อกำเนิดไอออนตามข้อกำหนดการส่งออกประเทศสหรัฐอเมริกาปริมาณ 400 เกรย์ ช่วยชะลอกระบวนการสุกของผลมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา การฉายรังสีจึงเป็นอีกทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาคุณภาพของมังคุดเพื่อการส่งออก

คำสำคัญ: มังคุด การฉายรังสี อายุการเก็บรักษา คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) is a tropical fruit of high economic value in Thailand due to its sweet-sour taste, high nutritional content, and strong consumer demand, especially in the United States market. However, fresh mangosteen must undergo phytosanitary treatment using ionizing radiation to prevent the spread of quarantine pests prior to export. This study aimed to investigate the effects of three types of ionizing radiation—electron beam, gamma ray, and X-ray—at a dose of 400 Gy on the quality of mangosteen fruit during cold storage, in comparison with a non-irradiated control. The irradiation duration was set at 15 minutes for electron beam, and 25 minutes for both gamma ray and X-ray. Treated and control fruits were stored at 13 ± 1°C for 15 days. The experiment was designed as a Completely Randomized Design (CRD), and data were analyzed using Duncan's Multiple Range Test at a 95% confidence level. The results indicated that all three types of irradiation effectively delayed weight



loss, changes in peel color, and the reduction of total soluble solids to titratable acidity ratio. Irradiated fruits also retained higher flesh firmness, exhibited lower respiration rates, and maintained extended shelf life of 12–15 days, compared to only 9 days in the control. Furthermore, sensory evaluation showed that irradiated fruits received significantly higher scores in terms of external appearance and overall acceptability. In conclusion, ionizing radiation at 400 Gy, as required for export to the United States, can effectively delay ripening processes and maintain postharvest quality of mangosteen during storage. Thus, irradiation presents a viable and efficient alternative for preserving the quality of mangosteen destined for export markets.

Keywords: Mangosteen, Irradiation, Shelf life, Postharvest quality



การสำรวจและการจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในจังหวัดอุตรดิตถ์

ชนาธิณาท หอมแก้ว¹, ศุภวรรณ พันธศรี¹, ชโยดม แป้นจันทร์¹, अब्दुलहाकम दुमिदै¹,

รักษิณา พลสีลา¹, อัญชลี ฐานวิสัย^{1,2} และอภิชาติ วิทย์ตะ^{1,2,*}

Survey and Identification of Entomopathogenic Nematodes in Uttaradit Province

Chanatinat Homkaew¹, Supawan Phanthasi¹, Chayodom Paenchan¹, Abdulhakam Dumidae¹,

Raxsina Polseela¹, Aunchalee Thanwisai^{1,2} and Apichat Vitta^{1,2,*}

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of microbiology and parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

²Center of Excellence for Biodiversity, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: apichatv@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงเป็นศัตรูธรรมชาติของแมลง จึงได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นตัวควบคุมทางชีวภาพ การศึกษาความหลากหลายและการจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงจึงมีความสำคัญเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเก็บตัวอย่างดินจากจังหวัดอุตรดิตถ์ทั้งหมดจำนวน 500 ตัวอย่าง แยกไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงออกจากตัวอย่างดินด้วยวิธี Baiting technique และจำแนกชนิดด้วยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของของยีน 28S rDNA และ D2D3 และตำแหน่ง internal transcribe spacer (ITS) พร้อมทั้งวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ พบว่าสามารถแยกไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงได้ทั้งหมด 35 ไอโซเลต แบ่งออกเป็น 2 สกุล คือ *Steinernema* จำนวน 30 ไอโซเลต และสกุล *Heterorhabditis* จำนวน 5 ไอโซเลต และจำแนกชนิดได้เป็น *Steinernema huense* จำนวน 9 ไอโซเลต *Steinernema taiwanensis* จำนวน 9 ไอโซเลต *Steinernema surkhetense* จำนวน 6 ไอโซเลต *Steinernema lamjungense* และ *Steinernema shori* ชนิดละ 1 ไอโซเลต และอีก 4 ไอโซเลตเป็น *Steinernema* spp. สำหรับไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสกุล *Heterorhabditis* พบว่าทั้ง 5 ไอโซเลต จำแนกชนิดได้เป็น *Heterorhabditis indica* ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์สามารถพบไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงได้หลายชนิด และ *S. taiwanensis* และ *S. shori* เป็นการรายงานพบครั้งแรกในประเทศไทย ซึ่งอาจจะสามารถนำไปใช้ควบคุมแมลงทางชีวภาพได้ในอนาคต

คำสำคัญ: Biological control *Heterorhabditis* Insect pest *Steinernema*

Abstract

Entomopathogenic nematodes are natural enemies of insects and have gained attention for their use as biological control agents. Therefore, studying their diversity and taxonomy is important for optimizing their use in specific areas. This study aimed to survey and identify species of entomopathogenic nematodes in Uttaradit Province by collecting a total of 500 soil samples. The nematodes were isolated using the baiting technique and identified through nucleotide sequence analysis of the 28S rDNA gene, the D2D3 region, and the internal transcribed spacer (ITS), followed by phylogenetic analysis. A total of 35 isolates of entomopathogenic nematodes were obtained, which were classified into two genera: teinernema (30 isolates) and *Heterorhabditis* (5 isolates). The identified species included *Steinernema huense* (9 isolates), *Steinernema taiwanensis* (9 isolates), *Steinernema surkhetense* (6 isolates), *Steinernema lamjungense* (1 isolate), teinernema *shori* (1 isolate), and 4 isolates identified as *Steinernema* spp. For the genus *Heterorhabditis*, all 5 isolates were identified as *Heterorhabditis indica*. This study demonstrates that various



species of entomopathogenic nematodes are present in Uttaradit Province. Notably, *S. taiwanensis* and *S. shori* were reported for the first time in Thailand, indicating their potential for future use in biological insect control.

Keywords: Biological control, Heterorhabditis, Insect pest, Steinernema



ความหลากหลายของปลวกและเห็ดโคนที่พบในสวนยางพารา จังหวัดบึงกาฬ

สายฝน บุญหล่อ¹ และอุบลวรรณ ปฐมวงศ์ฤๅ^{1,*}

Species Diversity of Termites and Termite Mushrooms (*Termitomyces* sp.)

in Rubber Plantations in Bueng Kan Province

Saifon Boonlhor¹ and Ubolwan Patomwonggrit^{1,*}

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000

¹Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: ubolwanb@nu.ac.th

บทคัดย่อ

เห็ดโคน (Termite mushroom) เป็นเห็ดที่เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์แบบพึ่งพาระหว่างปลวกกับเชื้อรา พบเห็ดโคนหลากหลายชนิดในสวนยางพารา ที่พบมากในจังหวัดบึงกาฬ และมีการนำเห็ดโคนที่ขึ้นในสวนยางเพื่อการบริโภค ถึงแม้ว่าจะพบเห็ดกระจายทั่วไป แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงชนิดของเห็ดและปลวก รวมทั้งลักษณะสภาพของพื้นที่ที่เหมาะสมในการขึ้นของเห็ดโคน จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อศึกษาชนิดของเห็ดโคนและชนิดของปลวกที่มีความสัมพันธ์กัน และปัจจัยทางกายภาพที่พบดอกเห็ดโคนขึ้นในสวนยางพารา โดยการสุ่มพื้นที่สำรวจสวนยางพารา 3 พื้นที่ ๆ ละ 16,000 ตารางเมตร ณ บ้านโนนม่วง หมู่ 7 ตำบลชุมพุกพร อำเภอสว่างวีรย์ จังหวัดบึงกาฬ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2567 บันทึกพิกัดและปัจจัยทางกายภาพบริเวณที่พบเห็ดโคน เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ชนิดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดโคน ลักษณะของอับสปอร์ และชนิดของปลวกในห้องปฏิบัติการ จากการศึกษาครั้งนี้พบเห็ดโคน 5 ชนิด ได้แก่ *T. cylindricus*, *T. fuliginosus*, *T. striatus*, *T. clypeatus* และ *T. globulus* เฉพาะในช่วงเดือน มิถุนายน ถึง สิงหาคม 2567 เท่านั้น ในพื้นที่สำรวจพบปลวกทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ปลวกใต้ดิน (*Macrotermes carbonarius*), ปลวกทองเหลือง (*Globitermes sulphureus*) และ ปลวกน้ำนอง (*Hospitalitermes ataramensis*) แต่พบว่ามีความสัมพันธ์เฉพาะกับ *M. carbonarius* เพียงชนิดเดียวเท่านั้น และปัจจัยทางกายภาพที่พบเห็ดโคน มีค่า pH 6.2–6.5, อุณหภูมิดิน 26–27°C และความชื้นสัมพัทธ์ของดิน 55–65% ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์ในพัฒนาพื้นที่ให้มีปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเห็ดโคน เป็นการเพิ่มแหล่งโปรตีนตามธรรมชาติและเพิ่มรายได้เกษตรกรสวนยางต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: เห็ดโคน ปลวก สวนยางพารา

Abstract

Termite mushrooms (*Termitomyces* spp.) are fungi that form a mutualistic relationship with termites. Several species of these mushrooms are commonly found in rubber plantations in Bueng Kan Province, is one such area where termite mushrooms are harvested for consumption. Despite their prevalence, limited research has been conducted to identify the specific mushroom and termite species involved or to understand the environmental conditions that favor their growth. This study aimed to identify the species of termite mushrooms and their associated termites, as well as to examine the physical conditions of rubber plantations that support mushroom growth. Three rubber plantation sites were randomly selected, each covering 16,000 square meters, in Ban Non Muang, Village No. 7, Chumphu Phon Subdistrict, Si Wilai District, Bueng Kan Province. Surveys were conducted from January to December 2024. GPS coordinates and environmental data were recorded at sites where termite mushrooms were found. Samples were collected and analyzed in the laboratory using morphological characteristics, spore features, and termite identification. Five species of termite mushrooms were identified: *T. cylindricus*, *T. fuliginosus*, *T. striatus*, *T. clypeatus*, and *T. globulus*. These species were observed only during the rainy season, from June to August 2024. Three termite species were recorded in the study



areas: subterranean termite (*Macrotermes carbonarius*), yellow-bellied termite (*Globitermes sulphureus*), and hospitalitermes termite (*Hospitalitermes ataramensis*). However, only *M. carbonarius* was found to have a symbiotic relationship with the mushrooms. The physical conditions associated with termite mushroom growth included soil pH between 6.2 and 6.5, soil temperature ranging from 26–27°C, and relative soil moisture between 55–65%. The findings of this study contribute valuable insights into the ecological factors supporting termite mushroom growth. This knowledge can be applied to enhance mushroom cultivation in rubber plantations, providing a sustainable source of natural protein and additional income for local farmers.

Keywords: Termite mushroom, Termite, Rubber plantation



ความหลากหลายทางชีวภาพของมันป่าและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในเขตจังหวัดพิษณุโลก

พุทธรพงษ์ สร้อยเพชรเกษม^{1,2}, เชิดศักดิ์ ทัพไพฑูรย์³, นุชนาฏ ภักดี^{1,2} และพีระศักดิ์ ฉายประสาท^{1,2,*}

Biodiversity and Bioactive Compounds of Wild Yam (Dioscoreaceae) in Phitsanulok Province

Puttapong Sroypetkasem^{1,2}, Chirdsak Thapyaiaand³ Nuchanat Phakdee^{1,2}

and Peerasak Chaiprasart^{1,2,*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²Center of Excellence in Postharvest Technology, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. Email: peerasakc@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของมันป่าหรือพืชในวงศ์กลอย (Dioscoreaceae) ในจังหวัดพิษณุโลกดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2565–2566 โดยการสำรวจ เก็บตัวอย่าง และบันทึกลักษณะทางสัณฐานของใบ ดอก ผล เมล็ด และหัวใต้ดิน ครอบคลุมพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ และอุทยานแห่งชาติ พบมันป่าทั้งหมด 13 ชนิด ในจำนวนนี้มี 5 ชนิดที่นิยมบริโภค ได้แก่ มันเลือด มันพร้าวหรือมันเสา (*D. alata* L.) กลอย (*D. hispida* Dennst.) มันมือเสือ (*D. esculenta* (Lour.) Burkill) มันแขง (*D. oryzetorum* Prain & Burkill) และมันคันขาว (*D. pentaphylla* L.) โดยมันเลือดและมันเสาเป็นชนิดเดียวกัน แต่มันเลือดเป็นสายพันธุ์ปลูก ส่วนมันเสาเป็นสายพันธุ์ป่า ซึ่งมีพบมากที่สุด รองลงมาคือกลอยและมันมือเสือ ส่วนมันแขงพบได้น้อย โดยมีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่พื้นที่ราบถึงระดับความสูง 1,600 เมตรจากระดับน้ำทะเล มันป่าที่มีหัวขนาดใหญ่ เช่น มันเลือดและมันพร้าว นิยมใช้ประกอบอาหารคาวและหวาน กลอยใช้แปรรูปขนม ส่วนหัวขนาดเล็ก เช่น มันมือเสือและมันแขง ใช้ใส่ในแกงเลียงหรือหนึ่งใส่น้ำตาล และมันคันขาวนิยมบริโภคส่วนหัวอากาศ ทำการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในหัวมันป่าด้วยเทคนิค High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่ามันเลือด มันมือเสือ และมันแขง มีสาร diosgenin ซึ่งมีฤทธิ์ช่วยปรับสมดุลฮอร์โมน บรรเทาอาการวัยทอง ลดความเสี่ยงโรคกระดูกพรุน และลดการอักเสบ แสดงถึงศักยภาพของมันป่าในด้านโภชนาการและเภสัชกรรม อันควรส่งเสริมการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มันป่า

Abstract

A biodiversity study of wild yams (Dioscoreaceae) was conducted in Phitsanulok Province, Thailand, during 2022–2023. The research involved field surveys, specimen collection, and morphological characterization of leaves, flowers, fruits, seeds, and underground tubers. Sampling sites included agricultural lands, conservation areas, and national parks. Thirteen species



of wild yams were identified. Five species are traditionally consumed: *Dioscorea alata* L. (winged yam; known locally as “Mun Lueat,” “Mun Phrao,” or “Mun Sao”), *D. hispida* Dennst. (bitter yam; “Kloi”), *D. esculenta* (Lour.) Burkill (lesser yam; “Mun Mue Suea”), *D. oryzetorum* Prain & Burkill (“Mun Saeng”), and *D. pentaphylla* L. (five-leaf yam; “Mun Khan Khaw”). *D. alata* was the most frequently observed species, with “Mun Lueat” cultivated and “Mun Phrao” found in the wild. *D. hispida* and *D. esculenta* were moderately common, while *D. oryzetorum* was least encountered. These species were distributed from lowland areas to elevations of 1,600 meters above sea level. Large-tuber species such as *D. alata* are commonly used in savory and sweet dishes. *D. hispida* is processed into starch for desserts. Small-tuber species such as *D. esculenta* and *D. oryzetorum* are used in soups or steamed with sugar, while the aerial tubers of *D. pentaphylla* are also consumed. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) analysis of selected edible species revealed that *D. alata*, *D. esculenta*, and *D. oryzetorum* contain diosgenin, a steroidal sapogenin known for hormonal regulation, menopausal symptom relief, bone density enhancement, and anti-inflammatory activity. These findings highlight the nutritional and pharmaceutical potential of wild yams and support their conservation and sustainable utilization.

Keywords: Biodiversity, Bioactive compounds, Wild yam



ผลของระยะการสุกสับปะรดและกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพสับปะรด MD-2 ตัดแต่ง

นริศรา กาสา^{1,2}, นุชนาฏ ภักดี^{1,2} และพีระศักดิ์ ฉายประสาท^{1,2,*}

Effects of Ripening Stages and Ascorbic Acid on the Quality of Fresh-Cut MD-2 Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.)

Narisara Kasa^{1,2}, Nuchanat Phakdee^{1,2} and Peerasak Chaiprasart^{1,2,*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²Center of Excellence in Postharvest Technology, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

สับปะรดพันธุ์ MD-2 (*Ananas comosus* L. Merr.) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เนื่องจากมีรสหวาน เนื้อแน่น สีเหลืองทอง และความเป็นกรดต่ำ อย่างไรก็ตาม การปอกเปลือกและตัดแต่งผลทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพทั้งทางสรีรวิทยาและจุลชีววิทยา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะความสุกของผล (ระยะ 2, 3 และ 4) และความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก (0%, 0.5% และ 1.0%) ต่อคุณภาพของสับปะรด MD-2 สดตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 10 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (การสูญเสียน้ำหนัก, สีเนื้อผล (L^* , a^* , b^*), ความแน่นของเนื้อ) คุณภาพทางเคมี (ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS), ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ (TA), อัตราส่วน TSS/TA, อัตราการหายใจ, การผลิตเอทิลีน) และจุลชีววิทยา (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (APC) และจำนวนยีสต์และรา) ผลการทดลองพบว่า ระยะความสุกของผลและความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกมีผลต่อคุณภาพผลสับปะรดสดตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลที่ระยะความสุก 3 และกรดแอสคอร์บิก 0.5% แสดงการสูญเสียน้ำหนักและจำนวนจุลินทรีย์ต่ำที่สุด ในส่วนของค่าอัตราส่วนของ TSS/TA สูงสุดในวันที่ 8 แสดงให้เห็นถึงรสชาติที่ดี การใช้กรดแอสคอร์บิกสามารถรักษาค่าความสว่างได้ ดังนั้น การเลือกใช้ระยะความสุกของผลร่วมกับกรดแอสคอร์บิกที่เหมาะสม สามารถช่วยยืดอายุและรักษาคุณภาพของสับปะรดตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: สับปะรด MD-2 ระยะความสุก กรดแอสคอร์บิก ผลไม้ตัดแต่ง คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว.

Abstract

MD-2 pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) is a popular tropical fruit among consumers due to its sweet taste, firm texture, golden-yellow flesh, and low acidity. However, peeling and cutting the fruit for fresh-cut presentation accelerates both physiological and microbiological deterioration. This study aimed to investigate the effects of fruit ripening stages (stages 2, 3 and 4) and ascorbic acid concentrations (0%, 0.5%, and 1.0%) on the quality of fresh-cut MD-2 pineapple during storage at 5 °C for 10 days. The physical (weight loss, flesh color (L^* , a^* , b^*), firmness), chemical (total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), the TSS/TA ratio, respiration rate, ethylene production), and microbiological qualities (aerobic plate count (APC), and yeast and mold counts) were evaluated. The results showed that the ripening stage and the concentration of ascorbic acid significantly affected the quality of the fresh-cut pineapple. The treatment at ripening stage 3 and 0.5% ascorbic acid showed in the lowest weight loss and microbial counts. The highest TSS/TA ratio was observed on day 8, indicating a favorable flavor profile. Moreover,



ascorbic acid treatment can maintain the lightness (L^*) of the fruit. Therefore, selecting the appropriate ripening stage in combination with a suitable ascorbic acid concentration can effectively extend shelf life and preserve the quality of fresh-cut MD-2 pineapple during storage.

Keywords: MD-2 pineapple, Ripening stage, Ascorbic acid, Fresh-cut fruit, Postharvest quality



การศึกษาหุ่นกระบอกไทยสำหรับส่งเสริมการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาไทย

นิรัช สูดสังข์^{1,*} และนิภัสรา บุรีเพีย¹

A Study of Thai Rod Puppetry for the Promotion and Preservation of Thai Cultural Heritage

Nirat Soodsang^{1,*} and Nipatsara Bureepia¹

¹ภาควิชาศิลปะและการออกแบบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ศิลปะและการออกแบบ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Art and Design, Faculty of Architecture Art and Design, Naresuan University, Phitsunulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: nirats@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) ศึกษารูปแบบและกระบวนการประดิษฐ์หุ่นกระบอกไทย และ 2) ออกแบบประดิษฐ์ต้นแบบหุ่นกระบอกไทยสำหรับส่งเสริมการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่น 3) ประเมินประสิทธิภาพของหุ่นกระบอกในการใช้งานวิธีดำเนินการวิจัยขั้นตอนการวิจัย ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างหุ่นกระบอกไทยและวิธีการอนุรักษ์ภูมิปัญญา ออกแบบและสร้างหุ่นกระบอกที่ปรับปรุงให้เข้ากับยุคสมัย นำหุ่นกระบอกไปใช้ในโครงการหรือกิจกรรมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการส่งเสริมการอนุรักษ์วัฒนธรรม ผลการวิจัยพบว่า หุ่นกระบอกที่ทำมาจากการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) เป็นตัวอย่างของการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีสมัยใหม่กับศิลปะการแสดงดั้งเดิม ประกอบด้วยหุ่นตัวพระและตัวนางที่มีรายละเอียดของเครื่องประดับสวมศีรษะ แยกส่วนมือที่อยู่ในท่าทางรำ มือซ้ายและมือขวา จำนวน 2 รูปแบบ ส่วนหัวมีแกนสำหรับสวมไม้เชิดลำตัวและมือทั้งสองข้างขึ้น รูปโครงหน้า และมือด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและการใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ วัสดุที่ใช้พิมพ์เป็นเรซิน อบแห้งและระบายสี ประกอบเครื่องแต่งกายด้วยผ้าพิมพ์ลายไทย ในการสร้างหุ่นกระบอก ด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ มีข้อดีหลายประการ เช่น ความแม่นยำในการผลิต การประหยัดเวลา และความสามารถในการสร้างรายละเอียดที่ซับซ้อน งานนี้ยังช่วยให้สามารถสร้างหุ่นกระบอกที่มีความทนทานและสามารถนำไปใช้ในการแสดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลของประสิทธิภาพของหุ่นกระบอกไทย สะท้อนให้เห็นว่า หุ่นกระบอกไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือแสดงศิลปะเท่านั้น แต่เป็นกลไกที่มีพลังในการขับเคลื่อนวัฒนธรรม สังคม การศึกษา เศรษฐกิจ และการสร้างภาพลักษณ์ของชาติไทยในระดับสากล

คำสำคัญ: หุ่นกระบอกไทย การพิมพ์ 3 มิติ การศึกษาอนุรักษ์และส่งเสริมสืบสานภูมิปัญญาไทย

Abstract

Research Objectives 1) To study the forms and processes of crafting traditional Thai rod puppets (Hun Krabok) 2) To design and develop prototype Thai rod puppets for the promotion and preservation of local wisdom, and 3) To evaluate the effectiveness of the puppets in cultural conservation practices. Research Methodology: The study involved the collection and analysis of data related to the construction of traditional Thai rod puppets and methods for preserving indigenous knowledge. Subsequently, contemporary prototypes were designed and constructed to align with modern aesthetics and technological advancements. These puppets were then applied in specific cultural projects or activities to assess their effectiveness in promoting cultural preservation. Research Findings: The results indicated that Thai rod puppets produced using 3D printing technology exemplify a successful integration of modern technology with traditional performing arts. The prototypes included male and female characters adorned with intricately designed headdresses and traditional costumes. The puppets featured detachable arms in classical dance gestures (both left and right), and their heads were equipped with internal shafts to support the control rods for head and hand movement. The facial structures and hand components were designed using specialized software and fabricated with high-precision 3D printers. Resin was used as the primary material, followed by curing and hand-painting. The costumes were made from printed fabric with



traditional Thai patterns. The use of 3D printing technology in puppet construction offers several advantages, including precision, time efficiency, and the ability to render complex details. Moreover, this method enhances the durability of the puppets, making them suitable for actual performances. Conclusion: The effectiveness of the Thai rod puppets developed in this study demonstrates that such puppets serve not merely as tools for artistic performance, but also as dynamic instruments for advancing cultural values, fostering education, contributing to the local economy, and enhancing the international image of Thai heritage. The project highlights the potential of combining local wisdom with modern innovation in sustaining intangible cultural heritage.

Keywords: Thai rod puppets, 3D printing, the Study, Preservation, and Promotion of Thai Indigenous Wisdom



“อีนายสีเวย” บทประพันธ์เพลงสำหรับวงดนตรีร่วมสมัย

ศราววุฒิ จินดา^{1,*}, วราภรณ์ เชิดชู¹ และวิชญ์ บุญรอด¹

“Seevey Rhapsody” for Contemporary Music Band

Sarawut Chinda^{1,*}, Waraporn Cherdchoo¹ and Vich Boonrod¹

¹ภาควิชาดนตรี คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Music, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: Sarawutc66@nu.ac.th

บทคัดย่อ

บทเพลงนี้เป็นบทเพลงที่ใช้เทคนิคการประพันธ์เพลงศตวรรษที่ 20 และรูปแบบการประพันธ์เพลงร่วมสมัย ถ่ายทอดเรื่องราวผ่านดนตรีแนวร่วมสมัยที่รวมเอาเครื่องดนตรี 11 ชิ้นมาบรรเลงร่วมกัน บทประพันธ์ได้แรงบันดาลใจจากจิตรกรรมฝาผนังวิหารวัดตำมอน ชื่อ “อีนายสีเวย” ซึ่งเป็นวาดสีฝุ่นที่โดดเด่น สะดุดตา ถูกวาดไว้บนผนังวิหาร ไม้สักของวิหารวัดตำมอน เมืองต้า(ตำบลเวียงต้า อำเภอลอง จังหวัดแพร่) ด้วยลักษณะนิสัยของอีนายสีเวยเป็นผู้ที่มีความเลื่อมใสในศาสนาและ ประพฤติปฏิบัติตนเป็นพุทธศาสนิกชนที่ดี ซึ่งถือได้ว่าเป็นผู้ทำนุบำรุงพระพุทธศาสนา และทำหน้าที่เป็นอุบาสิก ที่คอยช่วยเหลืองานวัดทุกอย่างจึงทำให้ อีนายสีเวย ถูกนำไปวาดที่ประตูทางเข้ากุฏิด้านซ้ายมือ ของวัดตำมอน บทประพันธ์นี้ใช้ลีลาทำนองและสำเนียงดนตรีพื้นบ้านภาคเหนือเป็นตัวเชื่อมโยงผสมผสานมิติและสีสันเสียงในแต่ละช่วงเวลา การเรียบเรียงเสียงสำหรับวงดนตรีร่วมสมัยในแบบโพลีโฟนี (Polyphony) เพื่อสร้างความโดดเด่นของเนื้อหาให้กับบทเพลง บทประพันธ์แบ่งออกเป็น 3 ท่อน ได้แก่ 1) Introduction 2) Appreciate 3) The End มีความยาวรวมทั้งสิ้น 3 นาที ซึ่งบทประพันธ์นี้แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงเรื่องราวต่าง ๆ ของภาพจิตรกรรมกับวิถีชีวิตอันทรงคุณค่าทางวัฒนธรรมในมิติแห่งเสียงและมิติแห่งวัฒนธรรมเข้าไว้ด้วยกัน

คำสำคัญ: การประพันธ์เพลง อีนายสีเวย วงดนตรีร่วมสมัย ภาพจิตรกรรมฝาผนัง

Abstract

This musical composition applies 20th-century compositional techniques and contemporary musical forms to convey a narrative inspired by traditional mural art. Performed by an ensemble of 11 instruments, the piece draws its conceptual and thematic foundation from the mural painting “I-Nai Seevey” located at Wat Ta Mon in Wiang Ta Subdistrict, Long District, Phrae Province, Thailand. The mural, executed in tempera on teakwood, portrays I-Nai Si-Woei as a devout Buddhist laywoman who actively contributed to the temple’s religious functions. Her virtuous character and spiritual dedication are central to both the painting and the musical interpretation. The composition integrates Northern Thai folk melodic idioms with contemporary musical textures, employing polyphonic techniques to create a rich and layered soundscape. Structured in three sections 1) Introduction 2) Appreciate 3) The End the piece runs approximately three minutes in length. Through the fusion of cultural imagery and musical expression, the work demonstrates a meaningful intersection between visual art and contemporary music, highlighting the cultural and spiritual values embedded within Thai mural traditions.

Keywords: Musical composition, Seevey Rhapsody, Contemporary music ensemble, Mural



AR WalkMap: นวัตกรรมเส้นทางท่องเที่ยวประวัติศาสตร์ผ่านเทคโนโลยี AR

กนกกาญจน์ เสน่ห์ นมะhoot^{1,*}, เกษวดี พุทธภูมิพิทักษ์² และจักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะhoot³

AR WalkMap: An Innovative Historical Tourism Route through Augmented Reality Technology

Kanokkarn Snae Namahoot^{1,*}, Ketwadee buddhabhumhitak¹ and Chakkrit Snae Namahoot²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²ภาควิชาการท่องเที่ยว คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Business Administration, Faculty of Business, Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Tourism, Faculty of Business, Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science, Naresuan University, 65000

*Corresponding author. E-mail: kanokkarnn@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมเส้นทางท่องเที่ยวประวัติศาสตร์ผ่านเทคโนโลยี AR เชื่อมโยงกับชุมชนโดยรอบพระราชวังจันทน์ บริเวณโบราณสถานสำคัญ 4 แห่ง พระราชวังจันทน์ วัดโพธิ์ทอง วัดวิหารทอง และวัดศรีสุคต จังหวัดพิษณุโลก ที่สามารถนำเสนอข้อมูลเชิงเสมือนจริงด้วยสื่อ 3 มิติผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการทดลองใช้ระบบต้นแบบ เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มที่มีประสบการณ์มีคุณสมบัติดังนี้ 1) เป็นนักท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลก 2) มีอายุระหว่าง 20 – 60 ปี 3) สามารถใช้สมาร์ทโฟนได้ ผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเส้นทางท่องเที่ยวประวัติศาสตร์ผ่านเทคโนโลยี AR ด้วยภาพ 3 มิติ ผ่านเทคโนโลยี AR บริเวณโบราณสถานสำคัญ 4 แห่ง พระราชวังจันทน์ วัดโพธิ์ทอง วัดวิหารทอง และวัดศรีสุคต พร้อมทั้งมีคลิปนำเสนอประวัติความเป็นมาของสถานที่เพื่อให้ความรู้แก่นักท่องเที่ยว ด้วยรูปแบบ Responsive Web Design เพื่อสามารถแสดงผลได้ทุกอุปกรณ์ของผู้ใช้งานทั่วไปและรวดเร็ว ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเทคโนโลยี AR สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลก อายุ 20-60 ปี ที่สามารถใช้สมาร์ทโฟนได้ จำนวน 60 คน พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานเทคโนโลยี AR สำหรับการท่องเที่ยว อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 (S.D. เท่ากับ 0.83) ทั้งนี้การพัฒนานวัตกรรมต้นแบบ AR สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงทั้งในเชิงการเรียนรู้และการท่องเที่ยว อีกทั้งยังได้เสนอแนวทางการต่อยอดเชิงพาณิชย์โดยออกแบบให้สามารถประยุกต์ใช้กิจกรรมส่งเสริมการท่องเที่ยว เช่น เส้นทางเดินเท้าอัจฉริยะ (Smart Walking Trail) และศูนย์เรียนรู้เสมือนจริง ซึ่งจะช่วยยกระดับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัดพิษณุโลก ส่งเสริมเศรษฐกิจฐานราก และเป็นนวัตกรรมต้นแบบของการนำเทคโนโลยี AR มาบูรณาการกับภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างสร้างสรรค์ในระดับชุมชน

คำสำคัญ: นวัตกรรมการท่องเที่ยว การท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ เทคโนโลยี AR การเรียนรู้เชิงประวัติศาสตร์

Abstract

This research aimed to design and develop an innovative historical tourism route using Augmented Reality (AR) technology to promote heritage-based tourism linked to local communities surrounding Phra Rajachan Palace in Phitsanulok Province. The study focused on four significant historical sites: Phra Rajachan Palace, Wat Pho Thong, Wat Viharn Thong, and Wat Si Sukot. The project emphasized the design of 3D media capable of presenting immersive and interactive content through smartphones. Purposive sampling was employed to select participants for prototype testing, targeting individuals with experience and ability in using digital technologies such as smartphones. The sample selection criteria included: (1) being a tourist in Phitsanulok Province, (2) aged between 20–60 years, and (3) possessing the ability to operate a smartphone, ensuring the



appropriateness for prototype testing. The innovation developed includes an AR system capable of displaying 3D content at the four historical locations mentioned. Each site is supplemented with video clips providing historical background information to enhance visitors' knowledge. The system was developed using a responsive web design to ensure compatibility across various devices and deliver a smooth user experience. The evaluation of the AR system's usability was conducted with 60 participants who met the criteria above. The results indicated that the perceived usability of AR technology for tourism was rated at a high level, with a mean score of 4.01 and a standard deviation of 0.83. This suggests that the prototype effectively supports both educational and tourism applications. Additionally, the study proposes directions for commercial development, such as the implementation of Smart Walking Trails and virtual learning centers. These initiatives aim to enhance the cultural tourism experience in Phitsanulok, support local economic development, and serve as a model for integrating AR technology with local wisdom in a creative and community-based manner.

Keywords: Tourism innovation, Historical tourism, Augmented reality, Historical learning



Ecological Risk Assessment of Heavy Metal Contamination

in the Kok River, Northern Thailand:

Implications for Fish Health and Lymphocystis Disease Outbreak Potential

Tanapon Phenrat^{1,2,*} and Saranporn Kirdkoh³

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Digital Database and System Mission Unit, Thailand Science Research and Innovation (TSRI), Chiang Mai, 50200

³Naresuan University International College, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

This study assessed the ecological risks to fish populations in the Kok River, a significant waterway in northern Thailand, focusing on the risks of Lymphocystis disease and other abnormalities resulting from contamination in water and sediment. Using quantitative risk assessment methods with Hazard Quotient (HQ) and Hazard Index (HI) values, we compared the Kok River with the Ping and Ing Rivers. Results revealed that the Kok River had significantly higher contamination levels of arsenic (As), heavy metals, bacteria, and turbidity than the other rivers. Consequently, the Kok River exhibited elevated risks for Lymphocystis disease (HI = 24.58), developmental and reproductive abnormalities (HI = 6.26), and behavioral and neurological disorders (HI = 17.40), approximately 2–4 times higher than the Ping and Ing Rivers. These findings substantiate community concerns and emphasize the urgent need for surveillance, monitoring, and pollution source control to prevent adverse impacts on ecosystems and human health. The study highlights the critical importance of integrated watershed management approaches, particularly in transboundary river basins where multiple jurisdictions share responsibility for environmental protection.

Keywords: Ecological risk assessment, Heavy metals, Arsenic contamination, Lymphocystis disease, Fish health, Transboundary water pollution



Satisfaction and Sanitation of Toilet at Mae Fah Luang University, Thailand

Arrada Sukbua¹, Wiwisana sanrangsee¹, Julaluck Panyapin¹, Manshuporn Drawsawang¹,

Chan Myae Thiri and Vivat Keawdoungek^{1,*}

¹Program of Environmental Health, School of Health Science, Mae Fah Luang University

*Corresponding Author: vivat.kea@mfu.ac.th

Abstract

This study aims to assess the sanitation conditions and student satisfaction regarding toilet facilities at Mae Fah Luang University (MFU). A total of 85 toilets were sampled from various buildings, including C1, C2, C3, C5, S1, S2, M3, E4, and the female dormitory, using a 90% confidence level based on Taro Yamane's formula. Biological contamination assessments were conducted on bidet sprayers, toilet seats, wash basins, door locks, and urinals using SI2 solution. Positive samples were further analyzed for *E. coli* contamination using Eosin Methylene Blue (EMB) agar. Additionally, 389 students were selected to evaluate their satisfaction with MFU's toilets, focusing on cleanliness, housekeeper performance, and toilet usage behavior. Data were analyzed using SPSS software. The results revealed that 51.11% of the toilet samples from the female dormitory were contaminated with *E. coli*. In terms of satisfaction, the average scores were 2.81 for cleanliness, 3.76 for housekeeper performance, and 3.27 for toilet usage behavior. These findings indicate a significant sanitation concern, particularly in the female dormitory toilets. Furthermore, students reported the lowest satisfaction in the area of cleanliness, highlighting the urgent need for improvement. The study concludes that the hygiene standards of MFU toilets, especially in dormitories, are inadequate and pose health risks due to bacterial contamination. It recommends increasing the frequency of cleaning and disinfecting, particularly in high-risk areas such as dormitories. Moreover, promoting proper toilet usage habits among students is essential to maintaining better hygiene and preventing disease transmission. Enhancing toilet maintenance and fostering responsible user behavior can collectively support a healthier university environment.

Keyword: Bacterial contamination, Toilet, Sanitation



การวิเคราะห์ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติในฐานข้อมูล Scopus

ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร

ญารัชนี หม่องนันท์¹, ตรีรัส ดิเรกพิทักษ์¹, พัฒนพันธ์ กลิ่นหอม² และสุภาพร ลำเลิศธน^{1,3*}

Analysis of International Publications in the Scopus Database

by Graduate Students at Naresuan University

Yaratchanee Mongnun¹, Treerat Direkpitak¹, Pattanapan Klinhom²

and Supaporn Lamlerththorn^{1,3,*}

¹งานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

²งานแผนและสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

³ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Research and International Affairs, Graduate School, Naresuan University, Phitsanulok Province 65000

²Planning and Information Affairs, Graduate School, Naresuan University, Phitsanulok Province 65000

³Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok Province 65000

*Corresponding author. E-mail: supapornl@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร วิธิตำเนินการวิจัย (1) รวบรวมข้อมูลผลงานตีพิมพ์ทั้งหมดจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิการแจ้งเตือนของฐานข้อมูล Scopus ในช่วงปี 2566-2567 (2) คัดกรองผลงานของนิสิตบัณฑิตศึกษาผ่านระบบติดตามความก้าวหน้าวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตวิทยาลัย และบันทึกข้อมูลใน Google sheets ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล คือค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบประเด็นรายละเอียดดังนี้ (1) ด้านจำนวนผลงานวิจัยที่พบจากการแจ้งเตือนทั้งสิ้น 1,267 เรื่อง มีผลงานวิจัยจำนวน 364 เรื่อง (ร้อยละ 28.7) เป็นผลงานวิจัยที่มีนิสิตบัณฑิตศึกษาเป็นผู้มีชื่อแรก ผลงานนี้มาจากนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 247 เรื่อง (ร้อยละ 67.9) กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ 109 เรื่อง (ร้อยละ 29.9) และกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 8 เรื่อง (ร้อยละ 2.2) ตามลำดับ (2) ด้านคุณภาพของผลงานพบว่าตีพิมพ์ในวารสารที่มีควอไทล์ (Q) 345 เรื่อง โดยเป็นวารสาร Q1 จำนวน 127 เรื่อง (ร้อยละ 36.8) และมีผลงานวิจัยจำนวน 36 เรื่อง (ร้อยละ 10.4) ที่ตีพิมพ์ในวารสาร Top 10% (Tier 1) ซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพงานวิจัยในระดับสูง (3) ด้านความร่วมมือกับสถาบันต่างประเทศพบว่าผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสาร Q1 เป็นผลงานจากความร่วมมือกับ Université de Franche-Comté ประเทศฝรั่งเศส มากที่สุด นอกจากนี้การวิเคราะห์ (SDGs) พบว่าผลงานส่วนใหญ่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ 3 สร้างหลักประกันการมีสุขภาพที่ดี และส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีสำหรับทุกคนในทุกช่วงวัย ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะการตีพิมพ์ระดับนานาชาติของนิสิตบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพันธกิจด้านการวิจัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยวิจัยชั้นนำระดับโลก ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานเชิงกลยุทธ์ที่เป็นแนวทางในการสร้างความร่วมมือ เพื่อยกระดับทั้งคุณภาพและจำนวนของผลงานวิจัยให้มากยิ่งขึ้น งานวิจัยในระดับนานาชาติของนิสิตบัณฑิตศึกษาเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพันธกิจด้านการวิจัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยวิจัยชั้นนำ

คำสำคัญ: นิสิตบัณฑิตศึกษา ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร ฐานข้อมูล Scopus



Abstract

This study aimed to analyze the international publications of graduate students from Naresuan University. The research methodology included: (1) collecting all publication records from secondary data sources through Scopus alert notifications during 2023–2024 (2) identifying publications authored by graduate students via the Graduate School’s thesis progress tracking system, with all data recorded in Google Sheets. Descriptive statistics were employed, using percentage values. The research findings revealed the following key aspects: 1) Regarding the number of research outputs, a total of 1,267 research publications were identified, 364 publications (28.7%) had graduate students as the first authors. Of these, 247 publications (67.9%) were from the science and technology group, 109 publications (29.9%) from the health sciences group, and 8 publications (2.2%) from the humanities and social sciences group. 2) Regarding the quality of the publications, 345 publications were found in journals with quartile (Q) classifications, with 127 publications (36.8%) in Q1 journals, and there were 36 publications (10.4%) published in Top 10% (Tier 1) journals, reflecting high research quality. 3) For international collaboration, it was found that the majority of Q1 journal publications were produced in partnership with Université de Franche-Comté, France. Additionally, an analysis based on the Sustainable Development Goals (SDGs) indicated that most publications aligned with Goal 3: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages. The results of this study provide up-to-date insights into the international publication performance of the university’s graduate students. It serves as a strategic mechanism to support the university’s research mission toward becoming a world-class research institution. These findings serve as a strategic foundation to guide collaborative efforts aimed at enhancing both the quality and quantity of future research outputs.

Keywords: Graduate student, International publication, Naresuan university, Scopus database



การวิเคราะห์สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงโครงการวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี (SGtech)

บงกช ประสิทธิ์^{1,*}

Situation Analysis of Changes in Research and Academic Service Projects within School of Renewable Energy and Smart Grid Technology (SGtech)

Bongkot Prasit^{1,*}

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนเรศวร, อำเภอเมือง, จังหวัดพิษณุโลก, 65000.

¹School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University, Muang, Phisanulok, 65000.

*Corresponding author. E-mail: bongkotprasit19@gmail.com

บทคัดย่อ

การหารายได้ผ่านการทำงานโครงการวิจัยและบริการวิชาการขนาดใหญ่ (Mega Project) ซึ่งเป็นปัจจัยของการขับเคลื่อนถ้าเกิดความเสี่ยงจากการหารายได้จะส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการองค์กร งานวิเคราะห์นี้จึงสำคัญและมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงโครงการวิจัย และบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2567 โดยใช้การวิเคราะห์อัตราการเติบโต (Growth rate) ของรายได้สุทธิรวมของหน่วยงานรวมถึงโครงการวิจัยและบริการวิชาการ มีการใช้ Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าสถิติร้อยละ วิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากแหล่งทุติยภูมิ (secondary data) ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือข้อมูลรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEX ประจำปีงบประมาณ 2564-2567 วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงโครงการวิจัย และบริการวิชาการพบว่าสัดส่วนร้อยละ แหล่งทุนโครงการวิจัยภายในและภายนอก ในอัตราส่วนเท่ากับ 18.5% : 81.5% อีกทั้งยังมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเงินทุนวิจัยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 49.3% และ 294.8% ในปี 2565 และ 2566 ตามลำดับ นอกจากนี้เงินทุนโครงการบริการวิชาการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 30.7% ในปี 2566 โดยมีสัดส่วนร้อยละรายได้สุทธิรวมหน่วยงานต่อรายได้เงินวิจัยและบริการวิชาการเฉลี่ยรวมอยู่ในอัตราส่วนเท่ากับ 73.6% ของรายได้สุทธิรวมหน่วยงาน สำหรับใช้ทำแผนยุทธศาสตร์ของวิทยาลัยฯ ต่อไป รายได้ที่ได้เติบโตจะช่วยลดการเกิดความเสี่ยงในการบริหารจัดการองค์กร ผลการวิเคราะห์ Growth Rate พบว่ารายได้สุทธิรวมหน่วยงานมี Growth Rate เท่ากับ 10% และ 4% ในปีงบประมาณ 2565 และ 2566 ตามลำดับ รวมถึง Growth Rate เท่ากับ 281.1% ของรายได้โครงการวิจัยและบริการวิชาการในปีงบประมาณ 2566 ทำให้ผลลัพธ์ S6 บรรลุตามเกณฑ์ EdPEX

คำสำคัญ: รายได้จากงานวิจัยและบริการวิชาการ การบริหารรายได้ของสถาบันอุดมศึกษา EdPEX

Abstract

Income generation through research and academic service mega projects is a driving factor. If there is a risk from income generation, it will affect the organization's management. This analysis is therefore important and aims to analyze the situation of changes in research and academic service projects for fiscal years 2021-2024 by using the growth rate analysis of the total net income of the School of Renewable Energy and Smart Grid Technology (SGtech) including research and academic services projects. Microsoft Excel was used as a tool for data analysis to find percentage statistics. This research is a quantitative research. The data used in the research were obtained from secondary sources that using Self-Assessment Report (SAR) data according to EdPEX criteria for fiscal years 2021-2024 of SGtech. The results of the analysis of the situation of changes in research and academic service projects found that the proportion % of internal and external research project funding sources at the ratio of 18.5%:81.5%, which the trend of research funding increases continuously by 49.3%:294.8% in 2022 and 2023 respectively. Academic service



project funding tends to increase by 30.7% in 2023. The proportion of % of total net income of the SGtech to the average total research and academic service projects income is equal to 73.6% of the total net income of the SGtech which for use in formulating SGtech's future strategic plans. Growing revenue will reduce the risk of corporate management. The total net income of the SGtech has a growth rate of 10% and 4% in fiscal years 2022 and 2023 respectively. The growth rate is equal to 281.1% of the income from research and academic service projects in fiscal year 2023 that make S6 results meet EdPEx criteria.

Keywords: Income from research and academic services, Income management of higher education, institutions, EdPEx



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไปเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาคณะหลักสูตรเฉลี่ย และผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX)

ของผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ^{1,*}, ธนิดา มั่นคง^{1,*} และนิตยรดี ยายอด^{1,*}

The Study of the Relationships among the Average General Education Course Grades,
the Average Major Program Course Grade,
and the Cumulative Grade Point Average (GPAX)

of Bachelor's Degree Graduates at Naresuan University

Pradabduen Thongchuechern^{1,*}, Tanida Munkong^{1,*} and Nitradee Yayod^{1,*}

¹งานจัดการศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: pradabduent@nu.ac.th, tanidam@nu.ac.th, nitradeey@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดการศึกษาเป็นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่ตลาดแรงงาน เป้าหมายสำคัญของการสำเร็จการศึกษาคือ การมีอาชีพ และการมีงานทำ การจะทำให้มีผลสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรได้นั้น เกรดรายวิชา และเกรดเฉลี่ยสะสม (GPAX) จึงมีความสำคัญ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไปเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาคณะหลักสูตรเฉลี่ย และผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ของผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2564-2566 กลุ่มตัวอย่างได้มาจาก จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ที่มีคุณสมบัติครบ ประจำปีการศึกษา 2564 - 2566 จำนวนทั้งสิ้น 14,789 คน จาก 14,951 คน (98.92%) ใช้ข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิในระบบสำเร็จการศึกษา ของกองบริการการศึกษา สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน สรุปได้ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไปเฉลี่ยกับผลการเรียนวิชาคณะหลักสูตรเฉลี่ย และผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 มีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง ($R=0.537$) และค่อนข้างสูง ($R=0.688$) แต่ในระดับกลุ่มสาขาวิชาพบว่า นิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความสัมพันธ์ระดับค่อนข้างต่ำ ($R=0.370$) และปานกลาง ($R=0.560$) ในระดับคณะพบว่า นิสิตของวิทยาลัยนานาชาติ มีระดับความสัมพันธ์สูง ($R=0.809$, $R=0.885$) ยกเว้นนิสิตของคณะแพทยศาสตร์ มีความสัมพันธ์ระดับค่อนข้างต่ำ ($R=0.327$, $R=0.386$) ความสัมพันธ์นี้มีความแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มสาขาวิชาและคณะ ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะเฉพาะของวิชาคณะหลักสูตรและทักษะที่จำเป็นในการเรียนในแต่ละสาขา

คำสำคัญ: ผลการเรียนวิชาศึกษาทั่วไปเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาคณะหลักสูตรเฉลี่ย ผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี

Abstract

Education management was the development of human resources to prepare individuals for the labor market. An important goal of graduation were to have a career and employment. In the order for students to graduate according to the curriculum, course grades and cumulative grade point average (GPAX) were important. This research aimed to examine the relationship among the average general education course grades, the average major course grades, and the cumulative grade point average (GPAX) of



Bachelor's degree graduates in the 2021–2023 academic years. The sample group was obtained from the total number of bachelor's degree graduates who met the qualifications in the 2021–2023 academic years, totaling 14,789 out of 14,951 people (98.92%). Secondary data was obtained from the Graduation System of the Division of Academic Affairs. The statistics used included mean, standard deviation, percentage, and Pearson correlation coefficient. The findings revealed that, A statistically significant positive correlation at the .05 level among general the average general education course grades, the average major course grades, and the cumulative grade point average (GPAX). The correlation was moderate ($R=0.537$) to relatively high ($R=0.688$). However, when analyzed by academic discipline cluster, students in Science and Technology cluster exhibited relatively low ($R=0.370$) to moderate ($R=0.560$) correlation. At the faculty level, students from the International College demonstrated high correlation ($R=0.809$, $R=0.885$), except for students from the Faculty of Medicine, who showed a relatively low correlation ($R=0.327$, $R=0.386$). This relationship varies across different major fields and faculties, reflecting the specific characteristics of the major courses and the skills required for learning in each field.

Keywords: Average general education course grades, Average major program course grad, Cumulative grade point average (GPAX), Bachelor's degree graduates



ความตระหนักรู้ในการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ของผู้เรียนระดับปริญญาตรี

อานวย พิรุณสาร^{1,*} และประดับเดือน ทองเชื้อเชิณ^{2,*}

The Awareness of Emotional Intelligence Development among Undergraduate Students

Aumnoay Pirunsarn^{1,*} and Pradubduen Thongchuechern^{2,*}

¹ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²งานจัดการศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: tomistom@hotmail.com, pradabduent@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ความฉลาดทางอารมณ์ เป็นทักษะที่สำคัญสำหรับผู้เรียนในระดับปริญญาตรี ที่ไม่เพียงผลกระทบต่อความสำเร็จทางการศึกษา แต่ยังมีความสัมพันธ์ในชีวิตส่วนตัวและการทำงานในอนาคต การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความตระหนักรู้ถึงความฉลาดทางอารมณ์ และ 2) ความต้องการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ของผู้เรียนระดับปริญญาตรี โดยเจาะจงประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 002309 ความคิดเชิงปรัชญาเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ภาคเรียนต้น ปีการศึกษา 2567 จำนวน 285 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถาม แบบประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างตระหนักรู้ถึงประโยชน์ของความฉลาดทางอารมณ์ร้อยละ 95 โดยให้ความเห็นถึงประโยชน์ของความฉลาดทางอารมณ์ 3 อันดับสูงสุด ได้แก่ 1) ทำให้มีการรับรู้ควบคุม และ จัดการอารมณ์ของตนเองได้อย่างชาญฉลาดและเหมาะสมกับสถานการณ์ 2) ช่วยให้มีสติยับยั้งชั่งใจ ไม่ทำพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม และ 3) ทำให้เป็นผู้ที่มีวุฒิภาวะทางอารมณ์ตามลำดับ ในภาพรวมพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับของความตระหนักรู้ในการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ของตนเองในระดับปานกลาง ผลจากการศึกษานี้ไม่เพียงนำไปสู่การจัดทำหลักสูตรและการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ อาทิ โครงการและกิจกรรมที่ส่งเสริมการฝึกฝนทักษะด้านอารมณ์ ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีในการส่งเสริม การเรียนรู้ แต่ยังสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักตัวเองมากขึ้น และสามารถปรับตัวได้ดีขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ

คำสำคัญ: ความตระหนักรู้ การพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ ผู้เรียนระดับปริญญาตรี

Abstract

Emotional intelligence is a crucial mechanism for undergraduate students since it influences not only academic achievement but also interpersonal interactions and career prospects. This research aims to 1) explore awareness of emotional intelligence and 2) identify the needs for developing emotional intelligence among undergraduate students. The Purposive population and sample consisted of students at Naresuan University enrolled in the course 002309 “Philosophical Thoughts for Self and Social Development” during the first semester of 2024 academic year, with a total of 285 participants. The research instrument was a 5-level rating scale questionnaire, which was validated for accuracy by three experts. The statistics used in data analysis include percentages, means and standard deviations. The research findings revealed that 95% of the sample group recognised the benefits of emotional intelligence. The top three benefits of emotional intelligence are: 1) to be aware of, control, and manage one’s emotions wisely and appropriately according to the situation, 2) to be mindful and self-restrained, avoiding



inappropriate behavior, and 3) to make one emotionally mature. Moreover, the sample group has a moderate level of awareness in developing their emotional intelligence. Moreover, the sample group has a moderate level of awareness in developing their emotional intelligence. The study's findings not only influenced curriculum designs and instructional strategies that emphasizing emotional intelligence, for instance, initiatives and exercises that support the growth of emotional intelligence and the application of technology to improve education but contributed to fostering of an atmosphere that encourages the growth of emotional intelligence, which enables students to better understand themselves and adjust them to different circumstances.

Keywords: Awareness, Emotional intelligence development, Undergraduate students



ความต้องการของกลุ่มเรียนระดับปริญญาตรีในการปรับตัว

สู่โลกโกลาหล (BANI World)

อานวย พิรุณสาร^{1,*} และประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ^{2,*}

Undergraduate Students' Needs for Adaptation to the BANI World

Aumnoay Pirunsarn^{1,*}, Pradubduen Thongchuechern^{2,*}

¹ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²งานจัดการศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: tomistom@hotmail.com, pradabduent@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ในยุคที่โลกเผชิญกับภาวะโลกโกลาหล ผู้เรียนในระดับปริญญาตรี จำเป็นต้องมีทักษะและความสามารถในการปรับตัวอย่างยืดหยุ่นเพื่อพร้อมเผชิญกับความท้าทาย การวิจัยเชิงสำรวจนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการและระดับการปรับตัวของผู้เรียนระดับปริญญาตรีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมโลกโกลาหล โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร 175 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา “ไทยกับประชาคมโลก” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลคือ แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า หากต้องเผชิญกับภาวะโลกโกลาหล กลุ่มตัวอย่างมีระดับการเตรียมตัว ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านสมรรถนะ อยู่ในระดับสูง การจำแนกการเตรียมตัวในการปรับตัวออก พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการเตรียมตัวในด้านความรู้ สูงสุด 3 อันดับคือ ความรู้ด้านภาษาต่างประเทศ ความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษา และความรู้ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และยังพบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับทักษะการคิดเชิงวิจารณ์และการแก้ปัญหา ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และทักษะด้านสังคม ตามลำดับ ส่วนความต้องการในการเตรียมตัวด้านสมรรถนะสูงสุดคือ ความรู้สึกมั่นคงในชีวิตและความปลอดภัย รองลงมาคือ ความกระตือรือร้นในการปรับ ทักษะคิดและความสามารถในการตามทันเทคโนโลยีใหม่ ๆ ผลของการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นถึงความต้องการและการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะโลกโกลาหล แต่ยังเป็นข้อมูลสำคัญที่นำไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตร ออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้มีคุณภาพ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวและประสบความสำเร็จในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและไม่แน่นอน

คำสำคัญ: ความต้องการ การปรับตัว การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม โลกยุค BANI ผู้เรียนระดับปริญญาตรี

Abstract

In an era where the world is facing a BANI World, undergraduate students must be adaptive in their problem-solving abilities. The purpose of this survey was to investigating undergraduate students' adaptation needs and adaptation levels to social and cultural changes in a BANI World. The sample group consists of 175 students from Naresuan University enrolled in the course “Thailand and the Global Community” during the second semester of the 2023 academic year. The data collection tool is a questionnaire that was verified by 3 experts, and the statistics used for data analysis include percentages, mean, and standard deviation. The results revealed that the sample group responded that if faced with a chaotic situation, their level of preparedness in terms of knowledge, skills, and competencies was at a high level. The classification of preparation for adaption revealed that the sample group has the highest preparation demands in terms of knowledge, specifically in the areas of foreign language knowledge, knowledge in their field of study, and computer technology knowledge. In terms of the need to enhance skills, these include critical



thinking and problem-solving skills, information technology skills, and social skills. Regarding the prerequisites for being ready for optimal performance, It is the sense of security and stability in life, which is followed by the enthusiasm for adapting attitudes and keeping up with new technologies. The study's findings not only demonstrate the need for and readiness of students in a number of areas to adapt to changes in the BANi world, but also still valuable information that can be utilised to create excellent teaching and learning management systems and to expand and enhance the curriculum which enable learners to adapt and succeed in a rapidly changing and uncertain world.

Keywords: Needs, Adaptation, Social and cultural change, the BANi world, Undergraduate Students



ประสิทธิภาพระบบออนไลน์ในการยื่นรับการพิจารณาเป็นครั้งแรก

ของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สิริกานต์ มุ่ยจันตา¹, ศิริวรรณ แก้วสุขเรือง², อารยา อินเลียม¹ และพัชรภรณ์ สุดชาภา^{3,*}

Efficiency of an Online System for Initial Research Submission

to Naresuan University Institutional Review Board

Sirikan Mayjunta¹, Siriwan Kaewsukruang², Araya In-luem¹ and Patcharaporn Sudchada^{3,*}

¹กองการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²งานวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Division of Research and Innovations, Office of the President, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Research MED NU, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: patcharaporns@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบออนไลน์บนแพลตฟอร์ม Google Workspace Applications สำหรับการยื่นพิจารณาโครงการวิจัยครั้งแรก และความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบออนไลน์ในกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ ระบบนี้พัฒนาขึ้นในช่วงโควิด-19 เพื่อแก้ปัญหาความล่าช้าและการสูญหายของเอกสาร การศึกษาใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังจากโครงการวิจัย 864 โครงการ (2564-2566) และประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน 197 คน (2567-2568) ผลการศึกษาพบว่าโครงการวิจัยมีแนวโน้มลดลงจากปี 2564-2566 มีจำนวนโครงการ 394, 252 และ 218 ตามลำดับ ซึ่งแบ่งโครงการออกเป็น 3 ประเภท คือ แบบยกเว้น, แบบเร่งรัด และแบบคณะกรรมการฯ เต็มชุด มีระยะเวลาเฉลี่ยต่อการรับรองโครงการ จำนวน 12, 42 และ 67 วันปฏิทินตามลำดับ โครงการที่เป็นไปตาม SOPs ร้อยละ 55 - 70 ในช่วง 3 ปีนี้ โดยสาเหตุหลักมาจากกรรมการฯ ร้อยละ 44.30 (n = 132/298) รองลงมาเป็นผู้วิจัย ร้อยละ 43.96 (n = 131/298) รองลงมาเป็นผู้เจ้าหน้าที่ ร้อยละ 23.83 (n = 71/298) และการพิจารณาขอหมาย ร้อยละ 10.07 (n = 30/298) และพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมในระดับมากและมากที่สุด ร้อยละ 93.40 (n = 184/197) โดยร้อยละ 97.46 (n = 192/197) พึงพอใจต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมเอกสาร และร้อยละ 97.45 (n = 191/197) พึงพอใจต่อการแจ้งหมายเลขโครงการทางอีเมล และร้อยละ 70.56 (n = 139/197) มีความพึงพอใจในความรวดเร็วจากการติดต่อผ่าน LINE OA ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบรวมถึงการปรับปรุงคู่มือการใช้งาน การลดความซับซ้อนของเอกสาร และการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการแจ้งเตือน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบออนไลน์และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบออนไลน์ Google Workspace Applications การยื่นพิจารณาครั้งแรก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

Abstract

This research aims to evaluate the efficiency of an online system on Google Workspace Applications for initial research project submissions and user satisfaction with the Institutional Review Board system at Naresuan University in health sciences and medical sciences panels. The system was developed during COVID-19 to address delays and document loss issues from the previous system. The study employed quantitative research methodology, analyzing retrospective data from 864 research projects (2021-2023) and conducting a cross-sectional satisfaction assessment from 197 researchers (2024-2025). Results showed



that research projects continuously decreased from 2021–2023, with 394, 252, and 218 projects, respectively. Projects were categorized into three types: exemption, expedited, and full board review, with average approval durations of 12, 42, and 67 calendar days, respectively. Projects adhering to SOPs ranged from 55–70% during these three years. The main causes of delay were attributed to committee members at 44.30% ($n = 132/298$), followed by researchers at 43.96% ($n = 131/298$), staff at 23.83% ($n = 71/298$), and assignment considerations at 10.07% ($n = 30/298$). User satisfaction with the overall system was at high and highest levels for 93.40% ($n = 184/197$), with 97.46% ($n = 192/197$) satisfied with cost savings in document preparation, 97.45% ($n = 191/197$) satisfied with project number notifications via email, 70.56% ($n = 139/197$) confident with the speed of contact through LINE OA, and 71.94% ($n = 141/196$) satisfied with the automated system (Chat bot) from LINE OA contact. Recommendations for system development include improving user manuals, reducing document complexity, and enhancing notification systems. The study results demonstrate the efficiency of the online system and its potential for future development.

Keywords: Online system, Google workspace Applications, Initial submission, Human research ethics committee, Institutional review board



พัฒนา Dashboard ข้อมูลเพื่อการกำกับติดตามการดำเนินงาน

ของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อารยา อินเลียม¹, ศิริวรรณ แก้วสุเรือง², สิริกานต์ มุ้ยจันตา¹ และพัชรภรณ์ สุดชาภา^{3,*}

Development of a Data Dashboard for Operation Monitoring

of Naresuan University Institutional Review Board

Araya In-luem¹, Siriwan Kaewsukruang², Sirikan Mayjunta¹ and Patcharaporn Sudchada^{3,*}

¹กองการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²งานวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

³ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Division of Research and Innovations, Office of the President, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Research MED NU, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: patcharaporns@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบ Dashboard สำหรับติดตามงานของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ การออกแบบ Dashboard การเชื่อมต่อฐานข้อมูลจากโครงการวิจัย 2,890 โครงการ (ปี 2564-2566) การพัฒนาระบบด้วย Looker Studio เชื่อมโยงกับฐานข้อมูล NU-IRB และการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน 339 คน กำหนดขนาดตัวอย่างโดยคำนวณจากประชากรกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด แบ่งเป็นผู้เสนอโครงการวิจัย จำนวน 296 คน (ร้อยละ 70) คณะกรรมการจริยธรรมฯ จำนวน 33 คน (ร้อยละ 50) และเจ้าหน้าที่สำนักงานจริยธรรมฯ จำนวน 10 คน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบออนไลน์จากกลุ่มผู้ใช้งานระบบ Dashboard ทั้งหมด โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด และให้อาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษาตามความสมัครใจ Dashboard ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก: ภาพรวมโครงการวิจัยด้วยกราฟวงกลม ตารางแสดงสถานะพร้อมระยะเวลา สถิติการอนุมัติโครงการ และตัวกรองข้อมูลสำหรับค้นหาตามเงื่อนไขต่างๆ ทั้งหมดแสดงผลแบบเรียลไทม์ ผลวิจัยพบว่าร้อยละ 93.81 ของผู้ใช้เห็นว่าระบบมีข้อมูลเพียงพอสำหรับติดตามสถานะโครงการ และพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งาน Dashboard โดยรวมในระดับมากและมากที่สุด ร้อยละ 78.87 (n = 265/336) โดยร้อยละ 76.72 (n = 257/335) พึงพอใจต่อการจัดวางข้อมูล และร้อยละ 72.92 (n = 245/336) พึงพอใจต่อฟีเจอร์การโต้ตอบ ผู้ใช้ส่วนใหญ่ต้องการการแสดงผลทั้งภาษาไทยและอังกฤษ ระบบนี้ช่วยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องติดตามสถานะโครงการแบบเรียลไทม์ แก้ไขปัญหาการจัดการเอกสาร และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสำนักงาน ตอบสนองความต้องการด้วยกระบวนการติดตามที่โปร่งใสและเข้าถึงง่าย

คำสำคัญ: ฐานข้อมูล แดชบอร์ด คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

Abstract

This research aims to develop a Dashboard system for tracking the review progress of the Institutional Review Board at Naresuan University and to evaluate user satisfaction. The research is divided into 4 phases: Dashboard design, database connection from 2,890 research projects (2021-2023), system development using Looker Studio linked to the NU-IRB database, and satisfaction assessment from 339 users. The sample size was determined based on the total target population, consisting of 296 research protocol submitters (70%), 33 ethics committee members (50%), and 10 ethics office staff. Data were collected online from all users of the Dashboard system. The study included all members of the target population, and participation was entirely



voluntary. The Dashboard consists of 4 main components: an overview of research projects using pie charts, status tables with timelines, project approval statistics, and data filters for searching according to various conditions, all displayed in real-time. The results showed that 93.81% of users found that the system provided sufficient information for tracking project status. Users reported high and highest levels of overall Dashboard satisfaction at 78.87% ($n = 265/336$), with 76.72% ($n = 257/335$) satisfied with the data layout, and 72.92% ($n = 245/336$) satisfied with interactive features. Most users requested display options in both Thai and English. This system enables stakeholders to track project status instantaneously, addresses document management challenges, and enhances office operational efficiency, fulfilling user needs through a transparent and accessible tracking process.

Keywords: Database, Dashboard, Human research ethics committee, Institutional review board

FULL PAPER



การเตรียมเซลล์ Coombs Control Cells โดยวิธี In-House Method

สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิตและธนาคารเลือด

ทัศนียา คำขุรี¹, รัชนิวรรณ มณีมาโรจน์² และเชิดชาย แซ่ฮ่วน^{2,*}

Coombs Control Cells Preparation by In-House Method

for Transfusion Science and Blood Bank

Thasaneeya Khamkhuree¹, Ratchaneewan Maneemaroj² and Choedchai Saehuan^{2,*}

¹สำนักงานเลขานุการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Secretary Office, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: choedchais@nu.ac.th, choedchai1@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทดสอบหลายรายการในงานวิทยาศาสตร์การบริการโลหิตและธนาคารเลือดได้แก่ การตรวจความเข้ากันได้ก่อนการให้เลือดซึ่งมีขั้นตอน antihuman globulin การตรวจ direct antiglobulin test และการตรวจ indirect antiglobulin test จำเป็นต้องใช้ Coombs control cells เป็นเซลล์ควบคุมคุณภาพการทดสอบ โดยซื้อจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงในการสั่งซื้อต่อปี รวมทั้งใช้เวลาดำเนินการสั่งซื้อค่อนข้างนาน ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมและหาความคงทนของเซลล์ Coombs control cells รวมทั้งหาความคงทนในการควบคุมคุณภาพการตรวจ direct antiglobulin test โดยการเตรียมเซลล์ Coombs control cells จากเซลล์ panel cells ที่เป็น Rh(D) positive และ Rh(D) negative ที่หมดอายุแล้วไม่เกิน 3 วันโดยวิธี in-house method และทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ด้วยการตรวจ direct antiglobulin test และในการควบคุมคุณภาพการตรวจ direct antiglobulin test ผลการวิจัยพบว่า การเตรียมเซลล์ Coombs control cells ด้วยการใช้ไลเตอ์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 4 ที่ทำให้เกิดระดับปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2 + โดยมีความคงทนด้วยการตรวจ direct antiglobulin test นาน 9 วัน และในการควบคุมคุณภาพการตรวจ direct antiglobulin test ที่ทำให้เกิดระดับปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2 + ได้นาน 9 วัน เช่นกัน ดังนั้นสรุปผลการวิจัยได้ว่า สามารถเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ที่มีอายุ 9 วัน และนำไปควบคุมคุณภาพการตรวจ direct antiglobulin test ได้นาน 9 วัน โดยงานวิจัยนี้มีประโยชน์ที่สามารถนำการเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ไปใช้สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิตเพื่อลดค่าใช้จ่าย รวมทั้งธนาคารเลือดในกรณีที่เซลล์ Coombs control cells ที่ซื้อมาไม่เพียงพอต่อการใช้งานประจำ

คำสำคัญ: เซลล์ Coombs control cells วิธี in-house method วิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต ธนาคารเลือด การตรวจ antiglobulin test

Abstract

Several testing in Transfusion Science and Blood Bank consisting of pretransfusion testing with antihuman globulin phase, direct antiglobulin test, and indirect antiglobulin test were used Coombs control cells for quality control. Coombs control cells were purchased from National Blood Centre, Thai Red Cross Society with the high cost and long waiting time. The objectives of this research included the preparation of Coombs control cells, and the stability testing not only Coombs control cells itself but also Coombs control cells in quality control of direct antiglobulin test. The preparation of Coombs control cells from panel cells with Rh(D) positive and Rh(D) negative expired not more than 3 days by in-house method, the stability testing of Coombs control cells by direct antiglobulin test, and the stability testing of Coombs control cells in quality control of direct antiglobulin test were



conducted. The results discovered that the preparation of Coombs control cells with the appropriate titer of anti-D (IgG) at 4 showing agglutination 2 + with the stability of 9 days, and the stability of Coombs control cells in quality control of antiglobulin test displaying agglutination 2 + within 9 days. In conclusion, the preparation of Coombs control cells by in-house method was accomplished with the stability of 9 days, and the stability of Coombs control cells in quality control of direct antiglobulin test had stabled for 9 days. This research was beneficial in terms of the preparation of Coombs control cells by in-house method for Transfusion Science with cost reduction, and Blood Bank in case of purchased Coombs control cells not available for routine testing.

Keywords: Coombs control cells, In-house method, Transfusion science, Blood bank, Antiglobulin test

บทนำ

ตามมาตรฐานต่าง ๆ ได้แก่ มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ พ.ศ.2563 ของ กฏกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2563) มาตรฐาน Association of Advancement of Blood and Biotherapies (AABB) (Cohn et al., 2023) มาตรฐานธนาคารเลือดและงานบริการโลหิต พ.ศ. 2567 ของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย (ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย, 2567) และมาตรฐานคู่มือปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต พ.ศ. 2561 ของสภาเทคนิคการแพทย์ (สภาเทคนิคการแพทย์, 2561) กำหนดให้งานธนาคารเลือดต้องมีการตรวจความเข้ากันได้ก่อนการให้เลือด (pretransfusion testing) การตรวจกรองแอนติบอดี (antibody screening) การตรวจชนิดแอนติบอดี (antibody identification) ซึ่งแต่ละการตรวจจำเป็นต้องใช้ Coombs control cells หรือเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เกาะกับ antibody (IgG) (IgG-coated red cells) เป็นเซลล์ควบคุมคุณภาพการทดสอบ ในกรณีที่ขั้นตอน antihuman globulin ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ต้องทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง (agglutination) 1-2 + ตามมาตรฐาน Association of Advancement of Blood and Biotherapies (AABB) (Cohn et al., 2023) จึงจะสามารถบันทึกผลขั้นตอน antihuman globulin เป็นลบ (negative) หน่วยห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคนิคการแพทย์ งานวิจัยและห้องปฏิบัติการ สำนักงานเลขาธิการ และภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้มีการสั่งซื้อเซลล์เม็ดเลือดแดง (reagent red blood cells) ได้แก่ เซลล์ screening cells เซลล์ panel cells และเซลล์ Coombs control cells จำนวน 4, 4, 6 ชุด ต่อปี ตามลำดับ จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย โดยมีอายุการใช้งาน 30 วัน (ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย, 2564) โดยการซื้อเซลล์ Coombs control cells มีค่าใช้จ่ายสูงถึง 6,000 บาทต่อปี และใช้เวลาดำเนินการสั่งซื้อค่อนข้างนาน ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการเตรียมเซลล์ Coombs control cells จำนวน 4 ชุด จากเซลล์ panel cells 4 ชุด เพื่อลดค่าใช้จ่าย 4,000 บาท คิดเป็น 66.67% จากการทบทวนวรรณกรรมและภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยปี พ.ศ. 2565 งานวิจัยเรื่อง การศึกษานำร่องวิธีการเตรียมน้ำยา Coombs control cells จากตัวอย่างเลือดใหม่ (fresh blood samples) หมู่เลือด O และ Rh(D) positive เพื่อใช้ในการตรวจประจำวันทางห้องปฏิบัติการธนาคารเลือด โดยเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมได้ใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 128 และมีอายุการใช้งาน 15 วัน โดยงานวิจัยนี้มีขั้นตอนยุ่งยากจากการขอจริยธรรมในมนุษย์จากตัวอย่างเลือดใหม่แบบ intervention study (พลวรรตทองสุข และคณะ, 2565) โดยก่อนหน้านี้ ปี พ.ศ. 2562 งานวิจัยเรื่อง การเตรียมตัวอย่างเลือดที่ให้ผลบวกสำหรับ direct antiglobulin test เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต ที่มีความคงทน 3 วัน โดยงานวิจัยนี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเตรียม Coombs control cells โดยตรง (อังสนา โยธินารักษ์, 2562) ดังนั้น



งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมเซลล์ Coombs control cells จากเซลล์ panel cells ที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน โดยวิธี in-house method รวมทั้งทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells โดยการตรวจ DAT และทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ สำหรับวิทยาลัยการบริการโลหิตเพื่อลดค่าใช้จ่ายจาก 6,000 บาท เป็น 2,000 บาทต่อปี คิดเป็น 66.67 % รวมทั้งนำเซลล์ panel cells มาใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นหลังจากวันหมดอายุ และสามารถนำมาใช้ในงานทางธนาคารเลือดในกรณีที่เซลล์ Coombs control cells ที่ซื้อไม่เพียงพอต่อการใช้งานประจำ

สมมุติฐานของการวิจัย สามารถเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ที่มีความคงทนในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ต้องทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1-2 + ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ Coombs control cells จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อเตรียมเซลล์ Coombs control cells จากเซลล์ panel cells ที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน โดยวิธี in-house method ทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ด้วยการตรวจ DAT และทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย เตรียม Coombs control cells โดยวิธี in-house method ด้วยการใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) แล้วทำการทดสอบความคงทนของ Coombs control cells ด้วยการตรวจ DAT และทดสอบความคงทนของ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยทดสอบทั้งหมดทำด้วยวิธีหลอดทดลองมาตรฐาน (conventional tube technique, CTT) ตามมาตรฐาน Association of Advancement of Blood and Biotherapies (AABB) (Cohn et al., 2023)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* assay)

เครื่องมือการวิจัย

1. ครุภัณฑ์ได้แก่ อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) เครื่องปั่นทางธนาคารเลือด (serofuge) ยี่ห้อ Hettich Zentrifuge EBA 200
2. วัสดุอุปกรณ์ได้แก่ หลอดทดลอง (test tube) ขนาด 13×100 มิลลิเมตร ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (rack) ปิเปตอัตโนมัติ (automatic pipette) ปิเปตทิป (pipette tip)
3. น้ำยา (reagent) ได้แก่ น้ำยา anti-D (IgM/IgG) Lot NO. 67012 น้ำยา anti-D (IgG) Lot NO. 66020 น้ำยา antihuman globulin Lot NO. 66022 จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย และน้ำเกลือ (normal saline solution, NSS)
4. เซลล์เม็ดเลือดแดงได้แก่ เซลล์ screening cells (O1, O2, O3) Lot NO. 67115 เซลล์ panel cells (P1-P11) Lot NO. 67100 เซลล์ Coombs control cells Lot NO. 67110 และเซลล์ Rh(D) negative cells Lot NO. 67070 จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย



การตรวจสอบคุณภาพ

1. การควบคุมคุณภาพน้ำยา anti-D (IgM/IgG) ทำความจำเพาะ (specificity) ด้วยการใช้เซลล์ screening cells (O1) และเซลล์ Rh(D) negative cells ความเร็ว (avidity) และความแรง (potency)
2. การควบคุมคุณภาพน้ำยา anti-D (IgG) ทำความจำเพาะด้วยการใช้เซลล์ screening cells (O1) และเซลล์ Rh(D) negative cells และความแรง
3. การควบคุมคุณภาพเซลล์ Rh(D) negative cells ทำความจำเพาะด้วยการใช้น้ำยา anti-D (IgM/IgG) และน้ำยา anti-D (IgG)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นระดับปฏิบัติการการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 0, 1+, 2+, 3+, 4+ (Cohn et al., 2023) และระดับการแตกของเม็ดเลือดแดง 0, 1+, 2+, 3+, 4+ โดยเทียบสีกับแผ่นภาพมาตรฐาน (พรทิพย์ โล่ห์เลขา, 2533) โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel 2016

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method (Cohn et al., 2023)

นำเซลล์ panel cells จำนวน 1 ชุด ที่หมดอายุแล้วไม่เกิน 3 วัน ผสมรวมกันในหลอดทดลอง 13×100 มิลลิเมตร ปั่นล้างด้วยน้ำเกลือ 3 ครั้ง แล้วเตรียมเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed red blood cells, PRBC) หลังจากนั้นนำ anti-D (IgG) 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1 (1:1) และนำ anti-D (IgG) 100 ไมโครลิตร มาเจือจางลงครึ่งละสองเท่า (two-fold dilution) ด้วยน้ำเกลือในหลอดที่ 2 (1:2) ถึง 9 (1:256) ส่วนหลอดที่ 10 เป็นน้ำเกลือ ใส่เซลล์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น 100 ไมโครลิตร ลงทุกหลอด นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (incubate) ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นล้างด้วยน้ำเกลือ 3 ครั้ง แล้วเตรียมเป็น 3% เซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cells suspension) ของหลอดที่ 1 ถึง 10 แล้วนำไปทำการตรวจ DAT โดยใช้ 3% เซลล์เม็ดเลือดแดง 50 ไมโครลิตรแล้วปั่นล้างด้วยน้ำเกลือ 3 ครั้ง ๆ สุดท้ายสไลต์น้ำเกลือทั้งหมด ใส่น้ำยา antihuman globulin 100 ไมโครลิตร ปั่นอ่านผลปฏิบัติการการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดงทุกหลอด เลือกหลอดสุดท้ายที่ให้ผลปฏิบัติการการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เพื่อใช้เป็นไตเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยการหาไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) ใช้น้ำยา anti-D (IgM/IgG) และน้ำเกลือเป็นการควบคุมคุณภาพผลบวกและลบตามลำดับ

นำเซลล์ Coombs control cells ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยนำเซลล์ screening cells (O1) 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วปั่นล้างด้วยน้ำเกลือ 3 ครั้ง ๆ สุดท้ายสไลต์น้ำเกลือทั้งหมด ใส่น้ำยา antihuman globulin 100 ไมโครลิตร ปั่นอ่านผลปฏิบัติการการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง หากได้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ให้ใส่เซลล์ Coombs control cells 50 ไมโครลิตร จะต้องให้ผลปฏิบัติการการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1-2+ ถึงจะสามารถรายงานผลการตรวจ DAT เป็นลบได้ โดยใช้เซลล์ Coombs control cells และเซลล์ screening cells (O2) จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย เป็นการควบคุมคุณภาพผลบวกและลบ ตามลำดับ



2. การทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมโดยวิธี in-house method ด้วยการตรวจ DAT (Cohn et al., 2023)

ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 14 ให้อ่านผลระดับการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells (พรทิพย์ โล่ห์เลขา, 2533) หลังจากนั้นทำการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมโดยวิธี in-house method ด้วยการตรวจ DAT โดยนำเซลล์ Coombs control cells 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วปั่นล้างด้วยน้ำเกลือ 3 ครั้ง ๆ สุดท้ายสไลด์น้ำเกลือทั้งหมด ใส่ยา antihuman globulin 100 ไมโครลิตร ปั่นอ่านผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง โดยความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ด้วยการตรวจ DAT คือวันสุดท้ายที่ให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ ร่วมกับไม่มีปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells ก่อนการทดสอบความคงทน โดยใช้เซลล์ Coombs control cells และเซลล์ screening cells (O1) จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย เป็นการควบคุมคุณภาพผลบวกและลบ ตามลำดับ

3. การทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมโดยวิธี in-house method ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Cohn et al., 2023)

ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 14 ให้อ่านผลระดับการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells (พรทิพย์ โล่ห์เลขา, 2533) หลังจากนั้นทำการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยการนำเซลล์ screening cells (O1) 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วปั่นล้างด้วยน้ำเกลือ 3 ครั้ง ๆ สุดท้ายสไลด์น้ำเกลือทั้งหมด ใส่ยา antihuman globulin 100 ไมโครลิตร ปั่นอ่านผลหากได้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ให้ใส่เซลล์ Coombs control cells 50 ไมโครลิตร แล้วนำไปปั่นอ่านผล โดยจะต้องให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1-2+ ถึงจะสามารถรายงานผลการตรวจ DAT เป็นลบได้ โดยความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT คือวันสุดท้ายที่ให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ และไม่มีปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells ก่อนการทดสอบความคงทน โดยใช้เซลล์ Coombs control cells และเซลล์ screening cells (O2) จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย เป็นการควบคุมคุณภาพผลบวกและลบ ตามลำดับ โดยสามารถเตรียมน้ำยา Coombs control cells จำนวน 4 ชุด ได้จากเซลล์ panel cells จำนวน 4 ชุด ทำให้ลดค่าใช้จ่าย 4,000 บาท คิดเป็น 66.67%

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร COE No. 134/2024 เมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2567

ผลการศึกษา

1. ผลการเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method

ผลการเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า สามารถเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ด้วยการใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 4 ที่ให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เป็นหลอดสุดท้าย



ตารางที่ 1 ไตเตอร์ของ anti-D (IgG) เพื่อเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method

ไตเตอร์ของ anti-D (IgG)	1	2	4	8	16	32	64	128	256
ปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง	3+	2+	2+	1+	1+	1+	0	0	0

ผลการนำเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ด้วยการใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 4 ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน จึงจะสามารถรายงานผลการตรวจ DAT เป็นลบได้

ตารางที่ 2 ผลการนำเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ด้วยการใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 4 ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

ไตเตอร์ของ anti-D (IgG) ในการเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method	4
ปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง	2+

2. ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมโดยวิธี in-house method ด้วยการตรวจ DAT

ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมโดยวิธี in-house method ด้วยการตรวจ DAT ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่ามีความคงทน 9 วัน โดยเป็นวันสุดท้ายที่ยังให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ และไม่มีปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells ก่อนการทดสอบความคงทน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells เตรียมโดยวิธี in-house method ด้วยการตรวจ DAT

วันที่ทดสอบความคงทนของเซลล์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง	2+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	1+	1+	1+	1+	1+
ปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1+	1+	2+	3+

3. ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ที่เตรียมโดยวิธี in-house method ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่ามีความคงทน 9 วัน โดยเป็นวันสุดท้ายที่ยังให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน และไม่มีปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells ก่อนการทดสอบความคงทน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในการควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

วันที่ทดสอบความคงทนของเซลล์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง	2+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	1+	1+	1+	1+	1+
ปฏิกิริยาการแตกของเม็ดเลือดแดง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1+	1+	2+	3+



อภิปรายผลการศึกษา

ผลการเตรียมเซลล์ Coombs control cells จากเซลล์ panel cells ที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน โดยวิธี in-house method ด้วยการใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 4 ที่ให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ มีความแตกต่างกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษานำร่องวิธีการเตรียมน้ำยา Coombs control cells จากตัวอย่างเลือดใหม่ที่ใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 128 ที่ให้ผลไม่มีปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดงซึ่งอยู่ข้างหลอดของ anti-D (IgG) ที่มีไตเตอร์เท่ากับ 64 ที่ให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ (พลวรรต ทองสุข และคณะ, 2565) เพราะตัวอย่างเลือดใหม่พบปริมาณแอนติเจน D มากกว่าตัวอย่างเลือดเก่าที่เป็นเซลล์ panel cells ที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน โดยเซลล์ panel cells ที่เก็บไว้จากสัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 มีปริมาณแอนติเจน D ลดลงร้อยละ 6.15 (สาริกา เมฆฉาย และคณะ, 2560) และการอ่านไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) ด้วยระดับปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดงที่ต่างกัน รวมทั้งคุณสมบัติ หรือความแรงของน้ำยา anti-D (IgG) ในแต่ละบริษัท หรือแต่ละ Lot NO. การผลิตที่ต่างกัน นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างกับงานวิจัยเรื่อง การเตรียมตัวอย่างเลือดที่ให้ผลบวก จากตัวอย่างเลือดจากธนาคารเลือดของโรงพยาบาลที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน (expired blood) สำหรับการตรวจ DAT เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต ที่ใช้ไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 32 ที่ให้ผลปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง w+ (อังสนา โยธินารักษ์, 2562) เนื่องจากการอ่านไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) ด้วยระดับปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดงที่ต่างกัน ส่วนความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงที่นำมาใช้เตรียม Coombs control cells ใช้เซลล์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นเหมือนกับทั้งสองงานวิจัยที่ผ่านมา

ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ด้วยการตรวจ DAT พบว่ามีความคงทน 9 วัน โดยมีความคงทนน้อยกว่าของงานวิจัยเรื่อง การศึกษานำร่องวิธีการเตรียมน้ำยา Coombs control cells จากตัวอย่างเลือดใหม่ที่มีอายุการใช้งาน 15 วัน (พลวรรต ทองสุข และคณะ, 2565) เพราะเซลล์ panel cells ที่เก็บไว้จากสัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 มีปริมาณแอนติเจน D ลดลงร้อยละ 6.15 (สาริกา เมฆฉาย และคณะ, 2560) นอกจากนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยเรื่องการเตรียมตัวอย่างเลือดที่ให้ผลบวก จากตัวอย่างเลือดจากธนาคารเลือดของโรงพยาบาลที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน สำหรับการตรวจ DAT เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต ที่มีความคงทน 3 วัน ด้วยการใช้การทดสอบ elution เพราะไม่ได้มีการทดสอบความคงทนของเซลล์ตั้งแต่วันที่ 4 เป็นต้นไป (อังสนา โยธินารักษ์, 2562)

ผลการทดสอบความคงทนของเซลล์ Coombs control cells ในน้ำเกลือในการควบคุมภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีอายุ 9 วัน มีความแตกต่างกับเซลล์ Coombs control cells ในน้ำยา Alserver's solution จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ที่มีอายุ 30 วัน (ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย, 2564) เนื่องจากปัจจัยหลักเรื่องอายุของเซลล์ที่นำมาใช้เตรียมที่ต่างกันส่วนปัจจัยรองเกิดจากใช้สารละลายที่เก็บรักษาสภาพเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ต่างกัน (Tang, et al., 2023)

การเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ได้รายงานผลเป็นค่า hemagglutination grading 1-2+ ซึ่งเพียงพอโดยไม่จำเป็นต้องใช้ hemagglutination reaction score เพิ่มเติม ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ decreasing score ของปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง เนื่องจากเพียงพอในการรายงานผล ไม่มีการทดสอบความคงทนของเซลล์ที่เตรียมด้วยการทำ elution รวมทั้งไม่ได้ดำเนินการในรูปแบบ triplicate จาก 3-independent experiments เนื่องจากปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่มีเพียง 3.30 มิลลิลิตร ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการดำเนินการทดลองในลักษณะดังกล่าว ดังนั้นควรเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัยใน



ประเด็นดังกล่าว เซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method มีอายุใช้งานเพียง 9 วัน เนื่องจากเตรียมจากเซลล์ panel cells ที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน ในน้ำเกลือที่เป็นสารละลายที่เก็บรักษาสภาพเซลล์เม็ดเลือดแดง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ในสารละลาย phosphate-buffered saline (PBS) ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการโดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น อาจทำให้อายุใช้งานเพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถควบคุมค่า pH ได้ แต่มีข้อดีคือสามารถนำเซลล์ panel cells มาใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นหลังจากวันหมดอายุซึ่งปกติจะดำเนินการกำจัดทิ้งตามหลักความปลอดภัยทางชีวภาพ

สรุปผลการศึกษา

สามารถเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method จากเซลล์ panel cells ที่หมดอายุไม่เกิน 3 วัน ผสมกับไตเตอร์ที่เหมาะสมของ anti-D (IgG) เท่ากับ 4 โดยที่เซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method มีความคงทน 9 วัน ทั้งด้วยการตรวจ DAT และนำไปควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยให้ผลปฏิบัติการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ และไม่มีปฏิบัติการแตกของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ Coombs control cells ก่อนการทดสอบความคงทน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับข้อค้นพบที่สำคัญ

งานวิจัยนี้สามารถนำผลการวิจัยที่พบว่า สามารถเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method ที่มีความคงทนได้นาน 9 วัน ทั้งด้วยการตรวจ DAT และนำไปควบคุมคุณภาพการตรวจ DAT ในหลอดที่ให้ผลลบเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ นำไปใช้ประโยชน์เพื่อสามารถเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต เพื่อลดค่าใช้จ่าย และนำเซลล์ panel cells มาใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นหลังจากวันหมดอายุ รวมทั้งธนาคารเลือดในกรณีเซลล์ Coombs control cells ที่เข้ามาไม่เพียงพอต่อการใช้

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการใช้เซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method กับเซลล์ Coombs control cells จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ในการตรวจ antiglobulin test ในอาสาสมัครสุขภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักเลขานุการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนการทำวิจัย และภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อทำการวิจัย รวมทั้งเซลล์ screening cells และเซลล์ panel cells ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย โดยโครงการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยไม่มีส่วนได้ส่วนเสีย (no conflict of interest)



เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2563). *มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ พ.ศ. 2563*.
- พรทิพย์ โล่ห์เลขา. (2533). *เคมีคลินิกประยุกต์*.
- พลวรรต ทองสุข, วรพรรณ ยิ่งศิระพัฒน์, สุพัตรา พูนขุนทด, และกิตติพงษ์ มาตรสันต์. (2565). การศึกษานำร่องวิธีการเตรียมน้ำยา Coombs control cells จากตัวอย่างเลือดใหม่ เพื่อใช้ในงานตรวจประจำวันทางห้องปฏิบัติการธนาคารเลือด. *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยนครราชสีมา*, 1(1), 21-27.
http://journal.nmc.ac.th/th/admin/Journal/2565Vol1No1_1737.pdf
- ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. (2564). *คู่มือการใช้บริการศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ปี 2564 (พิมพ์ครั้งที่ 2)*.
- ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. (2567). *มาตรฐานธนาคารเลือดและงานบริการโลหิต (พิมพ์ครั้งที่ 5)*.
- สาริกา เมฆฉาย, ฐรยา โอวาทกา, ดุษฎี ภูริกุล, กัลยา เกิดแก้วงาม, จินตนา ทับรอด, และอุดม ตั้งต้อย. (2560). ความคงทนของแอนติเจนหมู่เลือดในผลิตภัณฑ์ Identification Panel Cells ผลิตโดยศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต*, 27(4), 379-387.
https://www.tsh.or.th/file_upload/files/27-4%2004%20Stability%20of%20Red%20Cell%20Antigens.pdf
- สภาเทคนิคการแพทย์. (2561). *คู่มือปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต พ.ศ. 2561*.
- อังสนา โยธินารักษ์. (2562). การเตรียมตัวอย่างเลือดที่ให้ผลบวกสำหรับ Direct Antiglobulin Test เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต. ใน กานดา ว่องไวลิขิต (บ.ก.), *Big Data and New Face of Asia: Reflection in Science, Arts, Social Science, and Humanities. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปีการศึกษา 2562*. (น. 64-75). มหาวิทยาลัยรังสิต.
<https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/nation2019/NA19-082.pdf>
- Cohn, C. S., Delaney, M., Johnson, S. T., Katz, L. M., & Schwartz, J. (Eds.). (2023). *Technical manual* (21st ed.). AABB.
- Tang, S.-H., Lin, H.-C., Chang, J.-B., Chan, Y.-S., Tang, H.-F., Chang, F.-Y., Chiueh, T.-S. & Yang, B.-H. (2023). Preservation of red blood cell antigenicity in a new storage solution *in vitro*. *Annals of Medicine*, 55(1), 168-174. <https://doi.org/10.1080/07853890.2022.2157476>



การพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยการประยุกต์วิธีการประมาณค่าสูญหายร่วมกับเทคนิคการพยากรณ์

ปิณฎพัชญ์ รังสรรค์¹ และสุนิสา จันทรน้ำท่วม^{1,*}

Forecasting Unemployment in Uttaradit Province

An Application of Missing Data Estimation with Forecasting Techniques

Pinyapat Rungsan¹ and Sunisa Junnumtuam^{1,*}

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Mathematics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sunisaj@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยใช้เทคนิคการประมาณค่าสูญหายและการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ข้อมูลที่ใช้เป็นจำนวนผู้ว่างงานรายไตรมาสตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2567 ซึ่งมีบางช่วงของข้อมูลที่สูญหาย จึงมีการประมาณค่าด้วยวิธีค่าเฉลี่ยและแนวโน้มเชิงเส้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาแบบจำลองด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น และวิธีบอกซ์-เจนกินส์และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ ร่วมกับการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีค่าเฉลี่ย ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด

คำสำคัญ: การว่างงาน ตัวแบบพยากรณ์ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การประมาณค่าสูญหาย

Abstract

This research aims to identify an appropriate model for forecasting the number of unemployed persons in Uttaradit province using missing data estimation techniques and time series analysis. The quarterly unemployment data from 2010 to 2024, some of which contained missing values, were estimated using the mean and linear trend methods. The processed data were then analyzed using double exponential smoothing and the Box-Jenkins methodology. The models were evaluated based on forecasting performance using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE). The study found that the SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ model with mean imputation provided the most accurate results.

Keywords: Unemployment, Forecasting Model, Time Series Analysis, Missing Data Estimation

บทนำ

ประชากรเป็นทรัพยากรกำลังคนของชาติที่มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการพัฒนาประเทศ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ด้านประชากร กำลังคน แรงงาน การมีงานทำ และการว่างงาน เพื่อกำหนดเป็นแนวทางการพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ (คาสปาร์ พิค และคณะ, 2559)

สำนักงานสถิติแห่งชาติเป็นหน่วยงานหนึ่งที่รับผิดชอบในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยวิธีการทำสำมะโน และการสำรวจข้อมูลทั้งในระดับประเทศ ระดับภาค และระดับจังหวัด หนึ่งใน



โครงการสำรวจที่สำคัญและต้องเก็บรวบรวมข้อมูลทุกเดือน คือ การสำรวจภาวะการทำงานของประชากรโดยมีจุดประสงค์เพื่อประมาณจำนวน ลักษณะของกำลังแรงงานและการว่างงานภายในประเทศ จากวิธีการประมาณค่ายอดรวมของตัวอย่าง 3 เดือนรวมกันแล้วใช้สูตรการประมาณค่าประชากร ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องรอให้มีข้อมูลครบทั้ง 3 เดือนทำให้เกิดความล่าช้าในการแสดงผลของตัวเลขอัตราว่างงานในแต่ละเดือนส่งผลให้ไม่ทันต่อความต้องการของหลายหน่วยงานที่จะนำตัวเลขอัตราว่างงานไปใช้ประโยชน์ (วารงคณา เรียนสุทธิ, 2559)

จากสถานการณ์การว่างงาน การเลิกจ้าง และความต้องการแรงงานที่สำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในเดือนเมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2567 พบว่าประเทศไทยมีกำลังแรงงานประมาณ 40.18 ล้านคน เป็นผู้มีงานทำ 39.50 ล้านคน ผู้ว่างงาน 4.29 แสนคนและในกรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีกำลังแรงงานเพิ่มขึ้นเป็น 40.48 ล้านคน จำนวนผู้มีงานทำเพิ่มขึ้นเป็น 40.03 ล้านคน และผู้ว่างงานลดลงเป็น 4.13 แสนคน (กรมการจัดหางาน, 2567) นอกจากนี้ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 มีจำนวนการขึ้นทะเบียนผู้ประกันตนกรณีว่างงานประมาณ 8 หมื่นคน โดยส่วนใหญ่เป็นการลาออกจากงาน ร้อยละ 81.05 และในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 มีจำนวนการขึ้นทะเบียนผู้ประกันตนกรณีว่างงานเพิ่มขึ้นเป็น 9 หมื่นคน โดยส่วนใหญ่เป็นการลาออกจากงาน ร้อยละ 75.95 (กองวิจัยตลาดแรงงาน, 2567)

จังหวัดอุดรดิตถ์เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือโดยมีโครงสร้างเศรษฐกิจอยู่ในภาคการเกษตรจากรายงานของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปี 2565 พบว่ามีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross Provincial Products : GPP) ตามราคาประจำปี เท่ากับ 44,862 ล้านบาท และมีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเฉลี่ยต่อคน (GPP Per Capita) เท่ากับ 111,759 บาท ซึ่งอยู่ในลำดับที่ 8 ของภาคเหนือ และลำดับที่ 45 ของประเทศ (สำนักงานสถิติจังหวัดอุดรดิตถ์, 2567) โดยมีกำลังแรงงานประมาณ 2.04 แสนคน เป็นผู้มีงานทำ 1.96 แสนคน ผู้ว่างงาน 1,762 คน และในกรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2567 จังหวัดอุดรดิตถ์มีกำลังแรงงานเพิ่มขึ้นเป็น 2.07 แสนคน จำนวนผู้มีงานทำเพิ่มขึ้นเป็น 2.05 แสนคน และผู้ว่างงานลดลงเป็น 1,626 คน (สำนักงานสถิติจังหวัดอุดรดิตถ์, 2567) จากที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าแรงงานมีความสำคัญกับเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ผู้ว่างงาน พบว่า Mahipan et al., (2013) ใช้การพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ บอช-เจนกินส์ และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ในการพยากรณ์อัตราคนว่างงานในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอช-เจนกินส์ ให้ผลที่ดีกว่าภายใต้เกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage error : MAPE) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของจำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยมีการประยุกต์ใช้วิธีการประมาณค่าสูญหายร่วมกับเทคนิคการพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ การใช้เทคนิคการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น และวิธีบอช-เจนกินส์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้สำหรับการพยากรณ์ระยะกลาง โดยใช้วิธีการหาตัวแบบการพยากรณ์ จากความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวเลขในอดีตมาวิเคราะห์เพื่อสร้างตัวแบบ และใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์ค่าในอนาคต ภายใต้เกณฑ์การเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสม 2 เกณฑ์ คือ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจะให้ค่าดังกล่าวต่ำที่สุด



วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยใช้โปรแกรม RStudio (Posit team, 2024) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2567 ที่เก็บรวบรวมโดยสำนักงานสถิติจังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งเป็นข้อมูลรายไตรมาส โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2553 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2566 จำนวน 72 ไตรมาสเพื่อใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์ และ ส่วนที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2567 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2567 จำนวน 4 ไตรมาสสำหรับใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

2. ทำการประมาณค่าสัณยเหตุ 2 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ย และวิธีแนวโน้มเชิงเส้น

3. ทำการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยข้อมูลส่วนที่ 1 โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น และวิธีบอกซ์-เจนกินส์

4. เปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ โดยทำการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานด้วยข้อมูลส่วนที่ 2 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ภายใต้เกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ที่ต่ำที่สุด

5. เมื่อทราบตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด จะใช้ตัวแบบพยากรณ์ดังกล่าวในการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงาน ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ของปี พ.ศ.2568 ถึง ไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ.2569 ต่อไป

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2567

ปี	จำนวนผู้ว่างงาน (หน่วย:คน)			
	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4
2553	1,108	2,761	1,541	1,873
2554	5,903	863	316	1,295
2555	1,598	3,243	2,313	701
2556	-	-	-	-
2557	-	-	-	-
2558	-	2,556	2,774	2,651
2559	4,378	1,818	4,482	1,998
2560	3,339	3,444	3,142	2,218
2561	3,258	3,699	3,736	2,888
2562	1,024	2,320	2,762	1,328
2563	1,467	4,418	3,536	3,337
2564	3,872	3,535	3,293	1,975
2565	1,745	1,830	1,446	1,721
2566	966	712	1,384	413
2567	1,291	1,762	1,626	2,202



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจำนวนผู้จ้างงาน ตั้งแต่ ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2553 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ.2566

ตารางที่ 2 จำนวนผู้จ้างงานจังหวัดอุดรดิตถ์โดยการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีค่าเฉลี่ย

ปี	จำนวนผู้จ้างงาน (หน่วย:คน)			
	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4
2553	1,108	2,761	1,541	1,873
2554	5,903	863	316	1,295
2555	1,598	3,243	2,313	701
2556	2,403*	2,403*	2,403*	2,403*
2557	2,403*	2,403*	2,403*	2,403*
2558	2,403*	2,556	2,774	2,651
2559	4,378	1,818	4,482	1,998
2560	3,339	3,444	3,142	2,218
2561	3,258	3,699	3,736	2,888
2562	1,024	2,320	2,762	1,328
2563	1,467	4,418	3,536	3,337
2564	3,872	3,535	3,293	1,975
2565	1,745	1,830	1,446	1,721
2566	966	712	1,384	413
2567	1,291	1,762	1,626	2,202

หมายเหตุ * หมายถึง จำนวนผู้จ้างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ที่ได้จากการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีค่าเฉลี่ย



ตารางที่ 3 จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรธานีโดยการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีแนวโน้มเชิงเส้น

ปี	จำนวนผู้ว่างงาน (หน่วย:คน)			
	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4
2553	1,108	2,761	1,541	1,873
2554	5,903	863	316	1,295
2555	1,598	3,243	2,313	701
2556	886*	1,072*	1,2557*	1,443*
2557	1,628*	1,814*	1,999*	2,185*
2558	2,370*	2,556	2,774	2,651
2559	4,378	1,818	4,482	1,998
2560	3,339	3,444	3,142	2,218
2561	3,258	3,699	3,736	2,888
2562	1,024	2,320	2,762	1,328
2563	1,467	4,418	3,536	3,337
2564	3,872	3,535	3,293	1,975
2565	1,745	1,830	1,446	1,721
2566	966	712	1,384	413
2567	1,291	1,762	1,626	2,202

หมายเหตุ * หมายถึง จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรธานีที่ได้จากการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีแนวโน้มเชิงเส้น

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น

ตารางที่ 4 ค่าประมาณพารามิเตอร์ในการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น

	พารามิเตอร์	ค่าประมาณ	S.E.	สถิติทดสอบที่	p-value
วิธีค่าเฉลี่ย	ค่าคงที่ในการปรับเรียบระดับ	0.176	147.326	0.001	0.999
	(α)				
	ค่าคงที่ในการปรับเรียบ	0.018	9.115	0.002	0.998
วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	แนวโน้ม (β)				
	ค่าคงที่ในการปรับเรียบระดับ	0.273	150.527	0.002	0.998
	(α)				
	ค่าคงที่ในการปรับเรียบ	0.0001	9.313	<0.001	0.999
	แนวโน้ม (β)				

จากตารางที่ 4 วิธีค่าเฉลี่ยค่าประมาณพารามิเตอร์ค่าคงที่ในการปรับเรียบระดับ (α) เท่ากับ 0.176 ค่า p -value เท่ากับ 0.999 และ ค่าคงที่ในการปรับเรียบแนวโน้ม (β) เท่ากับ 0.018 ค่า p -value เท่ากับ 0.998 และวิธีแนวโน้มเชิงเส้นค่าประมาณพารามิเตอร์ค่าคงที่ในการปรับเรียบระดับ (α) เท่ากับ 0.273 ค่า p -value เท่ากับ 0.998 และ ค่าคงที่ในการปรับเรียบแนวโน้ม (β) เท่ากับ 0.0001 ค่า p -value เท่ากับ 0.999 แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ไม่แตกต่างไปจากศูนย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

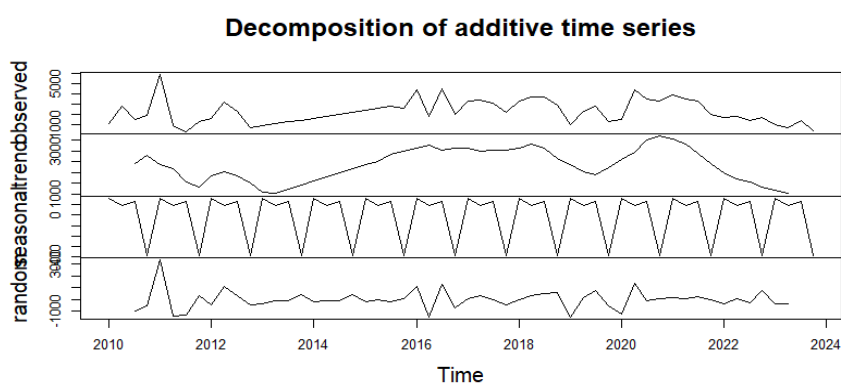


ตารางที่ 5 สถิติทดสอบความเหมาะสมด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้นสำหรับค่าพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์

วิธีการประมาณค่าสูญหาย	Q	df	p-value
วิธีค่าเฉลี่ย	4.498	8	0.809
วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	1.998	8	0.981

จากตาราง 5 พบว่า วิธีค่าเฉลี่ยการตรวจสอบค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 4.498 มีค่า p -value เท่ากับ 0.809 และวิธีแนวโน้มเชิงเส้นการตรวจสอบค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 1.998 มีค่า p -value เท่ากับ 0.981 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method)



รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าการจำแนก (Decomposition) ของจำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ ตั้งแต่ ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2553 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ.2566

ตารางที่ 6 แสดงค่าทดสอบ Augmented Dickey-Fuller Test (ADF)

	ค่าสถิติทดสอบ	p-value
วิธีค่าเฉลี่ย	-2.094	0.537
วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	-1.967	0.588

เมื่อทำการทดสอบ ADF พบว่า วิธีค่าเฉลี่ยค่าสถิติทดสอบ เท่ากับ -2.094 ค่า p -value เท่ากับ 0.537 มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีแนวโน้มเชิงเส้นค่าสถิติทดสอบ เท่ากับ -1.967 ค่า p -value เท่ากับ 0.588 มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะกระบวนการไม่คงที่ ดังตาราง 6 จึงทำการแปลงข้อมูลให้อนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนที่คงที่โดยใช้การหาผลต่าง

ตารางที่ 7 แสดงค่าทดสอบ Augmented Dickey-Fuller Test (ADF) (หลังแปลงข้อมูลโดยวิธีการหาผลต่าง)

	ค่าสถิติทดสอบ	p-value
วิธีค่าเฉลี่ย	-6.623	0.01
วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	-6.348	0.01

ผู้วิจัยสามารถกำหนดตัวแบบที่เป็นไปได้จำนวน 3 ตัวแบบ ได้แก่ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ SARIMA(1,0,0)(1,0,1)₄ และ SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₄



ตารางที่ 8 แสดงค่าประมาณของพารามิเตอร์ด้วยวิธีบอก-เจนกินส์สำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ของวิธีค่าเฉลี่ย

ตัวแบบ	ค่าสถิติทดสอบ Q	df	<i>p</i> – value	MAPE	RMSE
SARIMA(1,0,0)(1,0,0) ₄	2.038	4	0.729	58.907	1031.577
SARIMA(1,0,0)(1,0,1) ₄	1.937	4	0.747	59.047	1091.661
SARIMA(2,0,0)(1,0,0) ₄	1.444	4	0.837	59.317	1085.886

จากตารางที่ 8 วิธีค่าเฉลี่ยในตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ ค่า MAPE ของตัวแบบเท่ากับ 58.907 ค่า RMSE ของตัวแบบเท่ากับ 1031.577 และการทดสอบ Box-Ljung test มีค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 2.038 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.729 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ ตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,1)₄ ค่า MAPE ของตัวแบบเท่ากับ 59.047 ค่า RMSE ของ ตัวแบบเท่ากับ 1091.661 และการทดสอบ Box-Ljung test มีค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 1.937 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.747 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ และตัวแบบ SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₄ ค่า MAPE ของตัวแบบเท่ากับ 59.317 ค่า RMSE ของตัวแบบเท่ากับ 1085.886 และการทดสอบ Box-Ljung test มีค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 1.444 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.837 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์

ตารางที่ 9 แสดงค่าประมาณของพารามิเตอร์ด้วยวิธีบอก-เจนกินส์สำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ของวิธีแนวโน้มเชิงเส้น

ตัวแบบ	ค่าสถิติทดสอบ Q	df	<i>p</i> – value	MAPE	RMSE
SARIMA(1,0,0)(1,0,0) ₄	2.374	4	0.667	59.792	1112.818
SARIMA(1,0,0)(1,0,1) ₄	2.393	4	0.664	59.697	1112.477
SARIMA(2,0,0)(1,0,0) ₄	1.247	4	0.870	60.182	1101.975

จากตารางที่ 9 วิธีแนวโน้มเชิงเส้นในตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ ค่า MAPE ของตัวแบบเท่ากับ 59.792 ค่า RMSE ของตัวแบบเท่ากับ 112.818 และการทดสอบ Box-Ljung test มีค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 2.374 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.667 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ ตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,1)₄ ค่า MAPE ของตัวแบบเท่ากับ 59.697 ค่า RMSE ของตัวแบบเท่ากับ 1112.477 และการทดสอบ Box-Ljung test มีค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 2.393 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.664 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ และตัวแบบ SARIMA(2,0,0)(1,0,0)₄ ค่า MAPE ของตัวแบบเท่ากับ 60.182 ค่า RMSE ของตัวแบบเท่ากับ 1101.975 และการทดสอบ Box-Ljung test มีค่าสถิติทดสอบ Q เท่ากับ 1.247 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.870 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือตัวแบบมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์



เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยการปรับรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE)

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ของจำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์

วิธีการประมาณค่าสูญหาย	วิธีการพยากรณ์	ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
วิธีค่าเฉลี่ย	การปรับรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น	59.981	1104.558
	วิธีบอกซ์-เจนกินส์	58.907	1031.577
	ตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0) ₄		
วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	การปรับรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียลสองชั้น	59.042	1116.342
	วิธีบอกซ์-เจนกินส์	59.697	1112.477
	ตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,1) ₄		

จากตารางที่ 10 พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยพิจารณาจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยสัมบูรณ์ และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย คือวิธีบอก-เจนกินส์ ตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ เนื่องจากให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยสัมบูรณ์เท่ากับ 58.907 และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เท่ากับ 1031.577 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ตัวแบบดังกล่าวในการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงาน ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2568 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2569 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าพยากรณ์ของจำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ของวิธีแนวโน้มเชิงเส้นในตัวแบบที่ดีที่สุด

ไตรมาส / ปี	จำนวนผู้ว่างงานจังหวัดอุดรดิตถ์ (ค่าพยากรณ์)
1/2568	2232
2/2568	2245
3/2568	2249
4/2568	2250
1/2569	2251
2/2569	2251
3/2569	2251
4/2569	2251



อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ เป็นตัวแบบที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ต่ำกว่าวิธีเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งมีผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Mahipan et al., (2013) ซึ่งใช้การพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ในการพยากรณ์อัตราคนว่างงานในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ให้ผลที่ดีกว่าภายใต้เกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) อีกทั้ง วราภรณ์ กิริติวิบูลย์ (2560) ได้ทำการศึกษาตัวแบบพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในประเทศไทย โดยใช้วิธีการปรับเรียบเส้นโค้งกำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ภายใต้เกณฑ์การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบ คือ เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด พบว่าวิธีบอกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

สรุปผลการศึกษา

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในจังหวัดอุดรดิตถ์ จากผลการศึกษาหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม พบว่า การประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีค่าเฉลี่ยร่วมกับตัวแบบ SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₄ ให้ค่า MAPE เท่ากับ 58.907 และค่า RMSE เท่ากับ 1031.577 ต่ำที่สุด จึงเป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานของจังหวัดอุดรดิตถ์ในอนาคตต่อไป เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับจำนวนแรงงาน สามารถทราบแนวโน้มและจำนวนของผู้ว่างงาน และนำไปวางแผนนโยบายเกี่ยวกับการว่างงาน

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้วิจัยควรปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันมากที่สุด เพื่อนำมาปรับปรุงตัวแบบพยากรณ์ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
2. เนื่องจากการใช้เกณฑ์คัดเลือกตัวแบบที่แตกต่างกันอาจจะทำให้ผลการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยควรพิจารณาให้รอบคอบ หรือมีการพิจารณาเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมเพิ่มเติม เช่น เกณฑ์สารสนเทศของอะไคเกะ (Akaike's Information Criterion: AIC) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานสถิติจังหวัดอุดรดิตถ์ ที่ให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และให้คำแนะนำตลอดจนให้คำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กรมการจัดหางาน. (2567). สถิติความต้องการแรงงาน. https://www.doe.go.th/prd/assets/upload/files/lmia_th/25730e9dcc78e41c1feb3c4304512ab0.pdf
- กองวิจัยตลาดแรงงาน. (2567). การขึ้นทะเบียนผู้ประกันตนกรณีว่างงาน. https://www.doe.go.th/prd/assets/upload/files/lmia_th/131dd400ea1a24a8f5c7529e60b88aef.pdf



- วรางคณา กิริติวิบูลย์. (2560). ตัวแบบพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในประเทศไทย. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 9(18), 179–191.
- <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/swurd/article/view/9584>
- วรางคณา เรียนสุทธิ. (2559). การพยากรณ์จำนวนผู้ว่างงานในประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 24(1). 102–114.
- สายชล สันสมบุรณ์ทอง. (2563). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแทนค่าข้อมูลสูญหายกับการจำแนกกลุ่ม 4 วิธี. *Thai Journal of Science and Technology (TJST)*, 9(5), 587–599.
- สำนักงานสถิติจังหวัดอุดรธานี. (2567ก). การสำรวจภาวะการทำงานของประชากรจังหวัดอุดรธานี.
- สำนักงานสถิติจังหวัดอุดรธานี. (2567ข). รายงานสถิติจังหวัดอุดรธานี.
- Mahipan, K., Chutiman, N., & Kumphon, B. (2013). A Forecasting Model for Thailand's Unemployment Rate. *Modern Applied Science*, 7(7).
- Posit Software, PBC. (2024). *RStudio: Integrated development environment for R* [Computer software]. <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>
- คาสปาร์ พิค, วาสนา อิ่มเอม, และรัตนภรณ์ ตังธนเศรษฐ์. (2559). รายงานสถานการณ์ประชากรไทย พ.ศ. 2558 โฉมหน้าครอบครัวไทยยุคเกิดน้อยอายุยืน. UNFPA Thailand. <https://thailand.unfpa.org/th/state-thailand%E2%80%99s-population-report-2015>



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์

และการเห็นคุณค่าในตนเองของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กัณฑ์พัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร^{1,*}, พรณภัส จารุสาร¹, ญานิกา คำแก้ว¹, ฉัฐชนก เดชรักษา¹,
วนมารินทร์ แดงทองดี¹, ศศิธร วังสุวรรณ¹, รวิวรรณ อริยพรพรหม¹ และแสงดาว วัฒนาสกุลเกียรติ¹

A Study of the Relationship between Cyberbullying Victimization and Self-Esteem among Students in the Health Science Cluster at Naresuan University

Kantabhat Anusaksatien^{1,*}, Pohnnapat Jarusarn¹, Yanika Khamkaew¹, Chatchanok Dachraksa¹,
Sasitorn Wangsuwan¹, Raviwan Ariyapornprom¹, Wanamarin Dangthongdee¹
and Sangdao Wattanaskulkiat¹

¹ภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: kantabhata@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และการเห็นคุณค่าในตนเอง ของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 401 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์สำหรับวัยรุ่นอายุ 18 ปีขึ้นไป และแบบประเมินการเห็นคุณค่าในตนเอง ผลการวิจัยพบว่า นิสิตวิทยาศาสตร์สุขภาพ มีระดับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์อยู่ในระดับต่ำ ($\bar{X} = 2.67$, S.D.=3.87) มีการเห็นคุณค่าในตนเองระดับปานกลาง ($\bar{X} = 29.82$, S.D. = 4.88) และพบว่าคะแนนแบบประเมินการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ และการเห็นคุณค่าในตนเอง มีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบที่ระดับนัยสำคัญ .05 ($r = -0.179$, $p\text{-value} < .05$)

คำสำคัญ: การเห็นคุณค่าในตนเอง การถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ นิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ

Abstract

This study aimed to examine the relationship between cyberbullying victimization and self-esteem among students in the health science cluster at Naresuan University. This was survey research involving a sample of 401 participants. The research instruments included a personal information questionnaire, a cyberbullying victimization scale for adolescents aged 18 and above, and a self-esteem assessment scale. The findings revealed that students in the health science cluster experienced a low level of cyberbullying victimization ($\bar{X} = 2.67$, S.D. = 3.87), and had a moderate level of self-esteem ($\bar{X} = 29.82$, S.D. = 4.88). In addition, there was a statistically significant negative correlation between cyberbullying victimization and self-esteem at the .05 level ($r = -0.179$, $p < .05$).

Keywords: Self-esteem, Cyberbullying victimization, Students in health science cluster



บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงผู้คนผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น Facebook, Instagram, X, TikTok, Line และ YouTube (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2566) ปัญหาการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ (Cyberbullying) ได้ทวีความรุนแรงขึ้น การกระทำเหล่านี้รวมถึงการใช้คำพูดสร้างความเกลียดชัง การเผยแพร่ข้อมูลเท็จเพื่อทำลายชื่อเสียง และการปลอมแปลงตัวตนเพื่อกลั่นแกล้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทางอารมณ์และจิตใจต่อผู้ถูกกระทำ (แอมเนสตี้ อินเตอร์เนชั่นแนล ประเทศไทย, 2564) ข้อมูลจากกรมสุขภาพจิต (2564) ระบุว่าในปี 2563 มีการโจมตีเรื่องรูปลักษณ์ เพศ และความคิดเห็นผ่านโซเชียลมีเดียเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ อีริช ยุธ แก้วสิงห์ (2564) ชี้ว่าเด็กและเยาวชนไทย 80% เผชิญกับการคุกคามและการกลั่นแกล้งในโรงเรียนหรือบนโซเชียลมีเดีย ซึ่งสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของเอเชีย โดย 75% ของเด็กและเยาวชนดังกล่าวเข้าถึงอินเทอร์เน็ต และส่วนใหญ่เป็นกลุ่มอายุ 5-28 ปี ที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตสูงถึงวันละ 8 ชั่วโมง จากการสำรวจพบว่า 28% ของเด็กและเยาวชนไทยมองว่าการกลั่นแกล้งเป็นเรื่องปกติ ในขณะที่ 39% เห็นว่าเป็นการกระทำที่สนุกสนาน และ 59% เคยถูกกลั่นแกล้ง (กรมสุขภาพจิต, 2564) ที่น่าตกใจคือ ประเทศไทยติดอันดับ 2 ของโลกในปี 2563 รองจากญี่ปุ่น ในด้านการกลั่นแกล้งด้วยการใช้ตัวอักษรผ่านโซเชียลมีเดีย โดยหัวข้อหลักที่ใช้กลั่นแกล้งคือ รูปลักษณ์ เพศ และความคิดเห็น ซึ่งเพื่อนเป็นกลุ่มที่ใช้คำว่า “บูลลี่” มากที่สุด (กรมสุขภาพจิต, 2564) ยังพบว่าการกลั่นแกล้งของคนไทยสูงกว่าค่าเฉลี่ยโลกถึง 47% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของปัญหานี้ โดยเฉพาะในกลุ่มเยาวชนและนักศึกษา การศึกษาของ อพัชชา ช้างขวัญยืน และคณะ (2566) พบว่า 75% ของนิสิตปริญญาตรีมหาวิทยาลัยนเรศวรเคยถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ และ 45% เคยกลั่นแกล้งผู้อื่น แม้ว่ามหาวิทยาลัยจะส่งเสริมการเรียนรู้ผ่าน E-learning และพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง แต่การเข้าถึงเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้นกลับเป็นช่องทางให้เกิดการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ในกลุ่มนิสิต ผลสำรวจนี้ตอกย้ำถึงความจำเป็นในการสร้างความตระหนักรู้และมาตรการป้องกันที่เข้มแข็ง ผลกระทบจากการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์มีความสัมพันธ์กับการเห็นคุณค่าในตนเอง (Self-esteem) โดย Rogers (1961) นิยามการเห็นคุณค่าในตนเองว่าเป็นการประเมินตนเองระหว่างตัวตนตามความเป็นจริงและตัวตนตามอุดมคติ ผู้ที่มี Self-esteem สูงจะสามารถเผชิญอุปสรรคและยอมรับความผิดหวังได้ ในทางตรงกันข้าม ผู้ที่มี Self-esteem ต่ำมักจะมีความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเองในอุดมคติที่ขัดแย้งกับความเป็นจริง รู้สึกว่าตนเองไม่มีค่า ขาดความภาคภูมิใจ ไม่กล้าแสดงออก และขาดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเอง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการจัดการปัญหาและการพัฒนาคุณภาพชีวิต (Rogers, 1961; Maslow, 1970) งานวิจัยของ Zainab and Awan (2023) ในกลุ่มนักศึกษาพยาบาลหญิงในซาอุดีอาระเบียยังพบว่า 19.55% มี Self-esteem ต่ำ และ 20.67% เคยมีพฤติกรรมกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหานี้กับสุขภาพจิตของเยาวชน การกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และผลกระทบต่อจิตใจและการเรียนของเยาวชนยังไม่ได้รับการศึกษาวิจัยในระดับมหาวิทยาลัยมากนักในประเทศไทย (ศุภากร หวัง และสมชาย เทียวกุล, 2562) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มนิสิตวิทยาศาสตร์สุขภาพ ซึ่งเป็นสาขาวิชาชีพที่ต้องดูแลประชาชนและมีความคาดหวังสูงด้านพฤติกรรมและภาพลักษณ์ การขาดข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และการเห็นคุณค่าในตนเองในประเทศไทย ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์กับการเห็นคุณค่าในตนเองของนิสิตปริญญาตรีในกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร การศึกษานี้จะช่วยให้นิสิตตระหนักถึงผลกระทบ เรียนรู้ที่จะป้องกันตนเอง และเสริมสร้างการเห็นคุณค่าในตนเองเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพจิตในระยะยาว.



วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ ของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ
2. เพื่อศึกษาระดับการเห็นคุณค่าในตนเอง ของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์กับการเห็นคุณค่าในตนเองของนิสิตกลุ่ม

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยเชิงปริมาณซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม โดยใช้วิธีวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งมีการใช้แบบประเมินเป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างของประชากร ใช้การวัดผลเพียงครั้งเดียว เพื่อให้ผลลัพธ์ของการวิจัยดำเนินไปตามกระบวนการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ได้ผ่านการรับรองโครงการวิจัยตามหลักจริยธรรมในมนุษย์ มีกระบวนการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างที่เป็นมาตรฐานสากล จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หมายเลข COA No. 154/2024 IRB No. P2-0044/2567

ขอบเขตการวิจัย

1. พื้นที่ในการศึกษา คือ นิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา คือ ระหว่างเดือนตุลาคม 2566 ถึง เดือนตุลาคม 2567
3. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กำลังศึกษาอยู่ในกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ ระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2566 จำนวนทั้งสิ้น 6,695 คน ได้แก่ คณะทันตแพทยศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ (กองบริการการศึกษา, 2566)
4. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ในกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ โดยใช้วิธีคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรคำนวณของ Krejcie and Morgan (1970) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และที่ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ $\pm 5\%$ ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 364 คน และผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อสำรองความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 รวมจำนวนทั้งสิ้น 401 คน และผู้วิจัยได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ในการกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละคณะในกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ และใช้วิธีการสุ่มตามแต่บังเอิญ เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบหยาบจนกว่าจะได้ครบจำนวนนิสิตที่ต้องการในแต่ละคณะ ตั้งแต่ชั้นปีที่ 1 ถึงชั้นปีที่ 6 จนข้อมูลครบ 401 คน โดยจำแนกตามคณะ ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การแยกจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามสังกัดคณะของนิสิตกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สังกัดคณะ	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
คณะทันตแพทยศาสตร์	354	26
คณะพยาบาลศาสตร์	493	40
คณะแพทยศาสตร์	1,003	46
คณะเภสัชศาสตร์	779	45
คณะสหเวชศาสตร์	1,132	69
คณะสาธารณสุขศาสตร์	1,457	87
คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์	1,477	88
รวม	6,695	401



เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria)

1. ผู้ที่กำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรปริญญาตรี กลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารและเข้าใจภาษาไทยได้ดี สามารถตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง
3. ยินยอมให้ข้อมูลและเข้าร่วมตอบแบบสอบถามในการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. ผู้ที่ตอบแบบสอบถามไม่ถูกต้องครบถ้วนตามคำชี้แจง
2. ไม่ยินยอมให้ข้อมูลและเข้าร่วมตอบแบบสอบถามในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ส่วนที่ 1 ขอความยินยอมเป็นอาสาสมัครให้เก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปี เกรดเฉลี่ย สังกัดคณะ รายได้ต่อเดือน มีลักษณะเป็นแบบตรวจคำตอบ (Check List) ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทนามบัญญัติ (Nominal Scale)

ส่วนที่ 3 แบบประเมินวัดระดับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ (Cyber-Aggression Perpetration and Victimization Scale ฉบับภาษาไทย) สำหรับวัยรุ่นอายุ 18 ปีขึ้นไป พัฒนาโดย Kuankaew et al., (2021). มีข้อคำถามทั้งหมด 8 ข้อ โดยมีค่าความเที่ยง Cronbach's Alpha อยู่ที่ 0.85 ในส่วนของแบบสอบถามจะสำรวจในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมาว่าเคยพบเหตุการณ์การถูกกลั่นแกล้งบนสื่อสังคมออนไลน์หรือไม่ มีลักษณะคำตอบเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ โดยให้ผู้เลือกตอบเพียง 1 ตัวเลือก ให้คะแนน 0 - 4 คะแนน (0 = ไม่พบโดยเฉลี่ย 0 ครั้งใน 4 สัปดาห์, 4 = เคยพบโดยเฉลี่ย มากกว่า 4 ครั้งต่อสัปดาห์) การแปลผลคะแนนรวม คะแนน = 0 แปลว่า ไม่เคยพบการกระทำความผิดทางไซเบอร์ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา ถ้าคะแนน = 1-16 แปลว่า พบการกระทำความผิดทางไซเบอร์ในระดับต่ำในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา และคะแนน 17-32 แปลว่า พบการกระทำความผิดทางไซเบอร์ในระดับสูงในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ส่วนที่ 4 แบบประเมินวัดระดับการเห็นคุณค่าในตนเอง ของ Rosenberg (1965) (Rosenberg General Self-Esteem Scale) ประกอบด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) มีค่าเท่ากับ 0.86 มีการแปลและเรียบเรียงโดย Wongpakaran, T. and Wongpakaran, N. (2012) เป็นการประเมินการเห็นคุณค่าในตนเองเกี่ยวกับ ความรู้สึกรักตนเอง การยอมรับตนเอง และรับรู้ว่าคุณค่าในตนเองมีความหมายทางบวก 5 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 2, 4, 6, และ 7 และข้อคำถามที่มีความหมายทางลบ 5 ข้อ คือ ข้อที่ 3, 5, 8, 9 และ 10 ลักษณะคำตอบเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ การแปลผลคะแนนรวม ทำโดยการรวมคะแนนของแบบสอบถามทั้งฉบับซึ่งมีค่าคะแนนรวมอยู่ระหว่าง 10-40 คะแนน และการแบ่งคะแนนความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองโดยใช้พิสัยและอันตรายภาคขั้นแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

10-20 มีความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับต่ำ หรือแสดงว่ามีความรู้สึกไม่ค่อยดีต่อตนเอง

21-30 มีความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่ามีความรู้สึกที่ดีต่อตนเองพอสมควร

31-40 มีความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับสูง หรือแสดงว่ามีความรู้สึกที่ดีต่อตนเองมาก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยได้ทำการยื่นโครงการวิจัยเพื่อเสนอขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
2. ทำหนังสือขออนุญาตเข้าทำการวิจัยต่อนิสิตกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร



3. ผู้วิจัยจัดทำแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์โดยให้อาสาสมัครทำแบบสอบถามผ่านทาง Google forms ซึ่งมีกระบวนการขอความยินยอมโดยการกระทำ (Consent by action) โดยมีการให้ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดโครงการ

4. แจกแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่าง ในรูปแบบออนไลน์ หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบสอบถาม และตรวจให้คะแนนแบบประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามไปตรวจสอบให้คะแนน เพื่อไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (descriptive statistics) เพื่อบรรยายลักษณะของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (Inferential statistics) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติต่างๆในกลุ่มตัวอย่างไปยังกลุ่มประชากรด้วยสถิติ Independent t-test, One-way ANOVA, และ Pearson's Correlation

ผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และการเห็นคุณค่าในตนเองในนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์กับการเห็นคุณค่าในตนเองในนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 401 คน ผู้วิจัยนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 323 คน (ร้อยละ 80.5) และเป็นเพศชาย จำนวน 78 คน (ร้อยละ 19.5) กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 3 มากที่สุด จำนวน 124 คน (ร้อยละ 30.9) รองมาคือ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 110 คน (ร้อยละ 27.4) ชั้นปีที่ 2 จำนวน 91 คน (ร้อยละ 22.7) ชั้นปีที่ 1 จำนวน 36 คน (ร้อยละ 9) ชั้นปีที่ 5 จำนวน 27 คน (ร้อยละ 6.7) และชั้นปีที่ 6 จำนวน 13 คน (ร้อยละ 3.2) ตามลำดับ โดยส่วนมากเกรดเฉลี่ย คือ 3.01-3.50 จำนวน 139 คน (ร้อยละ 34.7) รองลงมาอยู่ระหว่าง 3.51-4.00 จำนวน 137 คน (ร้อยละ 34.2) ระหว่าง 2.51-3.00 จำนวน 85 คน (ร้อยละ 21.2) ระหว่าง 2.00-2.50 จำนวน 37 คน (ร้อยละ 9.2) และน้อยกว่า 2.00 จำนวน 3 คน (ร้อยละ 7) และส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 4,001-6,000 บาทต่อเดือน จำนวน 146 คน (ร้อยละ 36.4) รองลงมาไม่มีรายได้มากกว่า 8,000 บาทต่อเดือน จำนวน 119 คน (ร้อยละ 29.7) ระหว่าง 6,001 - 8,000 บาท

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพฤติกรรมการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์โดยรวม

ตัวแปรที่ศึกษา	N	Minimum	Maximum	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคะแนน
การถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์	401	0.00	32.00	2.67	3.87	ระดับต่ำ

จากตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับของพฤติกรรมการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากแบบประเมินพฤติกรรมการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์พบว่ามี ค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนพฤติกรรมการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์โดยรวมอยู่ในระดับต่ำ ($\bar{X}$ =2.67, S.D.=3.87)



ตารางที่ 3 จำนวนและความถี่ร้อยละของการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ จำแนกตามเกณฑ์แบบประเมินการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์

ระดับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์	N	ร้อยละ
ไม่เคยพบการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์	165	41.10
พบการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ในระดับต่ำ	231	57.60
พบการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ในระดับสูง	5	1.20
รวม	401	100

จากตารางที่ 3 ผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 401 คน พบว่า ระดับคะแนนการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ จำนวน 231 คน (ร้อยละ 57.6) รองลงมาคือ ไม่เคยพบการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ จำนวน 165 คน (ร้อยละ 41.1) และพบการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ในระดับสูงจำนวน 5 คน (ร้อยละ 1.2) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการเห็นคุณค่าในตนเองโดยรวม

ตัวแปรที่ศึกษา	N	Minimum	Maximum	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคะแนน
การเห็นคุณค่าในตนเอง	401	12.00	40.00	29.82	4.88	ระดับปานกลาง

จากตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับของการเห็นคุณค่าในตนเองของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากแบบประเมินการเห็นคุณค่าในตนเอง พบว่ามีค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนการเห็นคุณค่าในตนเองโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 29.82$, S.D. = 4.88)

ตารางที่ 5 จำนวนและความถี่ร้อยละของการเห็นคุณค่าในตนเองในนิสิต จำแนกตามเกณฑ์แบบประเมินการเห็นคุณค่าในตนเอง

ระดับการเห็นคุณค่าในตนเอง	N	ร้อยละ
การเห็นคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับต่ำ	15	3.7
การเห็นคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับปานกลาง	245	49.6
การเห็นคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับสูง	187	46.7
รวม	401	100

จากตารางที่ 5 ผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 401 คน พบว่าระดับคะแนนการเห็นคุณค่าในตนเองส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 245 คน (ร้อยละ 49.6) รองลงมาคือ อยู่ในระดับสูง จำนวน 187 คน (ร้อยละ 46.6) และอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 15 คน (ร้อยละ 3.7) ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และการเห็นคุณค่าในตนเอง

แบบประเมิน	ค่าความสัมพันธ์ (r)	การเห็นคุณค่าในตนเอง Sig. (2-tailed)	ระดับความสัมพันธ์
การถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์	- 0.179*	0.000*	สัมพันธ์ระดับต่ำ

* Significant at 0.05 level

จากตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ พบว่าคะแนนแบบประเมินการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ และการเห็นคุณค่าในตนเอง มีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบที่ระดับนัยสำคัญ .05 ($r = - 0.179$, $p\text{-value} < .05$)



อภิปรายผลการศึกษา

1. ผลการวิจัยพบว่านิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพมีระดับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์อยู่ในระดับต่ำ สะท้อนถึงการมีความรู้ ความตระหนัก และการได้รับการปลูกฝังด้านจริยธรรม ความเห็นอกเห็นใจ และความรับผิดชอบต่อสังคม อันเป็นอัตลักษณ์ของกลุ่มคณะ ส่งผลให้นิสิตมีความสัมพันธ์ที่ดีในกลุ่มเพื่อน เข้าใจปัญหา และหลีกเลี่ยงพฤติกรรมที่เป็นอันตรายต่อผู้อื่น สภาพแวดล้อมที่เกื้อหนุนกันนี้จึงช่วยลดโอกาสในการกลั่นแกล้ง สอดคล้องกับ Malakcioğlu (2024) ศึกษาการส่งเสริมความเห็นอกเห็นใจในนักศึกษาแพทย์ผ่าน ความรับผิดชอบต่อสังคมในด้านสุขภาพ พบว่าความรับผิดชอบต่อสังคมในด้านสุขภาพ ส่งผลเชิงบวกต่อระดับความเห็นอกเห็นใจของนักศึกษาแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการระบอบารมณ์กับผู้อื่นซึ่งก็คือ ความสามารถในการรับรู้ เข้าใจ และเชื่อมโยงกับอารมณ์ความรู้สึกของผู้อื่น ส่งผลเชิงบวกต่อทักษะการเห็นอกเห็นใจของนักศึกษาแพทย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ในกลุ่มนักศึกษาทันตแพทยศาสตร์และแพทยศาสตร์ยังพบความชุกของการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ในสถานที่ทำงานอยู่ในระดับต่ำ และ 92% ของผู้เข้าร่วมวิจัยตระหนักถึงการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์และความแตกต่างจากการกลั่นแกล้งทางกายภาพ ผลการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญที่สามารถนำไปพัฒนาและป้องกันปัญหาการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ รวมถึงการส่งเสริมการเห็นคุณค่าในตนเองของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น สถาบันการศึกษาควรคงไว้ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมนอกหลักสูตรที่เน้นคุณค่าด้านมนุษยธรรม พร้อมเสริมสร้างความตระหนักรู้ด้านพฤติกรรมการใช้งานสื่อดิจิทัลอย่างปลอดภัยและเคารพสิทธิผู้อื่นต่อไป

2. ผลการวิจัยชี้ว่านิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพมี ระดับการเห็นคุณค่าในตนเองโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงการรับรู้ตนเองที่สมดุลและเป็นจริง ไม่มั่นใจเกินไปหรือขาดความมั่นใจจนเกินไป ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และปัจจัยแวดล้อมที่หลากหลาย การมี Self-esteem ในระดับที่สมดุลนี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จทางการศึกษา (Camel, 2020) แม่วนิสิตในกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพมักเผชิญกับความกดดันทางการเรียนสูงจากหลักสูตรที่เข้มข้น ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพกายและใจ (Nawaz et al., 2021) แต่นิสิตที่มีพื้นฐานทางวิชาการแข็งแกร่งและความมุ่งมั่นสูงก็สามารถสร้างความมั่นใจในตนเองได้ (Li et al., 2022) นอกจากนี้ การเป็นวิชาชีพที่ต้องรับผิดชอบต่อชีวิตผู้ป่วยในอนาคตยังก่อให้เกิดความกดดันสูง อาจต้องเผชิญสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดและต้องตัดสินใจภายใต้สถานการณ์คับขัน ซึ่งอาจส่งผลต่อความมั่นใจและทำให้รู้สึกขาดความรู้หรือทักษะที่ไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับความรับผิดชอบที่ต้องเจอ สอดคล้องกับการสำรวจของ da Silva et al. (2023) ที่พบว่านักศึกษาสายสุขภาพในบราซิลส่วนใหญ่มีสุขภาพจิตอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพวกเขาสามารถจัดการกับความกดดันจากการศึกษาในระดับอุดมศึกษาได้ค่อนข้างดี และยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการเห็นคุณค่าในตนเองกับสุขภาพจิต นั่นคือ เมื่อ Self-esteem เพิ่มขึ้น สุขภาพจิตก็จะดีขึ้นด้วย จากการอภิปรายผลในด้านการเห็นคุณค่าในตนเอง แม่วนิสิตจะมีระดับความภาคภูมิใจในตนเองปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงภาวะการรับรู้ตนเองที่สมดุล แต่ก็อาจเป็นผลจากแรงกดดันทางวิชาการสูงในหลักสูตรสุขภาพ รวมถึงการเผชิญสถานการณ์ตึงเครียดและความคาดหวังในวิชาชีพสูง ดังนั้น คณะควรพิจารณาสนับสนุนด้านจิตวิทยา เช่น จัดกลุ่มให้คำปรึกษา อบรมเทคนิคการบริหารความเครียด และส่งเสริมความมั่นใจในตนเองผ่านการเสริมสร้างแรงจูงใจภายในและการยอมรับในความสามารถเฉพาะตน



3. ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำกับการเห็นคุณค่าในตนเอง ของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ ซึ่งหมายความว่าเมื่อนิสิตถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์มากขึ้น การเห็นคุณค่าในตนเองของพวกเขาก็จะลดลง การถูกทำร้ายจิตใจผ่านไซเบอร์ซ้ำๆ หรือรุนแรง อาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพจิตระยะยาว เช่น ความรู้สึกไร้ค่า โดดเดี่ยว หรือไม่เป็นที่ยอมรับในสังคม จากข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้น เช่น งานวิจัยของ Zainab and Awan (2023) พบว่านักศึกษาพยาบาลหญิงในซาอุดีอาระเบียที่มี Self-esteem ต่ำ มีความเสี่ยงสูงที่จะตกเป็นเหยื่อหรือมีส่วนร่วมในการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ โดยพบอัตราการมี Self-esteem ต่ำที่ 19.55% และมีปัญหาสุขภาพจิตอื่นๆ เช่น ซึมเศร้า วิตกกังวล และติดอินเทอร์เน็ต ในงานวิจัยของ Ho and Gu (2021) พบความสัมพันธ์ระหว่างการตกเป็นเหยื่อการกลั่นแกล้งทางอินเทอร์เน็ตกับการเห็นคุณค่าในตนเองที่ลดลง และภาวะซึมเศร้าในหมู่นักศึกษามหาวิทยาลัยชาวเวียดนาม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mirsky (2015) ซึ่งว่าการกลั่นแกล้งทางอินเทอร์เน็ตในวัยรุ่นสามารถนำไปสู่ความเครียด ความวิตกกังวล การลดลงของ Self-esteem และเพิ่มโอกาสในการฆ่าตัวตาย ซึ่งมักจะเด่นชัดกว่าผลกระทบจากการกลั่นแกล้งแบบดั้งเดิม การที่การกลั่นแกล้งทางไซเบอร์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเห็นคุณค่าในตนเอง ถือเป็นข้อค้นพบสำคัญในการพัฒนาแนวทางป้องกันปัญหาสุขภาพจิตในกลุ่มนิสิต มหาวิทยาลัยควรดำเนินการเชิงรุกและต่อเนื่อง เช่น คัดกรองภาวะความเครียด ภาวะซึมเศร้า และ Self-esteem ต่ำ ด้วยแบบประเมินสุขภาพจิต การสร้างกลไกเชิงนโยบาย ที่เชื่อมโยงระหว่างคณาจารย์ ที่ปรึกษา และหน่วยงานด้านสุขภาพจิตภายในมหาวิทยาลัยเพื่อดูแลนิสิตอย่างเป็นระบบ โดยรวมแล้ว การนำผลการวิจัยนี้ไปใช้จะช่วยให้อาจารย์สามารถกำหนดนโยบายหรือโครงการที่ครอบคลุมมิติของการป้องกัน ส่งเสริม และสนับสนุนการฟื้นฟูด้านความปลอดภัยออนไลน์และสุขภาวะทางจิตใจของนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาบัณฑิตที่มีทั้งคุณวุฒิและคุณธรรม พร้อมรับมือกับสังคมยุคดิจิทัล

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ การเห็นคุณค่าในตนเอง และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองในนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณในลักษณะการวิจัยเชิงสำรวจ กลุ่มตัวอย่างคือนิสิตจำนวน 401 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ และแบบประเมินการเห็นคุณค่าในตนเอง ผลการวิจัยพบว่า ระดับการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ ของนิสิตอยู่ในระดับต่ำ ระดับการเห็นคุณค่าในตนเอง อยู่ในระดับปานกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์กับการเห็นคุณค่าในตนเอง มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่าเมื่อนิสิตถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์มากขึ้น ระดับการเห็นคุณค่าในตนเองมีแนวโน้มลดลง ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การปลูกฝังจริยธรรมและความตระหนักรู้ด้านดิจิทัลในนิสิตสายสุขภาพมีส่วนช่วยลดปัญหาการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ และควรมีการส่งเสริมความภาคภูมิใจในตนเองควบคู่ เพื่อส่งเสริมสุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตของนิสิตให้พร้อมรับมือกับความท้าทายในสังคมยุคดิจิทัล



ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. นิสิตวิทยาศาสตร์สุขภาพเป็นกลุ่มเป้าหมายสำคัญที่ต้องเตรียมพร้อมทั้งด้านวิชาชีพและจิตสังคม การส่งเสริมความตระหนักรู้ในการใช้สื่อออนไลน์และการเห็นคุณค่าในตนเองจึงเป็นสิ่งจำเป็น
2. จากผลวิจัยที่พบระดับการกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ต่ำ และการเห็นคุณค่าในตนเองระดับปานกลาง สะท้อนถึงพื้นฐานด้านจริยธรรมและความเห็นอกเห็นใจ ควรต่อยอดด้วยกิจกรรมเสริม เช่น การอบรมด้านจริยธรรมออนไลน์ และการพัฒนาทักษะความมั่นใจในตนเอง
3. ควรเฝ้าระวังผลกระทบเชิงลบจากการถูกกลั่นแกล้งแม้ในระดับต่ำ ผ่านการประเมินสุขภาพจิตเชิงรุก การให้คำปรึกษา และการสร้างระบบดูแลกลุ่มเสี่ยงอย่างเป็นระบบภายในมหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมที่มีอิทธิพลต่อการเห็นคุณค่าในตนเองและการถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ เช่น การสนับสนุนจากครอบครัว ความสัมพันธ์กับเพื่อน เพื่อให้เข้าใจบริบทที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น
2. ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพร่วมด้วย เพื่อวิเคราะห์เชิงลึกถึงประสบการณ์ ความรู้สึก และวิธีรับมือของนิสิตที่เคยถูกกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ หรือมีระดับการเห็นคุณค่าในตนเองต่ำ อันจะนำไปสู่การออกแบบมาตรการที่ตรงจุดมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความกรุณาช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอกล่าวนำเพื่อระลึกถึงและขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ คือ ทีมผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ คุณ พรณภัส จารุสาร, คุณ ญานิกา คำแก้ว, คุณ ฉัฐชนก เตชะรักษา, คุณ วณมารินทร์ แดงทองดี, คุณ ศศิธร วังสุวรรณ, คุณ รวีวรรณ อริยพรพรหม ที่ได้ร่วมกันทำงานวิจัยนี้ตั้งแต่เริ่มต้น ทั้งการทำเอกสารจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ การเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล จนเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย รวมถึงขอขอบคุณ ดร.สุรเดช ประยูรศักดิ์, ผศ.ดร.นิรันดร์ เงินแย้ม และ ผศ.ดร.แสงดาว วัฒนาสกุลเกียรติ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กองบริการการศึกษา. (2566). ระบบสารสนเทศรายงานจำนวนนิสิต: มหาวิทยาลัยนเรศวร ข้อมูลนักศึกษา ณ วันที่ 28 สิงหาคม 2566. https://www.acad.nu.ac.th/statistic/static_stdcurrent.php?s_login
- กรมสุขภาพจิต. (2564). บูลลี่ (Bully) คืออะไร มีกี่ประเภท วิธีที่จะรับมือจากการโดนบูลลี่. <https://dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=30612>
- อพัชชา ช้างขวัญยืน, พฤษา ดอกกุหลาบ, กนกรัตน์ จิรสังจานุกุล, และณัฐกานต์ ภาคพรต. (2566). ความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติมารยาททางอินเทอร์เน็ตและพฤติกรรมการกลั่นแกล้งออนไลน์ของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 17(2), 94–109.
- ธีรยุทธ แก้วสิงห์. (2564). ติดอันดับต้นของเอเชีย! เด็กไทยกว่า 80% เคยเจอ ‘การบูลลี่’ เกือบครึ่งมองเป็นเรื่องปกติ. สำนักข่าวอิศรา <https://www.isranews.org/article/isranews-article/105059-isranews-bullying.html>



- ศุภกร หวัง, และสมชาย เตียวกุล. (2562). การถูกกลั่นแกล้งบนสื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. *วารสารจิตวิทยาคลินิก*, 50(2), 17–27.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2566). *การสำรวจการมี การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2566 (ไตรมาส 3)*.
https://www.nso.go.th/nsoweb/nso/survey_detail/jJ
- แอมเนสตี อินเตอร์เนชันแนล ประเทศไทย. (2564). *Cyberbullying: การกลั่นแกล้งบนโลกออนไลน์ที่คุ้นเคยแต่ไม่ควรคุ้นชิน*. <https://www.amnesty.or.th/blog/2021/06/cyberbullying-การกลั่นแกล้งบนโลกออนไลน์/>
- Camel, D. (2020). *Improving student's academic performance from the inside out: The relationship between self-esteem and academic performance*. MURC Research Snapshots.
- da Silva, G. F., Leite, M. A. C., Fernandes, H. A., Silva, A. K. S., & Gomes, B. S. (2023). Motivos que levam a prática da automedicação entre estudantes do ensino superior: Uma revisão integrativa. In H. A. Fernandes & E. B. da Silva (Eds.), *Saúde Pública no Século XXI* (pp. 73–81).
- Ho, T. T. Q., & Gu, C. (2021). The impact of cyberbullying on self-esteem and depression in Vietnamese university students. *Asian Journal of Social Psychology*, 24(1), 101–110.
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607–610.
- Kuankaew, W., Phongkhunakorn, N., & Robkob, W. (2021). The development of learning innovation for cyberbullying prevention and cyberbullying victimization among Thai youth. *Journal of Nursing and Health Research*, 22(2), 28–40.
- Li, Y., Zhang, H., & Wang, L. (2022). Longitudinal relationship between self-esteem and academic self-efficacy among Chinese college students. *Frontiers in Psychology*, 13, 877343.
- Malakcioglu, C. (2024). *Fostering empathy in medical students by "Social Responsibility in Health"*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4574832/v1>
- Maslow, A. H. (1970). *Motivation and personality* (2nd ed.). Harper & Row.
- Mirsky, E. L. (2015). Cyberbullying in adolescence: Prevalence and mental health consequences. *Journal of Adolescent Health*, 56(6), 580–586. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2015.01.019>
- Nawaz, D., Jahangir, N., Khizar, U., John, H., & Ilyas, Z. (2021). Impact of anxiety on self-esteem, self-concept and academic achievement among adolescent. *Elementary Education Online*, 20(1), 3458–3458.
- Rogers, C. R. (1961). *On becoming a person: A therapist's view of psychotherapy*. Houghton Mifflin.
- Rosenberg, M. (1965). *Society and the adolescent self-image*. Princeton University Press.
- Wongpakaran, T., & Wongpakaran, N. (2012). A comparison of reliability and construct validity between the original and revised versions of the Rosenberg Self-Esteem Scale. *Psychiatry Investigation*, 9, 54–58.
- Zainab, I., & Awan, M. A. (2023). Cyber bullying and mental health of media professionals. *Advanced Psychological Research*, 1(1), 18–33.



การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมสีย้อมสเมียร์เลือด ด้วยสี Wright-Giemsa แบบเตรียมใช้เองในห้องปฏิบัติการ (In-House)

อรรณพ เทียมแก้ว^{1,*}

A Study on the Optimal Conditions for In-House Preparation of Wright-Giemsa Stain for Blood Smear Staining

Unnop Theamkaew^{1,*}

¹สำนักงานเลขานุการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Office of the Secretary, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: unnop@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การเตรียมสีย้อมสเมียร์เลือดเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลต่อความแม่นยำในการวินิจฉัยทางโลหิตวิทยา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการกรองสีและระยะเวลาการบ่มสีที่มีต่อคุณภาพของสีย้อม Wright-Giemsa สำหรับการเตรียมใช้เองในห้องปฏิบัติการ (in-house) เนื่องจากสีย้อมสำเร็จรูปคุณภาพไม่คงที่ ราคาสูง จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการเตรียมสีย้อมที่สามารถควบคุมคุณภาพได้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ โดยจัดกลุ่มทดลองทั้งหมด 15 กลุ่ม แบ่งตามวิธีการกรองสี ได้แก่ การกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump การกรองด้วยกรวยกรอง และไม่กรองสี ร่วมกับระยะเวลาการบ่มสี 5 ช่วง ได้แก่ 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน การประเมินคุณภาพการติดสีย้อมของเซลล์เม็ดเลือดดำเนินการโดยอาสาสมัครจำนวน 40 คน โดยใช้แบบประเมินที่ได้มาตรฐาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่กรองสีด้วยเครื่อง Vacuum pump และบ่มสี 14 วัน (กลุ่ม A14) ให้คุณภาพการติดสีย้อมที่ดีที่สุด โดยมีการติดสีที่สม่ำเสมอ โครงสร้างของเซลล์เม็ดเลือดชัดเจน และมีตะกอนสีน้อยที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่ไม่กรองสีและบ่มสี 30 วัน (กลุ่ม C30) ให้คุณภาพการติดสีย้อมที่ต่ำที่สุด การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Kruskal-Wallis test พบความแตกต่างของคุณภาพการติดสีย้อมระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และเมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วย Mann-Whitney U test พร้อมปรับค่า p ด้วยวิธี Bonferroni Correction พบว่ากลุ่ม A14 แตกต่างจากกลุ่ม C30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (adjusted $p < 0.001$) สรุปได้ว่า วิธีการกรองสีและระยะเวลาการบ่มสีเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของการติดสีย้อม โดยเฉพาะการกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump ร่วมกับการบ่มสี 14-21 วัน ให้ผลการติดสีที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยา

คำสำคัญ: การเตรียมสีย้อม การกรองสี การบ่มสี การย้อมสเมียร์เลือด

Abstract

The preparation of blood smear stains is a crucial step that directly influences the accuracy of hematological diagnosis. This study aimed to investigate the effects of filtration methods and staining maturation periods on the quality of Wright-Giemsa stain prepared in-house for use in hematology laboratories. Owing to the variability in quality and high cost of commercial stains, a systematic in-house preparation method is needed to ensure consistent staining performance. Fifteen experimental groups were established based on three filtration methods: vacuum pump, gravity filtration, and no filtration, combined with five maturation periods: 3, 7, 14, 21, and 30 days. Staining quality was evaluated by 40 trained assessors using a standardized scoring system. The results revealed that the group using vacuum pump filtration with a 14-day maturation period (Group A14) demonstrated the highest staining quality, characterized by uniform coloration, clear cellular morphology, and minimal precipitate. In contrast, the group with no filtration and a 30-day maturation period (Group C30) exhibited the lowest staining quality. Statistical analysis using the Kruskal-Wallis test indicated significant differences in staining quality among the groups ($p < 0.001$). Pairwise



comparisons using the Mann–Whitney U test with Bonferroni correction confirmed a statistically significant difference between Group A14 and Group C30 (adjusted $p < 0.001$). In conclusion, both the filtration method and maturation period significantly affect the quality of Wright–Giemsa staining. Specifically, vacuum pump filtration combined with a 14–21 day maturation period provides the most effective staining conditions and is recommended for use in hematology laboratories.

Keywords: Stain preparation, Stain filtration, Stain maturation, Blood smear staining

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การจัดการเรียนการสอนรายวิชาโลหิตวิทยามุ่งเน้นการศึกษาระบบการสร้างเซลล์เม็ดเลือด กระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์เม็ดเลือดแดงในภาวะปกติ ความผิดปกติของรูปร่างเซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด ตลอดจนโรคทางโลหิตวิทยาที่สำคัญ เช่น โรคโลหิตจางและมะเร็งเม็ดเลือดขาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ การเตรียมสเมียร์เลือดและการย้อมสีเพื่อตรวจวิเคราะห์ความผิดปกติของเซลล์เม็ดเลือดถือเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในสาขาโลหิตวิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สีย้อมที่ได้รับความนิยมในห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยาทั่วไป ได้แก่ สี Wright–Giemsa ซึ่งพัฒนามาจากสีย้อม Wright’s stain (Fuccillo, 1957) โดยมีการเติมสี Giemsa ลงในสี Wright’s เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมติดสีของนิวเคลียสและโครงสร้างภายในเซลล์ให้ชัดเจนขึ้น ช่วยในการจำแนกชนิดของเซลล์เม็ดเลือดและการพยากรณ์โรค (สุตาภรณ์ เก่งการ, 2553)

สี Wright–Giemsa จัดอยู่ในกลุ่มของสี Romanowsky ซึ่งประกอบด้วย Methylene blue, Azure A, Azure B และ Eosin Y ที่เมื่อผสมรวมกันแล้วจะเกิดปฏิกิริยาให้คุณสมบัติเฉพาะในการติดสีที่มีคุณภาพ มีการติดสีโครงสร้างของเซลล์ได้อย่างชัดเจน (ทรงยศ อนุปรีชา และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตามการเตรียมสไลด์นี้ยังพบข้อจำกัดทางด้านคุณภาพ โดยเฉพาะการติดสีที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจเกิดจากสัดส่วนของสีที่ไม่เหมาะสม การผสมที่ไม่ทั่วถึง หรือการเก็บรักษาที่ไม่ถูกต้อง (Dunning & Safo, 2011) นอกจากนี้การบ่มสีให้สุกและพร้อมใช้งานยังคงใช้เวลานาน โดยบางแนวทางอาจต้องใช้เวลานานถึง 1 เดือน (สุตาภรณ์ เก่งการ, 2553)

งานวิจัยหลายฉบับได้เสนอแนวทางการเร่งกระบวนการบ่มสี เช่น การบ่มสีที่อุณหภูมิ 37 °C พร้อมเขย่าสัปดาห์เป็นเวลา 3 วัน (Shen & Patterson, 1983) หรือการบ่มที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (ภัทรานิชรุ์ พวงพลอย และ ภัสสร วุฒินวงศ์โยธิน, 2561) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดเกี่ยวกับระยะเวลาหรือสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการบ่มสี

นอกจากนี้ การกรองสีย้อมเป็นอีกขั้นตอนที่สำคัญ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการเกิดตะกอนที่อาจรบกวนผลการย้อม (Shen & Patterson, 1983) การกรองก่อนใช้งานช่วยลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของตะกอนสีที่เกิดจากการเก็บรักษา (Wintrobe, 1998) และการล้างสไลด์ภายหลังการย้อมก็ช่วยลดปัญหานี้ได้เช่นกัน (Bain, 2001) อย่างไรก็ตาม ยังไม่ปรากฏงานวิจัยที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกรองสีย้อมในเชิงทดลองโดยตรง ทั้งในรูปแบบการกรองด้วยกรวยกรองทั่วไป และการกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump

ในเทคนิคการย้อมสี พบว่ามีการพัฒนาในแง่ของวิธีการย้อม เช่น การย้อมแบบจุ่มผสมหรือการใช้ถาดย้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีและลดเวลาการทำงาน (จุฬาลักษณ์ ผุดผาด และคณะ, 2552; สุตาภรณ์ เก่งการ,



2553) อย่างไรก็ตามคุณภาพของสีย้อมยังเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการย้อมและความแม่นยำในการแปลผลทางห้องปฏิบัติการ

จากข้อมูลข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า แม้จะมีการปรับปรุงสูตรสีย้อม Wright-Giemsa และวิธีการย้อมอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงการศึกษาที่เปรียบเทียบผลของกระบวนการเตรียมสี โดยเฉพาะเรื่องของ สภาวะการบ่มสี และวิธีการกรองสี ต่อคุณภาพของสีย้อมในเชิงประจักษ์อย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยฉบับนี้จึงมีความมุ่งหมายในการเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยเสนอแนวทางการเตรียมสีย้อม Wright-Giemsa ที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานได้จริงในห้องปฏิบัติการ และสอดคล้องกับการเรียนการสอนปฏิบัติการโลหิตวิทยา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมสีย้อมสเมียร์เลือดด้วยสีย้อม Wright-Giemsa
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาของการบ่มสีย้อม ที่มีต่อคุณภาพของการย้อมสเมียร์เลือดด้วยสีย้อม Wright-Giemsa
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกรองสีย้อมระหว่างการใช้เครื่อง Vacuum pump, การกรองสีด้วยกรวยกรองทั่วไป และการไม่กรองสี
4. เพื่อหาความสัมพันธ์ของวิธีการที่เหมาะสมในการกรองสีและระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มสี
5. เพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมสีย้อม Wright-Giemsa ที่มีคุณภาพและเหมาะสมสำหรับการย้อมสเมียร์เลือดในการเรียนการสอนปฏิบัติการโลหิตวิทยา

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ตารางที่ 1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการทดลองเพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพสีย้อม Wright-Giemsa

วิธีการทดลอง	วัสดุและอุปกรณ์
1. การเตรียมสีย้อม Wright-Giemsa	Wright's stain powder, Giemsa stain powder, Glycerin, Methanol, โกร่งบดสี, ขวดสีชา
2. การเตรียม Buffer	Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4), Disodium Hydrogen Phosphate (Na_2HPO_4), น้ำกลั่น
3. การกรองสี	กระดาษกรอง Whatman® No.1, เครื่อง Vacuum pump, ชุดกระบอกกรอง Steritop® Filter Units, กรวยกรอง
4. การบ่มสี	ขวดสีชา, ตู้ Incubator
5. การเตรียมสเมียร์เลือด	หลอดเลือด EDTA, สไลด์แก้ว
6. การย้อมสี	ถาดย้อมสไลด์, Buffer pH 6.4, Methanol, ลูกยางเป่าลม
7. การวิเคราะห์คุณภาพการติดสีย้อม	กล้องจุลทรรศน์, แบบประเมินคุณภาพการติดสีย้อม

แสดงรายละเอียดวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้งานตามกระบวนการในงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสีย้อม Wright-Giemsa

การเตรียมสีย้อมโดยใช้สัดส่วนตามสูตรที่ปรับจาก Tankeyul et al. (1987) โดยใช้ Wright's stain powder 3 กรัม, Giemsa powder 0.33 กรัม, Glycerin 30 มิลลิลิตร และ Methanol 970 มิลลิลิตร รวมปริมาตร 1 ลิตร ซึ่ง



ขั้นตอนการเตรียมเริ่มจากการบดผงสีทั้งสองในโกร่ง พร้อมเติม Glycerin ที่ละน้อยจนหมด ใช้เวลาบด 20 นาที เมื่อผงสีละลายดีจึงเติม Methanol ผสมและบดต่ออีกเล็กน้อย จากนั้นแบ่งใส่ขวดสีชาเพื่อนำไปทดลองต่อ

2. การเตรียม Phosphate Buffer pH 6.4

ผสม Stock A (Potassium dihydrogen phosphate 13.61 กรัม) กับ Stock B (Disodium hydrogen phosphate 17.8 กรัม) โดยใช้สัดส่วน 700 มิลลิลิตร : 300 มิลลิลิตร ตามลำดับ เพื่อเตรียมเป็น Working Phosphate Buffer pH 6.4 (Dunning & Safo, 2011)

3. การกรองสี

แบ่งสีที่เตรียมไว้กรองด้วย 2 วิธี ได้แก่ 1) การกรองด้วยกรวยกรอง โดยเทสีในกรวยกรองที่วางกระดาษกรอง Whatman® No.1 ซึ่งจะกรองตามปริมาตรที่กรวยกรองสามารถรองรับได้ในแต่ละครั้ง และเมื่อสียอมกรองผ่านหมดจะต้องเปลี่ยนกระดาษกรองใหม่ทันที และ 2) การกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump โดยวางกระดาษกรองและเทสีลงในชุดกระบอกกรอง Steritop® Filter Units ที่ต่อกับ Vacuum pump ในลักษณะเดียวกัน โดยเทสีเต็มปริมาตรสูงสุดของชุดกรอง และเปลี่ยนกระดาษกรองใหม่ทุกครั้งหลังกรองเสร็จหนึ่งรอบ สำหรับการศึกษาผลของการไม่กรองสียอม ผู้วิจัยยังได้จัดเตรียมสีที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการกรองแยกไว้ในภาชนะสะอาดเพื่อใช้ในการทดลองเช่นกัน

4. การบ่มสี

นำสียอมทั้งที่กรองและไม่กรอง เข้าบ่มในตู้ Incubator ที่อุณหภูมิ 37°C และเขย่าขวดสีวันละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 วัน ตามวิธีของ Shen and Patterson (1983) นำมาทดลองย้อมสไลด์ตามระยะเวลา 3 วัน, 7 วัน, 14 วัน, 21 วัน และ 30 วัน

5. การเตรียมสเมียร์เลือดและการย้อมสี

ใช้ตัวอย่างเลือดจากการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ที่เหลือจากการเจาะเลือดในหลอด EDTA โดยไม่ระบุชื่อนำมาไลสเมียร์ โดยขอการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หมายเลข COA No. 297/2024 จากนั้น Fix สไลด์ด้วย Methanol และวางบนถาดย้อม หยดสียอมให้ท่วมแผ่นสไลด์ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นหยด Buffer ปริมาตรเท่ากัน ใช้ลูกยางเป่าให้เกิด Metallic sheen ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาล้างด้วยน้ำกลั่น เช็ดด้านหลังแล้วนำไปตากให้แห้ง (โดยใช้เวลาในการย้อมสีตามวิธีการย้อมสีของคู่มือปฏิบัติการรายวิชาโลหิตวิทยา 1 ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ และวิธีการของ Dunning and Safo (2011) ซึ่งเวลาในการย้อมที่อาจมีความแตกต่างกันในแต่ละแหล่งอ้างอิง โดยยังไม่มีเปรียบเทียบเวลาในการย้อมที่เหมาะสม)

6. การเก็บข้อมูล

ประเมินคุณภาพสียอมจากผู้ประเมิน 40 คน โดยผู้ประเมินคุณภาพสียอมที่ใช้ในงานวิจัยต้องเป็นอาจารย์ในกลุ่มงานโลหิตวิทยา นักเทคนิคการแพทย์ และนิสิตสาขาเทคนิคการแพทย์ชั้นปีที่ 4 ใช้สไลด์ทั้งหมด 75 แผ่น ซึ่งมาจากทั้งหมด 15 กลุ่มทดลอง และย้อมสีกลุ่มทดลองละ 5 แผ่น ให้คะแนนลงแบบประเมินคุณภาพการติดสีเซลล์เม็ดเลือดโดยใช้ส้อม Wright-Giemsa และ ซึ่งเกณฑ์การประเมินจะครอบคลุมการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และตะกอนสี โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินไว้ในแบบประเมินอย่างชัดเจน และผ่านการตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้ทรงคุณวุฒิ



7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดในแต่ละสไลด์ดำเนินการโดยอาสาสมัครจำนวน 40 คน ที่ผ่านการฝึกอบรม โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานซึ่งกำหนดเกณฑ์คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ 1) คุณภาพการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดแดง 2) คุณภาพการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดขาว 3) คุณภาพการติดสีของเกล็ดเลือด และ 4) การพบตะกอนสี โดยคะแนนจากผู้ประเมินแต่ละรายถูกนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองเพื่อนำไปเปรียบเทียบผล โดยก่อนการวิเคราะห์จะตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลด้วย Kolmogorov-Smirnov test และ Shapiro-Wilk test หากข้อมูลไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ จะใช้สถิติ Kruskal-Wallis test ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม และวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วย Mann-Whitney U test พร้อมการปรับค่า p ด้วยวิธี Bonferroni Correction ในการทำ Pairwise comparisons เพื่อยืนยันผลการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

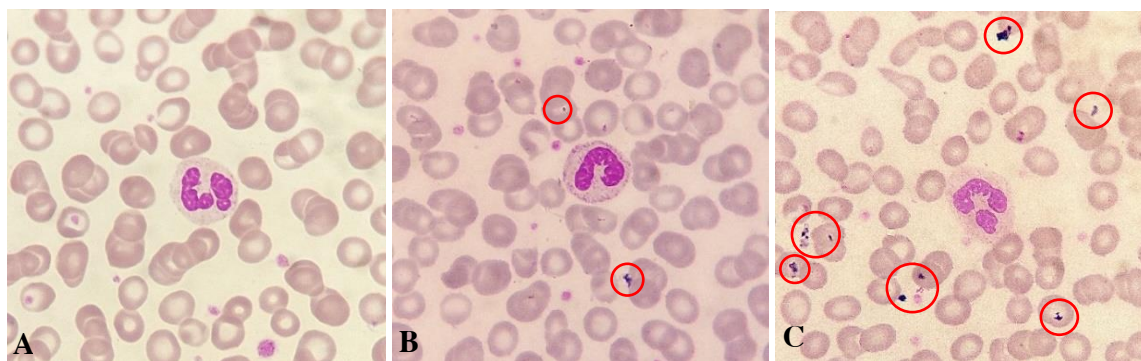
ผลการศึกษา

ผลของคุณภาพการย้อมสเมียร์เลือด

การศึกษาผลของวิธีการกรองสีต่อคุณภาพของการย้อมสเมียร์เลือดพบว่า วิธีการกรองสีและการบ่มสีส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติของสีย้อม Wright-Giemsa และส่งผลต่อประสิทธิภาพของการติดสีบนเซลล์เม็ดเลือด ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาโลหิตวิทยา และการนำไปใช้ในการแยกแยะองค์ประกอบของเซลล์เม็ดเลือดขาว (WBCs) และโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเม็ดเลือดแดง (RBCs)

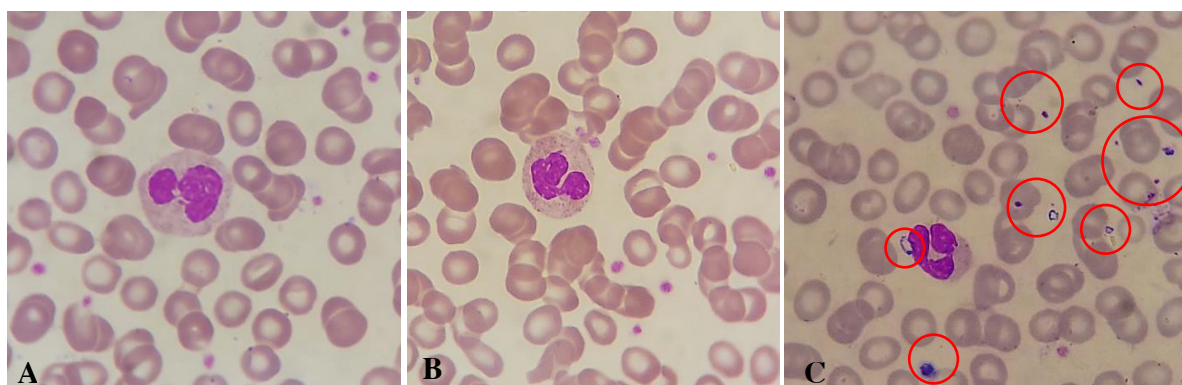
ผู้วิจัยได้กำหนดให้กลุ่มทดลองถูกแบ่งตามวิธีการกรองสี ได้แก่ กลุ่ม A: การกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump, กลุ่ม B: การกรองด้วยกรวยกรอง และ กลุ่ม C: ไม่กรองสี และแบ่งตามระยะเวลาการบ่มสี ได้แก่ 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน ซึ่งจะได้กลุ่มย่อยที่มีรหัส เช่น A14, B21 และ C30 เป็นต้น

จากผลการทดลอง พบว่า กลุ่มที่ใช้เครื่อง Vacuum pump (กลุ่ม A) ให้ประสิทธิภาพการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดที่ดี โดยลักษณะสำคัญที่สังเกตได้ ได้แก่ การติดสีของเซลล์เม็ดเลือดแดงมีการติดสีที่สม่ำเสมอ เม็ดเลือดขาวติดสีเม็ดเลือดขาวติดสีครบถ้วน โดย Nucleus ติดสีน้ำเงินอมม่วง เห็น Chromatin ชัดเจน Cytoplasm และ Granule ติดสีตามชนิดของเม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือดติดสีชัดเจน และไม่พบตะกอนของสี ในขณะที่ กลุ่มที่ใช้กรวยกรอง (กลุ่ม B) แม้ว่าจะช่วยลดปริมาณของตะกอนที่พบได้ดี แต่อาจมีอยู่ในสีย้อมได้บางส่วน และยังคงพบลักษณะของการกระจายสีที่ไม่สม่ำเสมอบ้างเล็กน้อย ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้กรองสี (กลุ่ม C) ให้ผลการย้อมที่มีคุณภาพดีเป็นบางส่วน โดยพบว่าการสะสมของสีที่ตกตะกอนเป็นจุดๆ (precipitation) บนสเมียร์เลือด ส่งผลให้โครงสร้างของเซลล์เม็ดเลือดบางส่วนถูกบดบัง และรบกวนการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดเลือด ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงผลการย้อมสเมียร์เลือดด้วยสีย้อม Wright-Giemsa จากกลุ่มทดลองที่บ่มสัเป็นเวลา 14 วันเท่ากัน และมีการกรองสัที่แตกต่างกันโดย A) กลุ่มที่กรองสัด้วยเครื่อง Vacuum pump B) กลุ่มที่กรองสัด้วยกรวยกรอง และ C) กลุ่มที่ไม่กรองสั (กำลังขยาย 100X) โดยวงกลมสีแดงคือตะกอนสั ซึ่งสัที่เตรียมโดยการกรองผ่านกรวยกรอง และสัที่เตรียมโดยไม่ผ่านการกรองจะพบตะกอนสัใน blood smear ได้ ซึ่งส่งผลต่อการอ่านวิเคราะห์ blood smear

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการบ่มสัต่อคุณภาพของการย้อมสเมียร์เลือด พบว่าการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของสีย้อมเกิดขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการบ่ม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกระบวนการออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีของสีย้อม สำหรับการบ่มสัเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าคุณภาพการติดสับนเซลล์เม็ดเลือดอาจมีความไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะในบางกลุ่มการทดลอง สัที่ติดบนเซลล์ยังมีความเข้มไม่เท่ากัน และการโครงสร้างภายในเซลล์เม็ดเลือดขาวยังติดสัไม่ชัดเจนบางส่วน ในระยะการบ่มสัเป็นระยะเวลา 14 วัน และ 21 วัน พบว่าคุณภาพการติดสัมีความสม่ำเสมอมากขึ้น การติดสัของเซลล์เม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวมีความชัดเจน และสามารถแยกแยะเซลล์เม็ดเลือดขาวประเภทต่างๆ ได้อย่างชัดเจน และในการบ่มสัเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าคุณภาพการติดสัที่มีคุณภาพลดลงไปบ้าง มีการติดสัที่ไม่สม่ำเสมอในบางจุด และพบการสะสมของตะกอนสัสะสมมากขึ้นในบางกลุ่มทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงผลการติดสัของเซลล์เม็ดเลือดจากกลุ่มทดลองที่กรองสัด้วยเครื่อง Vacuum pump และใช้ระยะเวลาในการบ่มสัแตกต่างกันโดย A) การบ่มสัระยะเวลา 3 วัน B) ระยะเวลาในการบ่มสั 14 วัน และ C) ระยะเวลาในการบ่มสั 30 วัน (กำลังขยาย 100X) โดยในวงกลมสีแดงคือตะกอนสั ซึ่งพบตะกอนสัจากสัที่บ่มเป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งหมายถึงคุณภาพของสัที่ลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างการกรองสัและระยะเวลาการบ่มสั

ผู้วิจัยได้ให้อาสาสมัครผู้มีคุณสมบัติในการประเมินสีย้อมเม็ดเลือด 40 คน ตอบแบบสอบถามการประเมินคุณภาพการติดสัเซลล์เม็ดเลือดโดยใช้สีย้อม Wright-Giemsa ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันของการเตรียมสีย้อม โดยพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของสั ได้แก่ วิธีการกรองสัและระยะเวลาการบ่มสั ทั้งนี้ ได้แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น



15 กลุ่มตามวิธีการกรองสี คือ กลุ่ม A (ใช้ vacuum pump), กลุ่ม B (ใช้กรวยกรอง) และ กลุ่ม C (ไม่กรองสี) รวมกับระยะเวลาการบ่มสี 5 ระยะ ได้แก่ 3, 7, 14, 21 และ 30 วัน

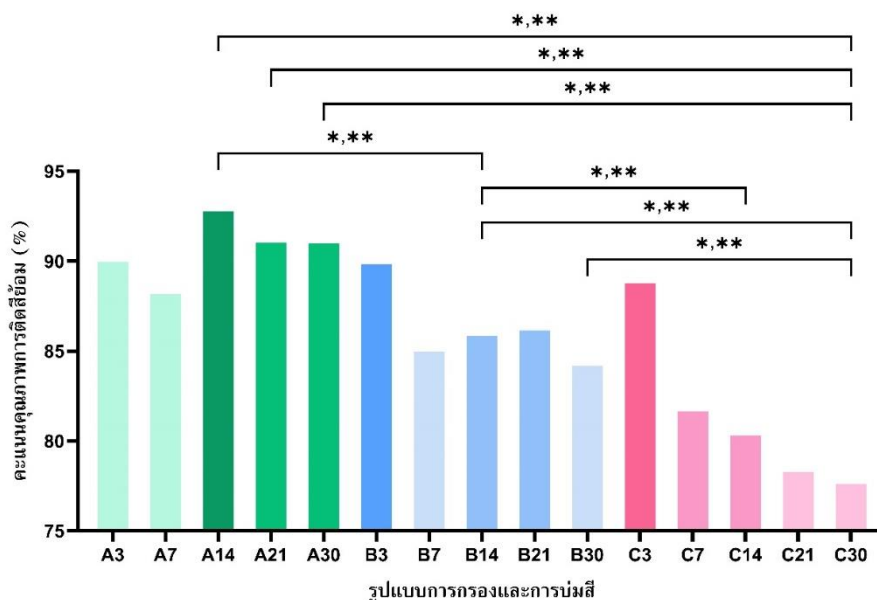
ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองที่ผ่านการกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump (กลุ่ม A) ที่บ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน และ 21 วัน มีความสม่ำเสมอของการติดสี และพบตะกอนสีน้อยกว่า เมื่อเทียบกับกลุ่ม B และ C ที่ใช้ระยะเวลาในการบ่ม 14 วัน และ 21 วันเท่ากัน ในขณะที่การบ่มสีเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าในกลุ่ม B และ C มีการสะสมของตะกอนสี และมีการติดสีที่ไม่สม่ำเสมอเท่ากับกลุ่ม A แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบการติดสีจากสภาวะการกรองและการบ่มสีข้างต้นนั้น ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลคุณภาพของสีย้อมเม็ดเลือดมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยตรวจสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เชื่อถือได้และสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์ทางสถิติจะแสดงให้เห็นว่า วิธีการกรองสีและระยะเวลาการบ่มสีมีผลต่อคุณภาพของการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพการติดสีย้อมระหว่างกลุ่มทดลอง

จากการศึกษาการประเมินคุณภาพการติดสีเซลล์เม็ดเลือดโดยใช้สีย้อม Wright-Giemsa ผู้วิจัยทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test และ Shapiro-Wilk test เพื่อพิจารณาสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ พบว่า ค่า p-value ของทุกกลุ่มทดลองมีค่าต่ำกว่า 0.05 ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ (Non-normal Distribution) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Non-parametric statistical test เพื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างได้โดยหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเกี่ยวกับการกระจายของข้อมูล และเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์เปรียบเทียบของกลุ่มตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนคุณภาพการติดสีเท่ากับ 4.35 โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 ซึ่งบ่งชี้ว่าการติดสีของเซลล์จากสีย้อม Wright-Giemsa โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี อย่างไรก็ตามยังมีความแปรปรวนของคะแนน ซึ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเพิ่มเติม

เพื่อทดสอบความแตกต่างของคุณภาพการติดสีย้อมระหว่างกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากคะแนนการประเมินมาทดสอบ ด้วย Kruskal-Wallis Test ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า Kruskal-Wallis H เท่ากับ 957.216 ค่า p-value < 0.05 แสดงว่ามีความแตกต่างของคุณภาพการติดสีย้อมระหว่างกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์คะแนนการประเมินคุณภาพการติดสีย้อมของกลุ่มทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการติดสีย้อมของเซลล์เม็ดเลือด พบว่า กลุ่ม A14 (ใช้เครื่อง vacuum pump และบ่มสี 14 วัน) ให้คะแนนการติดสีย้อมสูงที่สุดซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพการติดสีย้อมที่ดีที่สุดในกลุ่มทดลองทั้งหมด รองลงมาคือกลุ่ม A21 และ A30 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่กรองด้วยเครื่อง Vacuum pump ให้คะแนนการติดสีย้อมโดยรวมสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ขณะที่กลุ่มที่ใช้กรวยกรอง (กลุ่ม B) ให้คะแนนการติดสีย้อมที่รองลงมา ส่วนในกลุ่มที่ไม่กรองสี (กลุ่ม C) กลุ่ม C3 ยังให้คะแนนการติดสีย้อมค่อนข้างสูง แต่จะลดลงเมื่อมีระยะเวลาในการบ่มสีที่นานขึ้น โดยกลุ่ม C3 ให้ผลคะแนนการติดสีย้อมที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่มการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงคะแนนคุณภาพการดีดัดสีย้อมเม็ดเลือดในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยแสดงผลจากการทดสอบ Kruskal-Wallis Test ($p < 0.001$) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบุระดับนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ * หมายถึงคู่กลุ่มทดลองที่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วย Mann-Whitney U Test ($p < 0.001$) และ ** หมายถึง ความแตกต่างที่ยังคงมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากปรับค่า p-value ด้วยวิธี Bonferroni Correction (adjusted $p < 0.001$)

เมื่อพิจารณาจากคะแนนการประเมินคุณภาพการดีดัดสีย้อมของกลุ่มการทดลองทั้งหมด ผู้วิจัยได้พิจารณาลำดับเฉลี่ย (mean rank) จากการทดสอบ Kruskal-Wallis Test เพื่อประเมินแนวโน้มความแตกต่างของแต่ละกลุ่มพบว่า กลุ่ม A14 ซึ่งเป็นกลุ่มที่กรองสีด้วยเครื่อง Vacuum pump และบ่มสีเป็นเวลา 14 วัน มีค่า Mean Rank สูงที่สุด (6983.44) ขณะที่กลุ่ม C30 ซึ่งไม่ได้กรองสีและบ่มสีเป็นเวลา 30 วัน มีค่า Mean Rank ต่ำที่สุด (4307.46) อย่างไรก็ตาม การพิจารณาค่า Mean Rank เพียงอย่างเดียวไม่สามารถชี้ชัดถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบรายคู่เพิ่มเติมโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test เพื่อยืนยันความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองแต่ละคู่

จากทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ของกลุ่มทดลองทุกกลุ่มการทดลอง โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test พบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้การกรองสีในแบบเดียวกัน เช่น กลุ่ม A14 , กลุ่ม A21 และ กลุ่ม A30 ซึ่งกรองสีด้วยเครื่อง Vacuum pump ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในกลุ่มการทดลองที่เป็นการกรองสีด้วยกรวยกรอง (B) พบว่า กลุ่ม B14 และ B21 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และในกลุ่มการทดลองที่ไม่มีการกรองสี (C) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบใน กลุ่ม C14 กับ กลุ่ม C21 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เช่นกัน

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำกลุ่มที่มีคะแนนการประเมินคุณภาพการดีดัดสีย้อมและค่า Mean Rank ต่างกันมากที่สุดมาทดสอบพบว่า กลุ่ม A14 และ กลุ่ม C30 นั้นให้ผลการทดสอบ Mann-Whitney U Test ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) เช่นเดียวกันกับเมื่อเปรียบเทียบ กลุ่ม A14 กับ B14 และ C14 ที่มีระยะเวลาในการบ่มสีเท่ากัน แต่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญชัดเจน ($p < 0.001$) เมื่อพิจารณากลุ่มที่กรองสีโดยใช้กรวยกรอง (B) และ กลุ่มที่ไม่กรองสี (C) เมื่อเปรียบเทียบในระยะเวลาในการบ่มสีที่เท่ากัน พบว่า กลุ่ม B14 และ กลุ่ม C14 มีความ



แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) เช่นเดียวกันกับ กลุ่ม B21 เปรียบเทียบกับ กลุ่ม C21 และ กลุ่ม B30 เปรียบเทียบกับ กลุ่ม C30 ซึ่งพบว่ามีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) ทั้งสิ้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางผลการเปรียบเทียบคุณภาพการติดสีย้อมของเซลล์เม็ดเลือดระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้การทดสอบ Mann-Whitney U Test

คู่กลุ่มทดลอง	p-value
A14-C30	<0.001
A14-B14	<0.001
A14-C14	<0.001
B14-C14	<0.001
B21-C21	<0.001
B30-C30	<0.001

เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise comparisons) และลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการเปรียบเทียบซ้ำหลายครั้ง (Multiple comparisons issue) ผู้วิจัยได้ทำการปรับค่า p-value ด้วย Bonferroni Correction ซึ่งช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในการยืนยันความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ Adjusted $p < 0.001$ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ปรับค่า p-value ด้วย Bonferroni Correction แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ กลุ่ม A14 เมื่อเทียบกับ กลุ่ม C30 โดยพบว่ามีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$, Adjusted $p < 0.001$) ในขณะที่ กลุ่ม A21 และ A30 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ กลุ่ม C30 ก็แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adjusted $p < 0.001$) เช่นกัน

อย่างไรก็ตามการเตรียมสีย้อม Wright-Giemsa มีปัจจัยที่ต้องระมัดระวังขณะเตรียมสีย้อม เช่น คุณภาพของสารเคมี เทคนิคในการบดสี ระยะเวลาในการเตรียม ความสะอาดของภาชนะ รวมไปถึงขั้นตอนการกรองและการบ่มสี ควรมีการควบคุมกระบวนการในการเตรียมสีย้อมอย่างเคร่งครัด เพื่อให้สีย้อมมีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานต่อไป

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่แตกต่างกันของการกรองและระยะเวลาการบ่มสีส่งผลต่อประสิทธิภาพของสีย้อม Wright-Giemsa ในการติดสีย้อมสเมียร์เลือดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามหลักทฤษฎีและหลักวิชาการดังนี้

ผลของการกรองสี งานวิจัยของ Wintrobe (1998) และ Bain (2001) ได้ระบุว่าการกรองสารละลายที่ใช้ในงานโลหิตวิทยามีผลโดยตรงต่อคุณภาพของสีและการติดสีของเซลล์ ซึ่งผลการศึกษาของเรายืนยันได้ว่า วิธีการกรองสีด้วยเครื่อง Vacuum pump มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยช่วยลดตะกอนสีและรักษาคุณภาพของสีได้ดีกว่าวิธีการกรองด้วยกรวยกรองหรือการไม่กรองสี ส่วนผลของระยะเวลาการบ่มสี Shen and Patterson (1983) รายงานว่าการบ่ม Wright-Giemsa เป็นเวลาหลายวันช่วยให้สีมีคุณภาพที่เสถียรและพร้อมใช้งานมากขึ้น ผลการศึกษาของเรายืนยันว่าการบ่มสี 14 วัน และ 21 วัน ให้ผลการติดสีที่สม่ำเสมอและมีการติดสีชัดเจนที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการบ่มอื่น ๆ ของทุกกลุ่มการทดลอง ทั้งในการทดลองย้อมสเมียร์ และการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากคะแนนประเมินทางสถิติ ขณะที่การบ่มสีเพียง 3 วัน อาจยังไม่เพียงพอให้สีเข้าสู่สมดุลทางเคมี และการบ่มสี 30 วัน อาจนำไปสู่การเกิดตะกอนสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการย้อมสเมียร์เลือด



เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีทั้งส่วนที่สอดคล้องกันและส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสีย้อมได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่างานวิจัยของ Dunning and Safo (2011) ระบุว่า การลดการสูญเสียของ Methanol ในสีย้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยรักษาคุณภาพและเสถียรภาพของสี ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกัน โดยพบว่า การกรองสีด้วยเครื่อง Vacuum pump สามารถลดการระเหยของ Methanol ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ส่วนประกอบของสีคงที่และให้คุณภาพการติดสีที่ดีขึ้น ในขณะเดียวกัน Shen and Patterson (1983) รายงานว่าการบ่มสีที่อุณหภูมิ 37°C และมีการเขย่าทุกวันสามารถช่วยลดระยะเวลาในการเตรียมสีให้พร้อมใช้งานได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งผลการศึกษานี้สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว โดยพบว่า การบ่มสีเป็นเวลา 14–21 วัน ให้ผลการติดสีที่ดีที่สุด ทำให้สามารถแยกเยาะเซลล์เม็ดเลือดขาวประเภทต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่บ่มสีเป็นระยะเวลา 3 วัน 7 วัน และ 30 วัน อีกด้วย

แม้ว่าผลการศึกษานี้จะสอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับ แต่กลับพบผลที่แตกต่างจากรายงานของ Fuccillo (1957) ซึ่งแนะนำว่าควรบ่มสี Wright–Giemsa นานกว่า 30 วัน เพื่อให้ได้สีที่มีคุณภาพสูงสุด อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่า การบ่มสีนานเกิน 30 วันกลับทำให้เกิดตะกอนสีมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการติดสีย้อม ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างกันของสภาวะแวดล้อมและองค์ประกอบของสีย้อมที่ใช้ของผู้วิจัย

เมื่อพิจารณาผลการศึกษานี้ในภาพรวม พบว่ามีข้อดีที่สำคัญหลายประการที่ช่วยให้ข้อสรุปของงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ประการแรก การออกแบบการทดลองที่ควบคุมปัจจัยได้ดี โดยมีการแบ่งกลุ่มทดลองตามวิธีการกรองสีและระยะเวลาการบ่มสีอย่างชัดเจน ทำให้สามารถเปรียบเทียบผลได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ การใช้การวิเคราะห์ทางสถิติมาเป็นเครื่องมือในการยืนยันผลการทดลอง เช่น Kruskal–Wallis Test และ Mann–Whitney U Test ช่วยให้เราสามารถตรวจสอบความแตกต่างของผลการติดสีระหว่างกลุ่มได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งส่งผลให้ข้อสรุปของการศึกษาเป็นไปอย่างแม่นยำและน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง โดยสามารถนำไปใช้ปรับปรุงกระบวนการเตรียมสีย้อมในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความผิดพลาดในการติดสี และเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยทางโลหิตวิทยา

แม้ว่างานวิจัยนี้จะมีข้อดีหลายประการ แต่ยังมีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา เช่น ขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างที่ยังจำกัด อาจกระทบต่อความสามารถในการสรุปผล จึงควรมีการขยายกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา อีกทั้งยังไม่มี การเปรียบเทียบกับสีย้อมสำเร็จรูปในระยะยาว แม้ว่าผลการทดลองจะชี้ว่าสีย้อมที่เตรียมขึ้นเองให้ผลใกล้เคียงก็ตาม เพื่อพัฒนาต่อยอด ควรมีการศึกษาทางเลือกอื่น การประเมินประสิทธิภาพสีย้อมร่วมกับบัฟเฟอร์ทางเลือกอื่น ๆ เช่น น้ำแร่ หรือน้ำกลั่น (El–Ashry & Nashwan, 2024) หรือแม้กระทั่งการใช้ น้ำ Deionized water มาทดแทนการใช้บัฟเฟอร์ (Gistover & Randolph, 2020) ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพและความทันสมัยของกระบวนการเตรียมและใช้สีย้อมในอนาคต

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองผลของวิธีการกรองสีต่อคุณภาพการติดสีย้อมพบว่า กลุ่มที่ใช้เครื่อง Vacuum pump (กลุ่ม A) ให้ผลการติดสีย้อมของเซลล์เม็ดเลือดที่ดีที่สุด โดยเซลล์มีความสม่ำเสมอ โครงสร้างมีความชัดเจน และตรวจพบตะกอนสีในปริมาณต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่ใช้กรวยกรอง (กลุ่ม B) สามารถลดปริมาณตะกอนสีได้บางส่วน แต่ยังคงพบความไม่สม่ำเสมอของการติดสี ส่วนกลุ่มที่ไม่กรองสี (กลุ่ม C) พบว่ามีคุณภาพการติดสีต่ำที่สุด โดยมี



ตะกอนสีสะสมในปริมาณมาก นอกจากนี้ผลของระยะเวลาการบ่มสีต่อคุณภาพการติดสีย้อม พบว่าการบ่มสีเป็นระยะเวลา 3 วัน ให้ผลการติดสีที่ยังไม่มีความสม่ำเสมอ ความเข้มของสีสูงกว่าปกติ ส่วนในการการบ่มสี 14 วัน และ 21 วัน ให้ผลการติดสีที่ดีที่สุด โดยเซลล์เม็ดเลือดมีการติดสีที่สม่ำเสมอและสามารถแยกแยะเซลล์เม็ดเลือดขาวได้อย่างชัดเจน และการบ่มสีเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่ามีตะกอนสีเพิ่มขึ้นมาก

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การทดสอบ จึงใช้ Kruskal-Wallis Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า Kruskal-Wallis $H = 957.216$ และ $p\text{-value} < 0.05$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างของคุณภาพการติดสีย้อมระหว่างกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ Mann-Whitney U Test พบว่า กลุ่ม A14 และกลุ่ม C30 มีความแตกต่างกันมากที่สุด ($p < 0.001$) ในขณะที่กลุ่ม A14 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม B14 และกลุ่ม C14 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เช่นกัน เพื่อยืนยันความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจริง จึงปรับค่า $p\text{-value}$ ด้วย Bonferroni Correction ผลปรากฏว่า กลุ่ม A14 และกลุ่ม C30 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$, Adjusted $p < 0.001$) ขณะเดียวกัน กลุ่ม A21 และกลุ่ม A30 เมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่ม C30 ก็พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adjusted $p < 0.001$) เช่นกัน ดังนั้นหากพิจารณาของผลการศึกษานี้ สามารถสรุปเป็นแนวทางในการเตรียมสีย้อม Wright-Giemsa ในห้องปฏิบัติการได้ว่า ควรเตรียมสีย้อมโดยใช้วิธีการกรองด้วยเครื่อง Vacuum pump ร่วมกับการบ่มสีเป็นระยะเวลา 14 ถึง 21 วัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยให้ผลการติดสีของสเมียร์เลือดดีที่สุดในด้านความสม่ำเสมอ ความชัดเจนของโครงสร้างเซลล์เม็ดเลือด และการลดปริมาณตะกอนสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

การกรองสีย้อม Wright-Giemsa ด้วยเครื่อง Vacuum pump เป็นวิธีที่ให้ผลการติดสีของเซลล์เม็ดเลือดดีที่สุดในแง่การกรองสีย้อมด้วยกรวยกรอง ถึงแม้จะช่วยลดตะกอนสีได้บางส่วน และใช้เวลานานกว่ามาก แต่ยังมีประสิทธิภาพในการติดสีที่ดี สามารถใช้เป็นทางเลือกในการเตรียมสีย้อมสำหรับการกรองตะกอนสีในกรณีที่ไม่มียุติกรณ์ Vacuum pump ได้ แม้ว่าจะมีข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพและระยะเวลาในการกรองสีก็ตาม หากต้องพัฒนาเพิ่มเติม ผู้วิจัยอาจต้องศึกษาปัจจัยส่วนที่เป็นกระบวนการในการย้อมสี หรือแม้กระทั่งการติดสีของเม็ดเลือดขาวในชนิดต่างๆ ที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่มทดลอง และตัวแปรอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มคุณภาพในการเตรียมสีย้อมและกระบวนการย้อมที่ได้มาตรฐานสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพวรรณ สังขพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา สำหรับคำแนะนำที่ทรงคุณค่าและการสนับสนุนตลอดกระบวนการวิจัย รวมถึง ดร.ไกร ดาวตาก ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนคณาจารย์กลุ่มงานโลหิตวิทยาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและสนับสนุนอย่างดียิ่ง นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลาง เจ้าหน้าที่ห้องคอมพิวเตอร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคนิคการแพทย์ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย รวมถึงผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกท่านที่มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- จุฬาลักษณ์ ผุดผาด, สุภัตสร จิรัตนวิกุล, อรุมา เอ็นนัท, และอรทัย ตั้งวรสิทธิชัย. (2552). การย้อมสเมียร์เลือด ด้วยสีไรท์-จิมซา โดยวิธีจุ่มผสม. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 6(1), 66–73.
- ทรงยศ อนุปรีชา, สาทิรี เจียมพานิชยกุล, และสิงห์คำ ธิมา. (2550). *สัณฐานวิทยาของเซลล์ในเลือดและไขกระดูก*. ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภัทรานิษฐ์ พ่วงพลวย, และภัตสร วุฒินวงศ์โยธิน. (2561). ประเมินคุณภาพการติดสีย้อม Wright, Wright Giemsa และ Giemsa เพื่อวินิจฉัยเชื้อมาลาเรีย [โครงการวิจัยระดับปริญญาตรีไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร
- สุตาภรณ์ เก่งการ. (2553). *การพัฒนาสีย้อม Wright-Giemsa เพื่อใช้ในการย้อมสเมียร์เลือด*. (รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย). มหาวิทยาลัยรังสิต.
- Bain, B. J. (2001). *Blood cells: A practical guide* (4th ed.). Blackwell Science.
- Dunning, K., & Safo, A. O. (2011). The ultimate Wright-Giemsa stain: 60 years in the making. *Biotechnic & histochemistry : official publication of the Biological Stain Commission*, 86(2), 69–75.
- El-Ashry, A., & Nashwan, A. (2024). Value component of acceptance and commitment therapy (ACT) among patients with schizophrenia. *Academia Mental Health and Well-Being*, 1(1).
<https://doi.org/10.20935/MHealthWellB6197>
- Fuccillo D. A. (1957). Modified Wright's stain. *Medical technicians bulletin*, 8(1), 25–26.
- Gistover, N., & Randolph, T. (2020). Comparison of Giemsa and Wright's stain for differential analysis. *The FASEB Journal*, 34(S1), 1. <https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.06459>
- Shen, P. F., & Patterson, L. T. (1983). A simplified Wright's stain technique for routine avian blood smear staining. *Poultry Science*, 62(5), 923–924.
- Tankeyul, B., Lamon, C., Kuptamethi, S., & Choopanya, K. (1987). The reliability of Field's stain as a hematological staining. *Journal of the Medical Association of Thailand* 70(3), 136–141.
- Wintrobe, M. M. (1998). *Wintrobe's Clinical Hematology* (10th ed.). Lea & Febiger.



การศึกษาองค์ประกอบทางพันธุกรรมที่เคลื่อนที่ได้ และยีนดื้อยาปฏิชีวนะ ในเชื้อ *Acinetobacter calcoaceticus*–*Acinetobacter baumannii* (ACB) Complex จากโรงพยาบาลในประเทศไทยระหว่างปี 2014 และ 2024

ศิโรรัตน์ สมานธิ^{1*}, อุดมลักษณ์ เหลืองทองคำ¹, กริชนรินทร์ แก้วภู¹, ญัฐชาลิกา โกมลกาญจน¹,
ทักษพร นามวงศ์¹, อัญชลี ฐานวิสัย¹, กัญญา ทศนภักดี¹, ธวัชชัย กิตติ², เฉลิมชัย บุญเลา³,
และ สุธิรรัตน์ สิทธิศักดิ์^{1,4}

Mobile Genetic Elements and Resistance Genes in *Acinetobacter calcoaceticus*–*Acinetobacter baumannii* (ACB) Complex from Hospitals in Thailand During 2014 and 2024

Sirorat Samathi^{1*}, Udomluk Leungtongkam¹, Kritnarin Kaewphu¹, Natchalika Komonkanjana¹,
Taksaporn Namwong¹, Aunchalee Thanwisai¹, Kannipa Tasanapak¹, Thawatchai Kitti²,
Chalermchai Boonlao³, and Sutthirat Sitthisak^{1,4}

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²ภาควิชาแพทย์แผนจีน วิทยาลัยเชียงราย เชียงราย 57000

³แผนกจุลชีววิทยาคลินิก โรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์ เชียงราย 57000

⁴สถาบันวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ พิษณุโลก 65000

¹Department of microbiology and parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

²Department of Oriental Medicine, Chiangrai College, Chiangrai, 57000

³Department of Clinical Microbiology, Chiangrai Prachanukroh Hospital, Chiangrai, 57000

⁴Center of Excellence in Medical Biotechnology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sirorats66@nu.ac.th

บทคัดย่อ

Acinetobacter calcoaceticus–*Acinetobacter baumannii* (ACB) complex เป็นกลุ่มเชื้อก่อโรคสำคัญในโรงพยาบาลที่สามารถพัฒนาการดื้อยาได้อย่างรวดเร็ว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดื้อยา ยีนดื้อยา และองค์ประกอบทางพันธุกรรมที่เคลื่อนที่ได้ (MGEs) ในเชื้อ ACB complex ที่แยกได้จากโรงพยาบาลในประเทศไทยปี 2014 และ 2024 โดยใช้เทคนิค PCR ในการจำแนกสปีชีส์ ตรวจหายีนดื้อยา และยีนที่เกี่ยวข้องกับ MGEs ตรวจหาความไวต่อยาด้วยวิธี disc diffusion และการหาค่า MIC ต่อ colistin ผลการศึกษาพบ *A. baumannii* มากที่สุด (87.24%) รองลงมา คือ *A. nosocomialis* (8.16%), *A. calcoaceticus* (3.06%) และ *A. pittii* (1.53%) เชื้อเหล่านี้มีแนวโน้มการดื้อยาจาก MDR เป็น XDR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square) และมีอัตราการดื้อต่อ colistin เพิ่มขึ้นจาก 30.93% เป็น 31.31% การตรวจหายีนดื้อยาพบยีน bla_{OXA-23} , bla_{ADC} และ bla_{NDM-1} เพิ่มขึ้น 3.49%, 14.01% และ 8.92% โดยในปี 2024 ทุกไอโซเลตที่มียีน bla_{OXA-23} พบการแทรกของ ISAb1 บริเวณ upstream region (100%) เพิ่มขึ้นจากปี 2014 (93.33%) ซึ่งสัมพันธ์กับการดื้อยาแบบ CR-ACB complex แสดงให้เห็นบทบาทของ ISAb1 ที่ช่วยส่งเสริมการแสดงออกของยีนดังกล่าวทำให้เชื้อดื้อต่อยากลุ่ม carbapenems เพิ่มขึ้น ส่วนยีน bla_{ADC} แม้พบเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบการแทรกของ ISAb1 ขณะที่ยีน bla_{NDM-1} พบการแทรกของ ISAb1 25 ลดลงจาก 100% เหลือ 58.82% ส่วนการตรวจหา integrons พบเฉพาะ class 1 integrons พบลดลง 2.23% สรุปการศึกษานี้พบว่าแม้ *A. baumannii* ยังเป็นสปีชีส์หลักในการก่อโรค แต่เชื้อ *Acinetobacter* non-



baumannii โดยเฉพาะ *A. nosocomialis* เริ่มมีบทบาทมากขึ้น ร่วมกับการตรวจพบ MGEs ที่ส่งเสริมการแสดงออกของยีนดื้อยา จึงควรมีการเฝ้าระวัง และควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาอย่างใกล้ชิด

คำสำคัญ: อะซินีโตแบคทีเรีย แคลโคอะซิติกัส-อะซินีโตแบคทีเรีย บาumannii คอมเพล็กซ์ องค์ประกอบทางพันธุกรรมที่เคลื่อนที่ได้ ยีนดื้อยา กลุ่ม carbapenem

Abstract

Acinetobacter calcoaceticus–*Acinetobacter baumannii* (ACB) complex is a major group of nosocomial pathogens capable of rapidly acquiring antibiotic resistance. This study investigated antibiotic resistance patterns, resistance genes, and mobile genetic elements (MGEs) in ACB complex isolates collected from hospitals in Thailand in 2014 and 2024. Species identification, detection of resistance genes and MGEs were performed using PCR. Antimicrobial susceptibility was determined using disc diffusion and colistin MIC testing. The majority of isolates were *A. baumannii* (87.24%), followed by *A. nosocomialis* (8.16%), *A. calcoaceticus* (3.06%), and *A. pittii* (1.53%). A significant increase in resistance from MDR to XDR was observed ($p < 0.05$; Chi-square) and a slight increase in colistin resistance from 30.93% to 31.31%. The prevalence of the *bla*_{OXA-23}, *bla*_{ADC} และ *bla*_{NDM-1} genes increased by 3.49%, 14.01%, and 8.92%, respectively. In 2024, all isolates harboring *bla*_{OXA-23} possessed an upstream insertion of ISAb1 (100%), compared to 93.33% in 2014. Most of these isolates exhibited a carbapenem-resistant ACB complex, suggesting that ISAb1 may play a crucial role in enhancing the expression of *bla*_{OXA-23}, thereby contributing to increased carbapenem resistance. Although *bla*_{ADC} became more prevalent, no ISAb1 insertion was observed. The presence of ISAb125 upstream of *bla*_{NDM-1} declined from 100% to 58.82%. Only class 1 integrons were detected, with a slight decline of 2.23% in prevalence. In conclusion, while *A. baumannii* remains the predominant species, the increasing role of non-*baumannii* species, particularly *A. nosocomialis*, and the emergence of MGEs that enhance resistance gene expression suggest that close surveillance and control of the spread of drug resistance should be undertaken.

Keywords: *Acinetobacter calcoaceticus*–*Acinetobacter baumannii* (ACB) complex, Mobile genetic elements (MGEs), carbapenem resistance genes

บทนำ

Acinetobacter spp. เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่สามารถอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น พื้นผิว และอุปกรณ์ทางการแพทย์ในโรงพยาบาล จึงมักมีบทบาทสำคัญในการก่อโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยเฉพาะผู้ป่วยที่พักรักษาในหอ ICU หรือพักรักษาตัวเป็นเวลานาน โดยเชื้อกลุ่ม *Acinetobacter calcoaceticus*–*Acinetobacter baumannii* (ACB complex) เป็นกลุ่มที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูง ทำให้จำแนกทางฟีโนไทป์ยาก ประกอบด้วย 6 สปีชีส์ ได้แก่ *A. baumannii*, *A. calcoaceticus*, *A. pittii*, *A. nosocomialis*, *A. seifertii* และ *A. dijkshoorniae* โดย *A. baumannii* เป็นสายพันธุ์ที่พบมากที่สุด และเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในโรงพยาบาลมากกว่า 80% ของเชื้อในกลุ่มนี้ โดยในประเทศไทยพบว่าการติดเชื้อจาก *A. baumannii* มีอัตราการเสียชีวิตสูงกว่า 60% ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่น่ากังวล แม้ว่า *A. pittii* (6.82%) และ *A. nosocomialis* (3.40%) จะพบได้น้อยกว่า (Mancilla-Rojano et al., 2020) แต่ก็มีศักยภาพในการก่อโรค และมีแนวโน้มในการดื้อยาปฏิชีวนะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกรณีเชื้อพัฒนาเป็นเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะหลายขนาน (MDR) หรือดื้อยาปฏิชีวนะเกือบทุกกลุ่ม (XDR) หรือดื้อยาปฏิชีวนะทุกกลุ่มที่ใช้ในการรักษา (PDR) ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการรักษา และเพิ่มอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วย การรักษาการติดเชื้อในกลุ่ม ACB complex ยากลุ่ม carbapenems ถือเป็นยาหลักในการรักษา ซึ่งจากข้อมูลศูนย์เฝ้าระวังเชื้อดื้อยาด้านจุลชีพแห่งชาติ (NARST) National Antimicrobial Resistance Surveillance Thailand,



2025 ระบุว่าความไวต่อยากลุ่ม carbapenems ได้แก่ imipenem และ meropenem ของเชื้อในกลุ่มดังกล่าว ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างปี 2012 กับปี 2022 โดยลดลง 11.8% และ 10.5% ตามลำดับ อีกทั้ง colistin ซึ่งเป็นยาทางเลือกสุดท้ายสำหรับรักษาการติดเชื้อดื้อยาหลายขนาน โดยเฉพาะ *A. baumannii* ที่ดื้อยา carbapenems ในปี 2015 แสดงให้เห็นว่าเชื้อยังคงมีความไวต่อ colistin ถึง 100% แต่ในปี 2022 กลับพบเชื้อเริ่มมีการดื้อต่อ colistin เพิ่มขึ้น 3.8% ซึ่งสะท้อนถึงแนวโน้มการดื้อยาที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และข้อจำกัดของยาที่ใช้ในการรักษา จึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังการดื้อยาของเชื้อ (NARST, 2025) โดยกลไกสำคัญในการดื้อยาของเชื้อกลุ่ม ACB complex คือ การสร้างเอนไซม์ carbapenemase ทำลายโครงสร้าง β -lactam ของยา carbapenems (Kim et al., 2023) ปัจจุบันแบ่งเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ class A (Extended-spectrum β -lactamases; ESBLs), B (Metallo β -lactamases; MBLs), C (cephalosporinases) และ D (oxacillinases; OXA) โดยเอนไซม์ใน class B และ D มักมีบทบาทสำคัญในการทำลายโครงสร้าง β -lactam ยีนสำคัญที่ควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ใน class B ได้แก่ *bla_{IMP}*, *bla_{VIM}* และ *bla_{NDM}* ส่วนเอนไซม์ใน class D ได้แก่ *bla_{OXA-51}*, *bla_{OXA-58}*, *bla_{OXA-23}* และ *bla_{OXA-24}* โดยเฉพาะ *bla_{OXA-51}* ซึ่งพบได้ใน *A. baumannii* เกือบทั้งหมด (Hashemizadeh et al., 2022) เนื่องจากเป็นยีนดื้อยาโดยธรรมชาติ และสามารถใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมในการจำแนกสปีชีส์ ซึ่งยีนเหล่านี้สามารถถ่ายทอด และแพร่กระจายไปยังแบคทีเรียเซลล์อื่นได้อย่างรวดเร็วผ่านองค์ประกอบทางพันธุกรรมเคลื่อนที่ได้ (mobile genetic elements; MGEs) ได้แก่ insertion sequences (IS) มักพบการแทรกตัวของ IS_{Aba1} ในบริเวณ upstream region ของยีนดื้อยา เช่น ยีน *bla_{OXA-51}*, *bla_{OXA-23}* และ *bla_{OXA-58}* ทำให้มีการแสดงออกของยีนเหล่านี้มากขึ้น (Gupta et al., 2022) นอกจากนี้ Integron (In) ยังมีบทบาทสำคัญในการจับ (capture) และรวบรวมยีนดื้อยา (gene cassettes) แล้วแสดงออกกลุ่มยีนดื้อยาที่รวบรวมมา ทำให้เชื้อสามารถพัฒนาเป็นเชื้อดื้อยาได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดวิกฤตเชื้อดื้อยาเพิ่มสูงขึ้น ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวข้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ของยีนดื้อยา และ MGEs ในเชื้อกลุ่ม ACB complex ในโรงพยาบาลทางภาคเหนือของประเทศไทยยังมีน้อย การศึกษารุ่นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดื้อยา ยีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยา และยีนที่เกี่ยวข้องกับ MGEs ของเชื้อกลุ่ม ACB complex ที่แยกได้จากโรงพยาบาลในภาคเหนือของประเทศไทยในปี 2014 และ 2024 ซึ่งจะช่วยให้สามารถติดตามแนวโน้มการพัฒนา และการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาในอนาคตได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง และการคัดแยกเชื้อ

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาคัดแยกได้จากสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยโรงพยาบาลเชียงใหม่ระยองรายปี 2014 (n=97) และ 2024 (n=99) รวมทั้งหมด 196 ตัวอย่าง จากนั้นตรวจยืนยันสปีชีส์ โดยอาศัยการตรวจหายีน *bla_{OXA-51}* ด้วยเทคนิค monoplex PCR ซึ่งเชื้อ *A. baumannii* จะให้ผลบวก และ *Acinetobacter non-baumannii* จะให้ผลลบต่อการตรวจหายีนดังกล่าว และใช้เชื้อ *A. baumannii* ATCC19606 เป็น positive control

2. การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี disc diffusion

ทดสอบความไวของเชื้อต่อยาปฏิชีวนะ 13 ชนิด ได้แก่ piperacillin-tazobactam (100/10 μ g), ceftazidime (30 μ g), cefepime (30 μ g), cefotaxime (30 μ g), ceftriaxone (30 μ g), imipenem (10 μ g), meropenem (10 μ g), doripenem (10 μ g), gentamicin (10 μ g), amikacin (30 μ g), tetracycline (30 μ g), ciprofloxacin (5 μ g) และ trimethoprim-sulfamethoxazole (1.25/23.75 μ g) โดยใช้วิธี และเกณฑ์การแปลผล



ตามมาตรฐานของ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2023) และใช้ *P. aeruginosa* ATCC 27853 เป็นเชื้อควบคุม

3. การทดสอบหาค่า minimal inhibitory concentrations (MICs) ต่อ colistin

การทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อได้ต่อ colistin ทำตามวิธี และเกณฑ์การแปลผลตามมาตรฐานของ CLSI (2023) โดยใช้ *P. aeruginosa* ATCC 27853 เป็นเชื้อควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 18-24 ชั่วโมง แปลผลคือต่อยาเมื่อค่า MIC ≥ 4 $\mu\text{g/ml}$ และไวต่อยาเมื่อค่า MIC < 4 $\mu\text{g/ml}$ ส่วนเชื้อควบคุมค่า MIC ต่อ colistin อยู่ในช่วง 2-4 $\mu\text{g/ml}$

4. การตรวจหาสปีชีส์ของเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii*

นำเชื้อทดสอบที่ให้ผลลบต่อการตรวจหา *bla*_{OXA-51} มาเพิ่มปริมาณยีน *rpoB* และ 16s rRNA ด้วยเทคนิค monoplex PCR ตามการศึกษาของ La Scola et al., (2006) จากนั้นส่ง PCR product ที่ได้ไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ แล้วนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI โดยใช้โปรแกรม BLASTn สังเกตร้อยละความเหมือน (%identity) หากสูงเกิน 97% ก็สามารถบ่งชี้ได้ว่าเชื้อทดสอบเป็นเชื้อสปีชีส์ใด

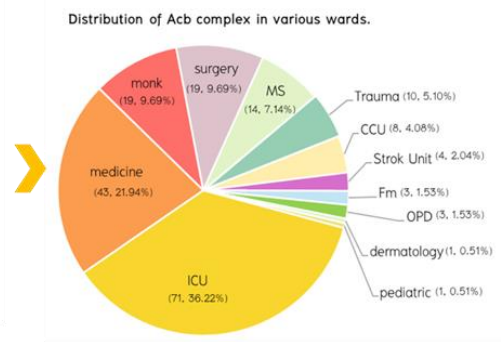
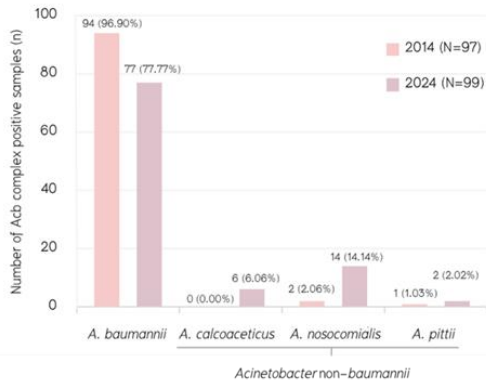
5. การตรวจหาชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ carbapenemase และการตรวจหา Integrons และ Insertion sequence ในเชื้อ ACB complex โดยวิธี monoplex และ multiplex PCR

ตรวจหาชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ได้แก่ class A (*bla*_{PER-1}), class B (*bla*_{NDM-1}), class C (*bla*_{ADC}) และ class D β -lactamase (*bla*_{OXA-23}, *bla*_{OXA-24}, *bla*_{OXA-51} และ *bla*_{OXA-58}) ตามการศึกษาของ Woodford et al., (2006), Poirel et al., (2011) และ Liu and Liu (2015) สำหรับการตรวจหา class ของ Integrons ได้แก่ class 1 (*intI1*), 2 (*intI2*) และ 3 (*intI3*) และ insertion sequence ได้แก่ ISAb1, ISAb125, ISAb1 F/*bla*_{OXA-23} R, ISAb1 F/ *bla*_{ADC} และ ISAb125 F/ *bla*_{NDM-1} ตามการศึกษาของ Koeleman et al., (2001), Ruiz et al., (2007) และ Joshi et al., (2017) ผลการทำ PCR จะนำมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ด้วยโปรแกรม R โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ผลการคัดแยก และจัดจำแนกสปีชีส์ของเชื้อกลุ่ม ACB complex

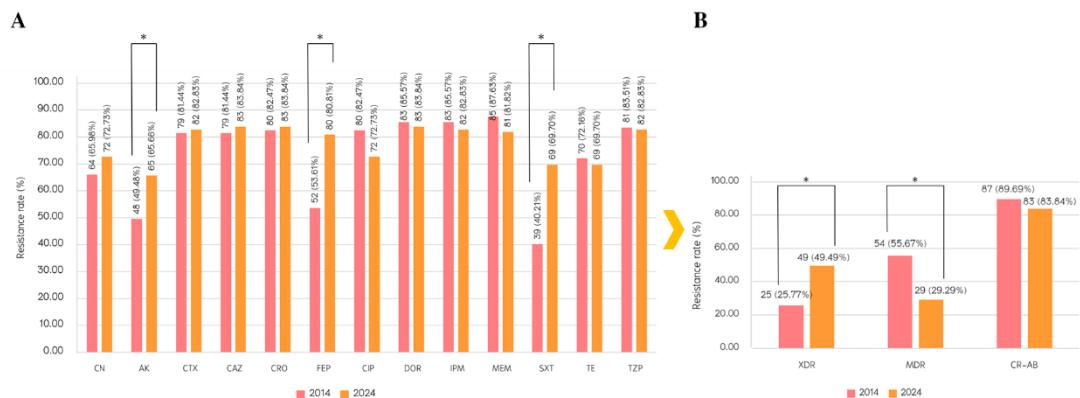
จากการคัดแยก และการจัดจำแนกเชื้อในสิ่งส่งตรวจทางการแพทย์ พบเชื้อในเสมหะมากที่สุด 95.40% (187/196) รองลงมาคือ เลือด (3.57%, 7/196) และปัสสาวะ (1.02%, 2/196) เมื่อจำแนกตามสปีชีส์ พบว่าเชื้อ *A. baumannii* เป็นสปีชีส์ที่พบมากที่สุด 87.24% (171/196) รองลงมา คือ *A. nosocomialis* (8.16%, 16/196), *A. calcoaceticus* (3.06%, 6/196) และ *A. pittii* (1.53%, 3/196) ตามลำดับ ซึ่งจำนวนเชื้อแต่ละสปีชีส์ที่พบในแต่ละปีแสดงดังภาพที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่า มีการตรวจพบเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* ในสิ่งส่งตรวจทางการแพทย์เพิ่มขึ้นจาก 3.09% (3/97) เป็น 22.22% (22/99) และเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของเชื้อ ACB complex ในแต่ละแผนก พบว่าแผนกผู้ป่วยหนัก (ICU) เป็นแหล่งที่พบเชื้อมากที่สุด (36.22%, 71/196) รองลงมาคือ แผนกอายุรกรรม (21.94%, 43/196) หอผู้ป่วยพระสงฆ์ และแผนกศัลยกรรม (อย่างละ 9.69%, 19/196) และแผนกอื่นๆ (22.44%, 44/196) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงผลสปีชีส์ที่ตรวจพบ และการกระจายตัวของเชื้อในแต่ละแผนก

2. ผลการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี disc diffusion

แนวโน้มความไวต่อยาปฏิชีวนะ 13 ชนิดต่อเชื้อกลุ่ม ACB complex พบว่าในปี 2024 เชื้อมีแนวโน้มดื้อต่อ SXT, FEP และ AK เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square) โดยอัตราการดื้อเพิ่มขึ้นประมาณ 29.49%, 27.20% และ 16.17% ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลอัตราการดื้อยาปฏิชีวนะทั้ง 13 ชนิดในปี 2014 และ 2024 แสดงไว้ในภาพที่ 2 เมื่อพิจารณารูปแบบการดื้อยา พบว่าเชื้อ ACB complex ในปี 2014 มีสัดส่วนการดื้อยาแบบ XDR, MDR และ CR-ACB complex คิดเป็น 25.77% (25/97), 55.67% (54/97) และ 89.69% (87/97) ตามลำดับ ขณะที่ในปี 2024 พบ XDR เพิ่มขึ้นเป็น 49.49% (49/99) ส่วน MDR และ CR-ACB complex ลดลงเหลือ 29.29% (29/99) และ 83.83% (83/99) ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มที่น่าสังเกต คือ การเปลี่ยนรูปแบบการดื้อยาจาก MDR เป็น XDR เพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าตัว และมีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square)



ภาพที่ 2 (A) แสดงอัตราการดื้อยาปฏิชีวนะ 13 ชนิดของเชื้อ ACB complex และ (B) แสดงรูปแบบการดื้อยาของเชื้อ ACB complex

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

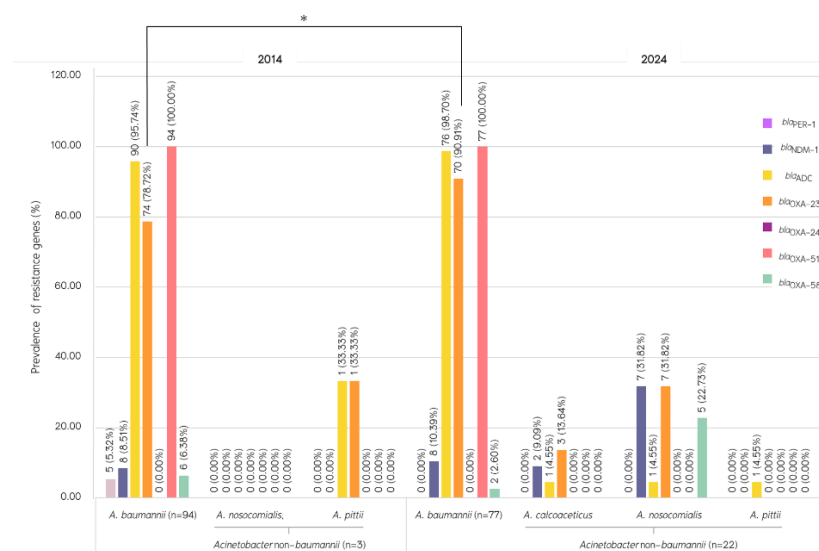
3. ผลการทดสอบหาค่า minimal inhibitory concentrations (MICs) ต่อ colistin

จากการศึกษา พบเชื้อ ACB complex ในปี 2014 และ 2024 มีอัตราการดื้อต่อ colistin ร้อยละ 30.93% (30/97) และ 31.31% (31/99) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการดื้อยาแยกตามสปีชีส์ พบเชื้อ *A. baumannii* มีอัตราการดื้อต่อ colistin ในปี 2014 และ 2024 ร้อยละ 30.85% (29/94) และ 28.57% (22/77) ตามลำดับ ขณะที่เชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* มีจำนวนที่ดื้อเพิ่มขึ้นจาก 33.33% (1/3) เป็น 40.90% (9/22)



4. ผลการตรวจหายีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ในเชื้อ ACB complex

การศึกษาการกระจายของยีนดื้อยาในเชื้อ *A. baumannii* ตรวจพบยีน bla_{OXA-51} ทุกไอโซเลต ทั้งสองปี (100%) และมีอัตราการพบยีน bla_{OXA-23} , bla_{ADC} และ bla_{NDM-1} เพิ่มขึ้น 12.19%, 2.96% และ 1.88% ตามลำดับ ซึ่งมีเพียงยีน bla_{OXA-23} ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square) ส่วน bla_{PER-1} ลดลงจาก 5.32% เหลือ 0% แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$; Chi-square) สำหรับ *Acinetobacter non-baumannii* ไม่พบยีน bla_{OXA-51} ในทั้งสองปี (0%) และมีอัตราการตรวจพบยีน bla_{NDM-1} , bla_{OXA-58} และ bla_{OXA-23} เพิ่มขึ้น 40.91%, 22.73% และ 12.12% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปี 2014 และแม้ว่าการพบ bla_{ADC} ในปี 2014 จะมีอัตราสูงถึง 33.33% (1/3) แต่เนื่องจากจำนวนไอโซเลตของเชื้อในปี 2014 มีจำนวนน้อย ทำให้อัตราส่วนสูงผิดปกติ ทั้งนี้ไม่พบการตรวจพบยีน bla_{OXA-24} ในเชื้อทั้งสองกลุ่ม และทั้งสองปีที่ศึกษา ซึ่งความชุกของยีนดื้อยาที่พบในเชื้อ ACB complex ในปี 2014 และ 2024 แสดงการกระจายตัวของยีนที่พบในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงการกระจายตัวของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ในเชื้อแต่ละสปีชีส์

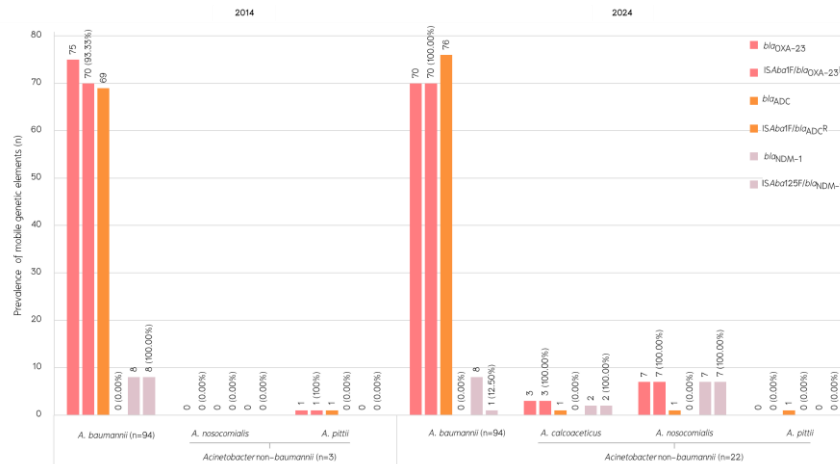
* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

5. ผลการตรวจหา Integrons และ Insertion sequence ในเชื้อ ACB complex

เชื้อ ACB complex ในปี 2014 และ 2024 มีอัตราการตรวจพบเฉพาะ class 1 integrons ร้อยละ 10.30% (10/97) และ 8.08% (8/99) และมีการตรวจพบ ISAb1 ร้อยละ 82.47% (80/97) และ 89.89% (89/99) ขณะที่ ISAb125 พบร้อยละ 8.24% (8/97) และ 13.13% (13/99) ตามลำดับ โดยในเชื้อ *A. baumannii* พบ ISAb1 สูงเพิ่มขึ้น 8.17% ขณะที่พบ ISAb125 ลดลง 4.61% เมื่อเทียบกับปี 2014 และในเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* ในปี 2024 พบทั้ง ISAb1 และ ISAb125 ในเชื้อ *A. calcoaceticus* ร้อยละ 22.72% (5/22) และ 9.09% (2/22) และในเชื้อ *A. nosocomialis* ร้อยละ 59.09% (13/22) และ 36.36% (8/22) ตามลำดับ ขณะที่ในปี 2014 พบเพียง ISAb1 ในเชื้อ *A. pittii* ร้อยละ 33.33% (1/3) สำหรับการตรวจหา ISAb1 และ ISAb125 ที่แทรกอยู่บนบริเวณ upstream region ของยีน bla_{OXA-23} , bla_{ADC} และ bla_{NDM-1} โดยใช้คู่ไพรเมอร์ ISAb1 F/ bla_{OXA-23} R, ISAb1 F/ bla_{ADC} R และ ISAb125 F/ bla_{NDM-1} R พบว่าในปี 2024 ไอโซเลตของเชื้อ ACB complex ที่มียีน bla_{OXA-23} พบการแทรกตัวของ ISAb1 บนบริเวณ upstream region ของยีนดังกล่าวทุกไอโซเลต (100%, 70/70) ขณะที่ในปี 2014 พบ 93.33% (70/75) ขณะที่ยีน bla_{ADC} ไม่พบการแทรกของ ISAb1



ทั้งสองปี (0%) และสำหรับยีน *bla_{NDM-1}* พบการแทรกของ ISAb125 ลดลงจาก 100% (8/8) เหลือ 58.82% (10/17) ในปี 2024 แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการตรวจหา ISAb1 และ ISAb125 ที่แทรกบนตำแหน่ง upstream region ของยีนดื้อยา

อภิปรายผลการศึกษา

ปัจจุบันเชื้อ ACB complex นับว่าเชื้อที่มีความสำคัญที่เป็นปัญหาในการก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยเฉพาะการติดเชื้อ *A. baumannii* ซึ่งจากการศึกษานี้ พบว่าเป็นสปีชีส์หลักที่แยกได้ (87.24%) ส่วนใหญ่มาจากเสมหะ ในแผนก ICU (31.63%) ขณะเดียวกันพบว่าเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยพบเชื้อ *A. nosocomialis* มากที่สุด ต่างจากรายงานของ Sheek et al., (2023) ที่พบ *A. pittii* เป็นสปีชีส์หลัก นอกจากนี้ยังพบ *A. calcoaceticus* จากสิ่งส่งตรวจทางการแพทย์ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัว และอาจกลายเป็นเชื้อฉวยโอกาสในโรงพยาบาล ทำให้มีอัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้นในอนาคต

จากผลการศึกษาความไวต่อยาปฏิชีวนะ พบว่าในปี 2024 เชื้อมีแนวโน้มดื้อต่อ SXT, FEP และ AK เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square) ซึ่งต่างจากรายงานในประเทศเม็กซิโกที่พบแนวโน้มดื้อต่อ SXT ลดลง (Mancilla-Rojano et al., 2020) แสดงให้เห็นแนวโน้มการดื้อยาของเชื้อที่อาจแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการดื้อยาจาก MDR เป็น XDR เพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานจากจอร์แดนที่พบเชื้อ XDR สูงถึง 90% ขณะที่ MDR มีเพียง 8.1% (Ababneh et al., 2025) อีกทั้งยังพบอัตราการดื้อ colistin เพิ่มขึ้นจาก 30.93% เป็น 31.31% ใกล้เคียงกับรายงานก่อนหน้านี้ในประเทศไทย (35%) (Lertsrisatit et al., 2017) การที่พบเชื้อดื้อยาแบบ XDR พร้อม กับแนวโน้มการดื้อยา colistin ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เห็นถึงปัญหาในการรักษา เนื่องจาก colistin เป็นยาทางเลือกสุดท้ายในการรักษาเชื้อ MDR และ XDR ทำให้ทางเลือกในการรักษาน้อยลง และยังทำให้การควบคุมการแพร่กระจายในโรงพยาบาลเป็นเรื่องที่ยากขึ้น โดยกลไกการดื้อ colistin อาจเกิดจากการกลายพันธุ์ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ lipid A ได้แก่ *lpxA*, *lpxC* และ *lpxD* หรือการดัดแปลงโครงสร้าง lipid A ด้วยการเติมหมู่ phosphoethanolamine (pEtN) ทำให้ประจุลบบนผิวเซลล์ลดลง ส่งผลให้ colistin ที่มีประจุบวกจับกับเยื่อหุ้มเซลล์ได้ไม่ดี (Islam et al., 2024)



สำหรับการตรวจหายีนดื้อยา พบว่าอัตราการตรวจพบยีน bla_{OXA-23} ใน *A. baumannii* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่ยีน bla_{PER-1} มีแนวโน้มลดลงจนไม่พบเลย ซึ่งต่างจากรายงานในประเทศไทยของ Thummeepak et al., (2016) ที่พบถึง 30.20% สำหรับเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* มีอัตราการตรวจพบยีน bla_{OXA-23} และ bla_{OXA-58} สูงกว่ารายงานในประเทศไทยก่อนหน้านี้ที่พบเพียง 19.51% และ 2.43% ตามลำดับ (Singkham and Chatsuwana, 2018) ในขณะที่อัตราการตรวจพบยีน bla_{ADC} น้อยกว่ารายงานประเทศเกาหลีใต้ที่พบว่าทุกไอโซเลตของเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* ที่ทำการศึกษาตรวจพบยีน bla_{ADC} (100%) (Kang et al., 2024)

MGEs มีบทบาทสำคัญในการแพร่กระจายยีนดื้อยา โดยเฉพาะการแทรกตัวของ ISAbal บนตำแหน่ง upstream region ของยีน bla_{OXA-23} ซึ่งพบเพิ่มขึ้นจาก 93.33% เป็น 100% สอดคล้องกับรายงานจากอิหร่านที่พบในทุกไอโซเลต (Salimizand et al., 2015) โดยเชื้อที่พบลักษณะนี้มักดื้อต่อยากลุ่ม carbapenems (CR-ACB complex) แสดงให้เห็นว่า ISAbal อาจช่วยส่งเสริมให้เกิดการแสดงออกของยีนดื้อยากลุ่ม carbapenems และเป็นปัจจัยสำคัญในกลไกการดื้อยาของเชื้อกลุ่มนี้

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า แม้เชื้อ *A. baumannii* จะยังเป็นสปีชีส์หลักที่ตรวจพบจากสิ่งส่งตรวจทางคลินิก (87.24%) แต่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อ *Acinetobacter non-baumannii* โดยเฉพาะ *A. nosocomialis* (8.16%) เริ่มมีบทบาทมากขึ้นในการก่อโรคมกขึ้น โดยผลการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ พบว่าเชื้อ ACB complex มีแนวโน้มการดื้อยาจาก MDR เป็น XDR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Chi-square) โดยเฉพาะยากลุ่ม carbapenems ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจพบยีน bla_{OXA-23} ที่เพิ่มขึ้นจาก 77.32% เป็น 80.81% ร่วมกับการแทรกตัวของ MGEs โดยเฉพาะ ISAbal บริเวณ upstream region ของยีนดังกล่าว ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการแสดงออกของยีนดื้อยา ทำให้เชื้อมีความสามารถในการดื้อยาเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวัง และควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อกลุ่มนี้อย่างใกล้ชิด เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อดื้อยาในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อ ACB complex ที่แยกได้จากผู้ป่วยในแต่ละวอร์ด หรือโรงพยาบาล โดยใช้เทคนิค Whole Genome Sequencing (WGS) หรือ Multi-Locus Sequence Typing (MLST) เพื่อระบุ และติดตาม epidemic clones ที่อาจเกี่ยวข้องกับการระบาด ทั้งในระดับโรงพยาบาล ภูมิภาค หรือประเทศ และนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวางมาตรการควบคุม และป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลเชิงราชประชานุเคราะห์ สำหรับการเก็บ และจัดเตรียมเชื้อแบคทีเรียในการศึกษาในครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.) และทุนวิจัยจาก Fundamental Fund by National Science Research and Innovation Fund (NSRF) หมายเลข R2568B065



เอกสารอ้างอิง

- Ababneh, Q., Aldaken, N. a., Jaradat, Z., Al-Rousan, E., Inaya, Z., Alsaleh, D. a., Alawneh, D. a., Al Sbei, S., & Saadoun, I. (2025). Predominance of extensively-drug resistant *Acinetobacter baumannii* carrying *bla*_{OXA-23} in Jordanian patients admitted to the intensive care units. *PLOS ONE*, 20(2), e0317798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317798>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2023). *M100-ED33: Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (33rd ed.). CLSI.
- Gupta, N., Angadi, K., & Jadhav, S. (2022). Molecular characterization of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* with special reference to carbapenemases: A systematic review. *Infectious Drug Resistance*, 15, 7631–7650. <https://doi.org/10.2147/idr.S386641>
- Hashemizadeh, Z., Hatam, G., Fathi, J., Aminazadeh, F., Hosseini-Nave, H., Hadadi, M., Shakib, N. H., Kholdi, S., & Bazargani, A. (2022). The Spread of Insertion Sequences Element and Transposons in Carbapenem Resistant *Acinetobacter baumannii* in a Hospital Setting in Southwestern Iran. *Infection & Chemotherapy*, 54(2), 275–286. <https://doi.org/10.3947/ic.2022.0022>
- Islam, M. M., Jung, D. E., Shin, W. S., & Oh, M. H. (2024). Colistin resistance mechanism and management strategies of colistin-resistant *Acinetobacter baumannii* infections. *Pathogens*, 13(12), 1049. <https://www.mdpi.com/2076-0817/13/12/1049>
- Joshi, P. R., Acharya, M., Kakshapati, T., Leungtongkam, U., Thummeepak, R., & Sitthisak, S. (2017). Co-existence of *bla*_{OXA-23} and *bla*_{NDM-1} genes of *Acinetobacter baumannii* isolated from Nepal: Antimicrobial resistance and clinical significance. *Antimicrobial Resistance & Infectious Control*, 6, 21. <https://doi.org/10.1186/s13756-017-0180-5>
- Kang, H. M., Kim, K. R., Kim, G., Lee, D. G., Kim, Y. J., Choi, E. H., Lee, J., & Yun, K. W. (2024). Antimicrobial resistance genes harbored in invasive *Acinetobacter calcoaceticus-baumannii* complex isolated from Korean children during the pre-COVID-19 pandemic periods, 2015–2020. *Front Cell Infect Microbiol*, 14, 1410997. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1410997>
- Kim, D., Kim, S., Kwon, Y., Kim, Y., Park, H., Kwak, K., Lee, H., Lee, J. H., Jang, K. M., Kim, D., Lee, S. H., & Kang, L. W. (2023). Structural insights for β -lactam antibiotics. *Biomolecules and therapeutics*, 31(2), 141–147. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2023.008>
- Koeleman, J. G., Stoof, J., Van Der Bijl, M. W., Vandenbroucke-Grauls, C. M., & Savelkoul, P. H. (2001). Identification of epidemic strains of *Acinetobacter baumannii* by integrase gene PCR. *Journal of Clinical Microbiology*, 39(1), 8–13. <https://doi.org/10.1128/jcm.39.1.8-13.2001>
- La Scola, B., Gundi, V. A., Khamis, A., & Raoult, D. (2006). Sequencing of the *rpoB* gene and flanking spacers for molecular identification of *Acinetobacter* species. *Journal of Clinical Microbiology*, 44(3), 827–832. <https://doi.org/10.1128/jcm.44.3.827-832.2006>



- Lertsrisatit, Y., Santimaleeworagun, W., Thunyaharn, S., & Traipattanakul, J. (2017). In vitro activity of colistin mono- and combination therapy against colistin-resistant *Acinetobacter baumannii*, mechanism of resistance, and clinical outcomes of patients infected with colistin-resistant *A. baumannii* at a Thai university hospital. *Infectious Drug Resistance*, 10, 437–443. <https://doi.org/10.2147/idr.S148185>
- Liu, Y., & Liu, X. (2015). Detection of AmpC β -lactamases in *Acinetobacter baumannii* in the Xuzhou region and analysis of drug resistance. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 10(3), 933–936. <https://doi.org/10.3892/etm.2015.2612>
- Mancilla-Rojano, J., Ochoa, S. A., Reyes-Grajeda, J. P., Flores, V., Medina-Contreras, O., Espinosa-Mazariego, K., Parra-Ortega, I., Rosa-Zamboni, D., Castellanos-Cruz, M. D. C., Arellano-Galindo, J., Cevallos, M. A., Hernández-Castro, R., Xicohtencatl-Cortes, J., & Cruz-Córdova, A. (2020). Molecular Epidemiology of *Acinetobacter calcoaceticus*-*Acinetobacter baumannii* Complex Isolated From Children at the Hospital Infantil de México Federico Gómez. *Frontiers in Microbiology*, 11, 576673. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.576673>
- National Antimicrobial Resistance Surveillance Thailand. (2025). *Antibiogram*. NARST. <https://narst.dmsc.moph.go.th/antibiogram>
- Poirel, L., Walsh, T. R., Cuvillier, V., & Nordmann, P. (2011). Multiplex PCR for detection of acquired carbapenemase genes. *Diagn Microbial Infection and Disease*, 70(1), 119–123. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2010.12.002>
- Ruiz, M., Marti, S., Fernandez-Cuenca, F., Pascual, A., & Vila, J. (2007). High prevalence of carbapenem-hydrolysing oxacillinases in epidemiologically related and unrelated *Acinetobacter baumannii* clinical isolates in Spain. *Clinical Microbiology and Infection*, 13(12), 1192–1198. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2007.01825.x>
- Salimizand, H., Noori, N., Meshkat, Z., Ghazvini, K., & Amel, S. J. (2015). Prevalence of *Acinetobacter baumannii* harboring ISAbal / bla_{OXA-23}-like family in a burn center. *Burns*, 41(5), 1100–1106. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.12.008>
- Sheck, E., Romanov, A., Shapovalova, V., Shaidullina, E., Martinovich, A., Ivanchik, N., Mikotina, A., Skleenova, E., Oloviannikov, V., Azizov, I., Vityazeva, V., Lavrinenko, A., Kozlov, R., & Edelstein, M. (2023). *Acinetobacter* Non-*baumannii* Species: Occurrence in Infections in Hospitalized Patients, Identification, and Antibiotic Resistance. *Antibiotics*, 12(8), 1301. <https://www.mdpi.com/2079-6382/12/8/1301>
- Singksam-In, U., & Chatsuwana, T. (2018). Mechanisms of carbapenem resistance in *Acinetobacter pittii* and *Acinetobacter nosocomialis* isolates from Thailand. *Journal of Medical Microbiology*, 67(12), 1667–1672. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.000845>



- Sung, J. Y., Kwon, K. C., Cho, H. H., & Koo, S. H. (2011). Antimicrobial resistance determinants in imipenem-non susceptible *Acinetobacter calcoaceticus-baumannii* complex isolated in Daejeon, Korea. *Korean Journal of Laboratory Medicine*, 31(4), 265 – 270. <https://doi.org/10.3343/kjlm.2011.31.4.265>
- Thummeepak, R., Kongthai, P., Leungtongkam, U., & Sitthisak, S. (2016). Distribution of virulence genes involved in biofilm formation in multi-drugresistant *Acinetobacter baumannii* clinical isolates. *International Microbiology*, 19(2), 121–129. <https://doi.org/10.2436/20.1501.01.270>
- Woodford, N., Ellington, M. J., Coelho, J. M., Turton, J. F., Ward, M. E., Brown, S., Amyes, S. G., & Livermore, D. M. (2006). Multiplex PCR for genes encoding prevalent OXA carbapenemases in *Acinetobacter* spp. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 27(4), 351 – 353. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2006.01.004>



ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c บนผิวเม็ดเลือดแดงของ Panel Cells

ที่ใช้สำหรับการตรวจหาชนิดของแอนติบอดี

สิริกอร์ พัวงามประเสริฐ¹, กุลนิษฐ์ จักรถึง¹, ทัณยภรณ์ สร้อยทอง¹ และเชิดชาย แซ่ฮ่วน^{1*}

The Stability of Mi^a , E and c Antigens on Red Blood Cells Membrane of Panel Cells for Antibody Identification

Sirikorn Phuangamprasert¹, Kunlanit Chokthueng¹, Tanyaporn Sroithong¹

and Choedchai Saehuan^{1*}

¹ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Mueang, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: choedchais@nu.ac.th, choedchai1@hotmail.com

บทคัดย่อ

การตรวจก่อนการให้เลือดประกอบด้วย การตรวจหมู่เลือด ABO และ Rh(D) การตรวจกรองแอนติบอดี และการตรวจความเข้ากันได้ของเลือด หากพบว่าการตรวจกรองแอนติบอดีและ/หรือการตรวจความเข้ากันได้ของเลือดให้ผลบ่งชี้ว่าต้องมีการตรวจหาชนิดของแอนติบอดีต่อไปโดยใช้ panel cells ที่เตรียมไว้ประมาณ 1 เดือนที่มีแอนติเจนหมู่เลือดที่สามารถตรวจหาแอนติบอดี โดยแอนติบอดีที่พบบ่อยในผู้ป่วย 3 อันดับแรก ได้แก่ anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ซึ่งยังไม่พบข้อมูลความคงทนของแอนติเจนต่อแอนติบอดีความแรงน้อย ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells โดยการหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-5 โดยวิธีทดสอบมาตรฐาน ด้วยการใช้ยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ ผลการวิจัยพบว่า ความคงทนแอนติเจน Mi^a ด้วยการใช้ยา anti- Mi^a ที่เจือจางแล้วในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 80% และ 87.5 % ตามลำดับ ความคงทนแอนติเจน E ด้วยการใช้ยา anti-E ที่เจือจางแล้วในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 100% และความคงทนแอนติเจน c ด้วยการใช้ยา anti-c ที่เจือจางแล้วในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 100% และ 87.5 % ตามลำดับ สรุปผลการวิจัยได้ว่า ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ด้วยการใช้ยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้วในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 80%, 100% และ 100% ตามลำดับ โดยงานวิจัยมีประโยชน์ต่อธนาคารเลือดที่สามารถใช้ panel cells ที่มีความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c เพียงพอในสัปดาห์ที่ 4 เพื่อตรวจ anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ในผู้ป่วยที่มีเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ ได้

คำสำคัญ: ความคงทน แอนติเจน Mi^a แอนติเจน E แอนติเจน c panel cells

Abstract

Pretransfusion testing consisted of ABO blood grouping, Rh(D) typing, antibody screening, and crossmatching. If antibody screening and/or crossmatching showed positive result, antibody identification would be done by using panel cells which had the lifespan of approximately 1 month, and contained all significant blood group antigens for identifying antibody. anti- Mi^a , anti-E and anti-c were the most single or two antibodies found in patients. There had not been no data on the stability of antigens against low antibodies. Therefore, the research aimed to investigate the stability of the Mi^a , E, and c antigens in panel cells. The conventional tube technique was used to determine the stability of Mi^a , E and c antigen in panel cells from week 0-5 by using the dilution of anti- Mi^a , anti-E and anti-c reagent which were able to show agglutination 1+ and 2+. The results discovered that at week 4, the stability of Mi^a antigen with diluted anti- Mi^a reagent at agglutination 1+ and 2+ presented 80% and 87.5 %, respectively, the stability of E antigen with diluted anti-E reagent at agglutination 1+ and 2+ showed 100%, and the stability of c



antigen with diluted anti-c reagent at agglutination 1+ and 2+ displayed 100% and 87.5 %, respectively. In conclusion, the stability of Mi^a, E and c antigen in panel cells with diluted anti-Mi^a, anti-E and anti-c reagent at agglutination 1+ were 80 %, 100 % and 100%, respectively. This research was beneficial for Blood Bank in terms of panel cells with the stability of Mi^a, E and c antigen at week 4 adequate for antibody identification of anti-Mi^a, anti-E and anti-c in patients at agglutination 1+.

Keywords: Stability, Mi^a antigen, E antigen, c antigen, Panel cells

บทนำ

การตรวจก่อนการให้เลือด (pretransfusion testing) ประกอบด้วย การตรวจหมู่เลือด ABO (ABO blood grouping) หมู่เลือด Rh(D) (Rh(D) typing) การตรวจกรองแอนติบอดี (antibody screening) และการตรวจความเข้ากันได้ของเลือด (crossmatching) หากพบว่าการตรวจกรองแอนติบอดีและ/หรือการตรวจความเข้ากันได้ของเลือด ให้ผลบวกต้องทำการตรวจหาชนิดของแอนติบอดี (antibody identification) ตามมาตรฐาน American Association of Blood Banks (AABB) (Roback et al., 2008) คู่มือปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต พ.ศ. 2561 ของ สภาเทคนิคการแพทย์ (สภาเทคนิคการแพทย์, 2561) และมาตรฐานธนาคารเลือดและงานบริการโลหิต พ.ศ. 2567 ของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย (ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย, 2567) โดยการตรวจหาชนิดของแอนติบอดีในซีรัมผู้ป่วยก่อนการให้เลือด (pretransfusion) ใช้ panel cells ที่ซื้อจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย (ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย, 2564) โดยเป็น 3% เซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cells suspension) หมู่เลือด O จำนวน 11 ราย ที่มีแอนติเจนต่อหมู่เลือดระบบต่าง ๆ ที่สามารถตรวจหาชนิดของแอนติบอดีที่มีความสำคัญทางคลินิก และพบบ่อยในประชากรไทย ได้แก่ ระบบ Rh (D, C, E, c, e), Kell, Kidd, Duffy, Diego, MNS (M, N, S, s, Mi^a), Lewis, P และเก็บรักษาสภาพในน้ำยา modified Alsever's solution ได้ประมาณ 1 เดือน (ทัศนีย์ สกลดำรงค์พานิช, 2556) จากการทบทวนวรรณกรรมและภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในปี พ.ศ. 2565 การศึกษาความชุกแอนติบอดีในกลุ่มผู้ป่วยมะเร็งที่ซื้อรับโลหิตที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติพบว่า แอนติบอดีหนึ่งชนิด (single antibody) ที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ anti-Mi^a (66.00%), anti-E (20.60%) และ anti-Le^a (5.20%) ตามลำดับ ส่วนแอนติบอดีสองชนิด (multiple antibody) ที่พบมากที่สุดลำดับแรก ได้แก่ anti-c+ anti-E (9.50%) และ anti-C + anti-e (9.50%) (วรุฬพา ถมปัต และคณะ, 2565) ในปี พ.ศ. 2556 บทความที่ตีพิมพ์ได้รายงานความคงทนของแอนติเจน Mi^a และ E ประมาณ 60% หลังหมดอายุ 1 วัน (ทัศนีย์ สกลดำรงค์พานิช, 2556) ต่อมาในปี พ.ศ. 2560 การศึกษาความคงทนของแอนติเจนหมู่เลือดใน panel cells จำนวน 3 ชุด ผลิตโดยศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ด้วยการใช้ anti-Mi^a จากพลาสมาของผู้บริจาคเลือด น้ำยา anti-E และน้ำยา anti-c ที่เจือจางลงครึ่งละสองเท่า (two-fold dilution) ในสปีดาร์ที่ 0, 2, 4, 6 และ 10 พบว่าความคงทนแอนติเจน Mi^a, E และ c เท่ากับ 79.17%, 93.75% และ 97.47% ตามลำดับ ในสปีดาร์ที่ 4 (สาริกา เมฆฉาย และคณะ, 2560) ซึ่งยังไม่พบข้อมูลความคงทนของแอนติเจน Mi^a, E และ c ใน panel cells ต่อแอนติบอดีดังกล่าวที่มีความแรงน้อย



ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells เพื่อตรวจหาแอนติบอดีในผู้ป่วยที่พบมาก 3 อันดับแรก ได้แก่ anti- Mi^a , anti-E และ anti-c (วรยุพา ฅมปัต และคณะ, 2565) โดยศึกษาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-5 โดยวิธีหลอดทดลองมาตรฐาน ด้วยการใช้น้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c สามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยงานวิจัยมีประโยชน์ต่อธนาคารเลือดที่สามารถใช้ panel cells ที่มีความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c เพียงพอในสัปดาห์ที่ 4 เพื่อตรวจ anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่พบในผู้ป่วยที่มีความแรงแอนติบอดีน้อยได้

สมมุติฐานของการวิจัย ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c เพียงพอในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อนำมาทดสอบกับ anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-5 โดยวิธีหลอดทดลองมาตรฐาน (conventional tube technique, CTT) ตามมาตรฐาน American Association of Blood Banks (Roback et al., 2008) ด้วยการใช้น้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-5 ทำการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ แล้วเจือจางน้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ให้สามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ ไปทำการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells ด้วยวิธีหลอดทดลองมาตรฐาน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (experimental study)

เครื่องมือการวิจัย

1. ครุภัณฑ์ ได้แก่ อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) เครื่องปั่นทางธนาคารเลือด (serofuge) ของ DiaMed รุ่น DiaCent-12 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope)
2. วัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ หลอดทดลอง (test tube) ขนาด 13×100 มิลลิเมตร ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (rack) ปิเปตอัตโนมัติ (automatic pipette) ปิเปตทิป (pipette tip)
3. น้ำยา (reagent) ได้แก่ anti-A Lot No. 67012, anti-D (IgM/IgG) Lot NO. 67012, anti-D (IgG) Lot NO. 66020, anti- Mi^a Lot No. 67010, anti-E Lot No. 66020, anti-c Lot No. 66010 จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย และน้ำเกลือ (normal saline solution, NSS)
4. เซลล์เม็ดเลือดแดง ได้แก่ 3% A cells Lot No. 67070, 3% screening cells (O1, O2, O3) Lot NO. 67072, 3% panel cells (P1 – P1 1) Lot NO. 67070 และ 3% Rh(D) negative cells Lot NO. 67070 จากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

การตรวจสอบคุณภาพ

1. การควบคุมคุณภาพน้ำยาโดยหาความจำเพาะ (specificity) ความเร็ว (avidity) และความแรง (potency) ของ anti-A และ anti-D (IgM/IgG)



2. การควบคุมคุณภาพน้ำยาโดยหาความจำเพาะ และความแรงของ anti-D (IgG), anti-Mi^a, anti-E และ anti-c

3. การควบคุมคุณภาพเซลล์โดยหาความจำเพาะของ 3% A cells

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นระดับปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 0, w+, 1+, 2+, 3+, 4+ และคะแนน (score) 0, 2, 5, 8, 10, 12 (Roback et al., 2008) โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) เป็นคำร้อยละ ด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel 2019

วิธีการวิจัย

1. การทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti-Mi^a, anti-E และ anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยวิธี antibody titration (Tang et al., 2023)

ชุดที่ 1 ใส่ น้ำยา anti-Mi^a 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1 (undiluted) หลังจากนั้นใส่น้ำยา anti-Mi^a 100 ไมโครลิตร มาเจือจางลงครึ่งละสองเท่าด้วยน้ำเกลือในหลอดที่ 2 (1:2) ถึง 9 (1:512) ส่วนหลอดที่ 10 เป็นน้ำเกลือ จากนั้นใส่เซลล์ 3% screening cells (O2; Mi^a+) 50 ไมโครลิตร ลงทุกหลอด ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำไปปั่นอ่านผลระดับปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง เลือกความแรงที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยทำการทดสอบที่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 5 เพื่อให้ได้น้ำยา anti-Mi^a ที่มีความแรงเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากันทุกสัปดาห์ แล้วนำความแรงดังกล่าวทำการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a ใน panel cells ต่อไป โดยการควบคุมคุณภาพผลบวกและลบ ใช้ น้ำยา anti-D (IgM/IgG) และ น้ำเกลือ ตามลำดับ

ชุดที่ 2 ใส่ น้ำยา anti-E 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1 (undiluted) หลังจากนั้นใส่น้ำยา anti-E 100 ไมโครลิตร มาเจือจางลงครึ่งละสองเท่าด้วยน้ำเกลือในหลอดที่ 2 (1:2) ถึง 9 (1:512) ส่วนหลอดที่ 10 เป็นน้ำเกลือ จากนั้นใส่เซลล์ 3% screening cells (O3; EE) 50 ไมโครลิตร ลงทุกหลอด ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำไปปั่นอ่านผลระดับปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง เลือกความแรงที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยทำการทดสอบที่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 5 เพื่อให้ได้น้ำยา anti-E ที่มีความแรงเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากันทุกสัปดาห์ แล้วนำความแรงดังกล่าวทำการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน E ใน panel cells ต่อไป

ชุดที่ 3 ใส่ น้ำยา anti-c 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1 (undiluted) หลังจากนั้นใส่น้ำยา anti-c 100 ไมโครลิตร มาเจือจางลงครึ่งละสองเท่าด้วยน้ำเกลือในหลอดที่ 2 (1:2) ถึง 9 (1:512) ส่วนหลอดที่ 10 เป็นน้ำเกลือ จากนั้นใส่เซลล์ 3% screening cells (O3; cc) 50 ไมโครลิตร ลงทุกหลอด ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำไปปั่นอ่านผลระดับปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง เลือกความแรงที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยทำการทดสอบที่สัปดาห์ที่ 0 ถึง 5 เพื่อให้ได้น้ำยา anti-c ที่มีความแรงเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากันทุกสัปดาห์ แล้วนำความแรงดังกล่าวทำการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน c ใน panel cells ต่อไป



2. การทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells กับน้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้ว โดยวิธีหลอดทดลองมาตรฐาน (Roback et al., 2008)

ชุดที่ 1 ใส่ น้ำยา anti- Mi^a ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ จำนวน 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1-3 และ 4-6 ตามลำดับ จากนั้นใส่ panel cells ปริมาตรหลอดละ 50 ไมโครลิตร โดยใส่ 3% panel cells (P3; Mi^a+) ในหลอดที่ 1, 3% panel cells (P6; Mi^a+) ในหลอดที่ 2, 5 และ 3% panel cells (P7; Mi^a+) ในหลอดที่ 3, 6 ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำไปปั่นอ่านผล และบันทึกผลเป็นคะแนน โดยทำการทดสอบที่สัปดาห์ที่ 0-5 โดยการควบคุมคุณภาพผลบวกและลบ ใช้ น้ำยา anti-D (IgM/IgG) และ anti-A ตามลำดับ

ชุดที่ 2 ใส่ น้ำยา anti-E ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ จำนวน 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1-4 และ 5-8 ตามลำดับ จากนั้นใส่ panel cells หลอดละ 50 ไมโครลิตร โดยใส่ 3% panel cells (O6; Ee) ในหลอดที่ 1, 5, 3% panel cells (P7; Ee) ในหลอดที่ 2, 6, 3% panel cells (P8; EE) ในหลอดที่ 3, 7 และ 3% panel cells (P11; Ee) ในหลอดที่ 4, 8 ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำไปปั่นอ่านผล และบันทึกผลเป็นคะแนน โดยทำการทดสอบที่สัปดาห์ที่ 0-5

ชุดที่ 3 ใส่ น้ำยา anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ จำนวน 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่ 1-5 และ 6-10 ตามลำดับ จากนั้นใส่ panel cells หลอดละ 50 ไมโครลิตร โดยใส่ 3% panel cells (P5; Cc) ในหลอดที่ 1, 6, 3% panel cells (P7; Cc) ในหลอดที่ 2, 7, 3% panel cells (P8; cc) ในหลอดที่ 3, 8, 3% panel cells (P10; Cc) ในหลอดที่ 4, 9 และ 3% panel cells (P11; cc) ในหลอดที่ 5, 10 ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำไปปั่นอ่านผล และบันทึกผลเป็นคะแนน

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร COE No. 155/2024 เมื่อวันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2567

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยวิธี antibody titration

ผลการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti- Mi^a ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยวิธี antibody titration พบว่า ความแรงของน้ำยา anti- Mi^a ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ เท่ากับ 8 และ 16 ในสัปดาห์ที่ 0-1 และ 2-5 ตามลำดับ ส่วนความแรงของน้ำยา anti- Mi^a ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เท่ากับ 2, 4 และ 2 ในสัปดาห์ที่ 0-1, 2-4 และ 5 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti-E ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยวิธี antibody titration พบว่า ความแรงของน้ำยา anti-E ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ เท่ากับ 256, 128 และ 64 ในสัปดาห์ที่ 0-3, 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนความแรงของน้ำยา anti-E ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เท่ากับ 128, 64 และ 32 ในสัปดาห์ที่ 0-2, 3-4 และ 5 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1



ผลการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยวิธี antibody titration พบว่า ความแรงของน้ำยา anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ เท่ากับ 64 ส่วนความแรงของน้ำยา anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เท่ากับ 32 ในทุกสัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti-Mi^a, anti-E และ anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ โดยวิธี antibody titration

สัปดาห์ที่	น้ำยา anti-Mi ^a		น้ำยา anti-E		น้ำยา anti-c	
	ปฏิกิริยา 1+	ปฏิกิริยา 2+	ปฏิกิริยา 1+	ปฏิกิริยา 2+	ปฏิกิริยา 1+	ปฏิกิริยา 2+
0	8	2	256	128	64	32
1	8	2	256	128	64	32
2	16	4	256	128	64	32
3	16	4	256	64	64	32
4	16	4	128	64	64	32
5	16	2	64	32	64	32

2. ผลการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a, E และ c ใน panel cells กับน้ำยา anti-Mi^a, anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้ว โดยวิธีหาลอตทดลองมาตรฐาน

ผลการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a ใน 3% panel cells (P3; Mi^a+), (P6; Mi^a+) และ (P7; Mi^a+) โดยวิธีหาลอตทดลองมาตรฐานพบว่า คะแนนความคงทนของแอนติเจนใน panel cells ด้วยน้ำยา anti-Mi^a ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ เท่ากับ 15 (100%), 12 (80%) และ 9 (60%) ในสัปดาห์ที่ 0-3, 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความคงทนของแอนติเจนใน panel cells ด้วยน้ำยา anti-Mi^a ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เท่ากับ 24 (100%) และ 21 (87.5%) ในสัปดาห์ที่ 0-3 และ 4-5 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน E ใน 3% panel cells (P6; Ee), (P7; Ee), (P8; EE) และ (P11; Ee) โดยวิธีหาลอตทดลองมาตรฐานพบว่า หาความคงทนของแอนติเจน E ใน panel cells ด้วยน้ำยา anti-E ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากับ 20 (100%) และ 32 (100%) ในทุกสัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน c ใน 3% panel cells (P5; Cc), (P7; Cc), (P8; cc), (P10; Cc) และ (P11; cc) โดยวิธีหาลอตทดลองมาตรฐานพบว่า ความคงทนของแอนติเจน c ใน panel cells ด้วยน้ำยา anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ เท่ากับ 30 (100%) ในทุกสัปดาห์ ส่วนความคงทนของแอนติเจน c ใน panel cells ด้วยน้ำยา anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เท่ากับ 48 (100%) และ 42 (87.5%) ในสัปดาห์ที่ 0-2 และ 3-5 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a, E และ c ใน panel cells กับน้ำยา anti-Mi^a, anti-E และ anti-c ที่เจือจางแล้วโดยวิธีหลอดทดลองมาตรฐาน

สัปดาห์ที่	คะแนนความคงทนของแอนติเจน Mi ^a (%)		คะแนนความคงทนของแอนติเจน E (%)		คะแนนความคงทนของแอนติเจน c (%)	
	น้ำยา anti-Mi ^a	น้ำยา anti-Mi ^a	น้ำยา anti-E	น้ำยา anti-E	น้ำยา anti-c	น้ำยา anti-c
	ปฏิกิริยา 1+	ปฏิกิริยา 2+	ปฏิกิริยา 1+	ปฏิกิริยา 2+	ปฏิกิริยา 1+	ปฏิกิริยา 2+
0	15 (100)	24 (100)	20 (100)	32 (100)	30 (100)	48 (100)
1	15 (100)	24 (100)	20 (100)	32 (100)	30 (100)	48 (100)
2	15 (100)	24 (100)	20 (100)	32 (100)	30 (100)	48 (100)
3	15 (100)	24 (100)	20 (100)	32 (100)	30 (100)	42 (87.5)
4	12 (80)	21 (87.5)	20 (100)	32 (100)	30 (100)	42 (87.5)
5	9 (60)	21 (87.5)	20 (100)	32 (100)	30 (100)	42 (87.5)

อภิปรายผลการศึกษา

ความแรงของน้ำยา anti-Mi^a ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากับ 8-16 และ 2-4 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 0-5 ความแรงของน้ำยา anti-E ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ เท่ากับ 128-256 และ 64 ในสัปดาห์ที่ 0-4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนความแรงของน้ำยา anti-E ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ เท่ากับ 64-128 และ 32 ในสัปดาห์ที่ 0-4 และ 5 ตามลำดับ ความแรงของน้ำยา anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากับ 64 และ 32 ตามลำดับ ในทุกสัปดาห์ จากผลการทดสอบหาความแรงของน้ำยาดังกล่าวพบว่า ความแรงของน้ำยา anti-Mi^a, anti-E และ anti-c ที่เกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ ในสัปดาห์ที่ 0-4 มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน ± 1 ระดับ (Cohn et al, 2023) ซึ่งแสดงว่า น้ำยา anti-Mi^a, anti-E และ anti-c มีความแรงของแอนติบอดีในสัปดาห์ที่ 0-4 ใกล้เคียงกัน โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ความแรงของน้ำยาดังกล่าวที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ แทนความแรงของแอนติบอดีน้อยในผู้ป่วย (Tang et al, 2023)

ความคงทนของแอนติเจน Mi^a ของ panel cells จำนวน 1 ชุด ด้วยน้ำยา anti-Mi^a ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากับ 80% และ 87.5% ตามลำดับ ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่พบว่า ความคงทนแอนติเจน Mi^a ของ panel cells จำนวน 3 ชุด เท่ากับ 79.17% ในสัปดาห์ที่ 4 (สาริกา เมฆฉาย และคณะ, 2560) โดยความคงทนแอนติเจน Mi^a มีค่าลดลงอาจเนื่องจากแอนติเจน Mi^a เป็นโปรตีนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ครั้งเดียว (single pass transmembrane protein) (Howard, 2020) รวมทั้งอาจเกิดจากแอนติเจน Mi^a เป็นแอนติเจนที่เกิดจากการกลายพันธุ์ของโปรตีน glycoporphin A (GPA) และ glycoporphin B (GPB) (วโรประภา อภัยกาวิ และ กัลยา เกิดแก้วงาม, 2563)

ความคงทนของแอนติเจน E ของ panel cells จำนวน 1 ชุด ด้วยน้ำยา anti-E ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ เท่ากับ 100% ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่พบว่า ความคงทนแอนติเจน E ของ panel cells จำนวน 3 ชุด เท่ากับ 93.75% ในสัปดาห์ที่ 4 (สาริกา เมฆฉาย และคณะ, 2560) ส่วนความคงทนของแอนติเจน c ของ panel cells จำนวน 1 ชุด ด้วยน้ำยา anti-c ที่เจือจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ พบว่าความคงทนของแอนติเจนเท่ากับ 100% และ 87.50% ตามลำดับ ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่พบว่า ความคงทนแอนติเจน c ของ panel cells จำนวน 3 ชุด เท่ากับ 97.47% ในสัปดาห์ที่ 4



(สาริกา เมฆฉาย และคณะ, 2560) โดยความคงทนแอนติเจน E และ c มีค่าลดลงน้อยอาจเนื่องจากแอนติเจน E และ c เป็นโปรตีนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หลายครั้ง (multi-pass transmembrane protein) (Howard, 2020) รวมทั้งแอนติเจน E และ c เป็นแอนติเจนในระบบ Rh ที่พบได้ถึง 200,000 โมเลกุลบนเซลล์เม็ดเลือดแดง (Nicolas et al., 2003)

การทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells จำนวน 1 ชุด เนื่องจากเป็นข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่ไม่เพียงพอทำให้ไม่สามารถศึกษาใน panel cells จำนวนมากกว่า 1 ชุดได้ ดังนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยใช้ panel cells จำนวนอย่างน้อย 3 ชุด เพื่อให้ผลงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยงานวิจัยนี้มีข้อดีคือ ทำการทดสอบหาความแรงของน้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจอจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ และ 2+ ที่เป็นความแรงแอนติบอดีน้อยที่สามารถพบได้ในผู้ป่วยในสัปดาห์ที่ 0-5 (Tang et al., 2023) ก่อนการทดสอบหาความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells

สรุปผลการศึกษา

ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ด้วยการใช้น้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่เจอจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ ในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 80%, 100% และ 100% ตามลำดับ ส่วนน้ำยาที่เจอจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 2+ ในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 87.5%, 100% และ 87.5% ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับข้อค้นพบที่สำคัญ

งานวิจัยนี้สามารถนำผลการวิจัยที่พบว่า ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ด้วยการใช้น้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c เจอจางแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดง 1+ ในสัปดาห์ที่ 4 ได้ 80%, 100% และ 100% ตามลำดับ ไปใช้ประโยชน์ต่อธนาคารเลือดที่สามารถใช้ panel cells ที่มีความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c เพียงพอในสัปดาห์ที่ 4 เพื่อตรวจ anti- Mi^a , anti-E และ anti-c ที่พบในผู้ป่วยที่มีความแรงแอนติบอดีน้อยได้

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการวิจัยเรื่อง ความคงทนของแอนติเจน Mi^a , E และ c ใน panel cells ด้วยการใช้น้ำยา anti- Mi^a , anti-E และ anti-c จากพลาสมาของผู้ป่วย โดยการวิจัยควรใช้ panel cells จำนวน 3 ชุด เพื่อให้ผลงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 และให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อทำการวิจัย โดยโครงการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยไม่มีส่วนได้ส่วนเสีย (no conflict of interest)



เอกสารอ้างอิง

- สาริกา เมฆฉาย, ภูริยา โอวาทกา, ดุษฎี ภูริกุล, กัลยา เกิดแก้วงาม, จินตนา ทับรอด, และอุดม ดึงต้อย. (2560). ความคงทนของแอนติเจนหมู่เลือดในผลิตภัณฑ์ Identification Panel Cells ผลิตโดยศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต*, 27(4), 379-387. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JHematolTransfusMed/article/view/82725/83647>
- ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. (2564). *คู่มือการใช้บริการศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ปี 2564* (พิมพ์ครั้งที่ 2).
- ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. (2567). *มาตรฐานธนาคารเลือดและงานบริการโลหิต* (พิมพ์ครั้งที่ 5). สภาเทคนิคการแพทย์. (2561). *คู่มือปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์การบริการโลหิต พ.ศ. 2561*.
- ทัศนีย์ สกลดำรงคำนิช. (2556) การผลิต Screening Cells และ Panel Cells ของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต*, 23(2), 153-159. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JHematolTransfusMed/article/view/13320/11980>
- วราประภา อภัยแก้ว, และกัลยา เกิดแก้วงาม. (2563). การกลายพันธุ์ของแอนติเจนของหมู่เลือดระบบ MNS. *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต*, 30(4), 323-327. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JHematolTransfusMed/article/view/245177/166387>
- วรายุพา ถมบัต, พัชรา บุญประดิษฐ์, ประดับ วิเศษวุฒิ, เชษฐณัฐ โอภารัชตะวัฒน์, และทรงศักดิ์ ศรีจินดา. (2565). ความชุกของแอนติบอดีต่อหมู่โลหิตในกลุ่มผู้ป่วยมะเร็งรับโลหิตที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต*, 32(4), 299-306. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JHematolTransfusMed/article/view/258793/175692>
- Cohn, C. S., Delaney, M., Johnson, S. T., Katz, L. M., & Schwartz, J. (Eds.). (2023). *Technical manual* (21st ed.). Association of Advancement of Blood and Biotherapies (AABB).
- Howard, P. R. (2020). *Basic and applied concepts of blood banking and transfusion practices* (5th ed.). Elsevier.
- Nicolas, V., Kim, C. L. V., Gane, P., Birkenmeier, C., Cartron, J.-P., Colin, Y., & Mouro-Chanteloup, I. (2003). Rh-RhAG/Ankyrin-R, a new interaction site between the membrane bilayer and the red cell skeletal is impaired by Rh null-associated mutation. *The Journal of Biological Chemistry*, 278(8), 25526-25533. <https://doi.org/10.1074/jbc.M302816200>
- Roback, J. D., Coombs, M. R., Grossman, B. J., & Hillyer, C. D. (2008). *Technical manual* (6th ed.). American Association of Blood Banks (AABB).
- Tang, S.-H., Lin, H.-C., Chang, J.-B., Chan, Y.-S., Tang, H.-F., Chang, F.-Y., Chiueh, T.-S. & Yang, B.-H. (2023). Preservation of red blood cell antigenicity in a new storage solution *in vitro*. *Annals of Medicine*, 55(1), 168-174. <https://doi.org/10.1080/07853890.2022.2157476>



An Interactive AI-Based Model for PM_{2.5} Removal by Negative Air Ions in Forest Areas Analysis of Meteorological and Vegetation Factors from a Literature Review

Jantira Chimlert¹, Saranporn Kirdkoh² and Tanapon Phenrat^{1,*}

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Naresuan University International College, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

This research presents an interactive AI-based model for predicting PM_{2.5} removal efficiency by negative air ions (NAI) in forest areas. The study employed artificial intelligence (AI) to analyze literature data and synthesize predictive equations based on twelve key factors including vegetation density, canopy density, evergreen ratio, tree height, vegetation type, shrub diversity, temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, season, and time of day. Vegetation density and relative humidity emerged as dominant factors influencing NAI levels through power-law and exponential relationships, respectively. These equations were then incorporated into an interactive web-based model using exponential decay theory to predict the time and distance required to reduce PM_{2.5} concentrations to target levels. Comprehensive sensitivity analysis revealed that PM_{2.5} removal efficiency (measured by deposition velocity) is most significantly influenced by temperature (0.5128 mm/s), followed by relative humidity (0.0659 mm/s), and vegetation density (0.0507 mm/s). The model identified optimal NAI generation at 18.8°C. The React.js-based web dashboard enables real-time parameter adjustment for PM_{2.5} removal prediction. Model demonstration showed natural forests achieve 8,241 ions/cm³ NAI concentration, reducing PM_{2.5} from 80 to 37.5 µg/m³ in 4.9 hours, while artificial NAI enhancement reduces this to 1.9 hours. This study provides evidence-based guidance for urban green space planning and air quality management in Thailand and similar tropical regions.

Keywords: Negative Air Ions, PM_{2.5}, AI model, Meteorological factors, Vegetation factors

Introduction

Fine particulate matter (PM_{2.5}) represents a critical environmental crisis in Thailand, particularly in major urban areas and the northern region (Phairuang et al., 2022; Pooltawee et al., 2017). PM_{2.5} poses significant health risks through respiratory and cardiovascular impacts (Pengchai et al., 2009), making effective air quality management an urgent priority.

Negative Air Ions (NAI) are naturally occurring negatively charged particles found near waterfalls, rivers (Pino & Ragione, 2013), and densely vegetated areas. They form through ionization processes involving cosmic rays, ultraviolet radiation (Krueger & Reed, 1976), and plant metabolic activities (Liang et al., 2014). Research confirms NAI's effectiveness in eliminating particulate matter through electrostatic attraction (Daniell et al., 1991).

Forest areas produce 5–10 times more NAI than urban areas, with concentrations of 2,000–8,000 ions/cm³ compared to 200–1,200 ions/cm³ in urban environments (Wang et al., 2020). Forests remove PM_{2.5} through surface capture, wind reduction, and electrostatic processes that enhance particle aggregation and precipitation (Nowak et al., 2014). However, quantifying the relationship between forest characteristics,



environmental conditions, and NAI-enhanced $PM_{2.5}$ removal remains challenging due to complex interactions between meteorological and vegetation factors.

Artificial Intelligence (AI) technology offers innovative solutions for analyzing complex environmental data and identifying non-linear relationships. This approach enables development of predictive models that can accurately estimate $PM_{2.5}$ removal efficiency under diverse conditions.

This research presents an AI-based interactive model for predicting $PM_{2.5}$ removal efficiency using NAI in forest areas. The model employs AI to analyze literature data and synthesize equations for calculating NAI quantities, then applies exponential decay theory to predict time and distance requirements for achieving target $PM_{2.5}$ reductions. The results provide evidence-based guidance for urban green space planning and air quality management in Thailand.

Materials and Methods

1. Literature Review and Data Collection

The literature related to meteorological and vegetation factors affecting NAI production and $PM_{2.5}$ removal efficiency in forest areas was reviewed by searching academic databases including Google Scholar, ScienceDirect, and Scopus. The selected literature focused on quantitative NAI measurements, environmental factors affecting NAI production, and empirical NAI- $PM_{2.5}$ relationships.

2. AI-Assisted Data Analysis and Equation Synthesis

Researchers conducted comprehensive literature analysis to identify quantitative relationships between NAI concentrations and $PM_{2.5}$ removal efficiency. AI tools (Claude Sonnet 3.7 and 4.0) assisted in organizing data extraction and equation synthesis, with all outputs verified against original sources by the research team.

The methodology involved systematic integration of mathematical relationships from multiple studies to develop predictive models incorporating meteorological and vegetation factors. AI supported computational implementation while researchers-maintained oversight of all scientific decisions. Limitations include the literature-synthesis approach requiring field validation, with AI serving as a processing tool rather than a decision-making entity in the research process.

3. Development of the $PM_{2.5}$ Reduction Model

A comprehensive model was developed based on exponential decay theory and electrostatic enhancement mechanisms, incorporating empirical data from multiple research studies. The model comprises three sequential calculation steps:

(1) Natural Particle Settling Velocity

The Stokes settling velocity (v_s) for $PM_{2.5}$ particles: $v_s = (\rho_p \times g \times dp^2) / (18 \times \mu)$

using particle density (ρ_p) at 1,500 kg/m³, gravitational acceleration (g) 9.81 m/s², particle diameter (dp) 2.5 μ m, and air dynamic viscosity (μ) 1.8×10^{-5} kg/(m·s). This yields $v_s = 2.83 \times 10^{-4}$ m/s for $PM_{2.5}$ particles under standard conditions.



(2) Enhanced Deposition Velocity with NAI Effects

The enhanced deposition velocity (v_d) incorporates NAI enhancement and environmental factors:

$$v_d = v_s \times (1 + \alpha \times [\text{NAI}]/1,000) \times f_{\text{met}} \times f_{\text{canopy}} \times f_{\text{wind}} + r_s$$

NAI Enhancement Factor (α): Based on empirical data from Wu et al. (2006), Yu et al. (2012), Wang et al. (2021), and Feng et al. (2023): $\alpha = \alpha_0 \times f_T \times f_{RH}$

where: $\alpha_0 = 0.82$ (baseline from Yu et al., 2012)

$f_T = \max(0.3, 1 - (T - 29)^2/100)$ – Temperature factor with optimal at 29°C

$f_{RH} = \max(0.5, 1 - (RH - 58)^2/400)$ – Humidity factor with optimal at 58% RH

Typical forest conditions: $\alpha \approx 0.59 - 0.64$ under moderate conditions ($T = 24^\circ\text{C}$, $RH = 62\%$)

Environmental Factors: $f_{\text{met}} = f_T \times f_{RH}$ (Wang et al., 2021),

Canopy: $f_{\text{canopy}} = 0.5 + 0.5 \times (\text{vegetationDensity}/100)$,

Wind: For $\text{windSpeed} \leq 2.0$ m/s: $f_{\text{wind}} = \max(0.5, 1 - \text{windSpeed} \times 0.15)$

For $\text{windSpeed} > 2.0$ m/s: $f_{\text{wind}} = \max(0.3, 0.7 - (\text{windSpeed} - 2.0) \times 0.1)$

Base rate: $r_s = 0.0002$ m/s (forested areas), 0.00005 m/s (non-forested areas)

(3) Time required to reduce $\text{PM}_{2.5}$

The time required to reduce $\text{PM}_{2.5}$ concentration from initial to target value: $t = -\ln(C_{\text{target}}/C_0)/\lambda$ derived from exponential decay equation $C(t) = C_0 \times e^{(-\lambda t)}$ where $\lambda = v_d \times 3,600/H$, λ is the decay rate constant per hour, and H mixing height (8 m for natural forests, 12 m for urban forests). The horizontal transport distance during purification: $d = t \times \text{windSpeed} \times 3.6$ (km)

4. Development of the Interactive Model

An interactive model was developed using the React.js framework with Recharts visualization library, designed for user convenience in adjusting parameters to predict $\text{PM}_{2.5}$ removal efficiency in various scenarios.

An Input Section for users to enter various parameters:

- **Vegetation Factors:** forest type, vegetation composition, vegetation density, canopy density, tree height, canopy density, and evergreen ratio
- **Meteorological Factors:** temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, time of day, and season
- **$\text{PM}_{2.5}$ data:** initial concentration, target concentration, and additional NAI quantity from external devices

An Output Section for displaying calculation results:

- **NAI Analysis:** natural NAI concentration and total NAI including external enhancement
- **Velocity Calculations:** Stokes settling velocity and enhanced deposition velocity
- **Performance Metrics:** time and distance required to reduce $\text{PM}_{2.5}$ concentration to target value
- **Uncertainty Analysis:** model confidence bounds based on literature variability

A Visualization Section for displaying results in graphs.



5. Sensitivity Analysis

A comprehensive sensitivity analysis was conducted using $\pm 20\%$ variation for numerical variables and all options for categorical variables. Baseline conditions were set at natural forest parameters (70% vegetation density, 0.6 canopy density, 20°C, 65% relative humidity, summer daytime). Dimensionless sensitivity indices were calculated as $SI = (\Delta \text{Output} / \text{Output}_{\text{baseline}}) / (\Delta \text{Input} / \text{Input}_{\text{baseline}})$. The analysis focused on deposition velocity (mm/s) as the primary target-independent outcome variable, enabling cross-variable comparisons and generalizability across different $PM_{2.5}$ scenarios.

Results

1. The Relationship Between Various Factors and NAI Quantities

Literature review and AI-assisted analysis revealed that NAI concentrations in forest environments are governed by multiplicative relationships between vegetation and meteorological factors. The fundamental relationship can be expressed as: $NAI = \text{BaseNAI} \times \text{VegFactors} \times \text{MeteoFactors}$

Where detailed coefficients and base values are shown in Table 1.

Vegetation density shows the strongest influence (power coefficient: 0.8), producing 58% more NAI at 100% versus 50% density (Miao et al., 2018). Tree-shrub-herb configurations increase production by 30% over single-layer systems, while canopy density provides linear adjustment around 0.5 baseline (coefficient: 0.4) (Wang et al., 2020).

Table 1 Relationship Between Various Factors and NAI Quantities

Factor	Equation/Coefficient	Reference
Base NAI Values	Natural: 5,500, Urban: 1,200, Mixed: 3,000 ions/cm ³	Wang et al. (2020), Zhang et al. (2024)
Vegetation Factors		Niu et al. (2022)
Vegetation Density (%)	$(VD/100)^{0.8}$	
Canopy Density	$1 + (CD - 0.5) \times 0.4$	
Evergreen Ratio	$1 + E \times 0.3$	
Tree Height (m)	$\sqrt{(H / 15)}$	
Vegetation Type	Tree-Shrub-Herb: 1.3, Tree-Shrub: 1.15, Tree-Herb: 1.1, Shrub-Herb: 1.05	
Shrub Diversity	$1 + 0.2 \times \ln(SD + 1)$	
Meteorological Factors		
Relative Humidity (%)	$1 + ((RH - 30) / 50)^{1.5}$	Wang et al. (2020), Zhang et al. (2024)
Temperature (°C)	$\max(0.3, 1 - (T - 18.8 / 25)^2)$	Wang et al. (2020)
Wind Speed (m/s)	$\max(0.5, 1 - W \times 0.15)$	Miao et al. (2018), Niu et al. (2022), Wang et al. (2020), Zhang et al. (2024)
Solar Radiation (W/m ²)	$0.8 + (R / 1000) \times 0.4$	Miao et al. (2018)
Season	Summer: 1.3, Autumn: 1.1, Spring: 0.9, Winter: 0.7	Zhang et al. (2024)
Time of Day	Noon (11-15): 0.6, Night (22-06): 1.4, Morning/Evening: 1.0	Zhang et al. (2024)

Relative humidity dominates meteorological factors with exponential relationship (power: 1.5), where 80% RH produces 2.5× more NAI than 30% RH (Niu et al., 2022). Temperature optimizes quadratically at



18.8°C, wind speed shows negative effects (-0.15 per m/s), and temporal variations include 40% higher nighttime and 86% higher summer production versus winter (Zhang et al., 2024).

The multiplicative model enables synergistic effects, with optimal conditions producing $12\text{--}15\times$ higher NAI concentrations than poor conditions, providing evidence-based guidance for green infrastructure design that maximizes air quality improvement.

2. Interactive Model for Predicting PM_{2.5} Removal Efficiency

The interactive model developed using AI is presented as a Web-based Dashboard as shown in Figure 1, designed for user convenience in adjusting parameters to predict PM_{2.5} removal efficiency in various scenarios. The model can predict the time and distance required to reduce PM_{2.5} concentration to target values.

Basic calculation data

Initial PM_{2.5}: 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **Target PM_{2.5}:** 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **Forest: Type:** Natural Forest
Vegetation: 70% density, 0.6 canopy density, 0.4 Evergreen Ratio, 15 m height, Tree-shrub-herb
Weather: Temperature 20°C, relative humidity 65%, wind speed 1.2 m/s, radiation 500 W/m²
Time: Summer, daytime (assumed 14:00)

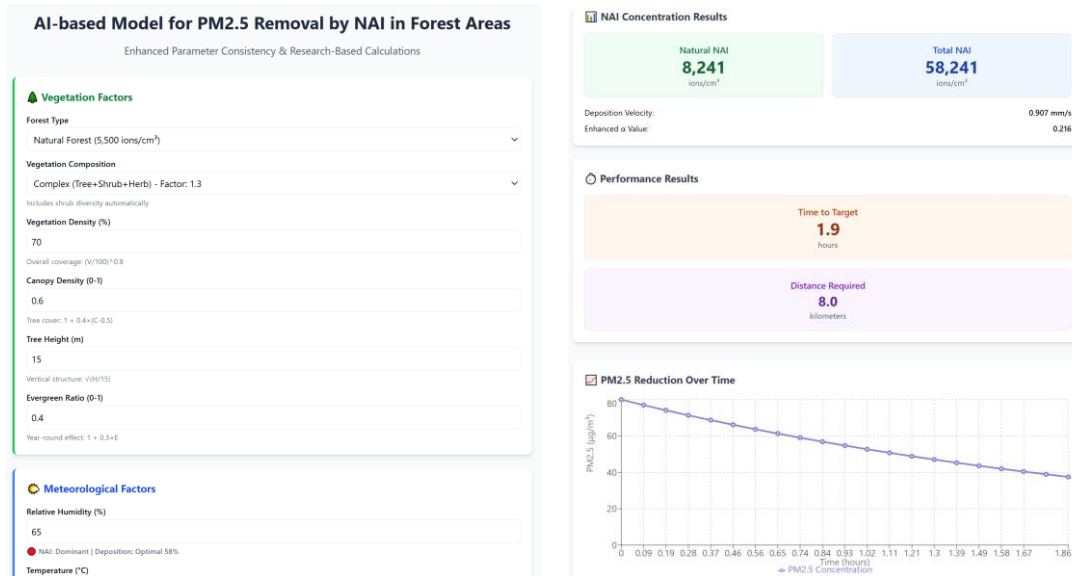


Figure 1 Display screen of the AI-developed interactive model for predicting PM_{2.5} removal efficiency using NAI in forest areas.

Condition 1: NAI 8,241 ions/cm³

This NAI quantity is calculated according to the equation using the specified forest parameters, weather parameters, season, and time of day. Enhanced deposition velocity (v_d) = 0.345 mm/s. Time required = 4.9 h.

Condition 2: Additional NAI device releasing 50,000 ions/cm³

Total NAI = Natural release 8,241 ions/cm³ + 50,000 ions/cm³ = 58,241 ions/cm³. Enhanced deposition velocity (v_d) = 0.907 mm/s. Time required = 1.9 h.



The model shows that in a forest area with natural NAI ($8,241 \text{ ions/cm}^3$), it takes 4.9 h to reduce $\text{PM}_{2.5}$ concentration from $80 \mu\text{g/m}^3$ to $37.5 \mu\text{g/m}^3$. However, when increasing NAI to $58,241 \text{ ions/cm}^3$, the time is reduced to only 1.9 h, demonstrating the significant efficiency of NAI in accelerating dust removal processes.

3. Sensitivity Analysis Results

Under baseline conditions, the model yielded $7,727 \text{ ions/cm}^3$ NAI concentration and 0.3390 mm/s deposition velocity. Sensitivity analysis revealed distinct parameter hierarchies for NAI generation versus $\text{PM}_{2.5}$ deposition velocity (Figure 2), providing insights for forest management optimization.

Parameter analysis revealed time of day as the dominant factor for NAI generation ($5,151 \text{ ions/cm}^3$ sensitivity, #1), while temperature overwhelmingly controlled $\text{PM}_{2.5}$ deposition velocity (0.5128 mm/s sensitivity, #1). Vegetation density emerged as the most influential controllable parameter, ranking fourth for both NAI production ($2,477 \text{ ions/cm}^3$) and deposition processes (0.0507 mm/s).

Category comparison showed meteorological factors demonstrated superior impact over vegetation factors in both processes. For NAI production, meteorological influence reached $13,334 \text{ ions/cm}^3$ versus vegetation factors at $6,842 \text{ ions/cm}^3$, representing 1.9 times greater effect. $\text{PM}_{2.5}$ deposition showed even greater disparity with meteorological factors achieving 0.7157 mm/s compared to vegetation factors at 0.1068 mm/s , indicating 7.0 times higher influence.

Management implications establish vegetation density as the primary controllable parameter for dual-process optimization, providing the highest leverage among manageable factors. Tree height and vegetation type follow as secondary management targets for comprehensive air quality enhancement in forest systems.

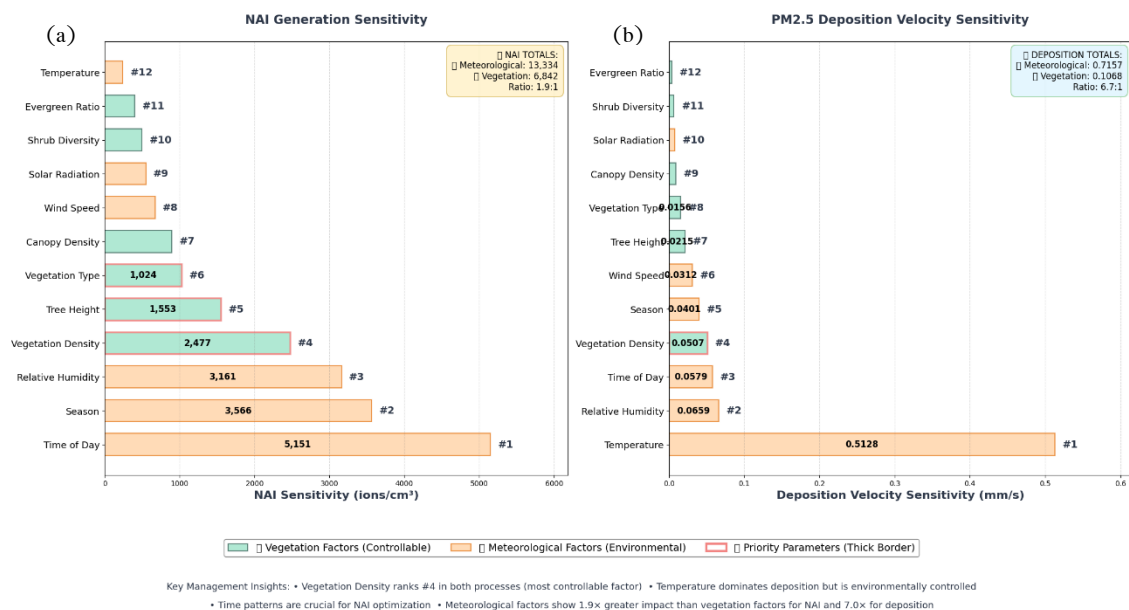


Figure 2 Sensitivity analysis results showing (a) NAI generation sensitivity rankings and (b) $\text{PM}_{2.5}$ deposition velocity sensitivity rankings across vegetation and meteorological factors.



Discussion

Studies of meteorological and vegetation factors revealed that the variables with the highest influence on NAI production in forest areas are relative humidity and vegetation density, as both variables exhibit exponential relationships according to equations synthesized from related research. The optimal temperature for NAI generation was found to be 18.8°C (Wang et al., 2020), with diverse canopy layers demonstrating maximum efficiency. Our findings align with Niu et al. (2022) regarding 30% higher NAI production in tree–shrub–herb configurations, and sensitivity analysis results revealed that time of day is a particularly influential factor on NAI (sensitivity of 5,151 ions/cm³).

Furthermore, the study results showed both consistency and differences with Miao et al. (2018), who reported humidity as having the highest influence (humidity > radiation > temperature > PM_{2.5} concentration). However, our sensitivity analysis found temperature to be the primary controller of PM_{2.5} deposition velocity, with humidity ranking second. Our analysis prioritizes vegetation density (ranking 4th) as the most influential controllable parameter.

When areas utilize plant species arranged in tree–shrub–herb configurations with 40–60% evergreen species proportion and tree heights of 15–20 meters, NAI production can be increased by more than 30% (Niu et al., 2022). Vegetation density is the most influential controllable parameter, so coverage targets of 70–90% should be established for optimal NAI production. To enhance PM_{2.5} removal efficiency, spatial design should maintain canopy density of 0.5–0.7 with diverse plant structures to promote good air circulation.

Our approach emphasizes vegetation density optimization over traditional canopy maximization, focusing on NAI-enhanced electrostatic capture mechanisms rather than passive surface deposition processes. While these research findings provide valuable insights for forest management, several limitations must be acknowledged, including development from academic literature without field validation, steady–state assumptions that may not reflect real–world variability, and integration of geographically diverse data sources. Future research should prioritize field validation in Thailand’s forests, dynamic modeling development, and investigation of multiple PM_{2.5} removal mechanisms.

Conclusions

This research developed an AI-based interactive model revealing distinct environmental factor hierarchies for NAI production versus PM_{2.5} removal efficiency. Vegetation density and relative humidity emerged as primary NAI production factors, with optimal temperature at 18.8°C and tree–shrub–herb configurations providing 30% higher production than single–layer systems. However, temperature dominated PM_{2.5} deposition velocity (0.5128 mm/s), establishing vegetation density as the most influential controllable parameter. The model demonstrates natural forests achieve 8,241 ions/cm³ NAI concentration, reducing PM_{2.5} from 80 to 37.5 µg/m³ in 4.9 hours, while artificial enhancement reduces this to 1.9 hours. Optimal design requires species selection prioritizing tree–shrub–herb configurations with 40–60% evergreen species, vegetation



density at 70–90% coverage, and spatial design maintaining 0.5–0.7 canopy density. These findings provide evidence-based guidance for urban green space planning emphasizing vegetation density optimization and electrostatic processes for air quality management in Thailand and similar tropical regions.

Suggestions

Field data collection in Thailand's forests and green spaces should verify model accuracy under local environmental conditions. Multi-mechanism models incorporating simultaneous dust removal processes should replace exponential decay theory to better simulate complex air-particle interactions in real forest environments.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the Faculty of Engineering, Naresuan University, for providing the graduate scholarship, and the Department of Royal Rainmaking and Agricultural Aviation for granting leave for further studies. Sincere appreciation is also extended to the developers of Claude (by Anthropic) and ChatGPT (by OpenAI) for their valuable support in the conceptualization and modeling processes of this research.

References

- Daniell, W., Camp, J., & Horstman, S. (1991). Trial of a negative ion generator device in remediating problems related to indoor air quality. *Journal of Occupational Medicine*, 33(6), 681–687.
- Feng, H., An, J., Wang, H., Miao, X., Yang, G., Feng, H., Wu, Y., & Ma, X. (2023). The Ecological Healthcare Benefits and Influences of Plant Communities in Urban Wetland Parks. *Forests*, 14(11), 2257. <https://doi.org/10.3390/f14112257>
- Krueger, A. P., & Reed, E. J. (1976). Biological impact of small air ions. *Science*, 193(4259), 1209–1213. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.959834>
- Liang, H., Chen, X., Yin, J., & Da, L. (2014). The spatial-temporal pattern and influencing factors of negative air ions in urban forests, Shanghai, China. *Journal of Forestry Research*, 25(4), 847–856. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0475-9>
- Miao, S., Zhang, X., Han, Y., Sun, W., Liu, C., & Yin, S. (2018). Random Forest Algorithm for the Relationship between Negative Air Ions and Environmental Factors in an Urban Park. *Atmosphere*, 9(12), 463. <https://doi.org/10.3390/atmos9120463>
- Niu, X., Li, Y., Li, M., Zhang, T., Meng, H., Zhang, Z., Wang, B., & Zhang, W. (2022). Understanding vegetation structures in green spaces to regulate atmospheric particulate matter and negative air ions. *Atmospheric Pollution Research*, 13(9), 101534. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101534>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>



- Pengchai, P., Chantara, S., Sopajaree, K., Wangkarn, S., Tengcharoenkul, U., & Rayanakorn, M. (2009). Seasonal variation, risk assessment and source estimation of PM₁₀ and PM₁₀-bound PAHs in the ambient air of Chiang Mai and Lumphun, Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 154, 197–218. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0389-0>
- Phairuang, W., Hongtieab, S., Suwattiga, P., Furuuchi, M., & Hata, M. (2022). Atmospheric ultrafine particulate matter (PM_{0.1})-bound carbon composition in Bangkok, Thailand. *Atmosphere*, 13(10), 1676. <https://doi.org/10.3390/atmos13101676>
- Pino, O., & Ragione, F. L. (2013). There's something in the air: Empirical evidence for the effects of negative air ions (NAI) on psychophysiological state and performance. *Research in Psychology and Behavioral Sciences*, 1(4), 48–53. <https://pubs.sciepub.com/rpbs/1/4/1/>
- Pooltawee, J., Pimpunchat, B., & Junyapoon, S. (2017). Size distribution, characterization and risk assessment of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons during haze periods in Phayao Province, northern Thailand. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 10, 1097–1112. <https://doi.org/10.1007/s11869-017-0497-5>
- Wang, Y., Ni, Z., Wu, D., Fan, C., Lu, J., & Xia, B. (2020). Factors influencing the concentration of negative air ions during the year in forests and urban green spaces of the Dapeng Peninsula in Shenzhen, China. *Journal of Forestry Research*, 31, 2537–2547. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01047-z>
- Wang, J., Li, Z., Liang, X., Zhang, H., & Ou, Y. (2021). PM_{2.5} removal by negative ions and the effects of temperature, humidity and negative-ion concentration. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(6), 5844–5854.
- Wu, C. C., Lee, G. W. M., Cheng, P., Yang, S., & Yu, K. P. (2006). Effect of wall surface materials on deposition of particles with the aid of negative air ions. *Journal of Aerosol Science*, 37(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2005.05.018>
- Yu, K. P. (2012). Enhancement of the deposition of ultrafine secondary organic aerosols by the negative air ion and the effect of relative humidity. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(11), 1296–1304. <https://doi.org/10.1080/10962247.2012.708006>
- Zhang, Y., Hu, Y., Liu, Y., Guo, H., Xue, F., Wang, Y., Hou, S., & Liu, J. (2024). Relative humidity dominances in negative air ion concentration: Insights from one-year measurements of urban forests and natural forests. *Forests*, 15, 295. <https://doi.org/10.3390/f15020295>



การศึกษาประสิทธิภาพการแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมีเทนของจุลินทรีย์

กลุ่มเมทาโนเจนจากระบบบำบัดน้ำเสียในสภาวะไร้อากาศ

สลิลญา อังเพชร¹, ศรัณย์พร เกิดเกาะ² และ ธนพล เพ็ญรัตน์^{1,*}

Efficiency Study of Carbon Dioxide to Methane Conversion

by Methanogenic Microorganisms from Anaerobic Wastewater Treatment Systems

Sarinya Angphet¹, Saranporn Kirdkoh² and Tanapon Phenrat^{1,*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Naresuan University International College, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในการผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายใต้แนวคิดวงจรคาร์บอนแบบปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาแหล่งน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมทาโนเจน และ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในการแปลง CO_2 เป็น CH_4 โดยนำตัวอย่างน้ำเสียจาก 4 แหล่งอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงงานสุราหมัก 2 แห่ง (แหล่งที่ 1 และ 2) โรงงานวันเส้น และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสีย ทดสอบการผลิต CH_4 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 สูตร ได้แก่ ATCC 1340, BS และ TSB โดยปริมาณจุลินทรีย์ตรวจนับด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) ทำการวิเคราะห์ความหลากหลายของจุลินทรีย์ในน้ำแต่ละแหล่งด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ และวัดปริมาณ CH_4 ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) การศึกษาพบว่าน้ำเสียจากโรงงานสุราหมักทั้ง 2 แห่ง มีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจน pH 6.4–7.0, ORP 34.05 ถึง -93 mV มีจุลินทรีย์เมทาโนเจนมากที่สุด (>1,100 MPN/100 มิลลิเมตร) การวิเคราะห์เมตาจีโนมิกส์พบจุลินทรีย์หลายสกุล เช่น *Methanomassiliicoccus*, *Methanobacterium* และ *Methanosarcina* ในการทดลองขวดปฏิกิริยชีวภาพ จุลินทรีย์เริ่มผลิต CH_4 ในวันที่ 9–16 โดยตัวอย่างจากโรงงานสุราหมัก 1 ภายใต้สภาวะการควบคุมอุณหภูมิ 37°C ในสภาวะไร้อากาศ ผลการทดลองพบว่าสามารถแปลง CO_2 เป็น CH_4 ได้สูงถึง ร้อยละ 38.73 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยลักษณะเดียวกัน ผลการศึกษาสะท้อนถึงศักยภาพของระบบและจุลินทรีย์เมทาโนเจนในการเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจกเป็นพลังงานหมุนเวียน และสามารถพัฒนาเป็นระบบหมุนเวียนคาร์บอนที่มีประสิทธิภาพ โดยการปรับปรุงเพิ่มเติม เช่น การเติม H_2 ควบคุมค่า pH และเสริมธาตุอาหารรองที่จำเป็น

คำสำคัญ: มีเทน จุลินทรีย์เมทาโนเจน การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ก๊าซชีวภาพ การแปลงคาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

This research aimed to investigate the potential of anaerobic wastewater treatment systems to produce methane (CH_4) from carbon dioxide (CO_2), under a closed carbon cycle concept. The objectives are to identify industrial wastewater sources suitable for the growth of methanogenic microorganisms and to determine optimal conditions for CO_2 to CH_4 conversion in anaerobic systems. Wastewater samples were collected from four industrial sources: two distilleries (sources 1 and 2), a vermicelli factory, and a tapioca starch factory. Chemical properties of the wastewater were analyzed, and CH_4 production was tested using three nutrient media: ATCC 1340, BS, and TSB. Methanogen populations were quantified using the Most Probable Number (MPN) method, microbial diversity was assessed via metagenomic analysis, and CH_4 production was measured by gas chromatography.



Results showed that wastewater from both distilleries was most favorable for methanogen growth, with pH values ranging from 6.4 to 7.0 and oxidation-reduction potential (ORP) from 34.05 to -93 mV, and contained the highest methanogen abundance (>1,100 MPN/100 mL). Metagenomic analysis revealed several methanogenic genera, including *Methanomassiliicoccus*, *Methanobacterium*, and *Methanosarcina*. In batch bioreactor experiments, CH₄ production was initiated between days 9 and 16, with the highest CO₂ to CH₄ conversion rate reaching 38.73% in a sample from distillery 1, under anaerobic conditions at 37°C. This conversion efficiency is considered high compared to similar studies. The findings demonstrate the potential of using methanogenic microorganisms and anaerobic systems to convert greenhouse gases into renewable energy and support the development of efficient carbon recycling systems. Further enhancement could be achieved through hydrogen (H₂) supplementation, pH control, and the addition of essential trace elements such as Ni, Co, and Fe.

Keywords: Methane, Methanogenic microorganisms, Anaerobic wastewater treatment, Biogas, Carbon dioxide conversion

บทนำ

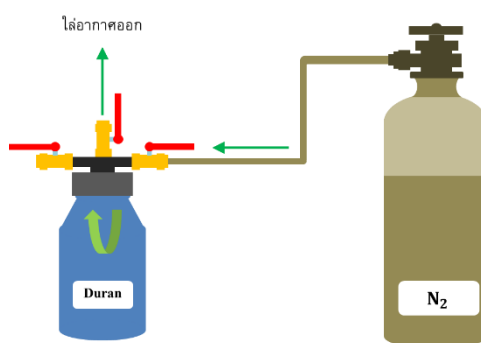
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นปัญหาระดับโลกที่หลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย กำลังเผชิญอยู่ ส่งผลให้เกิดนโยบายมุ่งสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับเป้าหมายนี้คือการดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS) อย่างไรก็ตาม CCS ยังคงมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ ความปลอดภัย และต้นทุนระยะยาว (Faure & Partain, 2017) ส่งผลให้แนวทางการดักจับและใช้ประโยชน์จากคาร์บอน (Carbon Capture and Utilization: CCU) ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากสามารถเปลี่ยน CO₂ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า เช่น ก๊าซมีเทน (CH₄) ที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้โดยตรง (Cuéllar-Franca & Azapagic, 2015) แนวคิดนี้สอดคล้องกับการสร้าง “วงจรคาร์บอนแบบปิด” ที่ช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยการหมุนเวียนคาร์บอนกลับเข้าสู่ระบบผลิตพลังงาน (Koide, 1999; Wellinger et al., 2013) ในธรรมชาติ กระบวนการเมทาโนเจเนซิส (methanogenesis) โดยจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจนสามารถแปลง CO₂ เป็น CH₄ ได้โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจน (H₂) เป็นสารตั้งต้นภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Magrí et al., 2019; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549; มั่นสิน ตันกุลเวศม์, 2542; Myint, 2019) โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงงานสุราหมักหรือแปรรูปอาหาร มักมีถังหมักที่มีจุลินทรีย์กลุ่มนี้อยู่แล้วตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม แม้ระบบดังกล่าวสามารถผลิตมีเทนได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานภายนอก แต่ปริมาณและความเสถียรของ CH₄ ที่ได้ยังไม่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในระดับอุตสาหกรรม (Enzmann et al., 2018) ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแปลง CO₂ เป็น CH₄ โดยใช้ CO₂ จากกระบวนการผลิตอื่นร่วมกับจุลินทรีย์ในระบบที่มีอยู่เดิม จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและมีต้นทุนต่ำ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่มีอยู่เดิมในการผลิต CH₄ จาก CO₂ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าแหล่งน้ำเสียจากอุตสาหกรรมใดเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจน และเพื่อประเมินสภาวะที่เหมาะสมของระบบบำบัดในการแปลง CO₂ เป็น CH₄ อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้เริ่มจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) ทดสอบการผลิต CH₄ ในช่วงปฏิกรณ์ชีวภาพภายใต้สภาวะไร้อากาศโดยใช้อุณหภูมิ 37°C และอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ พร้อมทั้งวิเคราะห์ความหลากหลายของจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ งานของ Enzmann et al. (2018) ยังได้ชี้ให้เห็นศักยภาพของกลุ่ม hydrogenotrophic methanogens ที่สามารถเปลี่ยน CO₂ ให้

เป็น CH_4 ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัย H_2 ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญในการออกแบบระบบที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีผลิตพลังงานหมุนเวียนร่วมกับการลด CO_2 อย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บและเตรียมตัวอย่างน้ำเสียแบบไร้อากาศ

เก็บตัวอย่างน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำไร้อากาศจากแหล่งผลิต 4 แห่ง ประกอบด้วย โรงงานสุราหมัก 1 โรงงานผลิตวุ้นเส้น โรงงานแปรงไม้สำหรับล้าง และโรงงานสุราหมัก 2 โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบไร้อากาศโดยแทนที่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน (N_2) ดังแสดงในรูปที่ 1 ในช่วงเก็บตัวอย่าง (Duran) เก็บรักษาสภาพน้ำในตู้เย็นที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 3–5 องศาเซลเซียส ในระหว่างทำการขนส่งจาก จุดเก็บน้ำตัวอย่าง ไปยังห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำ

2. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อทดสอบการผลิตก๊าซ CH_4 ในอาหารเหลว

จากกลุ่มตัวอย่างจุลินทรีย์อาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิดที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ Tryptone Soya Broth (TSB) Basal Medium (BS) และ ATCC 1340 Medium จากนั้นผสมส่วนประกอบของอาหารแต่ละชนิดในน้ำกลั่น ใช้ Resazurin เป็นอินดิเคเตอร์ หลังจากผสมส่วนประกอบเข้าด้วยกันแล้ว นำอาหารเลี้ยงเชื้อปรับ pH ให้เหมาะสม ผึ่งขวดอาหารเลี้ยงด้วยจุยยาง และปิดทับด้วยฝาอะลูมิเนียม ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อปราศจากเชื้อโดยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) หลังจากทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อปราศจากเชื้อในขณะที่ยังร้อน เติมหีสไนโตรเจน (N_2) เพื่อไล่อากาศออก เติมหีสละลายวิตามิน เติมหีส Reducing agent เข้าไปในเซรัม อาหารเลี้ยงเชื้อปราศจากเชื้อออกซิเจนจะเปลี่ยนสีของ Resazurin จากสีม่วงเป็นไม่มีสี หรือจากสีชมพู เป็นสีเหลือง

3. การนับปริมาณจุลินทรีย์ผลิต CH_4 ด้วยวิธี Most Probable Number (MPN)

การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค MPN ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการประมาณจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่าง กระบวนการเริ่มจากเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน และทำการเจือจางตัวอย่างน้ำตามลำดับ การเพาะเลี้ยงกระทำในสภาวะไร้อากาศที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยมีการสังเกตและบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง วัดปริมาณก๊าซ CH_4 ที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด นับจำนวนหลอดที่พบก๊าซ CH_4 และรายงานจำนวนจุลินทรีย์ผลิตมีเทนโดยอ้างอิงจากตาราง MPN



4. การศึกษาประชากรจุลินทรีย์

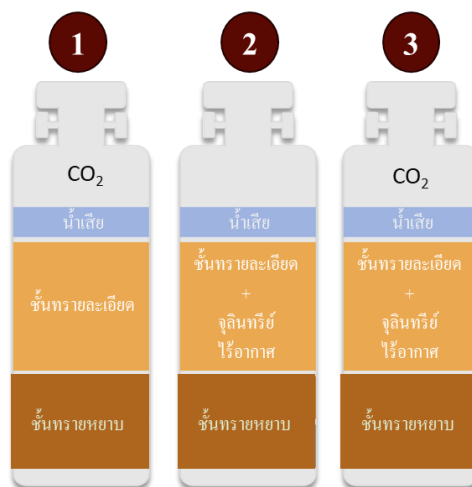
การจำแนกและศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์เมทาโนเจนดำเนินการด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์โดยรวม กระบวนการเริ่มจากการสกัดสารพันธุกรรมจากตัวอย่าง การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ และการวิเคราะห์ลำดับเบสด้วยเทคโนโลยีการหาลำดับจีโนมสมัยใหม่ ผลที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงชนิดและความหลากหลายของจุลินทรีย์เมทาโนเจนในตัวอย่างน้ำเสีย

5. การทดลองในขวดปฏิกรณ์ชีวภาพ

การทดสอบในขวดปฏิกรณ์ชีวภาพเป็นขั้นตอนสำคัญที่จำลองสภาวะการผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) ให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริง โดยใช้ขวดปฏิกรณ์ขนาด 50 มิลลิลิตร เตรียมภายใต้สภาวะไร้อากาศ ในแต่ละขวดประกอบด้วยทรายหยาบ 20 กรัม ทรายละเอียด 30 กรัม น้ำเสีย 33 มิลลิลิตร อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดละ 1 มิลลิลิตรและเติม CO_2 343 μmol โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส ด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และบันทึกปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 23 วัน ทรายหยาบและทรายละเอียดถูกนำมาใช้ในปฏิกรณ์เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทำหน้าที่เสมือนเป็น “แหล่งที่อยู่อาศัยทางชีวภาพ” (bio-support material) ของจุลินทรีย์เมทาโนเจน อีกทั้งยังช่วยกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นภายในปฏิกรณ์

ในการทดลองนี้เลือกใช้น้ำเสียจากโรงงานสุราหมัก 1 และ 2 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าเป็นแหล่งที่มีคุณสมบัติทางเคมีเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจน ทั้งในด้านค่า pH, ORP และปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิตมีเทนได้ในระดับสูง

สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด ได้แก่ Tryptone Soya Broth (TSB) และ Basal Medium (BS) โดยไม่ใช้อาหารสูตร ATCC 1340 เนื่องจากจากผลการทดสอบเบื้องต้นด้วยวิธี MPN พบว่า TSB และ BS สามารถกระตุ้นการผลิตมีเทนได้สูงและมีเสถียรภาพในทุกแหล่งน้ำเสีย ในขณะที่ ATCC 1340 แม้ให้ผลปริมาณจุลินทรีย์สูงเช่นกัน แต่พบปัญหาเรื่องความคงตัวของค่า pH และความซับซ้อนในการเตรียมส่วนผสม ซึ่งอาจส่งผลต่อความยากในการควบคุมสภาวะของระบบปฏิกรณ์ในระยะยาว



รูปที่ 2 การทดลองในขวดปฏิกรณ์ชีวภาพ ทั้ง 3 เงื่อนไข



จากรูปที่ 2 การทดลองในขวดชีวภาพ ทั้ง 3 เงื่อนไข ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 : ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิต เดิมก๊าซ CO₂ ไม่เติมจุลินทรีย์

เงื่อนไขที่ 2 : ใส่ตัวอย่างน้ำจากแหล่งผลิต เดิมจุลินทรีย์ (อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB และ BS) ไม่เติมก๊าซ CO₂

เงื่อนไขที่ 3 : ใส่ตัวอย่างน้ำจากแหล่งผลิต เดิมจุลินทรีย์ (อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB และ BS) เติมก๊าซ CO₂

ผลการศึกษา

1. ผลการเตรียมเซลล์ Coombs control cells โดยวิธี in-house method

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการทำงานของจุลินทรีย์

พารามิเตอร์	สุราหมัก 1	สุราหมัก 2	วันเส้น	แป้งมัน สำปะหลัง	หน่วย	วิธีการดำเนินการ
pH	6.41	6.97	5.32	6.94	-	PCSTestr 35-Eutech
Conductivity	3.985	2.225	1501	3.3	mS/cm	ProLine conductivity
Oxidation Reduction Potential (ORP)	-93	-76	-106	-151	mV	ORPTestr 10
Temperature	33.9	34.05	35.4	30.05	°C	PCSTestr 35-Eutech
Chemical Oxygen Demand (COD)	1320	440	380	1820	mg/L	APHA (2560), 5210 B
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	942	308	266	1274	mg/L	APHA(2560), 5210 B

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าแหล่งผลิตแป้งมันสำปะหลัง และสุราหมัก 2 มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.94-6.97 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 6.8-7.5 ที่เป็นภาวะเหมาะสมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ การวิเคราะห์โออาร์พีพบว่าแหล่งผลิตแป้งมันสำปะหลังและวันเส้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่จุลินทรีย์ไร้อากาศเจริญเติบโตได้ คือน้อยกว่า -100 mV (Breznak & Costilow, 2007) และ เมทาโนเจนน้อยกว่า -330 mV (Hungate, 1969; Mauerhofer et al., 2018) การวิเคราะห์อุณหภูมิพบว่าแหล่งผลิตสุราหมัก 1 วันเส้น และสุราหมัก 2 อยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 32-42 องศาเซลเซียส (Wellinger et al., 2013)

ตารางที่ 2 ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทนด้วยวิธี MPN (มากกว่า 30 วัน)

แหล่งผลิต	ความเจือจาง	TSB	BS	ATCC1340
แหล่งผลิตสุราหมัก 1		>1100	>1100	>1100
แหล่งผลิตสุราหมัก 2		>1100	>1100	>1100
แหล่งผลิตวันเส้น	10 ⁰ ถึง 10 ⁻²	>1100	210	>1100
แหล่งผลิตแป้งมันสำปะหลัง		290	290	>1100

ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ผลิตก๊าซ CH₄ ด้วยวิธี MPN จากตารางที่ 2 พบว่า แหล่งผลิตสุราหมัก 1 และแหล่งผลิตสุราหมัก 2 พบจุลินทรีย์ผลิตก๊าซ CH₄ ได้มากที่สุด ในอาหารทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณจุลินทรีย์ผลิตก๊าซ CH₄ มากที่สุดจำนวนมากกว่า 1100 MPN/100 mL



การวิเคราะห์ประชากรจุลินทรีย์ ตารางที่ 3 พบว่า แหล่งผลิตสุราหมัก 1 และสุราหมัก 2 มีความหลากหลายของจุลินทรีย์กลุ่มผลิต CH_4 มากที่สุด โดยจุลินทรีย์เมทาโนเจนเหล่านี้เจริญเติบโตได้ดีเนื่องจากมีไฮโดรเจนและคาร์บอนเป็นสารตั้งต้น จุลินทรีย์สำคัญที่พบ ได้แก่ *Methanobacterium beijingense* โดยพบในบ่อหมักแบบไร้อากาศ และการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตสุราหมัก *Methanomassiliicoccus luminyensis* โดยพบในอุจจาระมนุษย์และกากตะกอนจากถังย่อยอาหารแบบไร้อากาศ เจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีเมทานอลและไฮโดรเจนเป็นสารตั้งต้น และ *Methanosarcina barkeri* โดยพบในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ สามารถใช้ส่วนผสมของมันเป็นปุ๋ยและน้ำเสียจากกระบวนการกลั่นเอทานอลในการเจริญเติบโต โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีศักยภาพสูงในการนำไปใช้แปลง CO_2 เป็น CH_4 ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

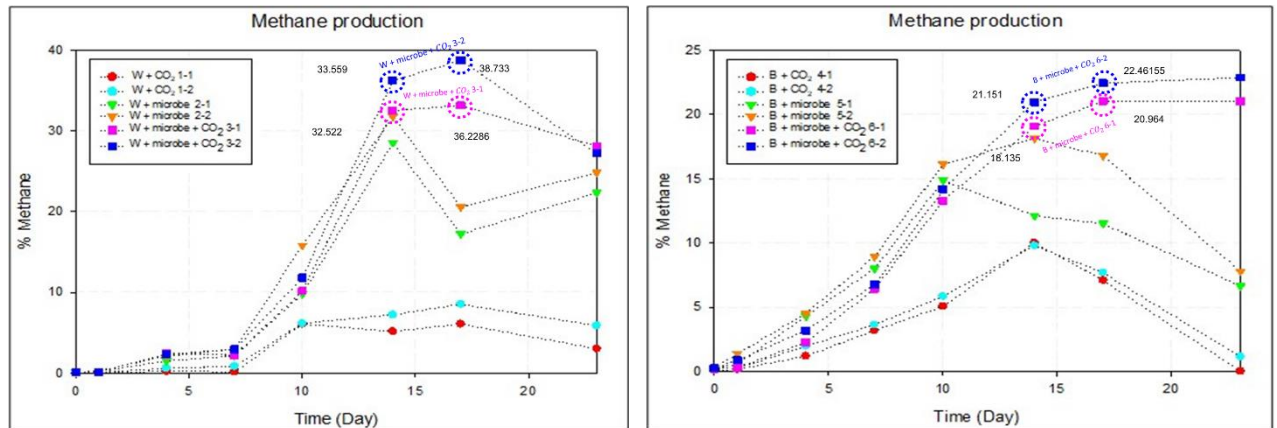
ตารางที่ 3 ผลการศึกษาของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์กลุ่มผลิต CH_4 (Methanogens)

แหล่งผลิต	ข้อมูลประชากรจุลินทรีย์		
	อันดับ (Order)	สกุล (Genus)	ชนิด (Species)
สุราหมัก 1	<i>Methanomassiliicoccales</i>	<i>Methanomassiliicoccus</i>	<i>Methanomassiliicoccus luminyensis</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium beijingense</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium congolense</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium ferruginis</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium formicicum</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobrevibacter</i>	<i>Methanobrevibacter acididurans</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanosphaera</i>	<i>Methanosphaera stadtmanae</i>
	<i>Methanosarcinales</i>	<i>Methanosarcina</i>	<i>Methanosarcina barkeri</i>
วันเส้น	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium beijingense</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium formicicum</i>
	<i>Methanosarcinales</i>	<i>Methanosarcina</i>	<i>Methanosarcina barkeri</i>
แป้งมันสำปะหลัง	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium beijingense</i>
	<i>Methanosarcinales</i>	<i>Methanosarcina</i>	<i>Methanosarcina barkeri</i>
	<i>Methanotrichales</i>	<i>Methanotrix</i>	<i>Methanotrix soehngenii</i>
สุราหมัก 2	<i>Methanomassiliicoccales</i>	<i>Methanomassiliicoccus</i>	<i>Methanomassiliicoccus luminyensis</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium beijingense</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium congolense</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobacterium</i>	<i>Methanobacterium ferruginis</i>
	<i>Methanobacteriales</i>	<i>Methanobrevibacter</i>	<i>Methanobrevibacter acididurans</i>
	<i>Methanosarcinales</i>	<i>Methanosarcina</i>	<i>Methanosarcina barkeri</i>

จากรูปที่ 3 เปรียบเทียบให้ผลผลิต CH_4 สูงสุด W + microbe + CO_2 3-2 (สีน้ำเงิน) เป็นน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 1 ให้ผลผลิต CH_4 สูงสุดที่ประมาณ 38.73% ในวันที่ 17 รองลงมาคือ W + microbe + CO_2 3-1 (สีม่วง) ที่ให้ผลผลิตประมาณ 33.56% การผลิต CH_4 เริ่มต้นในช่วง 5 วันแรก จากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างวันที่ 10-14 และพีกสูงสุดที่วันที่ 17 ก่อนจะเริ่มลดลงหลังจากนั้น B + microbe + CO_2 6-2 (สีน้ำเงิน) เป็นน้ำเสียจากแหล่งสุราหมัก 2 ให้ผลผลิต CH_4 สูงสุดที่ประมาณ 22.46% ในวันที่ 17 รองลงมาคือ B + microbe + CO_2 6-1



(สีม่วง) ที่ให้ผลผลิตประมาณ 21.15% มีแนวโน้มคล้ายกับสุราหมัก 1 แต่เริ่มผลิต CH_4 เร็วกว่า โดยเริ่มเห็นการเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 5 แล้วค่อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 3 แสดงผลการตรวจวัดก๊าซ CH_4 ของจุลินทรีย์ในขวดปฏิกรณ์ชีวภาพ ของแหล่งผลิตสุราหมัก 1 และ 2

หมายเหตุ : W+CO₂ 1-1, 1-2 คือ ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 1 เติมก๊าซ CO₂ ไม่เติมจุลินทรีย์
 W+ microbe 2-1, 2-2 คือ ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 1 เติมจุลินทรีย์ ไม่เติมก๊าซ CO₂
 W+ microbe+CO₂ 3-1, 3-2 คือ ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 1 เติมจุลินทรีย์ เติมก๊าซ CO₂
 B+CO₂ 4-1, 4-2 คือ ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 2 เติมก๊าซ CO₂ ไม่เติมจุลินทรีย์
 B+ microbe 5-1, 5-2 คือ ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 2 เติมจุลินทรีย์ ไม่เติมก๊าซ CO₂
 B+ microbe+CO₂ 6-1, 6-2 คือ ใส่ตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมัก 2 เติมจุลินทรีย์ เติมก๊าซ CO₂

จากการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Most Probable Number (MPN) พบว่าตัวอย่างจากแหล่งผลิตสุราหมักทั้งสองแห่งมีปริมาณจุลินทรีย์เมทาโนเจนสูงที่สุด (>1,100 MPN/100 mL) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ สามารถจำแนกจุลินทรีย์เมทาโนเจนหลัก ได้แก่ *Methanobacterium beijingense*, *Methanomassiliicoccus luminyensis* และ *Methanosarcina barkeri* ได้อย่างชัดเจน การทดลองในขวดปฏิกรณ์ชีวภาพแสดงให้เห็นว่า เงื่อนไขที่มีทั้งจุลินทรีย์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ส่งผลให้สามารถผลิตก๊าซมีเทน (CH₄) ได้ในปริมาณสูงสุดถึงร้อยละ 38.73 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียในการแปลง CO₂ เป็น CH₄ ทั้งในแง่ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการผลิตพลังงานหมุนเวียน

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณการผลิตก๊าซมีเทน (CH₄) มากที่สุด ได้แก่ ค่าศักย์รีดอกซ์ (ORP) ($r = 0.47$) และการเติมอาหารเลี้ยงเชื้อ (เติม microbe) ($r = 0.38$) โดยอยู่ในระดับความสัมพันธ์ต่ำถึงปานกลาง อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณไม่พบตัวแปรใดที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณ CH₄ ที่ผลิตได้ ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านขนาดและความหลากหลายของชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเบื้องต้น

อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำตัวอย่างพบว่าแหล่งผลิตสุราหมักทั้ง 2 แห่ง มีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจน (pH 6.4–7.0, ORP -76 ถึง -93 mV) สอดคล้องกับ Breznak and Costilow (2007) ที่ระบุว่าจุลินทรีย์ไร้อากาศต้องการค่า ORP ต่ำกว่า -100 mV ผลการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิต CH₄ ด้วยเทคนิค MPN >1100 MPN/100 mL และเมตาจีโนมิกส์ยืนยันว่าแหล่งผลิตสุราหมักมีทั้งปริมาณความหลากหลายของเมทาโนเจนสูงที่สุด โดยเฉพาะ *Methanobacterium beijingense* และ *Methanosarcina barkeri*



ซึ่งมีความสามารถในการใช้ H_2 และ CO_2 เป็นสารตั้งต้นการทดลองในขวดปฏิกรณ์พบว่าเงื่อนไข ($W+microbe+CO_2$) ของแหล่งผลิตสุราหมัก 1 จุลินทรีย์และการเติม CO_2 ให้ผลผลิต CH_4 สูงสุด 38.73% เป็นไปตามทฤษฎีของ Enzmann et al. (2018) ที่อธิบายว่าเมทาโนเจนกลุ่ม hydrogenotrophic ต้องการทั้ง H_2 และ CO_2 เป็นสารตั้งต้นในการผลิต CH_4 ความน่าสนใจของผลการศึกษาอยู่ที่ประสิทธิภาพการแปลง CO_2 เป็น CH_4 ที่ค่อนข้างสูง (38.73%) ในสภาวะห้องปฏิบัติการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดสู่ระบบขนาดใหญ่ในระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมผลิตสุราหมักที่มีจุลินทรีย์เมทาโนเจนที่เหมาะสมอยู่แล้วในระบบบำบัดน้ำเสีย การพัฒนาระบบปฏิกรณ์ชีวภาพที่เชื่อมต่อกับแหล่งปล่อย CO_2 ของโรงงาน เช่น ปล่องไอเสียจากหม้อไอน้ำหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะช่วยให้สามารถดักจับ CO_2 และป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีจุลินทรีย์เมทาโนเจนอยู่แล้ว เพื่อแปลงเป็น CH_4 ที่สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกครั้ง สร้างวงจรคาร์บอนแบบปิดที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ข้อจำกัดที่พบในการศึกษานี้คือระยะเวลาในการผลิต CH_4 ที่ค่อนข้างนาน (เริ่มผลิตในวันที่ 9-16) ซึ่งในการพัฒนาต่อยอดสู่ระบบอุตสาหกรรมจริง จำเป็นต้องปรับปรุงประสิทธิภาพให้เร็วขึ้น อาจทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของจุลินทรีย์ตั้งต้น การปรับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียให้เอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือการพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์เมทาโนเจนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานของตัวอย่างน้ำเสียไร้อากาศจากแหล่งผลิตสุราหมัก 1 วุ้นเส้น แป้งมันสำปะหลังและสุราหมัก 2 มาศึกษาจุลินทรีย์เมทาโนเจน ก๊าซชีวภาพที่ทำการตรวจวัดในการศึกษานี้ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตั้งต้นที่แบคทีเรียกลุ่มเมทาโนเจน นำมาใช้ในการผลิตก๊าซ CH_4 ดังนั้นการศึกษานี้จึงให้ความสนใจจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซ CH_4 เป็นหลัก การศึกษาพบว่าน้ำเสียจากแหล่งผลิตสุราหมักมีคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสม (pH 6.4-7.0, ORP -93 mV) ต่อการเจริญของจุลินทรีย์เมทาโนเจน การตรวจนับด้วยเทคนิค MPN พบปริมาณจุลินทรีย์ผลิต CH_4 สูงที่สุด (>1100 MPN/100 mL) ในแหล่งผลิตสุราหมักทั้ง 2 แหล่ง การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ระบุจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจนหลักคือ *Methanobacterium beijingense*, *Methanomassiliicoccus luminyensis* และ *Methanosarcina barkeri* การทดลองในขวดปฏิกรณ์ชีวภาพแสดงให้เห็นว่าเงื่อนไขที่มีทั้งจุลินทรีย์และก๊าซ CO_2 สามารถผลิต CH_4 ได้สูงสุด (38.73%) ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการนำจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ในการแปลง CO_2 เป็น CH_4 เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลิตพลังงานหมุนเวียน ผลการศึกษานี้สนับสนุนแนวคิดการพัฒนาเทคโนโลยี Carbon Capture and Utilization (CCU) แบบบูรณาการกับระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้วในอุตสาหกรรม ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเทียบกับเทคโนโลยี Carbon Capture and Storage (CCS) แบบดั้งเดิม ได้แก่ ลดความจำเป็นในการหาสถานที่กักเก็บ CO_2 ในระยะยาว เนื่องจากการแปลง CO_2 ให้เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สร้างวงจรคาร์บอนแบบปิดในอุตสาหกรรม โดยการหมุนเวียนคาร์บอนกลับมาใช้ซ้ำแทนการปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ ลดต้นทุนในการติดตั้งระบบ เนื่องจากสามารถใช้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้ว (ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ) ซึ่งทำให้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้มีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพิ่มความยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยลดการปล่อย CO_2 สุทธิและลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลใหม่ การศึกษาในอนาคตควรมุ่งเน้นการขยายขนาดระบบสู่ระดับโรงงานต้นแบบ (pilot scale) เพื่อประเมินความ



เป็นไปได้ในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ในสภาวะจริง รวมถึงการพัฒนาเทคนิคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเร็วในการแปลง CO₂ เป็น CH₄ ให้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษารั้งต่อไปควรพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการชีวภาพร่วมกับการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดจริง เช่น ปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อป้อน CO₂ เข้าสู่ระบบหมักไร้อากาศที่มีจุลินทรีย์เมทาโนเจนอยู่แล้ว โดยตรง แนวทางนี้จะช่วยสร้างระบบแบบไฮบริดที่สามารถหมุนเวียนคาร์บอนภายในกระบวนการผลิต ลดการปล่อย CO₂ สู่บรรยากาศ และเพิ่มมูลค่าจากของเสียในรูปของพลังงานชีวภาพ (CH₄) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิริวรรณ วิชัย อาจารย์ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้คำแนะนำในขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ไปจนถึงการศึกษากลุ่มประชากรจุลินทรีย์ นางสาวศรัญญา ทองคำน้อย นางสาวกุสุมา รินทะไชย รวมถึงนางสาวจันทิรา นิยมเลิศ สำหรับการช่วยอ่านต้นฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2549). ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
มันลิน ตันทุลเทศม์. (2542). เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1. (ม.ป.ท.)
- Breznak, J. A., & Costilow, R. N. (2007). Physicochemical factors in growth. In C. A. Reddy, T. J. Beveridge, J. A. Breznak, G. A. Marzluf, T. M. Schmidt, & L. R. Snyder (Eds.), *Methods for general and molecular microbiology* (3rd ed., pp. 309–329). ASM Press.
- Cuéllar-Franca, R. M., & Azapagic, A. (2015). Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts. *Journal of CO₂ Utilization*, 9, 82–102. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.12.001>
- Enzmann, F., Mayer, F., Rother, M., & Holtmann, D. (2018). Methanogens: Biochemical background and biotechnological applications. *AMB Express*, 8(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0684-2>
- Faure, M. G., & Partain, R. A. (2017). *Carbon capture and storage: Efficient legal policies for risk governance and compensation*. MIT Press.
- Hungate, R. E. (1969). A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In J. R. Norris & D. W. Ribbons (Eds.), *Methods in microbiology* (Vol. 3B, pp. 117–132). Academic Press.
- Koide, H. (1999). Carbon dioxide storage in the subsurface. *Journal of Petroleum Technology*, 51(8), 40–48. <https://doi.org/10.2118/57482-JPT>
- Magrí, A., Giovannini, F., Connan, R., Bridoux, G., & Béline, F. (2019). Nutrient management from biogas digester effluents: a bibliometric-based analysis of publications and patents. *International Journal of*



Environmental Science and Technology, 16(7), 3423–3432. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2151-7>

- Mauerhofer, L. M., Reischl, B., Schmider, T., Schupp, B., Nagy, K., Pappenreiter, P., Zwirtmayr, S., Schuhbauer, S., & Lomitsch, M. (2018). Physico-chemical tolerances and growth dynamics of *Methanothermobacter marburgensis* under simulated deep subsurface conditions. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2386. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02386>
- Myint, M. (2019). Hydrogen production, transport, and use from methane for PEM fuel cells. In V. Popa (Ed.), *Hydrogen production technologies* (pp. 93–135). Wiley.
- Wellinger, A., Murphy, J., & Baxter, D. (2013). *The biogas handbook: Science, production and applications*. Woodhead Publishing



วิเคราะห์การลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส

พรรคพล บุญเรือง¹, สิริธร เปาเล้ง¹, นวปิรียา ศรีบุญ¹, วิชชาลัย พุกโหมด¹

และสมพร เรืองสินชัยวานิช^{1,*}

Analysis of Single-Phase Transformer Short Circuit

Phakkhaphon Bunreang¹, Sireetorn Pawleng¹, Nawipeeya Sribun¹, Witchalai Phukmod¹

and Somporn Ruangsinchaiwanich^{1,*}

¹ภาควิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: sompormr@nu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอการวิเคราะห์การลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส โดยมุ่งเน้นการศึกษาคุณลักษณะของขดลวดตัวนำของหม้อแปลงไฟฟ้าภายใต้สภาวะการลัดวงจร วัตถุประสงค์ของบทความนี้คือการแสดงอิทธิพลในทางปฏิบัติต่อหม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด ตัวอย่างเช่น ประสิทธิภาพ ความร้อนสะสม และความปลอดภัยของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ ที่อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า 220/12 โวลต์ และความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิร์ตซ์ ถูกใช้เป็นพื้นฐานในการทดสอบการทำงานของขดลวดตัวนำ อีกทั้งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในคำนวณสำหรับการปรับปรุงหม้อแปลงไฟฟ้าต่อมา ซึ่งถูกเรียกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าตัว 2 ผลการทดลองพบว่าเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าถูกทดสอบเต็มพิกัดเป็นเวลานาน ส่งผลให้หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดการสูญเสียที่สูงและทำให้เกิดความร้อน ส่งผลให้ฉนวนเกิดความเสียหาย ทั้งนี้งานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางสำหรับนักวิจัยสำหรับการพัฒนาหรือการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าต่อไป

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้า ความร้อน การลัดวงจร ขดลวดตัวนำ

Abstract

This article analyzes a single-phase transformer short circuit, emphasizing the features of the transformer winding under such conditions. This article aims to illustrate the practical effects on the transformer during load operation, including efficiency, thermal accumulation, and safety considerations. A prototype transformer featuring a voltage ratio of 220/12 volts and a frequency of 50 hertz served as the foundation for evaluating winding performance, and these parameters were utilized in calculations for later enhancements, designated as the second transformer. The experimental findings indicated that testing the transformer at full capacity for prolonged durations resulted in significant losses and heat generation, ultimately causing insulation degradation. This research may provide a framework for researchers in the development or design of future transformers.

Keywords: Electrical Transformer, Heat, Short Circuit, Winding Inductance

บทนำ

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมในระบบสายส่งเพื่อให้ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นหรือต่ำลงตามความเหมาะสมและความต้องการ หลักการพื้นฐานอาศัการทำงานของการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดและแกนเหล็ก ในปัจจุบันการแข่งขันของบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าการแข่งขันมุ่งเน้นราคาของหม้อแปลง ทั้งนี้ราคาที่ต่ำกว่าอาจส่งผลต่อความจุใจของผู้ซื้อหรือบริษัทจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งนี้การได้มาของราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า บริษัทผู้ผลิตอาจเลือกชนิดหรือปริมาณ



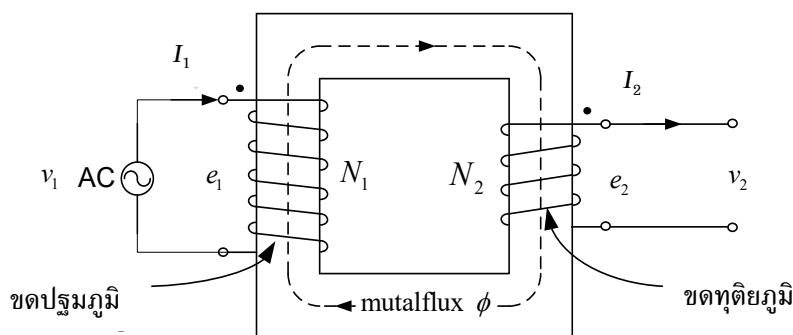
ของวัสดุที่มีราคาถูกเพื่อการแข่งขันทางการตลาด และอาจส่งผลต่อความคงทนของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อถูกใช้งาน เนื่องจากการพิจารณาการเลือกวัสดุจากราคาเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้การใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่ำจะส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าขณะใช้งาน ขณะที่ความทนทานของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต่ำอาจส่งผลต่ออายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า รวมทั้งความเสียหายอย่างรุนแรง เช่น ขดลวดหม้อแปลงไหม้ เป็นต้น

การลัดวงจรในหม้อแปลงไฟฟ้าอาจเกิดขึ้นจากหลากหลายสาเหตุ ทั้งจากความผิดพลาดจากผู้ใช้งาน เช่น ขณะทำการเชื่อมต่อหรือการสัมผัสกันระหว่างขั้วไฟฟ้า หรือการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ตัวอย่างเช่น การเสื่อมสภาพของฉนวนในตัวหม้อแปลง เนื่องจากการจ่ายโหลด และการบำรุงรักษาที่ไม่เหมาะสม ขณะที่ กันตักนิษฐ์ งามุกดา และคณะ (2566) ได้นำเสนอการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า โดยคำนึงถึงการลดกำลังสูญเสียในขดลวดทองแดง อีกทั้ง Tingting Wang et al. (2017) การศึกษาเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดในหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้ วิธีการวัดความต้านทานขดลวด โดยผลของการศึกษาได้วิธีการวัด ความต้านทานที่แม่นยำ การปรับเส้นโค้งแบบพหุนามและการประเมินความไม่แน่นอน ทั้งนี้ Alina O. Popadin et al. (2020) ได้นำเสนอการพิจารณาการลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส โดยพิจารณาโมเดลทางคณิตศาสตร์ของวงจรสมมูลขณะหม้อแปลงไฟฟ้าทำการลัดวงจร และ Milad Akbari et al. (2021) ได้นำเสนอการคำนวณอินตีก์แดนซ์ของช่องว่างอากาศของหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะทรานเซียนต์ (Transient) โดยพิจารณาในช่วงการจ่ายแบบไม่สมดุล และ Rajkumar M et al. (2024) ได้นำเสนอการประมาณการของความร้อนที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทดสอบลัดวงจร โดยยึดรูปแบบ IEEE และ IS/IEC ในการวัดอุณหภูมิของขดลวดตัวนำเปรียบเทียบกับค่าที่ประมาณการ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการทดสอบลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มีพิกัดพื้นฐานที่ 220/12 โวลต์ และความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิร์ตซ์ โดยมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบของการลัดวงจรแบบเกินพิกัดในหม้อแปลงไฟฟ้า โดยจะศึกษาผลกระทบของ อุณหภูมิและความต้านทานในขดลวดตัวนำ และเปรียบเทียบผลการทดลองกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ได้รับการปรับปรุง

โมเดลหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการลัดวงจร

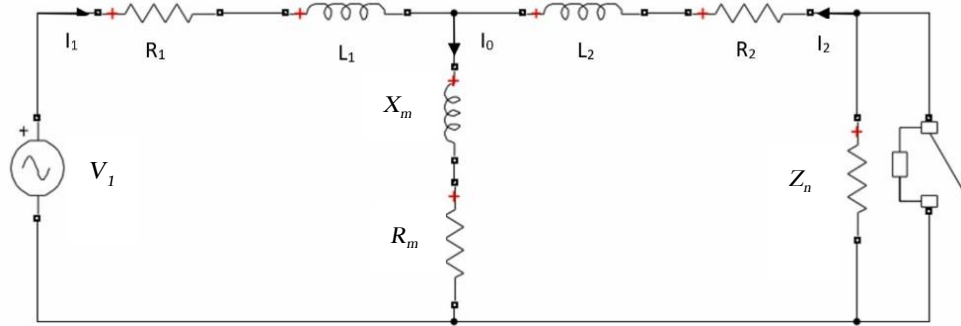
ทฤษฎีหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด (Transformer with No Load) สามารถเขียนวงจรพื้นฐานได้ดังแสดงในรูปที่ 1 พบว่าขดลวดทุติยภูมิ (N_2) อยู่ในสภาวะเปิดวงจรหรือไม่มีโหลด ขณะที่แรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (V_1) ถูกต่อร่วมกับขดลวดปฐมภูมิ (N_1) ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านด้านปฐมภูมิ (I_1) น้อยมาก (สามารถพิจารณาเป็นกระแสขณะไม่มีโหลด) ดังนั้นการสูญเสียในขดลวดตัวนำของขดลวดปฐมภูมิจึงมีค่าน้อย กระแสที่ไหลเข้าไปใช้สร้างสนามแม่เหล็ก ขณะที่ขดลวดทุติยภูมิไม่มีการสูญเสีย เพราะไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิ



รูปที่ 1 วงจรการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด



ขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโหลด การสูญเสียในขดลวดตัวนำของขดลวดด้านปฐมภูมิจะมีปริมาณขึ้นอยู่กับโหลดและชนิดของโหลด ทั้งนี้เมื่อโหลดมีขนาดใหญ่ การทดสอบสามารถทำการลัดวงจรด้านทุติยภูมิเพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้าแสดงการสูญเสียของขดลวดทั้งสองด้าน ทั้งนี้ต้องคำนวณกระแสลัดวงจรที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นที่ขดลวดตัวนำทั้งสองด้าน อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์การลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อเห็นผลกระทบต่างๆ ขั้นตอนนี้แสดงวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ขณะทำการทดสอบการลัดวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรสมมูลหม้อแปลงไฟฟ้าขณะลัดวงจร

สามารถพิจารณากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิได้จาก

$$I_1 = \frac{V_1}{R_{eq}} \quad (1)$$

สามารถแทนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

$$I_1 = \frac{V_1 \cdot (Z_n + X_2 + X_m)}{X_m \cdot X_2 + X_m \cdot Z_n + X_1 \cdot (Z_n + X_2 + X_m)} \quad (2)$$

เมื่อ

$$X_1 = Z_{L1} + R_1, X_2 = Z_{L2} + R_2, X_m = Z_m + R_m$$

ดังนั้น

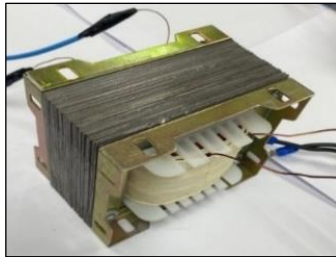
$$I_2 = \frac{V_1 \cdot X_m}{Z_n \cdot X_m + X_2 \cdot X_m + X_1 \cdot (X_m + X_2 + Z_n)} \quad (3)$$

ทั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Law) ในการแสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ขณะลัดวงจร [5] สามารถเขียนได้

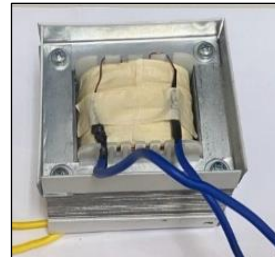
$$\begin{cases} i_1 + i_2 = i_3 \\ i_1 \cdot R_1 + L' \cdot \frac{di_1}{dt} + M \cdot \frac{di_1}{dt} + M \cdot \frac{di_2}{dt} + i_1 \cdot R_m + i_2 \cdot R_m = v_1 \\ i_2 \cdot R_2 + L'' \cdot \frac{di_2}{dt} + M \cdot \frac{di_1}{dt} + M \cdot \frac{di_2}{dt} + i_1 \cdot R_m + i_2 \cdot R_m = 0 \end{cases} \quad (4)$$

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

หม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบสำหรับงานวิจัย หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวที่ 1 (ต้นแบบ) ใช้แกนเหล็กแบบเชลล์ (Shell Type) โดยใช้แกนเหล็ก EI รุ่น 96 ชนิด 1 เฟส พิกัดกำลังไฟฟ้า 148.5 โวลต์แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 220/12 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต ดังแสดงในรูปที่ 3(ก) ขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวที่ 2 (ปรับปรุง) ดังแสดงในรูปที่ 3(ข) ใช้แกนเหล็กแบบเชลล์ (Shell Type) โดยใช้แกนเหล็ก EI รุ่น 96 ชนิด 1 เฟส สามารถ แรงดันไฟฟ้า 220/12 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต โดยใช้การปรับปรุงแบบควบคุมราคาวัสดุให้ใกล้เคียงกับต้นแบบ ที่ต้นทุนไม่เกิน 550 บาท



(ก) หม้อแปลงไฟฟ้า 1 (ต้นแบบ)



(ข) หม้อแปลงไฟฟ้า 2

รูปที่ 3 หม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ และหม้อแปลงไฟฟ้า 2

ตารางที่ 1 แสดงอุปกรณ์และข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบ งานวิจัยนี้ เช่น แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า 4 ชุด ทำการวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้าน, อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ และวัตต์มิเตอร์ และตารางที่ 2 - 3 แสดงข้อมูลพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองชุด

ตารางที่ 1 อุปกรณ์และข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์	ข้อมูลพื้นฐาน
	แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับ 0-220 V
	แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ยี่ห้อ KEYSIGHT รุ่น U1242B
	อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT301A
	วัตต์มิเตอร์

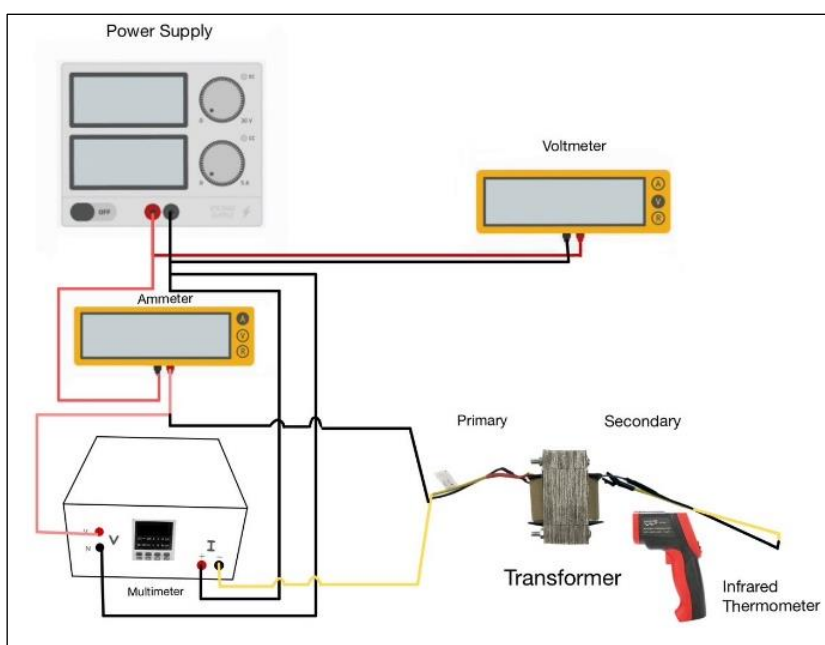


ตารางที่ 2 ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า 1 (ต้นแบบ)

พารามิเตอร์	รายละเอียด
ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	220/12
กำลังไฟฟ้า (โวลต์แอมป์)	148.5
ความหนาของแกนเหล็ก (มิลลิเมตร)	38.64
จำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (รอบ)	900
จำนวนรอบของขดลวดด้านทุติยภูมิ (รอบ)	79
พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านปฐมภูมิ (ตารางเมตร)	0.2047×10^{-6}
พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านทุติยภูมิ (ตารางเมตร)	0.2463×10^{-6}

ตารางที่ 3 ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า 2

พารามิเตอร์	รายละเอียด
ระดับแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	220/12
กำลังไฟฟ้า (โวลต์แอมป์)	179.74
ความหนาของแกนเหล็ก (มิลลิเมตร)	38.64
จำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (รอบ)	708
จำนวนรอบของขดลวดด้านทุติยภูมิ (รอบ)	62
พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านปฐมภูมิ (ตารางเมตร)	0.2463×10^{-6}
พื้นที่หน้าตัดของขดลวดด้านทุติยภูมิ (ตารางเมตร)	0.5100×10^{-6}



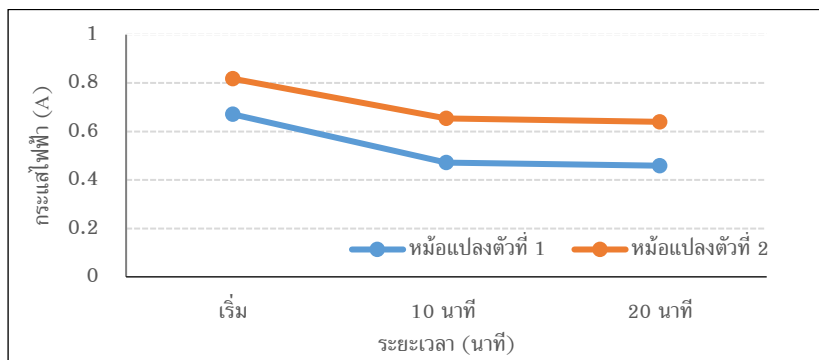
รูปที่ 4 วงจรหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการลัดวงจร



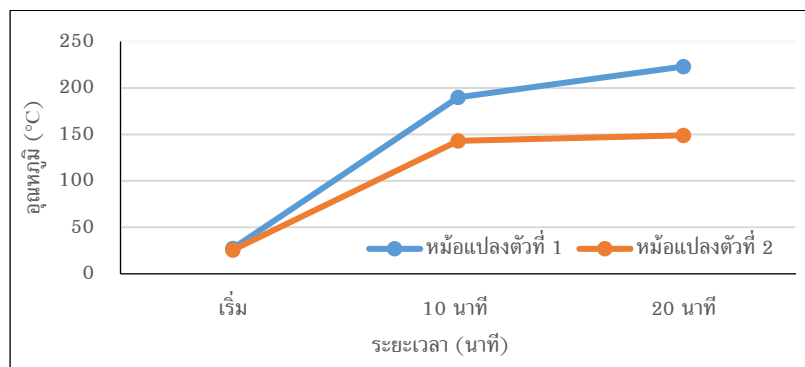
รูปที่ 4 แสดงวงจรสำหรับการทดสอบแบบลัดวงจร ที่มีทั้งหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ ขณะทำการลัดวงจร โดยพิจารณากระแสไฟฟ้าขณะหม้อแปลงไฟฟ้าลัดวงจรเต็มพิกัด และทำการบันทึกค่าอุณหภูมิของขดลวดตัวนำของหม้อแปลงไฟฟ้า พร้อมทั้งวิเคราะห์อุณหภูมิของขดลวดตัวนำที่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้กระแสไฟฟ้าไหลในหม้อแปลงไฟฟ้าโดยไม่ต้องผ่านภาระ (อย่างไรก็ตามต้องระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดขณะทำการทดสอบ) และทำการบันทึกพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่น กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

ผลการศึกษา

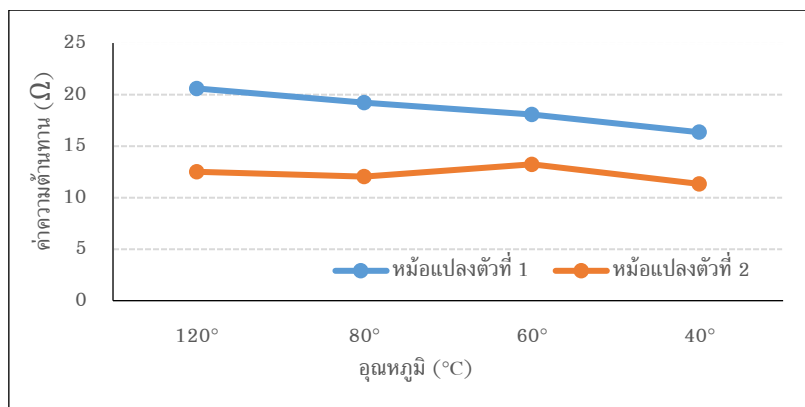
โดยการทดสอบลัดวงจรในห้องปฏิบัติการ แบบเต็มพิกัด (100%) ของกระแสลัดวงจรที่ขดลวดทางด้านปฐมภูมิ ขณะเริ่มทดสอบ ทำการทดสอบ ในระยะเวลา 10 นาที และ 20 นาที เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นบันทึกค่า พร้อมเป็นการเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์และค่าความต้านทานของขดลวดเมื่ออุณหภูมิของขดลวดตัวนำในหม้อแปลงไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง ในแต่ละด้านของหม้อแปลงไฟฟ้า นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ ได้ตั้งกราฟในรูปที่ 4 – 7



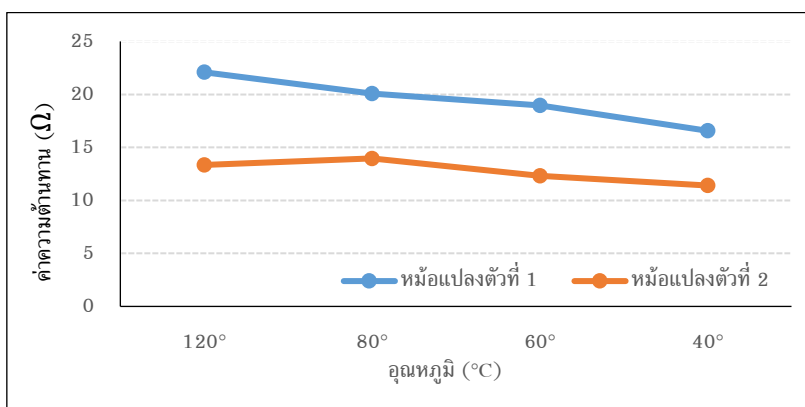
รูปที่ 4 กระแสไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทำการทดสอบลัดวงจรที่โหลดเต็มพิกัด 100 %



รูปที่ 5 อุณหภูมิหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทำการทดสอบลัดวงจรที่โหลดเต็มพิกัด



รูปที่ 6 ความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทดสอบลัดวงจรที่โหลดเต็มพิกัด



รูปที่ 7 ความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทดสอบลัดวงจรที่โหลดเต็มพิกัด



หม้อแปลงไฟฟ้า 1 (ต้นแบบ)



หม้อแปลงไฟฟ้า 2

รูปที่ 8 ผลของการลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 (ต้นแบบ) และหม้อแปลงไฟฟ้า 2

ตารางที่ 4 การประมาณราคาของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 (หม้อแปลงไฟฟ้าต้นแบบ)

รายการ	ราคา/หน่วย(บาท)	น้ำหนัก (kg)	ราคารวม(บาท)
ขดลวดทองแดง	600.00	0.33	198.00
แกนเหล็ก EI-96	136.50	1.77	241.60
บ๊อบบินหม้อแปลง	45.00	-	45.00
อื่นๆ	-	-	30.00
รวมทั้งสิ้น			514.60



ตารางที่ 5 การประมาณราคาของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2

รายการ	ราคา/หน่วย(บาท)	น้ำหนัก (kg)	ราคารวม(บาท)
ขดลวดทองแดง	600.00	0.38	288.00
แกนเหล็ก EI-96	136.50	1.77	236.15
บ๊อบบี้หม้อแปลง	45.00	-	45.00
อื่น ๆ	-	-	30.00
รวมทั้งสิ้น			539.15

อภิปรายผลการศึกษา

ตารางที่ 4 – 5 แสดง การประมาณราคาของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 และ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2 ทำการควบคุมราคาไม่ให้เกิน 550 บาท และจากการศึกษานี้ การลัดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าที่พิกัดต่าง ๆ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปค่ากระแสลัดวงจรมีแนวโน้มลดลง เพราะเมื่อขดลวดตัวมีความร้อนสะสมมากขึ้น อาจส่งผลโดยตรงต่อค่าความต้านทานและค่าอิมพีแดนซ์ภายในของขดลวดตัวนำ ทั้งนี้ยังสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงด้วย

ตารางที่ 6 สรุปผลการศึกษาและทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ที่พิกัดต่าง ๆ

หม้อแปลงไฟฟ้า	รายละเอียดการทดลอง	ผลการทดลอง	ข้อสรุป
หม้อแปลงต้นแบบ	ทดสอบกระแสลัดวงจรเต็มพิกัด (100%)	- กระแสลัดวงจรลดลง	อุณหภูมิขดลวดที่สูงขึ้นทำ
		- แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น	ให้ขดลวดในหม้อแปลง
	ที่ขดลวดด้านปฐมภูมิ	- กำลังไฟฟาลดลง	ไฟฟ้าเสียหาย
	วัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในช่วงเวลา 10 นาที และ 20 นาที	- อุณหภูมิของขดลวดเพิ่มขึ้น	เนื่องจากค่าความต้านทาน
		- ขดลวดไม่สามารถรองรับกระแสลัดวงจรเต็มพิกัดได้นาน	ในขดลวดเพิ่มขึ้น
หม้อแปลงปรับปรุง	ปรับปรุงขดลวดตัวนำทั้งสองด้าน ทดสอบที่พิกัด 100%	- กระแสลัดวงจรเพิ่มขึ้นตามพิกัดที่เพิ่มขึ้น	อุณหภูมิขดลวดมีการจัดการ
		- แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามพิกัด	ความร้อน ที่ดีกว่า ทำให้มี
		- กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามพิกัด	ประสิทธิภาพ และความ
			คุ้มค่ามากที่สุด

แนวทางการพัฒนาต่อ และข้อเสนอแนะ

การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าให้สามารถรองรับกระแสเกินพิกัดได้มากขึ้น การเลือกขนาดของขดลวด, แกนเหล็กและระบบระบายความร้อนที่เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายความร้อนใช้วัสดุฉนวนที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงขึ้น



สรุปผลการศึกษา

จากงานวิจัยนี้ พบว่าเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าถูกใช้งานแบบเกินพิกัดเป็นเวลานาน ขดลวดตัวนำในหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลทางกายภาพของขดลวดตัวนำในหม้อแปลงไฟฟ้า นั่นคือฉนวนของขดลวดจะเสียหาย และอาจส่งผลให้เกิดการลัดวงจรภายในขดลวดดังจะสังเกตเห็นในรูปที่ 8 หม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองตัว ถูกทดสอบเป็นเวลานานและรับโหลดเต็มพิกัดทำให้เกิดความเสียหายค่อนข้างเด่นชัด ทั้งนี้ อุณหภูมิที่วัดได้ สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และยิ่งเวลาที่ยานขึ้นย่อมส่งผลโดยตรงต่อหม้อแปลงไฟฟ้า ทำให้เกิดความเสียหาย

เอกสารอ้างอิง

- กัณฑ์นิษฐ์ กะมุกดา, สมลักษณ์ วรรณฤมล และสมพร เรืองสินชัยวานิช (2566). การศึกษาช่องว่างอากาศของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 (EENET 15), โรงแรมฟอร์จูน ริเวอร์วิว นครพนม จังหวัดนครพนม
- เดือนแรม แพ่งเกี้ยว และสมพร เรืองสินชัยวานิช (2561). การปรับพารามิเตอร์อย่างเหมาะสมของหม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวิธีการทดลองแบบส่วนผสมกลาง. *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร (NUEJ)*, 13(2), 35–43.
- Alina O. Popadina, Maksim A. Sitnikov & Yuri I. Sepp (2020). Mathematical Modeling of the Short Circuit Mode of a Voltage Transformer. 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus),
- Milad Akbari, Afshin Rezaei-Zare, Muhammad Ali Masood Cheema & Tomasz Kalicki (2021). Air Gap Inductance Calculation for Transformer Transient Model. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 36(1), 492–494
- Rajkumar M, Sreeram Vengayil, Rajaramamohanarao Ch, Arunkumar S, Sudhakara Reddy & T Gurudev (2024). Evaluation of Transformer Thermal Performance during Short-circuit test. 2024 4th Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON), India
- Tingting Wang, Yayun Wang, Yajun Yan, Jingling Qian & Miaomiao Dai (2017). The accurate determination of the winding's temperature rise. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 100, 1st International Global on Renewable Energy and Development (IGRED 2017), Singapore



การศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ด้วยวิธี Microwave Extraction จากใบชาผู้เออร์สุก

คุณากร ชติศรี^{1,*}, สโรชา ดวงพรหม¹ อาภัสรา ย้อยรุ่งเรือง¹ ภักจีรา เชียงมูล¹

และมณีนุช เกตรา²

Microwave-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Ripe Pu-erh Tea Leaves

Kunakorn Katsri^{1,*}, Sarocha Daungprom¹ Apatsara Yoirungruang¹ Phakjeera Chiangmun¹

and Maneenuch Petra²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา, 56000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการความปลอดภัยทางอาหาร, คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา, 56000

¹Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

²Food Science and Food Safety Management, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author. E-mail: kunakorn.ka@up.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบชาผู้เออร์สุก (*Camellia sinensis* var. *assamica*) โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave-Assisted Extraction: MAE) ภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้า 500 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 และ 40 นาที เปรียบเทียบกับวิธีการต้มแบบดั้งเดิม ทั้งนี้ประสิทธิภาพการสกัดถูกประเมินผ่านตัวชี้วัด ได้แก่ สี (L^* , a^* , b^*), ค่า pH, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS), ความเป็นกรดทั้งหมด (Total Acidity), ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Content: TPC) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) ผลการทดลองพบว่า การสกัดภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 40 นาที ให้ค่าความสว่าง (L^*) และ pH สูงที่สุด ขณะที่ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนถึงการสลายของแอนโทไซยานินและฟลาโวนอล ซึ่งเป็นสารให้สีไวต่อความร้อน สำหรับค่า TPC พบว่า กลุ่มควบคุมที่ใช้การต้มให้ค่ามากที่สุด (7.27 mg GAE/100 g DW) แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 40 นาที ซึ่งมีค่า TPC ต่ำกว่ากลับแสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในวิธี DPPH (24.90 mg Trolox/100 g DW) และ FRAP (52.46 mg AAE/100 g DW) สะท้อนให้เห็นว่า สารประกอบโพลีฟีนอลอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักเพียงประการเดียวที่กำหนดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสารอื่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก เช่น อีโอบราวนิน, คาเทชิน และอนุพันธ์ของฟิโรน อาจมีบทบาทร่วมในการเสริมฤทธิ์ดังกล่าว ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า เทคนิค MAE ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม โดยเฉพาะกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 40 นาที มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบชาผู้เออร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์สุขภาพได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ชาผู้เออร์สุก การสกัดด้วยไมโครเวฟ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This study aimed to evaluate the extraction efficiency of bioactive compounds from ripened Pu-erh tea leaves (*Camellia sinensis* var. *assamica*) using Microwave-Assisted Extraction (MAE) under different power conditions (500 and 700 watts) and extraction durations (30 and 40 minutes), compared to a conventional boiling method. The extraction efficiency was assessed using several indicators, including color parameters (L^* , a^* , b^*), pH, total soluble solids (TSS), total acidity, total phenolic content (TPC), and antioxidant activity as measured by DPPH and FRAP assays. The results indicated that the MAE condition at 700 watts for 40 minutes yielded the highest lightness (L^*) and pH values, while the red-green (a^*) and yellow-blue (b^*) color



values significantly decreased, likely due to the thermal degradation of heat-sensitive pigments such as anthocyanins and flavonols. Although the control group (boiling method) exhibited the highest TPC value (7.27 mg GAE/100 g DW), the 700-watt 40-minute group demonstrated the highest antioxidant activity, with values of 24.90 mg Trolox/100 g DW (DPPH) and 52.46 mg AAE/100 g DW (FRAP). These findings suggest that phenolic content alone may not fully account for antioxidant activity. Other bioactive compounds formed during post-fermentation, such as theabrownins, catechins, and purine derivatives, may also contribute to the observed antioxidant effects. In conclusion, the MAE technique, particularly at 700 watts for 40 minutes, shows strong potential for enhancing the extraction efficiency of bioactive compounds from ripened Pu-erh tea leaves and may be effectively applied in the food and health product industries in the future.

Keywords: Ripened Pu-erh tea, Microwave-Assisted Extraction (MAE), Bioactive Compounds, Antioxidant activity

บทนำ

การดื่มชาถือเป็นวัฒนธรรมและประเพณีสำคัญในหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศจีนที่มีประวัติศาสตร์เกี่ยวกับการดื่มชามายาวนานซึ่งส่งผลต่อการดื่มชาในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคเหนือของประเทศไทยที่เกิดจากการย้ายถิ่นฐานของชาวจีนยูนนานและจีนฮ่อที่ได้นำวัฒนธรรมการดื่มชาและสายพันธุ์ชามาด้วย ซึ่งในประเทศไทยโดยเฉพาะภาคเหนือส่วนใหญ่พบสายพันธุ์ชา ชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) หรือที่คนภาคเหนือของไทยเรียกว่า “เมี่ยง” ถือว่าเป็นพืชพื้นเมืองชนิดไม้ยืนต้นที่พบได้ในพื้นที่สูง (Okada et al., 1986; Kanpiengjai et al., 2016)

ชาผู้เออร์มีต้นกำเนิดมาจากมณฑลยูนนาน ประเทศจีน สามารถแบ่งออกเป็น ชาผู้เออร์ดิบ และ ชาผู้เออร์สุก ตามระดับของการหมัก (Cao et al., 2021; Wang et al., 2018) ซึ่งผลิตจากใบชาที่แห้งแล้วของพืชชา *Camellia sinensis* var. *assamica* (L.) O. Kuntze; วงศ์ Theaceae (Chen et al., 2008) ในบรรดาชาทั้งสองประเภท ชาผู้เออร์สุก ถือว่าเป็นกระบวนการแปรรูปใบชาที่มีขั้นตอนที่ซับซ้อนโดยมีขั้นตอนหลักประกอบด้วย การผึ่ง (spreading), การฆ่าเอนไซม์ (fixation), การหมักหลัง (post-fermentation), การขึ้นรูป (shaping) และ การทำให้แห้ง (drying) (Rong et al., 2023) จากขั้นตอนหลักทั้งหมดจะพบว่า กระบวนการที่เป็นหัวใจสำคัญ คือ กระบวนการหมักหลัง เป็นขั้นตอนที่จะช่วยสร้างเอกลักษณ์ให้กับการแปรรูปชารวมถึงฤทธิ์ทางสุขภาพ (Rong et al., 2023; Liu et al., 2021)

กระบวนการหมักหลัง (post-fermentation) ของชาเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชา โดยเฉพาะชาผู้เออร์นั้นมีเทคนิคที่หลากหลาย อาทิ การหมักตามธรรมชาติซึ่งอาศัยระยะเวลาที่ยาวนาน ใช้เวลาการเก็บรักษาชาในสภาพแวดล้อมธรรมชาติเป็นเวลาหลายปี หรือการควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ตลอดจนการใช้จุลินทรีย์เฉพาะสายพันธุ์เพื่อเร่งการหมักให้เกิดขึ้นภายในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งกระบวนการแต่ละแบบมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เช่น ความแปรปรวนของคุณภาพผลิตภัณฑ์ หรือการสูญเสียสารที่มีคุณค่าทางชีวภาพบางชนิดระหว่างกระบวนการหมัก (Zhao et al., 2019; Zhu et al., 2020) สำหรับชาผู้เออร์ โดยเฉพาะ ชาผู้เออร์สุก ซึ่งผ่านกระบวนการหมักหลังแบบแรงนั้น ถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นดื่มชา เนื่องจากมีรสชาติกลมกล่อม กลิ่นหอมเฉพาะตัว และสามารถบริโภคได้ง่าย โดยใช้เวลาในกระบวนการหมักที่สั้นกว่าชาผู้เออร์ดิบ และอีกทั้งจากการศึกษายังพบว่า ฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น การลดระดับไขมันในเลือด การต้านโรคอ้วน การต้านจุลชีพ การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งการกลายพันธุ์และมะเร็ง รวมถึงการลดความเป็นพิษในร่างกาย (Lee & Foo, 2013; Zhang et al., 2013) โดยฤทธิ์



ดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก อาทิ สารโพลีฟีนอล คาเฟอีน และอัลคาลอยด์กลุ่มพิวรีน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก (Zhang et al., 2013)

เพื่อที่จะศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะกลุ่มสารโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นสารสำคัญที่เกิดจากกระบวนการหมัก และมีบทบาทหลักในการต้านอนุมูลอิสระ ในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำการสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave-Assisted Extraction – MAE) ซึ่งเป็นเทคนิคการสกัดเชิงนิเวศ (Green Chemistry) ที่พัฒนามาจากวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม โดยมีจุดเด่นในการลดระยะเวลาในการสกัดและประหยัดพลังงาน โดยอาศัยคลื่นไมโครเวฟเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบอย่างรวดเร็วผ่านกลไกหลัก 2 ประการ ได้แก่ การหมุนตัวของโมเลกุลที่มีขั้ว (dipole rotation) และ การเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลาย (ionic conduction) ซึ่งก่อให้เกิดพลังงานจลน์สะสมและเปลี่ยนเป็นความร้อนภายในเนื้อเยื่อของพืชและแรงดันภายในเซลล์ช่วยให้ผนังเซลล์แตกออกและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น โพลีฟีนอล สามารถแพร่เข้าสู่ตัวทำละลายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และจากหลายงานวิจัยพบว่าการใช้ MAE ให้ผลการสกัดที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีต้ม เช่น ในกรณีของชาดำ ชาเขียว สมุนไพร รวมถึงใบชา ที่สามารถเพิ่มค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลได้มากขึ้นภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (Pan et al., 2003; Vuong et al., 2022) ยังมีข้อสังเกตจากงานวิจัยว่า สภาวะของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดอาจส่งผลต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของสารออกฤทธิ์ เช่น ในบางกรณีพบว่าปริมาณโพลีฟีนอลลดลงเมื่อใช้ความร้อนสูงเกินไปหรือระยะเวลานานเกินไป ขณะที่ค่าการต้านอนุมูลอิสระกลับเพิ่มขึ้น แสดงว่าสารประกอบอื่นอาจมีบทบาทร่วมในฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงจำเป็นต้องศึกษาพารามิเตอร์หลายตัวประกอบกัน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการมุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพของ MAE ภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ กำลังไฟฟ้า 500 และ 700 วัตต์ ที่เวลา 30 และ 40 นาที เปรียบเทียบกับการสกัดด้วยวิธีการต้มแบบดั้งเดิม โดยใช้ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ ค่าทางกายภาพและเคมี เช่น ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Content: TPC), และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วัดโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging assay (DPPH) ซึ่งประเมินความสามารถในการบริจาดิเล็กตรอนเพื่อลดอนุมูลอิสระ และวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power assay (FRAP) ซึ่งวัดศักยภาพในการรีดิวซ์ไอออนเฟอร์ริก แสดงถึงความสามารถของสารสกัดในการป้องกันความเสียหายจากออกซิเดชัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธี MAE และการต้มแบบดั้งเดิมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบชาผู้เออร์ และหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อสามารถนำข้อมูลไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์

ใบชา (*Camellia sinensis* var. *assamica* (L.) O. Kuntze; วงศ์ *Theaceae*) ที่เก็บเกี่ยวระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ. 2567 ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปตามขั้นตอนของชาผู้เออร์สุก จากตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย



2. วิธีการสกัด

2.1 ขั้นตอนการเตรียม Control ด้วยวิธีต้มแบบดั้งเดิม โดยนำใบชาผู้เออร์สุก มาชั่งน้ำหนัก 500 กรัม โดยใช้เวลาการต้มด้วย น้ำ RO 20 วินาที อุณหภูมิ 100 °C โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2.2 ขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในสกัดด้วย Microwave Extraction (Ethos X, Milestone, Italy) ทำการนำใบชาผู้เออร์สุก มาชั่งน้ำหนักและแช่ตัวอย่างในน้ำ RO 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนของตัวอย่างกับน้ำ 1:3 นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนัก โดยกำหนดอุณหภูมิที่เครื่องทำน้ำหล่อเย็นที่ 8 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สภาวะกำลังไฟฟ้าในการสกัด ได้กำหนดตามตารางที่ 1 ซึ่งเป็นผลจากการทดลองเบื้องต้น โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 1 การกำหนดสภาวะกำลังไฟฟ้าในการสกัด

ชนิดของการสกัด	สภาวะการสกัดกำลังไฟฟ้า (W) และเวลา (min)	ใบชาผู้เออร์สุก (g)	น้ำ (g)
การต้ม (Control)		500	1500
Microwave Extraction	500 W 30 min	500	1500
	500 W 40 min	500	1500
	700 W 30 min	500	1500
	700 W 40 min	500	1500

3. การทดสอบคุณภาพ

3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ประกอบด้วย วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (Color Quest XE) spectro-photometer (CM-600D; Konica Minolta, Osaka, Japan) และรายงานผลเป็นค่า L^* , a^* , b^* , ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter, ความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity (%)) โดยวิธีการไตเตรต ด้วย 0.1 N NaOH และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TSS (°Brix)) โดยใช้เครื่อง digital refractometer รายงานค่าเป็นหน่วยของศาบริกซ์ °Brix

3.2 การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระ ประกอบด้วย

1. ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในชา อ้างอิงจาก Shao et al. (2014) โดยวิธี Folin-ciocalteu reagent 10% (Merck,Darmstadt, Germany) ทำการปิเปตสารสกัด ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu reagent 5 มิลลิลิตร เติมน้ำ 7.5 % Sodium carbonate 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้ UV-visible spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Madison, Wisconsin, USA) และทำการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยเทียบกับสารเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก ต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง

2.ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH ดัดแปลงมาจาก Molyneux (2004) โดยปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร เติมน้ำละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 1950 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วย microplate reader (Thermo Fisher Scientific, Göteborg, Sweden) นำค่าที่อ่านได้เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง



$$\text{DPPH} = \frac{C \times V_s \times DF \times 100 \times 100}{W_s \times 10,000 \times \text{DM}}$$

เมื่อ

C = ความเข้มข้น Trolox (μM) จากกราฟมาตรฐาน

V_s = ปริมาตรสารสกัดทั้งหมด (ml)

DF = Dilution factor ที่ทำการเจือจางสารสกัด

W_s = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

DM = ปริมาณของสารแห้งในตัวอย่าง ซึ่งแสดงค่าเป็นร้อยละ (%)

3. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี FRAP อ้างอิงจาก Thitipramote et al. (2016) โดยทำการปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย Phosphate buffer 2.5 มิลลิลิตร เติมน้ำ 1% Potassium hexacyanoferrate เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำ 10% Trichloroacetic acid 2.5 มิลลิลิตร เติมน้ำ 0.1% Ferric chloride 0.5 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วย microplate reader (Thermo Fisher Scientific, Göteborg, Sweden) นำค่าที่อ่านได้เทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิก ต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวางแผนการทดสอบแบบ Completely randomized design (CRD) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษา

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์สีของการสกัดสารสำคัญจากใบชาผู้เออร์สุกในสภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

สภาวะการสกัด	คุณลักษณะ		
	L^*	a^*	b^*
Control	25.74 ^{ab} ± 0.25	0.81 ^a ± 0.02	-1.00 ^a ± 0.15
500 W 30 min	25.37 ^b ± 0.18	0.25 ^b ± 0.02	-1.44 ^b ± 0.02
500 W 40 min	25.61 ^{ab} ± 0.17	0.22 ^b ± 0.04	-1.48 ^b ± 0.08
700 W 30 min	25.23 ^b ± 0.86	0.28 ^b ± 0.07	-1.47 ^b ± 0.19
700 W 40 min	26.30 ^a ± 0.33	0.24 ^b ± 0.08	-1.45 ^b ± 0.09

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์สีของสารสกัดจากใบชาผู้เออร์สุกภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (Control) และกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 และ 40 นาที ผลการทดลองพบว่า ค่า L^* อยู่ในช่วง 25.23–26.30 โดยกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาทีให้ค่าความสว่างสูงที่สุด (26.30) ขณะที่กลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 30 นาทีมีค่าต่ำที่สุด (25.23) สำหรับค่า a^* อยู่ในช่วง 0.22–0.81 โดยกลุ่มควบคุมให้ค่าสูงสุด (0.81) ในขณะที่กลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้าให้ค่าต่ำกว่า ได้แก่ 500 วัตต์ 40 นาที (0.22), 700 วัตต์ 40 นาที (0.24), 500 วัตต์ 30 นาที (0.25) และ 700 วัตต์ 30 นาที (0.28) ในส่วนของค่า b^* พบว่าอยู่ในช่วง -1.00 ถึง -1.48 โดยกลุ่ม



ควบคุมมีค่าติดลบน้อยที่สุด (-1.00) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าต่ำลง ได้แก่ 500 วัตต์ 30 นาที (-1.44), 500 วัตต์ 40 นาที (-1.48), 700 วัตต์ 30 นาที (-1.47) และ 700 วัตต์ 40 นาที (-1.45)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีกายภาพของการสกัดสารสำคัญจากใบชาผู้เออร์สุกในสภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

สภาวะการสกัด	คุณลักษณะ		
	pH	TSS ($^{\circ}$ Brix) ^{ns}	Total acidity (%) ^{ns}
Control	$6.02^b \pm 0.04$	5.60 ± 0.00	0.10 ± 0.00
500 W 30 min	$6.03^b \pm 0.01$	5.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00
500 W 40 min	$5.97^c \pm 0.01$	5.60 ± 0.00	0.10 ± 0.00
700 W 30 min	$6.03^b \pm 0.01$	5.20 ± 0.00	0.10 ± 0.00
700 W 40 min	$6.07^a \pm 0.01$	5.20 ± 0.00	0.10 ± 0.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติทางเคมีของสารสกัดจากใบชาผู้เออร์สุกภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยประเมินค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Soluble Solids: TSS) และความเป็นกรดทั้งหมด (Total Acidity) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (Control) และกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 และ 40 นาที

ผลการทดลองพบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง $5.97-6.07$ โดยกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาที ให้ค่า pH สูงที่สุด (6.07) ซึ่งสูงกว่า Control (6.02) และกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ 30 นาที และ 700 วัตต์ 30 นาที (เท่ากับ 6.03) เล็กน้อย ทั้งนี้ กลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาทีให้ค่า pH ต่ำที่สุด (5.97) สะท้อนให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างของสารสกัด โดยเฉพาะเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าสูงและเวลานาน อาจส่งผลต่อการปลดปล่อยสารที่มีคุณสมบัติเพิ่มค่า pH

สำหรับค่า TSS พบว่าอยู่ในช่วง $5.10-5.60$ $^{\circ}$ Brix และไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองทั้งหมด เช่นเดียวกับค่า Total Acidity ซึ่งเท่ากับทุกกลุ่มที่ระดับ 0.10% สะท้อนให้เห็นว่าองค์ประกอบในส่วน of แข็งที่ละลายน้ำและความเป็นกรดโดยรวมมีความคงที่ภายใต้สภาวะการสกัดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของใบชาผู้เออร์สุกในสภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

สภาวะการสกัด	Total phenolic content (mg GAE/100 g DW)	Antioxidant activity	
		DPPH (mg Trolox/100 g DW)	FRAP (mg AAE/100 g DW)
Control	$7.27^a \pm 0.07$	$24.27^{ab} \pm 0.62$	$50.75^b \pm 0.17$
500 W 30 min	$5.43^d \pm 0.00$	$24.57^a \pm 0.66$	$46.77^c \pm 0.48$
500 W 40 min	$6.82^b \pm 0.12$	$24.73^a \pm 0.72$	$52.10^a \pm 0.92$
700 W 30 min	$4.86^c \pm 0.02$	$23.22^b \pm 0.71$	$42.94^d \pm 1.14$
700 W 40 min	$6.70^c \pm 0.03$	$24.90^a \pm 0.46$	$52.46^a \pm 0.30$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Content) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของสารสกัดจากใบชาผู้เออร์สุกภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่



แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (Control) และกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 และ 40 นาที

ผลการทดลองพบว่า ค่า TPC อยู่ในช่วง 4.86–7.27 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกเทียบเท่ากับต่อชาแห้ง 100 กรัม (mg GAE/100 g DW) โดยกลุ่มควบคุมมีค่ามากที่สุด (7.27 mg GAE/100 g DW) รองลงมาคือ กลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ 40 นาที (6.82 mg GAE/100 g DW) และ 700 วัตต์ 40 นาที (6.70 mg GAE/100 g DW) ส่วนกลุ่มที่ให้ค่าต่ำที่สุดคือ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 30 นาที (4.86 mg GAE/100 g DW) และ 500 วัตต์ 30 นาที (5.43 mg GAE/100 g DW)

และค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และ FRAP โดยรายงานผลเป็นมิลลิกรัมโทโรลออกซ์เทียบเท่ากับต่อชาแห้ง 100 กรัม (mg Trolox/100 g DW) และมิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกเทียบเท่ากับต่อชาแห้ง 100 กรัม (mg AAE/100 g DW)

ผลการทดลองพบว่า ค่า DPPH พบว่าอยู่ในช่วง 23.22–24.90 mg Trolox/100 g DW โดยกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาที ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (24.90 mg Trolox/100 g DW) รองลงมาคือกำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ 40 นาที (24.73), 500 วัตต์ 30 นาที (24.57) และกลุ่มควบคุม (24.27) ขณะที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 30 นาทีให้ค่าต่ำที่สุด (23.22) และส่วนของค่า FRAP พบว่าอยู่ในช่วง 42.94–52.46 mg AAE/100 g DW โดยกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 40 นาทีให้ค่าสูงที่สุด (52.46) รองลงมาคือ กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ 40 นาที (52.10) และกลุ่มควบคุม (50.75) ขณะที่กลุ่มที่มีค่าต่ำที่สุดคือ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 30 นาที (42.94)

อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษานี้เป็นการใช้ใบชา สายพันธุ์ *Camellia sinensis* var. *assamica* ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นชาผู้เออร์สุก จากตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ซึ่งชาผู้เออร์สุกที่มีเอกลักษณ์ที่เกิดจากกระบวนการหมักหลังที่ส่งผลให้มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่โดดเด่นและแตกต่างกันไปตามกระบวนการในการสกัด ดังนั้นเพื่อเพิ่มปริมาณของฤทธิ์ทางชีวภาพจึงได้ทำการศึกษาสภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันของการสกัดด้วยวิธี Microwave-Assisted Extraction เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วย Microwave-Assisted Extraction ของชาผู้เออร์สุก

จากการศึกษานี้ สารสกัดจากใบชาผู้เออร์สุกภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มควบคุม (Control) และกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 500 และ 700 วัตต์ ที่ช่วงเวลา 30 และ 40 นาที พบว่า การสกัดในภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในใบชา ซึ่งจะเห็นได้จากการใช้ที่ใช่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาทีนั้น ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด และค่าความแดง-เขียว (a^*) และค่าความเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสีภายหลังจากการสกัด เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่สูงและใช้เวลาที่เหมาะสม ทำให้เกิดการสลายผนังเซลล์และโครงสร้างของใบชาส่งผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ และจากการรายงานผลของ Wei et al. (2022) ที่ได้ทำการศึกษาการหมักของชาผู้เออร์ พบว่า การเกิด theabrownins ซึ่งเป็นเม็ดสีที่มีบทบาทในกระบวนการหมักหลัง และสัมพันธ์กับโตนสีทำให้โครงสร้างและสีของชาผู้เออร์ที่ผ่านการหมักเกิดการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L^*) และในส่วนของกำลังไฟฟ้าก็ทำให้สีแดง-เขียว (a^*) ลดลง สำหรับค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ที่ติดลบ อาจเกิดจากการสลายของแอนโทไซยานิน (anthocyanins) และฟลาโวนอล (flavonoids) ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อความร้อน ทำให้เร่งเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์หรือสลายสารเหล่านี้ส่งผลต่อค่า a^* และ b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ Raghunath (2019) ที่พบว่า



กำลังไฟฟ้าที่สูงสามารถเร่งให้สารเกิดการสลายตัว (thermal degradation) ทำให้สีแดงที่มาจากแอนโธไซยานิน และสีเหลืองที่มาจากฟลาโวนอลของน้ำชาหมักมีน้อยลง

ส่วนค่า pH ค่า TSS และ ค่า Total Acidity พบว่า ค่า pH ของสารสกัดมีช่วงอยู่ระหว่าง 5.97 – 6.07 โดยกลุ่มที่มีค่า pH สูงที่สุดคือกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ นาน 40 นาที (pH = 6.07) ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มกำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ 40 นาที (5.97) อย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวอาจเป็นผลจากการลดลงของกรดอินทรีย์บางชนิด หรือการปลดปล่อยสารประกอบที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกจากโครงสร้างเซลล์ของใบชา เมื่อได้รับความร้อนสูงและระยะเวลาการต้ม โดยเฉพาะกรดฟีนอลิกและสารประกอบโพลีฟีนอลที่เป็นสารที่มีความไวต่อความร้อน และค่า TSS อยู่ในช่วง 5.10–5.60 °Brix โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทั้งหมด เนื่องจากสารเหล่านี้มีความคงตัวในช่วงกำลังไฟฟ้าที่ใช้ อาจส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนพอที่จะเกิดความแตกต่างทางสถิติ และค่า Total Acidity ค่าความเป็นกรดทั้งหมดอยู่ที่ 0.10% ในทุกกลุ่ม และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ปริมาณกรดอินทรีย์โดยรวมคงที่ และไม่ถูกสลายจากกำลังไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Choi et al. (2019) อธิบายว่า ความร้อนส่งผลให้ชนิดและปริมาณของสารพฤษเคมี ที่ละลายออกมาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลต่อค่า pH โดยตรง

สำหรับสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า การใช้เทคนิค MAE มีผลโดยตรงต่อค่า TPC เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Control) ซึ่งให้ค่า TPC สูงสุดที่ 7.27 mg GAE/100 g DW อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าและเวลาในการสกัด พบว่า ในบางสภาวะค่า TPC มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสภาวะที่ให้ค่า TPC สูงเป็นอันดับสองคือ 500 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาที ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าสภาวะการสกัดที่มีความเหมาะสมสามารถระดับสารโพลีฟีนอลได้ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มกำลังไฟฟ้าเป็น 700 วัตต์ แต่ลดเวลาเป็น 30 นาที ส่งผลให้ค่า TPC ลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่เกิดการกระตุ้นให้เกิดการหมุนของโมเลกุลและแรงดันภายในเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์พืชแตกตัว และสารภายในเซลล์ เช่น โพลีฟีนอล ถูกปลดปล่อยออกมาได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม หากใช้กำลังไฟฟ้าสูงโดยไม่สัมพันธ์กับเวลาอย่างเหมาะสม อาจเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญก่อนที่กระบวนการสกัดจะเสร็จสมบูรณ์ ส่งผลให้ค่า TPC ลดลง ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้ามีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่นเดียวกับรายงานของ Spigno and De Faveri (2009) ที่ระบุว่า MAE จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ในเวลาสั้น ๆ แต่หากไม่ควบคุมกำลังไฟฟ้าหรืออุณหภูมิอย่างเหมาะสม อาจทำให้เกิดการสลายตัวของสารโพลีฟีนอล โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูง จึงควรใช้ MAE อย่างรอบคอบกับสารที่ไวต่อความร้อน เช่น โพลีฟีนอล

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของสารสกัดใบชาผู้เออร์ภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ส่งผลโดยตรงต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าและเวลาที่เหมาะสม เช่น กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 40 นาที และ 500 วัตต์ 40 นาที ซึ่งจะให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทั้งสองการวัด (DPPH และ FRAP) สะท้อนให้เห็นว่า เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องในระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความร้อนภายในอย่างทั่วถึงและมีการก่อตัวของแรงดันภายในเซลล์ ซึ่งช่วยเร่งให้โครงสร้างของผนังเซลล์พืชแตกตัวเร็วขึ้น ทำให้สารออกฤทธิ์ เช่น โพลีฟีนอล คาเทชิน และสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ แพร่เข้าสู่ตัวทำละลายได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่า และการสกัดที่ใช้กำลังไฟฟ้าและเวลานานอย่างเหมาะสม ไม่เพียงช่วยปลดปล่อยสารได้มากขึ้น แต่ยังช่วยหลีกเลี่ยงการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงเกินไปในระยะเวลาสั้น นอกจากนี้ MAE ยังช่วยลดการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระจากการเกิดออกซิเดชันที่ผิวสัมผัสของน้ำร้อนแบบการ



ต้ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Vuong et al. (2022) ที่พบว่า MAE สามารถเพิ่มค่าการต้านอนุมูลอิสระในชาหลายประเภทได้ โดย FRAP และ DPPH มีค่าสูงสุด เมื่อใช้ MAE ที่ควบคุมอุณหภูมิอย่างเหมาะสม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแม้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ จะค่อนข้างสูง แต่เมื่อใช้เวลาที่เพียงพอ เช่น 40 นาที จะไม่ทำลายสารออกฤทธิ์ แต่กลับช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินการโดยใช้ใบชาสายพันธุ์ *Camellia sinensis var. assamica* จากพื้นที่ตำบลลาวี อำเภอมะสรวย จังหวัดเชียงราย ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการหมักหลัง ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสำคัญของการแปรรูปชาผู้เออร์สุกและในกระบวนการหมักหลังนี้ยังส่งผลต่อองค์ประกอบทางชีวภาพของชา การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave-Assisted Extraction: MAE) ภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่แตกต่างกัน (500 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 และ 40 นาที) เปรียบเทียบกับการต้มแบบดั้งเดิมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบชาผู้เออร์ และหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งในการศึกษานี้ พบว่า กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพของสารสกัด โดยเฉพาะในด้านสี ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ นาน 40 นาที ซึ่งอาจเป็นผลจากการสลายผนังเซลล์ ส่งผลให้สารประกอบให้สีถูกปลดปล่อยสารละลายได้มากขึ้น และขณะเดียวกันค่าสีแดง-เขียว (a^*) และสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลของการสลายของสารแอนโทไซยานินและฟลาโวนอล ซึ่งเป็นสารให้สีที่ไวต่อความร้อนและยังเป็นกลุ่มของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ โดยการลดลงของสารเหล่านี้จึงอาจมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด และรวมถึงเหตุผลที่เป็นไปได้อีกประการหนึ่งคือ แม้สารในกลุ่มฟลาโวนอลจะลดลง แต่การเพิ่มขึ้นของสารประกอบอื่น เช่น อีโอบราวนิน หรืออนุพันธ์ของโพลีฟีนอลที่เกิดจากกระบวนการหมักหลัง อาจมีส่วนช่วยเสริมฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัด และสำหรับด้านสมบัติทางเคมี ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในกลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้าและเวลานาน โดยเฉพาะ 700 วัตต์ 40 นาที ซึ่งอาจเกิดจากการสลายของกรดอินทรีย์หรือการปลดปล่อยสารประกอบที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกจากเซลล์พืชผ่านกลไกการสลายผนังเซลล์และเปลี่ยนโครงสร้าง แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด และในขณะที่ยค่า TSS และ Total Acidity ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงความคงตัวขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้า และสำหรับสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (TPC) พบว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้กำลังไฟฟ้าค่า TPC สูงที่สุด (7.27 mg GAE/100 g DW) อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำและเวลานาน เช่น 500 วัตต์ 40 นาที หรือ 700 วัตต์ 40 นาที สามารถคงค่าปริมาณ TPC ได้ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงว่าการเลือกใช้กำลังไฟฟ้าและเวลาอย่างเหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ แต่หากใช้กำลังไฟฟ้าสูงในระยะเวลาสั้น เช่น 700 วัตต์ 30 นาที จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญก่อนที่จะถูกสกัดออก ส่งผลให้ค่า TPC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่า ค่า TPC อาจไม่ใช่ปัจจัยหลักเพียงประการเดียวที่ควบคุมฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากใบชาผู้เออร์สุก แต่ยังมีความเป็นไปได้ว่าสารประกอบออกฤทธิ์ชนิดอื่น ๆ เช่น คาเทชิน, คาเฟอีน, อีโอบราวนิน, อีโอบราวนิน หรือสารฟลาโวนอยด์บางชนิดอาจมีบทบาทสำคัญร่วมด้วย โดยเฉพาะสารในกลุ่ม อีโอบราวนิน ซึ่งเป็นสารเมดิเตอร์ที่เกิดจากกระบวนการหมักหลังและเป็นลักษณะจำเพาะของชาผู้เออร์สุก อีกทั้งความร้อนที่กระตุ้นอย่างต่อเนื่องโดยกำลังไฟฟ้าอาจช่วยสลายสารยับยั้งหรือโปรตีนที่จับกับโพลีฟีนอล ทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความพร้อมในการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระมากยิ่งขึ้น มีการรายงานว่า สารกลุ่ม



นี้มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงและมีผลทางชีวภาพที่โดดเด่น (Wei et al., 2022) สอดคล้องกับด้านฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่า กลุ่มที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ 40 นาที และ 500 วัตต์ 40 นาที เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้วิธีการต้ม โดยผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาการสกัดที่สัมพันธ์กันอย่างน้อยสำคัญต่อประสิทธิภาพในการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเนื้อเยื่อพืช ที่ส่งผลให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทั้งสองวิธีวัด สะท้อนให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าในระดับที่เหมาะสมสามารถช่วยปลดปล่อยสารต้านอนุมูลอิสระ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ การใช้เทคนิค MAE ภายใต้สภาวะกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 40 นาที แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบชาผู้เออร์สุกได้อย่างมีประสิทธิภาพผลทั้งในด้านของค่าความสว่าง สี ปริมาณโพลีฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อยอดในอุตสาหกรรมอาหาร สุขภาพ และสมุนไพรในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Cao, X., Liu, M., Hu, Y., Xue, Q., Yao, F., Sun, J., Sun, L., & Liu, Y. (2021). Systemic characteristics of biomarkers and differential metabolites of raw and ripened pu-erh teas by chemical methods combined with a UPLC-QQQ-MS-based metabolomic approach. *LWT*, 136, 110316.
- Chen, H.-Y., Lin-Shiau, S.-Y., & Lin, J.-K. (2008). Pu-erh tea: Its manufacturing and health benefits. In F. Shahidi, J.-K. Lin, & C.-T. Ho (Eds.), *Tea and tea products: Chemistry and health-promoting properties* (1st ed., pp. 9–15). CRC Press.
- Choi, S.-H., Kim, I.-D., Dhungana, S. K., & Park, K. (2019). Effect of extraction temperature on physicochemical constituents and antioxidant potentials of Pu-erh tea. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 584–591.
- Kanpiengjai, A., Chui-Chai, N., Chaikaew, S., & Khanongnuch, C. (2016). Distribution of tannin-tolerant yeasts isolated from Miang, a traditional fermented tea leaf (*Camellia sinensis* var. *assamica*) in northern Thailand. *International Journal of Food Microbiology*, 238, 121–131.
- Lee, L. K., & Foo, K. Y. (2013). Recent advances on the beneficial use and health implications of Pu-erh tea. *Food Research International*, 53, 619–628.
- Liu, J.-Y., He, D., Xing, Y.-F., Zeng, W., Ren, K., Zhang, C., Lu, Y., Yang, S., Ou, S.-J., Wang, Y., & Xing, X.-H. (2021). Effects of bioactive components of Pu-erh tea on gut microbiomes and health: A review. *Food Chemistry*, 353, 129439.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- Okada, S., Daengsubha, W., Uchimura, T. A. I., Ohara, N., & Kozaki, M. (1986). Flora of lactic acid bacteria in miang produced in northern Thailand. *Journal of General and Applied Microbiology*, 32(1), 57–65.
- Pan, X., Niu, G., & Liu, H. (2003). Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 42(2), 129–133.



- Raghuath, S. (2019). *Optimization of Ultrasound Assisted Extraction of Cold Brewed Black Tea*. [Unpublished master's thesis]. University of Minnesota.
- Rong, Y., Xie, J., Yuan, H., Wang, L., Liu, F., Deng, Y., Jiang, Y., & Yang, Y. (2023). Characterization of volatile metabolites in Pu-erh teas with different storage years by combining GC-E-Nose, GC-MS, and GC-IMS. *Food Chemistry: X*, 18, 100693.
- Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering. *Food Chemistry*, 143, 90–96.
- Spigno, G., & De Faveri, D. M. (2009). Microwave-assisted extraction of tea phenols: A phenomenological study. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 210–217.
- Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P., & Thitilertdecha, N. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) and black (Kam Leum Pua) native pigmented rice. *International Food Research Journal*, 23(1), 410–414.
- Vuong, Q. V., Pham, H. N. T., & Negus, C. (2022). From Herbal Teabag to Infusion—Impact of Brewing on Polyphenols and Antioxidant Capacity. *Beverages*, 8(4), 81.
- Wang, T., Li, X., Yang, H., Wang, F., Kong, J., Qiu, D., & Li, Z. (2018). Mass spectrometry-based metabolomics and chemometric analysis of Pu-erh teas of various origins. *Food Chemistry*, 268, 271–278.
- Wei, C., Luo, C.-Y., Yao, X.-Z., Jiao, Y.-J., & Lu, L.-T. (2022). Optimization of the Theabrownins Process by Liquid Fermentation of *Aspergillus niger* and Their Antioxidant Activity. *Applied Sciences*, 12(19), 9720.
- Zhang, L., Zhang, Z. Z., Zhou, Y. B., Ling, T. J., & Wan, X. C. (2013). Chinese dark teas: Post fermentation, chemistry and biological activities. *Food Research International*, 53, 600–607.
- Zhao, M., Su, X. Q., Nian, B., Chen, L. J., Zhang, D. L., Duan, S. M., Wang, L. Y., Shi, X. Y., Jiang, B., Jiang, W. W., Lv, C. Y., Wang, D. P., Shi, Y., Xiao, Y., Wu, J.-L., Pan, Y. H., & Ma, Y. (2019). Integrated meta-omics approaches to understand the microbiome of spontaneous fermentation of traditional Chinese pu-erh tea. *Msystems*, 4(6), e00680–19.
- Zhu, M.-Z., Li, N., Zhou, F., Ouyang, J., Lu, D.-M., Xu, W., Li, J., Lin, H.-Y., Zhang, Z., Xiao, J.-B., Wang, K.-B., Huang, J.-A., Liu, Z.-H., & Wu, J.-L. (2020). Microbial bioconversion of the chemical components in dark tea. *Food Chemistry*, 312, 126043.



Comparative Analysis of Large Eddy Simulation Models and Sensitivity Study for Turbulent Flow over a Backward-Facing Step

Nuttapong Khiaonoi¹, Punyawon Lumpaopong^{1,*}, Kwanchai Kraitong¹ and Jarupa Viyoch²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: punyawonl@nu.ac.th.

Abstract

The objective of this study is to compare three Large Eddy Simulation (LES) models: the k-equation, dynamic k-equation, and Wall-adaptive local eddy-viscosity (WALE) applied for simulating incompressible flow over a backward-facing step (BFS) using OpenFOAM®. The aim is to provide guidance for modeling complex turbulent flows using these LES models. The simulations replicated the experiment conducted by Driver and Seegmiller (1986), which applied the inlet flow at the Reynolds number of 36,000 and exited at atmospheric pressure. All walls were treated as non-slip surfaces. The models were evaluated based on their accuracy compared with experimental data, computational cost, and stability. The results showed that, the k-equation model had the highest accuracy, aligning closely with the experimental results. However, this level of performance caused higher computational cost in comparison to the dynamic k-equation and WALE models. The subsequent study involved varying the mesh size of the k-equation model from 30,000 to 100,000 cells and the time step from 5×10^{-5} to 5×10^{-4} seconds to examine the sensitivity of these parameters on the model's performance. The numerical results from the various models showed that the k-equation model with 70,000 cells and a time step of 5×10^{-4} seconds provided the optimal performance. These findings provide a practical framework for selecting and applying LES models in complex turbulent flows, improving both reliability and efficiency in LES simulations.

Keywords: Large Eddy Simulation, K-equation model, Backward-Facing Step Flow, OpenFOAM

Introduction

Computational Fluid Dynamics (CFD) has become a fundamental numerical simulation tool in engineering and scientific research over decades because of its ability to facilitate the modeling and simulation of complex flow phenomena in aerospace, automotive, and biomedical engineering (Morrison et al., 2017; Nielsen & Diskin, 2017; Rahimi-Gorji et al., 2022; Shukla et al., 2025). The most challenging task in CFD is turbulence flow simulations dealing with the effects of chaotic three-dimensional fluctuations of velocity and pressure.

Turbulence or instability flow occurs when the transfer of momentum, mass and energy forms a wide range of multi-scale swirling fluid motions or eddies. To capture them accurately, substantial computational resource is needed. However, it often becomes a limitation in industrial applications due to cost and time constraints. The conventional turbulence modelling approaches are 1) Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) 2) Direct Numerical Simulation (DNS) and 3) Large Eddy Simulation (LES). The RANS approach offers computational efficiency by averaging the effects of turbulence. However, it lacks ability to capture



unsteady and anisotropic flow behavior accurately (Park et al., 2021). Meanwhile, the DNS resolves all scales of turbulence with high resolution (Luo, 2019; Moin & Mahesh, 1998) but extremely high computational cost and resource requirements are its drawbacks. The LES positions between the two approaches. Instead of resolving all scales of turbulence, it focuses on capturing only the dominant flow structures responsible for most of the energy transfer, therefore, significantly reduces computational demands while preserving the essential features of complex turbulent flows (Pope, 2000). The backward-facing step (BFS) is a conventional benchmark geometry for visualizing turbulence flows, sharp separation, reattachment, and complex shear-layer dynamics (Avancha & Pletcher, 2002; Singh et al., 2020). Previous studies have compared LES models based on algebraic equations, such as the Smagorinsky and Wall-adaptive local eddy-viscosity (WALE) models, to assess their influence on flows in the near-wall region (Akselvoll & Moin, 1993; Arya & De, 2021; Shehadi, 2018). Many researchers have studied LES models based on transport equations such as the k-equation model. They have simulated and validated with the BFS flow to examine the performance of capturing mean flow characteristics and turbulence intensities (Keating et al., 2004; Panjwani et al., 2012; Shehadi, 2018). However, all of the studies have not yet considered the effects of model adaptation, mesh resolution, time step sensitivity. Moreover, the near-wall behaviors of the turbulent flow simulation remains unclear. Therefore, the objective of this study was to offer a comprehensive evaluation framework and practical guidance for the effective selection of LES models in complex turbulent flows, thereby contributing to enhanced reliability and efficiency in future LES applications.

Materials and Methods

Computational Fluid Dynamics (CFD)

The governing equations of CFD consist of the conservation of mass and momentum expressed in the list of equations below (Moukalled et al., 2016).

Conservation of mass (Continuity equation):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

Conservation of momentum (Navier-Stokes equation):

$$\frac{\partial}{\partial t} [\rho \mathbf{u}] + \nabla \cdot \{\rho \mathbf{u} \mathbf{u}\} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{F} \quad (2)$$

when:

$$\begin{aligned} \mathbf{u} &= \text{the velocity vector (m/s)} & t &= \text{time (s)} \\ \rho &= \text{density (kg/m}^3\text{)} & \mathbf{F} &= \text{external forces (N)} \end{aligned}$$



Large eddy simulation (LES)

In LES, the large eddies are calculated directly by the numerical method while small eddies are filtered out. The small unresolved motions are called the Sub-grid Scale (SGS) (Pope, 2000). The sizes of eddies are defined by their length scale (ℓ), which corresponds to the turbulent kinetic energy (k), and can be written as shown in equation (5).

$$\ell = \frac{k^{3/2}}{\varepsilon} \quad (5)$$

when: ℓ = eddy length scale (m) k = turbulent kinetic energy (J) ε = specific heat (J/kg.K)

A filter is applied to the velocity field across the grid size, smoothing the flow at smaller scales and capturing only the larger motions. The general filter velocity equation is shown in equation (6)

$$\bar{\phi}(\mathbf{x}, t) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x} - \mathbf{r}) \phi(\mathbf{r}, t) d\mathbf{r} \quad (6)$$

when: $\bar{\phi}(\mathbf{x}, t)$ = filtered field at position $\mathbf{x}$ and time t $G(\mathbf{x} - \mathbf{r})$ = filter kernel
 $\phi(\mathbf{r}, t)$ = filtered field at position $\mathbf{r}$ and time t Ω = domain of integration

After filtering, the governing equation of momentum conservation in equation (2) became:

$$\frac{\partial \bar{\mathbf{u}}}{\partial t} + (\bar{\mathbf{u}} \cdot \nabla) \bar{\mathbf{u}} = \nu \nabla^2 \bar{\mathbf{u}} - \left(\frac{1}{\rho} \nabla \bar{p} + \nabla \cdot \tau^{SGS} \right) + F \quad (7)$$

when : τ^{SGS} = subgrid-scale stress (m^2/s^2) $\bar{\mathbf{u}}$ = filtered velocity vector (m/s)

There are many different models to approximate the apparent stress tensor that appears in the governing equations as a consequence of the filtering operation. This study focuses on the WALE, k-equation and dynamic k-equation models. The WALE model has been developed based on the Smagorinsky framework to allows the model to automatically adapt to the flow without relying on any fixed coefficients (Shehadi, 2018), by taking into account the effects of swirling and rotational flows alongside the strain rate. In WALE, the stress tensor of the SGS model adheres to equation (8).

$$\tau_{ij}^{SGS} - \frac{1}{3} \tau_{kk}^{SGS} \delta_{ij} = -2 \left((C_w \Delta)^2 \frac{(S_{ij}^d S_{ij}^d)^{3/2}}{(\bar{S}_{ij} \bar{S}_{ij})^{3/2} + (S_{ij}^d S_{ij}^d)^{5/4}} \right) \left(\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right) \quad (8)$$

when:

τ_{ij}^{SGS} = subgrid-scale (SGS) stress tensor (Pa) S_{ij} = mean strain rate tensor (1/s) δ_{ij} = Kronecker
 τ_{kk}^{SGS} = trace of the SGS stress tensor (Pa) $\bar{S}_{ij}$ = filtered stain tensor (1/s) Δ = filter width (m)
 ν_t = turbulent kinematic viscosity (m^2/s) S_{ij}^d = rotational rate tensor (1/s²) c_w = 0.325

The Smagorinsky and WALE models determine sub-grid viscosity through local velocity gradients without solving any time-dependent equations for turbulence evolution. Therefore, the approaches may neglect significant temporal variations and flow separations in turbulence intensity when the turbulence is not in equilibrium (Gao et



al., 2019). The temporal variations of flow in non-equilibrium turbulence can be achieved by applying a transport equation for SGS turbulent kinetic energy, which accounts for the generation, transport, and dissipation of turbulence energy throughout the flow domain. The commonly used LES models that employs this transport equation is the k-equation model (Panjwani et al., 2012), in which the stress tensor is modelled by

$$\tau_{ij}^{SGS} - \frac{2}{3} \tau_{kk}^{SGS} \delta_{ij} = -2\nu_{sgs} S_{ij} \quad (9)$$

$$\text{when: } \nu_{sgs} = C_k \sqrt{k_{sgs}} \Delta$$

The transport equation for the SGS kinetic energy (k_{sgs}) can be written as:

$$\frac{\partial k_{sgs}}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial k_{sgs}}{\partial x_j} = 2\nu_{sgs} \bar{S}_{ij} \bar{S}_{ij} - C_\epsilon \frac{k_{sgs}^{3/2}}{\Delta} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\nu_{sgs}}{\sigma_k} \frac{\partial k_{sgs}}{\partial x_j} \right) \quad (10)$$

where:

$$\begin{aligned} \nu_{sgs} &= \text{Subgrid-scale kinetic energy (m}^2/\text{s)} & C_k &= \text{empirical model coefficients} \\ k_{sgs} &= \text{trace of the SGS stress tensor (m}^2/\text{s}^2) & C_\epsilon &= \text{empirical model coefficients} \end{aligned}$$

The k-equation model is a more realistic and dynamic estimation of eddy viscosity, improving accuracy in flows with strong non-equilibrium effects. The model relies on empirically determined model coefficients, which may not generalize well across different flow types. The dynamic k-equation model is developed by enhancing the framework through the automatic adjustment of model coefficients based on local flow conditions and utilizing velocity filtering to improve its capacity to capture flow variation (Shehadi, 2018). The algorithm to adjust the model coefficient is as follows.

$$C_k = \frac{L_{ij} M_{ij}}{M_{kl} M_{kl}} \quad (11)$$

where:

$$\begin{aligned} L_{ij} &= \text{difference of test-filtered resolved stresses (Pa)} \\ M_{ij} &= \text{difference between modeled test-level and grid-level SGS stresses (Pa)} \\ M_{kl} M_{kl} &= \text{Norm squared of } M_{ij} M_{ij} \text{ used to normalize in least-squares solution (Pa}^2\text{)} \end{aligned}$$

CFD Modeling and Simulation

BSF Geometry model

In Figure 1, the step of the BFS model is located at $x=0$, serving as the reference point. The inlet height measures 10.2 cm, and the upstream distance from the inlet is 165 cm to ensure fully developed flow before entering the step. The circulation zone, ranging from P2 to P5, is located between $x/H = 1$ and $x/H = 6$.

The recovery point, where the flow is expected to reattach and redevelop along the pipe, is located at P5. The downstream location (P6) is 12.7 cm away from the step.

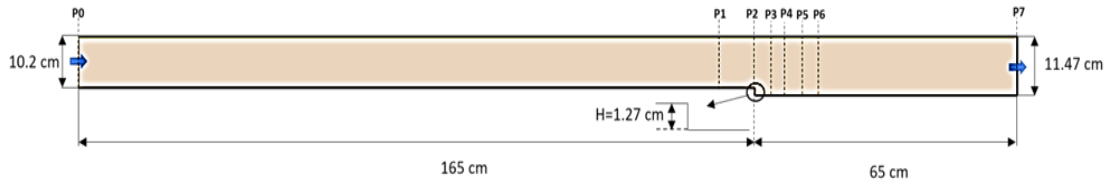


Figure 1 Geometry of the backward-facing step

Mesh Model

For the baseline simulations, the geometry of the BSF was divided into five zones, each of which was assigned with a different mesh (computational grid) density as shown in Figure 2, based on the anticipated flow characteristics. The cell size varies depending on the location within the flow domain. The region between the entrance and the upstream position had a medium mesh density to precisely represent the fully developed inflow. The recirculating zone had the highest mesh density to precisely resolve flow separation and capture flow fluctuations. The number of cells in total was 50,000 cells.

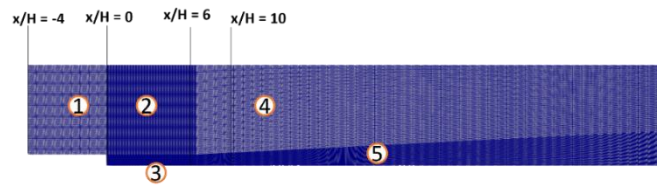


Figure 2 Computational grid density zones: (1) Upstream zone (2) Recirculation zone (3) Near wall 1 – inside the recirculation zone (4) Recovery zone and (5) Near wall 2 – inside the recovery zone.

Boundary conditions

The inlet flow velocity (U_{inlet}) of the air flow was 44.2 m/s, corresponding to a Reynolds number (Re) of 3600. The step position was designated as $x/H=0$, with the upstream position at $x/H= -4$, when the flow was presumed to be fully developed. Velocity profile measurements are obtained at the following positions: $x/H = -4, 0, 4, 6$, and 10, respectively. The wall boundaries were set to no slip and the outlet condition was the atmospheric pressure.

Model Simulations

This study used OpenFOAM® v2412 to simulate the BFS flow, replicating the research conducted by Driver and Seegmiller (1982). The simulations were carried out by adjusting the mesh resolution and time-step size. The simulations are executed using (LES) with a maximum Courant number (Co) of 5, ensuring stability and an appropriate level of accuracy. Additionally, the wall distance (y^+) is maintained below 1.5, which is essential for accurately resolving near-wall turbulence. The formulas for the Courant number and wall distance are presented below.

$$Co \neq u \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (12)$$

$$y^+ = \frac{y\tau}{\nu} \quad (13)$$

where: τ = the wall shear stress (Pa) y = distance from the wall (m) ν = kinematic viscosity (m^2/s)



The LES baseline simulations were performed to study the three SGS models: k-equation, dynamic k-equation and WALE, using a time step of 5×10^{-5} seconds. The simulation results were compared with velocity profiles and recirculation zone behaviour obtained from the experimental data of Driver and Seegmiller (1982). The most accurate LES model were selected to further study using various mesh resolutions and time-steps, both of which are crucial in terms of CFD simulation, to investigate model's sensitivity, robustness, and the trade-off between accuracy and computational cost. The summary of the numerical procedure is shown in Table 1. Simulation results were compared using relative error expressed as a ratio of the absolute difference to the experimental value.

Table 1 Simulation study conditions

Simulation	SGS Model	Mesh configuration	Number of cells	Time-step
k-equation				
Baseline	dynamics k-equation	M2	50,000	5×10^{-4} s
WALE				
Mesh study	selected baseline model	M1	30,000	5×10^{-4} s
		M2	50,000	
		M3	70,000	
		M4	100,000	
Time-step study	selected baseline model			5×10^{-4} s
		M1	30,000	1×10^{-4} s
				5×10^{-5} s

Results

Streamlines and velocity profiles obtained from the baseline simulations are shown in Figures 3 and 4. The k-equation and WALE models produced streamlines with reattachment points at about $x/h=6$, which was close to the experimental value of 6.26. The dynamic k-equation model shows two reattachment points at $x/h = 6$ and 10. The numerical instability in the dynamic k-equation model may explain the increased separation and unsteady behavior beyond $x/h=10$.

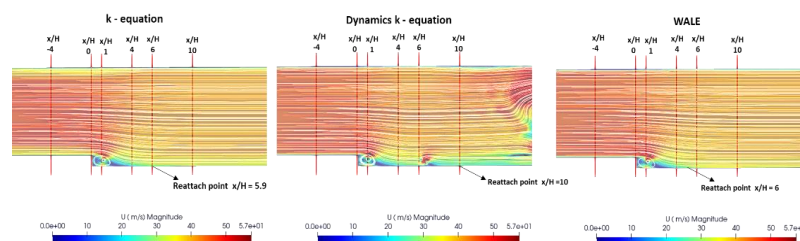


Figure 3. The velocity field of LES models.

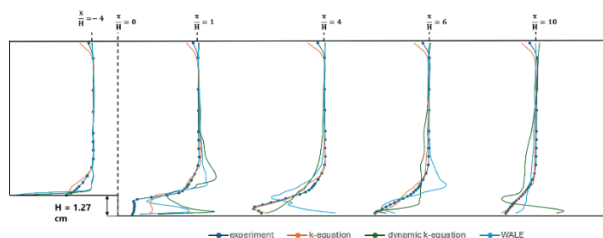


Figure 4. Velocity profile comparison between LES models and experimental data.

Figure 4 reveals that the k-equation model matched the experimental data the most, meanwhile, the WALE model performs worse than the dynamic k-equation model in the recirculating zone ($x/h = -4$ to 10). The WALE model velocity profiles were more accurate at $x/h=4$ and $x/h=10$ when the flow was more stable. Table 2 shows the relative error from $x/h = -4$ to 10 . Among the three models, the k-equation had the lowest relative error. The k-equation model had a relative error of 1.963 at $x/h=1$, an area with vital flow fluctuations near the step and performed well in the recirculation zone with relative errors between 0.049 and 0.081.

Table 2. Relative velocity error of LES models

Location	Relative Error							
	k-equation						dynamic k-equation	WALE
	M1			M2	M3	M4	M2	
	T1	T2	T3				T1	
$x/h = -4$	0.0300	0.0326	0.0363	0.042	0.0360	0.041	0.0890	0.133
$x/h = 1$	0.105	0.8616	0.5092	1.963	0.0680	0.075	5.003	2.958
$x/h = 4$	0.063	0.0434	0.0452	0.081	0.0460	0.042	0.212	0.194
$x/h = 6$	0.082	0.0812	0.0647	0.049	0.0520	0.039	0.309	0.122

Table 3 presents the summary of the computational cost, stability, and convergence associated with the LES models. The k-equation model had the lowest y^+ and Courant number, suggesting enhanced stability. However, it required additional 20–30 minutes of computation time compared to the WALE and dynamic k-equation models. The residual differences among the models were not significant.

Table 3. Summary of LES model performance

Parameter	Performance							
	k-equation						dynamic k-equation	WALE
	M1			M2	M3	M4	M2	
	T1	T2	T3				T1	
Computation time (s)	3,987	19,270	32,340	5,276	5,577	5,276	3,478	4,096
RAM(GB)	6.3	6.3	6.1	6.3	6.4	6.3	6.3	6.3
Courant number	2.73	0.56	0.29	3.71	4.26	3.71	4.12	3.86
y^+	0.23	0.68	0.69	0.46	0.17	0.46	1.27	1
residual of velocity	6.6E-09	6.56E-09	9.52E-09	9.97E-09	5.26E-09	4.80E-09	9.66E-09	8.62E-09
residual of pressure	9.99E-07	9.92E-07	9.99E-07	9.9E-07	9.91E-07	9.94E-07	8.62E-07	8.62E-07



The k-equation model was then chosen for further investigation on mesh resolution and time-step sensitivity. It was found that the overall flow patterns of the velocity fields and streamlines corresponding to mesh configurations M1 through M4 appeared to be similar. The velocity profiles of the k-equation model for all mesh configurations agreed well with the experimental data (Figure 5)

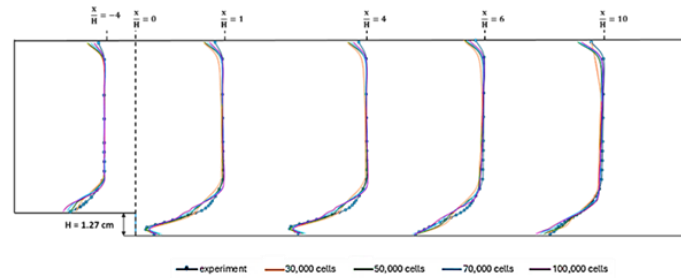


Figure 5 Velocity profiles of the k-equation model comparison between mesh configuration

Table 2 also shows that the configurations M2 and M3, with total cell counts of 50,000 and 70,000, respectively, resulted in higher accuracy. M3 provided the optimal balance of accuracy and stability, with the lowest y^+ value of 0.17. A subsequent numerical experiment varied the time-step (T) using the coarser mesh configuration, M1 (30,000 cells), to evaluate the effects of time-step on the accuracy and performance of the k-equation model. Figure 6 shows that as the time step decreased, the finer vortical structures near the step region were captured. Figure 7. compared the velocity profiles with experimental data at $x/h = -4, 6$, and 10 , showing strong overall agreement.

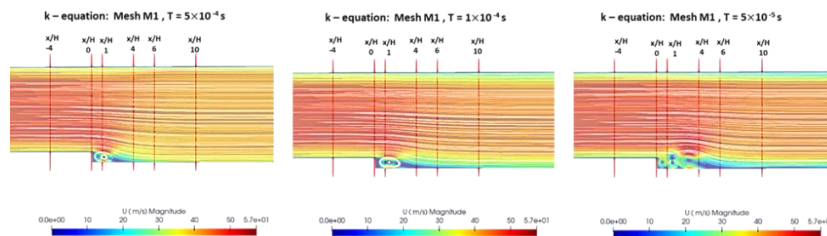


Figure 6. The velocity field of k-equation models with various simulation time-step.

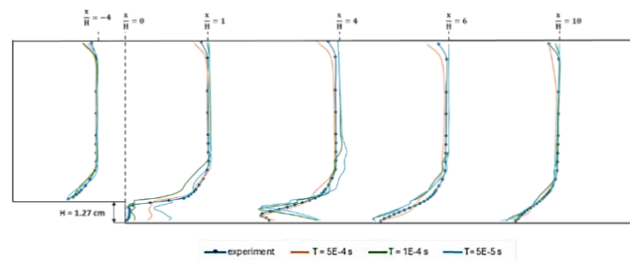


Figure 7. Velocity profile of the k-equation models with various simulation time-step.

The time step of 1×10^{-4} s for M1 case provided the highest accuracy (Table 2). However, the time step of 5×10^{-5} s achieved a better balance between accuracy and numerical stability, but required more computational time.



Discussion

The simulation results of the baseline SGS models Results agreed with previous studies (Keating et al., 2004; Panjwani et al., 2012; Shehadi, 2018). This study elaborated the work on the importance of turbulence of turbulence model selection, mesh resolution and time-step size for effective turbulent modeling with LES. Increasing mesh density improved flow detail resolution, but too fine meshes could reduce accuracy by overestimating vortices, especially when using improper time-step. The experimental results showed that the k-equation model with a mesh of 70,000 cells (M3) and a time step of 5×10^{-4} s achieved the best balance between accuracy and numerical stability. Decreasing the time-step enhanced numerical stability and provided higher precision for unsteady flow characteristics. However, smaller time-steps elevated computational expenses. A time-step of 5×10^{-4} s was determined to provide the optimal solution for accuracy, stability, and efficiency. The k-equation model provided the most precise velocity profiles and reattachment forecasts but required more computational time. The dynamic k-equation model performed simulations faster, however, showed instability in downstream areas due to an inequality between numerical setup, mesh density, and time step. The model effectively allowed complicated flow structures but was sensitive to numerical configuration.

Conclusions

This study evaluated three LES models: the k-equation, the dynamic k-equation, and the WALE model for simulating turbulent flow over a BFS. The k-equation model was the most accurate, particularly in predicting velocity profiles and reattachment points, with optimal performance achieved using a mesh of 70,000 cells and a time step of 5×10^{-4} seconds. The dynamic k-equation was computationally efficient, but showed instability due to its sensitivity to mesh and time-step settings. In contrast, the WALE model provided good stability in low fluctuation regions. By comparing accuracy, stability, and computational cost, this study successfully achieved its objective of providing a practical framework for selecting LES models. These findings could be applied as a guidance when analyzing complex turbulent flow. Future work should focus on optimized numerical settings and adaptive mesh and time-step strategies to improve the accuracy and efficiency of the LES.

Acknowledgement

I sincerely thank the Faculty of Engineering, Naresuan University, for awarding me the doctoral scholarship in 2022 and supporting me throughout my Ph.D. studies. This support allowed me to focus fully on my research and greatly contributed to my academic and professional development.



References

- Akselvoll, K., & Moin, P. (1993). Large eddy simulation of a backward facing step flow. In *Engineering turbulence modelling and experiments* (pp. 303–313). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-89802-9.50033-2>
- Avancha, R. V. R., & Pletcher, R. H. (2002). Large eddy simulation of the turbulent flow past a backward-facing step with heat transfer and property variations. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 23, 601–614.
- Driver, D. M., & Seegmiller, H. L. (1985). Features of a reattaching turbulent shear layer in divergent channel flow. *AIAA Journal*, 23(2), 163–171.
- Gao, W., Zhang, W., Cheng, W., & Samtaney, R. (2019). Wall-modelled large-eddy simulation of turbulent flow past airfoils. *Journal of Fluid Mechanics*, 873, 174–210.
- Keating, A., Piomelli, U., Bremhorst, K., & Nešić, S. (2004). Large-eddy simulation of heat transfer downstream of a backward-facing step. *Journal of Turbulence*, 5(1), 020.
- Luo, D. (2019). Numerical simulation of turbulent flow over a backward facing step using partially averaged Navier–Stokes method. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33(5), 2137–2148.
- Moin, P., & Mahesh, K. (1998). Direct numerical simulation: a tool in turbulence research. *Annual review of fluid mechanics*, 30(1), 539–578.
- Morrison, T. M., Dreher, M. L., Nagaraja, S., Angelone, L. M., & Kainz, W. (2017). The role of computational modeling and simulation in the total product life cycle of peripheral vascular devices. *Journal of medical devices*, 11(2), 024503.
- Moukalled, F. H., Mangani, L., & Darwish, M. (2016). *The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics (Stuttgart, Germany)*. Springer.
- Nielsen, E. J., & Diskin, B. (2017). High-performance aerodynamic computations for aerospace applications. *Parallel Computing*, 64, 20–32.
- Panjwani, B., Ertesvåg, I. S., Gruber, A., & Rian, K. E. (2012). Large eddy simulation in generalized curvilinear coordinates using conventional approach: Theory and validation. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 69(3), 671–690.
- Park, J., Ha, S., & You, D. (2021). On the unsteady Reynolds-averaged Navier–Stokes capability of simulating turbulent boundary layers under unsteady adverse pressure gradients. *Physics of Fluids*, 33(6), 65125.
- Pope, S. B. (2000). *Turbulent Flows* (1st ed.). Cambridge.
- Rahimi-Gorji, M., Debbaut, C., Ghorbaniasl, G., Cosyns, S., Willaert, W., & Ceelen, W. (2022). Optimization of intraperitoneal aerosolized drug delivery using computational fluid dynamics (CFD) modeling. *Scientific Reports*, 12(1), 6305.
- Shehadi, E. (2018). *Large eddy simulation of turbulent flow over a backward-facing step* [Master’s thesis]. Uppsala University.



- Shukla, P. K., Mishra, R., & Tewari, R. P. (2025). CFD Analysis of Straightener Designs on Overall Performance of the Axial Flow Blood Pump. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 18(2), 304–316.
- Singh, A., Aravind, S., Srinadhi, K., & Kannan, B. T. (2020, August). Assessment of turbulence models on a backward facing step flow using OpenFOAM®. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 912, No. 4, p. 042060). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/912/4/042060>



การจัดการสารละลายธาตุอาหารใช้แล้วที่ถ่ายออกอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัด ในระบบ NFT มาใช้ซ้ำในการปลูกเมล่อนในระบบ Substrate culture กึ่งอัตโนมัติ

นคร บุญน้อย^{1,*}, อธิสุนทร นันทกิจ² และพรหมมาศ คูหากาญจน์²

The Management of used Nutrient Solution from Lettuce Grown in NFT Circulate to a Semi-Automated Substrate Culture for Melon Production.

Nakorn Boonnoi^{1,*}, Itthisuntorn Nuntagij² and Prommart Koohakan²

¹ศูนย์วิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

²ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

¹Public-Private Collaborative Research Center (PPCRC) School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chaokuntaharn Ladkrabang, Bangkok, 10520

²Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chaokuntaharn Ladkrabang, Bangkok, 10520

*Corresponding author. E-mail: Nakorn.bo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ผักสลัดเป็นพืชนิยมปลูกมากในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยเฉพาะในระบบ NFT เพราะให้ผลผลิตสูง สะอาด และปลอดภัย แต่ปัญหาการสะสมของโซเดียม และความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ทำให้ผลผลิตลดลง เกษตรกรจำเป็นต้องถ่ายสารละลายทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเห็นควรนำสารละลายที่ถ่ายทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้สารละลายที่ใช้แล้ว (Used nutrient solution : UNS) และสารละลายสูตรมาตรฐานที่เตรียมใหม่ (New nutrient solution : NNS) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล่อน ในระบบ substrate culture วางแผนการทดลองแบบ Split plot in CRD 20 ซ้ำ Sub plot ได้แก่ UNS และ NNS ส่วน Main plot ได้แก่เมล่อนพันธุ์เนื้อสีเขียว (army green) และเนื้อสีส้ม (army orange) ใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก พบว่า เมล่อนทั้ง 2 สายพันธุ์ ให้ผลทดลองในทิศทางเดียวกัน คือ ทั้ง 2 กรรมวิธีคือ UNS และ NNS มีการเจริญเติบโต จำนวนข้อ และความเขียวใบ (SPAD) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลทดลองของผลผลิตในเชิงปริมาณพบว่าในกรรมวิธี UNS มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และเส้นผ่าศูนย์กลาง มากกว่ากรรมวิธี NNS อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผลผลิตเชิงคุณภาพ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความหนาแน่นเนื้อ พบว่าทั้ง 2 กรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ สามารถประหยัดน้ำ และกรดไนตริกได้ สมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ประหยัดปุ๋ยได้ 36.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากช่วยลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มรายได้แล้ว ยังสามารถลดปัญหาในการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม สามารถนำไปเป็นแนวทางการผลิตพืชแบบซีโร่เวสต์ (zero waste) เพื่อเกษตรกรรมยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: เมล่อน ระบบวัสดุปลูก การใช้สารละลายซ้ำ การผลิตแบบซีโร่เวสต์

Abstract

Due to its high yield, hygienic quality, and safety, lettuce is one of the most widely cultivated crops in hydroponics, specifically in the Nutrient Film Technique system (NFT). However, accumulation of NaCl and imbalances of essential minerals can reduce crop productivity. Consequently, growers often dispose of nutrient solutions. However, the discharged or used nutrient solution (UNS) still contains essential mineral elements. Therefore, this study focused on using of the UNS from lettuce cultivation in the NFT system for growing melon in a semi-automated substrate culture system. Compared with the new nutrient solution (NNS) that used the standard melon stock nutrient solution. The experiment was conducted on two melon cultivars: Army Green and Army Orange. The results found that both cultivars exhibited similar growth patterns. Using the UNS observed in growth



parameters, including number of nodes and leaf greenness (SPAD values) were no significant differences compared with using the NNS. In terms of yield, melons grown in the UNS had significantly higher average weight and diameter than those grown in the NNS. However, total soluble solids and bulk density showed no significant differences between the treatments. Furthermore, using the UNS could reduce water and nitric acid consumption to 100 % and fertilizer to 36.4 %. Utilizing the UNS not only reduces production costs and increases profitability but is also friendly to the environment. This approach contributes to a zero-waste production system, for sustainable agricultural practices in the future.

Keywords: Melon, Substrate culture, Re-used nutrient solution, Zero waste

บทนำ

ผักสลัด *Lactuca sativa* L. ปัจจุบันเป็นที่รู้จักและได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ทั้งบุคคลทั่วไปและกลุ่มคนรักสุขภาพ เพราะเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามินแร่ธาตุ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ ซี แคลเซียม และธาตุเหล็ก และอื่นๆ (Mou, 2009) การเลือกวิธีปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน หรือ ไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics) ถือเป็นหนึ่งวิธีที่ได้รับความนิยม เพราะให้ผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพสูง อีกทั้งมีความสะอาดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ ได้แก่ 1.การปลูกพืชที่เป็นรูปแบบเปิด (open system หรือ non-circulated) เป็นระบบไม่หมุนเวียนสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่นการปลูกพืชใช้วัสดุปลูก (substrate culture) เป็นการใช่วัสดุปลูกอื่นๆ ทั้งจากอินทรีย์และอนินทรีย์ แทนดิน และให้สารละลายธาตุอาหารผ่านเทคนิคระบบน้ำหยด (Drip irrigation system) พืชที่นิยมปลูก เช่น มะเขือเทศ พริก เมล่อน กัญชง เป็นต้น 2. การปลูกพืชที่เป็นรูปแบบปิด (close system หรือ re-circulated) มีการหมุนเวียนสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่น ระบบ Nutrient film technique (NFT) , Dynamic root floating technique (DRFT), Deep flow technique (DFT) เป็นต้น นิยมปลูกพืชอายุสั้นๆ พืชผักต่าง เช่น สลัด คื่นห้าน้ำ กวางตุ้ง (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2557)

ระบบที่นิยมใช้ปลูกผักสลัดในเชิงพาณิชย์ คือ ระบบปลูกแบบสารละลายไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (Nutrient film technique) หรือ NFT เพราะให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ (Frasetya et al., 2021) และสามารถเร่งรอบการผลิตได้ ทำรอบการผลิตได้ มากกว่า 20 รอบการผลิตต่อปี แต่มีข้อจำกัดด้านการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่รวดเร็วซึ่งไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตกับพืช จำเป็นต้องควบคุมและปรับให้เหมาะสม ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจะเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (imbalance) และมีการสะสมปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เพิ่มมากขึ้น จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง หรือถ้ามากเกินไปก็จะทำให้พืชตายได้ (Bres et al., 2022) ในทางปฏิบัติแล้วเกษตรกรจะทำการถ่ายสารละลายธาตุอาหารทิ้งทุก ๆ 2 สัปดาห์ (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2557; Roberto, 2003) ทั้งๆ ที่สารละลายยังมีแร่ธาตุเหลืออยู่ โดยเฉพาะไนโตรเจน และฟอสฟอรัส หากปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถทำให้เกิดปรากฏการณ์ algal boom การสูญเสียออกซิเจนในน้ำ ซึ่งอาจเป็นพิษกับสัตว์และคนได้ (Park et al., 2008) รายงานนักวิจัยหลายๆ ท่านที่สังเกตเห็นถึงสารละลายที่เหลือทิ้งจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่นการนำปลูกมะเขือเทศ (Halbert-Howard et al., 2021) ผักสลัด (Miller et al., 2020) คื่นห้าน้ำ (Boonnoi et al., 2017) และเมล่อน (นคร บุญน้อย และคณะ, 2561)



ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าสารละลายธาตุอาหารที่เหลือจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ยังคงมีธาตุอาหารที่เหลืออยู่และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำหรือใช้กับพืชชนิดอื่นได้โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยวัตถุประสงค์ศึกษาการนำสารละลายที่ถ่ายออกอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดระบบ NFT กลับมาใช้ซ้ำเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายสูตรมาตรฐานที่เตรียมใหม่ ต่อการเจริญเติบโต จำนวนข้อ และความเขียวใบ (SPAD) ผลผลิตเชิงปริมาณ น้ำหนักผลเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลาง และคุณภาพ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความหนาแน่นเนื้อ รวมทั้งปริมาณการใช้น้ำ การใช้ปุ๋ย และกรดไนตริก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การปลูกผักสลัดในระบบ Nutrient film technique (NFT)

ทำการทดลองที่ ฟาร์มเกษตรกร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา เริ่มจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ทั้งหมด 6 สายพันธุ์ ได้แก่ กรีนโอ๊ค (Green oak) เรดโอ๊ค (Red oak) คอส (Cos) เรดคอรอล (red coral) บัตเตอร์เฮด (butter head) และฟินแลนด์ ไอเบิร์ก (Frislice iceberg) ซึ่งมีระบบเตรียมสารละลายอัตโนมัติ Dosetronic ยี่ห้อ Bluelab และถึงสารละลายจะมีลูกลอยควบคุมระดับน้ำให้คงที่ เครื่อง Dosetronic จะทำการเติมสารละลายเข้มข้น AB ในถังสารละลาย โดยควบคุม EC = 1.6 mS/cm สูตรสารละลายที่ใช้ในการปลูกผักสลัด ได้จากคำนวณน้ำในพื้นที่ทดลองสูตรน้ำบาดาลคำนวณโดยโปรแกรม Nutrical v1.7 (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2557) ความเข้มข้นของ Stock solution 200 เท่า (A 0.5 + B 0.5 + น้ำ 99) ปริมาตร 20 ลิตร ประกอบด้วย Stock A : CaNO_3 1.866 กิโลกรัม, Fe-EDDHA 0.164 กิโลกรัม Stock B : HNO_3 0.7 ลิตร, KNO_3 1.303 กิโลกรัม, KH_2PO_4 0.653 กิโลกรัม, MgSO_4 0 กิโลกรัม, จุลธาตุ ได้แก่ ZnSO_4 2.616 กรัม, CuSO_4 0.635 กรัม, MnSO_4 18.330 กรัม, Boric acid 13.745 กรัม และ Ammonium molybdate 0.92 กรัม เมื่อทำการปลูกผักสลัดได้ 2 สัปดาห์ ได้เก็บตัวอย่างสารละลายส่งวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่เหลืออยู่ และนำมาคำนวณสูตรปุ๋ยเมล็ดที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไปด้วยโปรแกรม Nutrical v1.7 (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2557)

2. การทดสอบสารละลายใช้แล้วถ่ายอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของเมล็ดใน ระบบ substrate culture กิ่งอัตโนมัติ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in CRD 20 ซ้ำ Sub plot ได้แก่สารละลายปรับสูตร ที่ได้ถ่ายออกอย่างต่อเนื่องจากระบบ NFT (used-nutrient solution: UNS) และสารละลายสูตรมาตรฐาน (new-nutrient solution: NNS) Main plot ได้แก่เมล็ดพันธุ์เนื้อสีเขียว (army green) และเนื้อสีส้ม (army orange)

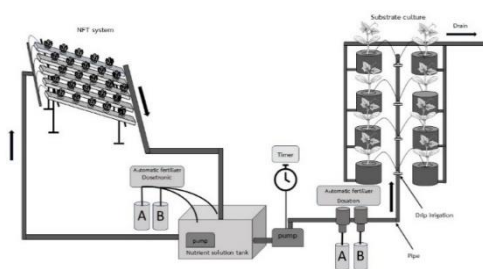
นำเมล็ดเมล็ดไปแช่น้ำประมาณ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวางบนกระดาษเพาะ เมื่อเมล็ดเริ่มงอกย้ายลงปลูกในวัสดุปลูกพีทมอสแล้วรดน้ำเป็นประจำจนอายุประมาณ 10-14 วัน จึงนำกล้าย้ายลงระบบที่มีขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก โดยในระยะแรกที่ยังเป็นต้นกล้าจะให้น้ำ 3-5 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 3-5 นาที จากนั้นเมื่อเมล็ดเริ่มออกดอกทำการตัดกิ่งแขนงออกจนถึงข้อที่ 9 แล้วเริ่มผสมดอกตั้งแต่ข้อที่ 9 ขึ้นไป และให้ไว้ลูกตั้งแต่ข้อที่ 9-13 ถือว่าเป็นข้อที่เหมาะสม โดยให้ไว้ 1 ลูกต่อต้น และค่อยๆ เพิ่มปริมาณการให้น้ำและค่า EC จากนั้นจะมีการตัดยอดตั้งแต่ข้อที่ 25-30 เพื่อให้สารอาหารไปเลี้ยงที่ลูกเมล็ด แล้วมีการปรับสารละลายเจือจางค่า EC = 3.0 mS/cm และเพิ่มปริมาณการให้น้ำอยู่ที่ประมาณ 7-10 ครั้ง/วัน ครั้งละ 3-5 นาที จากนั้นนับอายุการเก็บเกี่ยวโดยนับหลังจากผสมเกสรไปอีก 45 วัน จึงสามารถเก็บเกี่ยวได้ แต่ก่อนถึงเวลาเก็บเกี่ยวจะลดปริมาณการให้สารละลายลงเรื่อยๆ จนหยุดการให้สารละลายเป็นเวลา 3 วัน จึงเก็บเกี่ยวได้

รูปแบบการถ่ายสารละลายออกอย่างต่อเนื่องจากระบบ NFT ไปปลูกเมล่อนในระบบ substrate culture ประกอบด้วย ถังสารละลาย NFT ที่ต่อกับปั้มน้ำของระบบปลูกเมล่อนในวัสดุปลูก ซึ่งการให้น้ำเมล่อนเป็นระบบน้ำหยด การให้น้ำจะถูกควบคุมด้วยเครื่องตั้งเวลา (timer) ตามเวลาที่กำหนด แต่ครั้งจะใช้สารละลายจากถัง NFT ที่มีค่า EC = 1.6 mS/cm, pH 5.8–6.0 สารละลายนี้จะถูกส่งผ่านเครื่อง Dosatrons 2 ตัว และจะทำการดูดอัดสารละลายเข้มข้น A และ B ที่ปรับสูตรด้วยโปรแกรม Nutrical v1.7 (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2557) ผสมให้มีค่า EC และ pH ที่เหมาะสมกับเมล่อน ที่ EC = 2.5–5 mS/cm (ขึ้นกับช่วงอายุการเจริญเติบโต) pH = 6.0 (รูปที่ 1)

สำหรับชุดควบคุมใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรมาตรฐานของเมล่อน ด้วยโปรแกรม Nutrical v1.7 (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2557) ความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร (stock A: Fe-EDDHA 0.021 กิโลกรัม, CaNO_3 3.271 กิโลกรัม stock B: HNO_3 1.866 ลิตร, KNO_3 2.826 กิโลกรัม, KH_2PO_4 0.850 กิโลกรัม, K_2SO_4 0.589 กิโลกรัม, MgSO_4 0.306 กิโลกรัม, จุลธาตุ ได้แก่ ZnSO_4 2.616 กรัม, CuSO_4 0.318 กรัม, MnSO_4 9.167 กรัม, Boric acid 7.855 กรัม และ Ammonium molybdate 0.392 กรัม) ซึ่งควบคุมการให้น้ำด้วยเวลาที่กำหนด (timer) เหมือนกับกรรมวิธีที่ถ่ายสารละลายอย่างต่อเนื่องจากระบบ NFT

บันทึกผลการทดลองดังนี้ การเจริญเติบโต จำนวนข้อ ค่าความเขียว (SPAD) โดยสุ่มวัด 20 ต้น ต่อกรรมวิธี ในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 หรือจนถึงข้อที่ 25 ข้อมูลผลผลิต น้ำหนักผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล โดยวัด 20 ผล ต่อกรรมวิธี ของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความแน่นเนื้อ สุ่มเก็บตัวอย่าง 16 ผล, พันธุ์ละ 4 ผลต่อกรรมวิธี แต่ละผลสุ่มวัดจำนวน 4 ครั้ง และบันทึกปริมาณการใช้น้ำ ใช้น้ำ และกรดไนตริก

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลผลการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SAS for windows และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P = 0.05$)



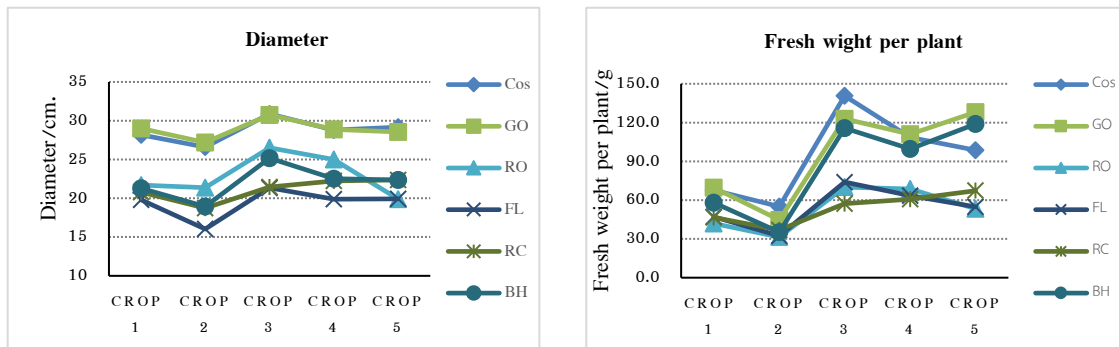
รูปที่ 1 รูปแบบการถ่ายสารละลายใช้แล้วถ่ายอย่างต่อเนื่องจากระบบ NFT ต่อการปลูกเมล่อนในระบบ substrate culture กิ่งอัตโนมัติ



ผลการศึกษา

1. ผลการเจริญเติบโต ขนาดทรงพุ่ม และผลผลิต น้ำหนักสด ของผักสลัด ในระบบ NFT

ผลการเจริญเติบโต ขนาดทรงพุ่ม และ น้ำหนักสด ของผักสลัดทั้งหมด 6 สายพันธุ์ ได้แก่ Green oak, Red oak, Cos, red coral, butter head และ Frillice iceberg ทำการปลูก 5 รอบการผลิต พบว่า ขนาดทรงพุ่มของผักสลัด สายพันธุ์ Red oak, red coral, butter head และ Frillice iceberg มีค่าขนาดทรงพุ่มประมาณ 17-26 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น ประมาณ 30-120 กรัมต่อต้น ส่วนผักสลัด Green oak และ Cos มีค่าขนาดทรงพุ่มประมาณ 26-32 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น ประมาณ 50-140 กรัมต่อต้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ผลการเจริญเติบโต ขนาดทรงพุ่ม และผลผลิต น้ำหนักสด ของผักสลัด ในระบบ NFT

2. องค์ประกอบของธาตุอาหารจากการปลูกผักสลัดในระบบ Nutrient film technique (NFT)

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่เหลืออยู่จากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT โดยวิเคราะห์จากสารละลายที่เตรียมใหม่ (NNS) และสารละลายที่ผ่านมาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ (UNS) พบว่าเมื่อผ่านเป็นระยะ 2 สัปดาห์ มีเพิ่มขึ้น-ลดลง ธาตุบางชนิด โดยที่ธาตุอาหารที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นได้แก่ Ca, Mg, Fe, และ Na ส่วนธาตุอาหารที่มีปริมาณลดลง ได้แก่ NH_4^+ , NO_3^- , P, K, Mn, Cu, และ Zn (ตารางที่ 1) ทั้งนี้การเพิ่มและลดลงแร่ธาตุขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทำให้การดูดธาตุพืชธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่น สภาพแวดล้อมอากาศ อายุพืช หรือจากสิ่งมีชีวิต

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารที่เหลือจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT

Description	pH	EC	NH_4^+	NO_3^-	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Na
	-	mS/cm						ppm					
NNS ^{1/}	5.78	1.81	9.22	264	36.8	248	168	26.2	0.28	1.14	0.07	0.21	5.12
UNS ^{2/}	6.22	1.70	6.15	261	13.2	159	178	29.7	0.74	0.01	0.10	0.01	9.25

^{1/}NNS = new nutrient solution; ^{2/}UNS=used nutrient solution

3. ผลการทดสอบสารละลายใช้แล้วถ่ายอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระบบ substrate culture กิ่งอัตโนมัติ

จากการทดสอบการถ่ายสารละลายอย่างต่อเนื่องจากระบบ NFT ส่งผ่านเครื่องให้ปุ๋ยอัตโนมัติ Dosatron ที่ดูดอัดปุ๋ย stock AB ที่ปรับสูตร (UNS) เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยสูตรปุ๋ยมาตรฐานเมล่อน (NNS) การเจริญเติบโตของจำนวนข้อในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 ให้ผลการทดลองเป็นในทิศทางเดียวกัน คือ ทั้ง 2 สายพันธุ์สีเขียวและสีส้ม จำนวนข้อของเมล่อนทั้ง 2 กรรมวิธี NNS และ UNS ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยในสัปดาห์ที่ 4 สาย



พันธุ์สีเขียว มีจำนวนข้อ เท่ากับ 8.50 และ 8.90 ข้อ และ สายพันธุ์สีส้ม มีจำนวนข้อเท่ากับ 8.55 และ 9.00 ข้อ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 6 สายพันธุ์สีเขียว มีจำนวนข้อ เท่ากับ 21.56 และ 23.90 ข้อ และ สายพันธุ์สีส้ม มีจำนวนข้อเท่ากับ 21.88 และ 24.90 ข้อ ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลด้านความเขียวของใบ (SPAD) พบว่าทั้ง 2 กรรมวิธี NNS และ UNS และเมล็ดแต่ละสายพันธุ์ สีเขียวและสีส้ม ให้ความเขียวของใบ ในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ เมล็ดสายพันธุ์สีเขียว ทั้ง 2 กรรมวิธี ในสัปดาห์ที่ 4 ให้ค่าความเขียวของใบที่ 43.42 และ 46.38 และสีส้ม มีค่าเท่ากับ 46.97 และ 47.72 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 6 ค่าความเขียวของใบเพิ่มมากขึ้น คือสายพันธุ์สีเขียว มีค่าเท่ากับ 50.93 และ 53.08 สายพันธุ์สีส้ม 50.94 และ 61.35 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของสารละลายใช้แล้วถ่ายอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ต่อจำนวนข้อ และ ค่าความเขียว ของเมล็ดใน substrate culture ในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ

Species	Treatment	Number of Nodes		SPAD	
		4 weeks	6 weeks	4 weeks	6 weeks
Green	NNS ^{1/}	8.50	21.56	43.42	50.94
	UNS ^{1/}	8.90	23.9	46.38	53.08
		ns ^{2/}	ns	ns	ns
Orange	NNS	8.55	21.88	46.97	50.94
	UNS	9.00	24.9	47.42	61.35
		ns	ns	ns	ns

^{1/}NNS = new nutrient solution; UNS=used nutrient solution^{2/}ns= ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $p = 0.05$ โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

4. ผลการทดสอบสารละลายใช้แล้วถ่ายออกอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ต่อผลผลิตของเมล็ดใน ระบบ substrate culture กึ่งอัตโนมัติ

ผลทดสอบพบว่า สายพันธุ์สีเขียว ในกรรมวิธี UNS ข้อมูลด้านเชิงปริมาณ มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธี NNS อย่างมีนัยสำคัญ คือ น้ำหนักเฉลี่ยของผล (901.88 และ 723.14 กรัม ตามลำดับ) และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล (12.20 และ 11.02 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนข้อมูลด้านคุณภาพ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าทั้ง 2 กรรมวิธี ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 14.37 และ 14.07 °Brix แต่ความแน่นเนื้อพบว่าในกรรมวิธี NNS ให้ค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับ UNS อย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 22.95 และ 16.96 นิวตัน ตามลำดับ

สำหรับสายพันธุ์สีส้ม พบว่า กรรมวิธี UNS มีข้อมูลด้านเชิงปริมาณ มากกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธี NNS อย่างมีนัยสำคัญ คือ น้ำหนักเฉลี่ยของผล (1316.0 และ 914.42 กรัม ตามลำดับ) และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล (14.15 และ 11.98 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนข้อมูลด้านคุณภาพ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความแน่นเนื้อ ทั้งกรรมวิธี NNS และ UNS ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ คือของแข็งที่ละลายน้ำได้ (14.15 และ 13.7 °Brix ตามลำดับ) และความแน่นเนื้อ (17.27 และ 17.26 นิวตัน ตามลำดับ) (ตารางที่ 3)



ตารางที่ 3 ผลของสารละลายที่ใช้แล้วถ่ายอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ต่อน้ำหนักผลเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลางของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความหนาแน่นเนื้อ ของเมล่อนในระบบ substrate culture ในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ

Species	Treatment	Average weight per fruit (g)	Diameter of fruit (cm)	Total soluble solids (°Brix) ^{2/}	Bulk density (N) ^{2/}
Green	NNS ^{1/}	723.14	11.02	14.07	22.95
	UNS ^{1/}	901.88	12.20	14.37	16.96
		* ^{3/}	*	ns	*
Orange	NNS	914.42	11.98	14.15	17.27
	UNS	1316.0	14.15	13.7	17.26
		*	*	ns	ns

^{1/}NNS = new nutrient solution; UNS=used nutrient solution

^{2/}สุ่มเก็บตัวอย่าง 16 ผล, พันธุ์ละ 4 ผลต่อกรรมวิธี แต่ละผลสุ่มวัดจำนวน 4 ครั้ง

^{3/}ns= ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *=แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น p = 0.05 โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

5. ผลปริมาณการใช้น้ำ ปุ๋ย กรดไนตริก ของการปลูกเมล่อนโดยใช้สารละลายที่ถ่ายต่อเนื่องจากระบบ NFT

จากการบันทึกข้อมูลการใช้น้ำทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่าการให้น้ำมีปริมาณเท่าๆ กันโดยคิดเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 67.78 ลิตรต่อต้น แต่ในกรรมวิธี UNS น้ำที่ได้มาคือสารละลายที่ผ่านการปลูกผักสลัดจากระบบ NFT รวมถึงกรดไนตริก ดังนั้นทั้งน้ำและกรดไนตริก จึงไม่ได้ใช้ในกรรมวิธีนี้เลย ส่วนปริมาณการใส่ปุ๋ยเข้มข้น AB พบว่าในกรรมวิธี NNS มีการใส่ปุ๋ยมากกว่ากรรมวิธี UNS เท่ากับ 15 และ 9.54 ลิตร ตามลำดับ สามารถลดปริมาณการใส่ปุ๋ยได้คิดเป็น 36.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเมื่อนำสูตรทั้ง 2 กรรมวิธีมาคิดคำนวณหาต้นทุนต่อลิตรพบว่าในสูตร NNS และ UNS มีต้นทุนเท่ากับ 26.63 และ 20.40 บาท ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดต้นทุนของปุ๋ยได้ลิตรละ 6.23 บาท (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้น้ำ ปุ๋ย กรดไนตริก ของการปลูกเมล่อนถ่ายอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ต่อการปลูกเมล่อน ในระบบ substrate culture ในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ

Treatment	Number of plants	Total water (L)	Average water per plant (L)	Stock solution AB (L)	Stock solution price per liter (THB.)	Nitric acid 10 % (L)
NNS ^{1/}	38	2576 (น้ำเปล่า)	67.78	15.0	26.63	1.39
UNS	34	2305 (จาก NFT)	67.79	9.54	20.40	–
SAVE		100		36.4 %	6.23	100

^{1/}NNS = new nutrient solution; UNS=used nutrient solution



อภิปรายผลการศึกษา

จากการเพิ่มขึ้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และความไม่สมดุลของสารละลายธาตุอาหารที่ส่งผลต่อการเติบโตของผักสลัด (Miller et al., 2020; Bres et al., 2022) ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายสารละลายธาตุอาหารอยู่เป็นประจำ จากรายงานพบว่า การปลูกผักสลัดในระบบ NFT เป็นเวลา 2 สัปดาห์ มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของโซเดียมจาก 11.6 เป็น 24.1 ppm (Boonnoi et al., 2017) ในการทดลองนี้มีการติดตั้ง ควบคุมด้วยเครื่องให้ปุ๋ยอัตโนมัติ Dosetronic เพื่อควบคุมค่า EC = 1.6 mS/cm ในถังสารละลาย NFT ที่ถูกถ่ายออกอย่างต่อเนื่องด้วย timer ไปยังเครื่อง Dosatron และดูดสารละลายเข้มข้น stock solution AB ที่ปรับสูตรจากการวิเคราะห์ และจ่ายไปยัง substrate culture ในการปลูกเมล่อน ซึ่งจะทำให้ลดการสะสมของโซเดียมคลอไรด์ และส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดในระบบ NFT จากผลการทดลองข้อมูลรอบการผลิต 1-5 พบว่าทุกสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตและผลผลิต ไม่ลดลงแต่กลับมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ (รูปที่ 1) โดยรวมแล้วพืชตระกูลแตงมีความต้องการธาตุมากกว่าผักสลัด โดยที่ผักสลัดมีความต้องการธาตุ NH_4 , NO_3 , P, K, Ca, Mg, S เท่ากับ 25, 165, 50, 210, 200, 40 และ 113 ppm ส่วนพืชตระกูลแตงเท่ากับ 7, 255, 55, 400, 200, 45 และ 82 ppm ตามลำดับ (Resh, 2013) ทำให้การจัดการสารละลายง่ายมากยิ่งขึ้น เพียงเติมธาตุอาหารเพิ่มในบางส่วนและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จากผลการทดลองในการปลูกเมล่อนยังแสดงให้เห็นว่าการใช้รูปแบบสารละลายที่ถ่ายออกอย่างต่อเนื่องมาใช้ซ้ำ ให้ผลที่ไม่แตกต่างกับการใช้สารละลายที่เตรียมใหม่ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในส่วนเจริญเติบโตและผลผลิตเชิงคุณภาพ (ตารางที่ 2 และ 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยหลาย ๆ ท่าน เช่น การจัดการสารละลายที่ไหลออกจากวัสดุปลูกหรือควูล ในการปลูกมะเขือเทศ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้สารละลายครั้งเดียว (Gent & Short, 2012) หรือการจัดการสารละลายโดยการนำมาปลูกค่น้ำในระบบ DRFT ก็ให้ผลไม่แตกต่างกับสารละลายใหม่ (Boonnoi et al., 2017) แต่การทดลองพบว่าผลผลิตเชิงปริมาณในด้านน้ำหนักเฉลี่ยผลและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางการใช้สารละลายจาก UNS มีค่ามากกว่า NNS อย่างมีนัยสำคัญ ดังรายงานของ Park et al., (2005) ที่ได้ทดสอบพริกแดงในสภาพโรงเรือนโดยใช้สารละลายที่เหลือทิ้ง 30 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปุ๋ยเคมีอีก 70 เปอร์เซ็นต์สามารถให้ผลผลิตสูงสุด ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณการดูดซึมแร่ธาตุของผักสลัดจากระบบ NFT ที่มีมาก-น้อยแตกต่างกันในแต่รอบการผลิต และอีกสาเหตุเมื่อระบบ substrate culture จ่ายสารละลายมากขึ้น ในระยะที่เมล่อนติดผล ทำให้แร่ธาตุที่อยู่ในระบบ NFT ยังมีปริมาณครบถ้วนหรือสูงกว่าค่าที่วิเคราะห์ ผลทดสอบในครั้งนี้ยังพบว่าสามารถลดต้นทุนการใช้น้ำ ปุ๋ย และกรดไนตริก เท่ากับ 100, 36.4 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงาน ที่ได้นำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ในการปลูกข้าวโพดสามารถการต้นทุนการให้ปุ๋ยได้ 14-17 เปอร์เซ็นต์ (Gent & Short 2012) หรือการปลูกข้าวโพดในดิน ลดการใช้น้ำ ปุ๋ย เท่ากับ 68 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Boonnoi et al., 2020) แนวทางการต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นและสามารถนำไปใช้ได้จริงในเชิงธุรกิจ เห็นควรทดลองกับพืชอื่น ๆ วัสดุปลูกที่หลากหลายมากขึ้น และควรนำแนวทางนี้ไปทดลองใช้กับผู้ประกอบการรายใหญ่ รวมทั้งการต่อยอดทำให้การถ่ายสารละลายที่เหลือทิ้งให้อยู่ในรูปแบบอัตโนมัติโดยอาจใช้ Internet of Things (IoT)

สรุปผลการศึกษา

การทดสอบการจัดการสารละลายธาตุอาหารใช้แล้วที่ถ่ายอย่างต่อเนื่องจากการปลูกผักสลัดในระบบ NFT มาใช้ซ้ำในการปลูกเมล่อนใน Substrate culture แบบกึ่งอัตโนมัติ (UNS) เปรียบเทียบกับการใช้สารละลายเตรียมที่ใหม่ (NNS) พบว่า การใช้สารละลายจาก UNS ให้ผลการเจริญเติบโต (จำนวนข้อ และ SPAD) และผลผลิตเชิงคุณภาพ ไม่แตกต่างกับการใช้สารละลาย NNS และยังพบอีกว่าผลผลิตเชิงปริมาณจากการใช้สารละลาย UNS มีค่าสูง



กว่าการใช้สารละลายใหม่ (NNS) อีกทั้งสามารถลดต้นทุนการใช้น้ำ และกรดไนตริกได้สมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ย เท่ากับ 36.4 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

- นคร บุญน้อย, อธิสสุนทร นันทกิจ, และ พรหมมาศ คูหากาญจน์. (2561). การจัดการสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วจากการปลูกคะน้าในระบบ DRFT มาใช้ซ้ำในการปลูกเมล่อนในระบบ substrate culture. *การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 17* (น. 450–455). ศูนย์ประชุมนานาชาติโรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์, เชียงใหม่.
- อธิสสุนทร นันทกิจ. (2557). *เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 16 เรื่องระบบการปลูกพืชและความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้*. [เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์]. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- Boonnoi, N., Nuntagij, I., & Koohakan, P. (2017). Growth and yield of Chinese kale grown in dynamic root floating technique (DRFT) by reused nutrient solution. *International Journal of Agricultural Technology*, 13(7.1), 1469–1477. <http://www.ijat-aatsea.com>
- Boonnoi, N., Nuntagij, I., & Koohakan, P. (2020). Growth and yield of sweet corn cultivated in soil using third reused nutrient solution. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(3), 589–596. <http://www.ijat-aatsea.com>
- Bres, W., Kleiber, T., Białas, W., Markiewicz, B., Mieloszyk, E., & Mieloch, M. (2022). The effect of NaCl stress on the response of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, 12(2), 244. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020244>
- Frasetya, B., Harisman, K., & Ramdaniah, N. A. H. (2021). The effect of hydroponics systems on the growth of lettuce. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(4), 042115. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/4/042115>
- Gent, M. P. N., & Short, M. R. (2012). Effect on yield and quality of a simple system to recycle nutrient solution to greenhouse tomato. *Horticultural Science*, 47(11), 1641–1645. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.11.1641>
- Halbert-Howard, A., Häfner, F., Karlowsky, S., Schwarz, D., & Krause, A. (2021). Evaluating recycling fertilizers for tomato cultivation in hydroponics, and their impact on greenhouse gas emissions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 59284–59303. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10461-4>



- Miller, A., Adhikari, R., & Nemali, K. (2020). Recycling nutrient solution can reduce growth due to nutrient deficiencies in hydroponic production. *Frontiers in Plant Science*, 11, 607643. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607643>
- Mou, B. (2009). Nutrient content of lettuce and its improvement. *Current Nutrition & Food Science*, 5(4), 242–248.
- Park, C. J., Yang, J. E., Kim, K. H., Yoo, K. Y., & Ok, Y. S. (2005). Recycling of hydroponic waste solution for red pepper (*Capsicum annuum* L.) growth. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 24(1), 24–28. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2005.24.1.024>
- Park, J. B. K., Craggs, R. J., & Sukias, J. P. S. (2008). Treatment of hydroponic wastewater by denitrification filters using plant pruning as the organic carbon source. *Bioresource Technology*, 99(8), 2711–2716. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.009>.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (7th ed.). CRC Press.
- Roberto, K. (2003). *How-to hydroponics* (4th ed., completely revised). The Future Garden Press, a division of Future Garden.



ผลของการเติมปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเหนียว

กมลชนก สาลี^{1,*}, วันวิสาข์ ปันศักดิ์¹, เบญจภรณ์ ประภักดี¹, วิชญา รงค์สยามานนท์¹

และณภัสนันท์ พสุการรัชชัย¹

Effects of Zinc and Iron Fertilizers Application on Maize Yield, Yield Components, and Microbial Activity in Calcareous Soil

Kamonchanok Salee^{1,*}, Wanwisa Pansak¹, Benjaphorn Prapagdee¹, Witchaya Rongsayamanont¹
and Naphatsarnan Phasukarratchai¹

¹คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม 73170

¹Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya, Nakhonpathom 73170, Thailand

*Corresponding author. E-mail: Kamonchanok.sae@student.mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ดินเหนียวเป็นหนึ่งในดินที่มีปัญหาในการปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญรวมไปถึงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมักจะส่งผลให้มีผลผลิตต่ำ ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเหนียว โดยดำเนินการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงต้นฤดูฝนบนดินเหนียว ชุดดินตาคลี ณ ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 9 อำเภอกู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี มีขนาดพื้นที่วิจัยรวม 2 ไร่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ทำการศึกษาปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ PAC 339 กับรูปแบบการใส่ปุ๋ย 7 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธี 1) N-P-K (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธี 2-4) N-P-K + สังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$) ที่อัตรา 2, 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน กรรมวิธี 5-7) N-P-K + ปุ๋ยจุลธาตุของเหล็ก ($FeSO_4 \cdot H_2O$) ที่อัตรา 20, 30 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน สำหรับเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตต่อไร่ การวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์มีการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (CK) เพิ่มเติม 1 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยในกรรมวิธี Zn_2 ที่ใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุสังกะสีในอัตรา 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ความกว้างฝัก เส้นรอบวงฝักข้าวโพด และผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดีที่สุด ส่วนกิจกรรมจุลินทรีย์พบว่ากรรมวิธี Fe_{20} ที่เติมจุลธาตุของเหล็กในอัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธี Zn_2 ถ้าพิจารณาในด้านผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สรุปได้ว่าใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุสังกะสีในอัตรา 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเหนียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จุลธาตุ ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดินเหนียว กิจกรรมของจุลินทรีย์

Abstract

Calcareous soils are among the problematic soil types in Thailand, commonly used for maize, often result in lower yields compared to normal soils. This research aimed to investigate the effects of zinc and iron fertilizer application on maize yield, yield components, and microbial activity in calcareous soil. The experiment was conducted during the early rainy season on calcareous soil of the Takli soil series at the Plant Propagation Center No. 9, U Thong District, Suphanburi Province, covering an area of 2 rai. A randomized complete block design (RCBD) with three replications was employed for the experimental layout. Maize variety PAC 339 was selected for cultivation, and seven fertilization treatments were applied as follows: 1) N-P-K (control), 2-4) N-P-K + zinc sulfate ($ZnSO_4$) at rates of 2, 3, and 4 mg Zn/kg soil, and 5-7) N-P-K + iron sulfate



($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) at rates of 20, 30, and 40 mg Fe/kg soil. Soil samples were collected for microbial activity analysis, along with grain yield and yield component data. For the analysis of soil microbial activity, an additional soil sample was collected from an area without any chemical fertilizer application (denoted as CK) to serve as a baseline reference. The results indicated that treatment Zn2, which involved the application of N-P-K fertilizer in combination with 2 mg/kg of zinc, significantly enhanced ear width, ear circumference, fresh and dry weight of maize grain yield. For soil microbial activity, the 20 mg Fe/kg soil treatment (Fe20) showed the highest activity, though not significantly different from treatment Zn2. In conclusion, applying N-P-K fertilizer with zinc fertilizer at 2 mg Zn/kg soil effectively improved maize yield and microbial activity in calcareous soil.

Keywords: Maize, Micronutrients, Grain yield, Calcareous soil, Microbial activity

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays* Linn.) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลกและประเทศไทย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ แนวโน้มความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 8.34 ล้านตัน คิดเป็น 3.21% จากปี พ.ศ. 2565 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) สถานการณ์การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2565/66 มีเนื้อที่เพาะปลูก 6.82 ล้านไร่ ลดลงจาก 6.89 ล้านไร่ ในปี 2564/65 ร้อยละ 1.02 (คิดค่า, 2565) แสดงให้เห็นว่าผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศและมีปริมาณไม่แน่นอน สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบันมีผลกระทบต่อกระบวนการระบาดของโรคและแมลงที่รุนแรงมากขึ้น ประกอบกับทรัพยากรดินที่เสื่อมโทรมที่กระจายอยู่ทั่วประเทศ เช่น ดินเปรี้ยว และดินด่าง หรือดินเหนียว ซึ่งถ้ามีการจัดการธาตุอาหารไม่เหมาะสมตามสภาพดินและความต้องการธาตุอาหารพืช จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน จากปัจจัยต่าง ๆ มีผลโดยตรงทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ต่ำลง

ดินเหนียวเป็นหนึ่งในดินที่มีปัญหาสมบัติที่สำคัญของดินเหนียว คือ ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง อยู่ในช่วง 7.3–8.2 และมักพบเศษหินปูนหรือหินมาร์ล (marl) ที่กำลังสลายตัวปะปน มีปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต ปนอยู่เสมอ ผลของดินเหนียวต่อการเจริญเติบโตของพืชเกิดจากดินมีค่าพีเอชสูง มีปริมาณแคลเซียม คาร์บอเนต (CaCO_3) อยู่มาก ส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ในสารละลายดินสูง และมีอนุมูล HCO_3^- สูง ส่งผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลายชนิดลดลง เช่น ฟอสฟอรัส สังกะสีเหล็ก และแมงกานีส (จำเป็น อ่อนทอง, 2562; Havlin et al., 2005) โดยทั่วไปพบดินด่างหรือดินเหนียวร้อยละ 30 ของพื้นที่ดินทั่วโลก ในประเทศไทยมีดินเหนียวประมาณ 5,556,925 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักในประเทศไทยที่ปลูกอยู่บนพื้นที่ดินเหนียวมีประมาณ 405,724 ไร่ ซึ่งประมาณ 6 % ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัด นครสวรรค์ ลพบุรี สระบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และอุทัยธานี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558; นัทธา ทักษ์ รัตนศรีณย์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2553) โดยพบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินเหนียวมักเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนีย พืชแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสทำให้เติบโตช้า และขาดจุลธาตุอื่น ๆ เช่น ขาดธาตุเหล็กมีอาการขาวตามเส้นใบอ่อน ขาดธาตุสังกะสีทำให้ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติ ใบอ่อนมีอาการเหลืองระหว่างเส้นใบ และขาดธาตุแมงกานีสทำให้ใบมีจุดสีน้ำตาล ซึ่งสังกะสีในพืชโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 25 – 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งพืช พืชจะแสดงอาการเมื่อสังกะสีในใบน้อยกว่า 10–20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งพืช (จรรยาลักษณ์ อินคำ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ El-Tilib et al. (2005) รายงานว่าปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นในดิน (1% เทียบกับ 12%) ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และปริมาณชีวมวลของพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลกระทบนี้สัมพันธ์



กับการลดลงของธาตุอาหาร N, P, K และ Mg ในใบข้าวโพด ดังนั้นการขาดธาตุที่จำเป็นทำให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อไร่ต่ำกว่าพื้นที่ปลูกพืชในดินที่ไม่มีปัญหา

แนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินเนื้อปูนสามารถทำได้โดยมีการจัดการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหการขาดแคลนธาตุอาหารทำให้พืชได้รับธาตุอาหารได้ จากงานวิจัยของ Bei et al. (2018) พบว่า การใส่ปุ๋ยในกรรมวิธีที่แตกต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและโครงสร้างของกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูนอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Xiao et al. (2022) พบว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีช่วยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ และส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยจุลินทรีย์ในดินช่วยย่อยสลาย ทำให้ปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปแบบที่พืชใช้ประโยชน์ได้ รวมถึงธาตุสังกะสีและเหล็ก ซึ่งสังกะสีมีผลต่อการกระตุ้นเอนไซม์ การพัฒนาของฝักและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ธาตุเหล็กมีผลต่อการสังเคราะห์แสงการสร้างคลอโรฟิลล์ของใบ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยจุลธาตุสังกะสีหรือปุ๋ยจุลธาตุเหล็กในระดับที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์และเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินเนื้อปูน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูน ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินเนื้อปูน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาวิจัยตั้งอยู่ในพื้นที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 9 หมู่ 12 ตำบลพลับพลาไชย อำเภอกู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี มีขนาดพื้นที่วิจัยรวม 2 ไร่ ชุดดินตาคลี (Tk) กลุ่มชุดดินที่ 52 ลักษณะดินบน (ความลึก 0-15 เซนติเมตร) เป็นเนื้อดินร่วนปนเหนียว ดินมีความหนาแน่นรวมค่อนข้างต่ำ โดยความหนาแน่นรวมของดินวิเคราะห์ด้วยวิธี core method มีค่าเท่ากับ 1.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินเป็นด่างปานกลาง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8.11 (อัตราส่วน ดิน:น้ำ; 1:1) โดยใช้เครื่อง pH meter (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2542) ค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในระดับความเค็มปกติไม่มีผลเสียต่อพืช โดยใช้เครื่อง Conductivity meter (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2542) ในอัตรา 1:5 (ดิน:น้ำ) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุดินบนด้วยวิธี Wet Oxidation ตามวิธีของ Walkley and Black Titration (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2542) พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุบนดินอยู่ในระดับปานกลาง (1.56%) สำหรับปริมาณคาร์บอนดิน (4.99%) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (0.12%) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ใช้เทคนิค Combustion เครื่อง CHNS/O analyzer (Nelson & Sommers, 1982) ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (1.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก วิเคราะห์ด้วยวิธี Bray II (Olsen & Dean, 1965) และวิเคราะห์ปริมาณของธาตุที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ด้วยน้ำยาสกัด 1N NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2542) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (437 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (6,270 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (320 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อยู่ในระดับสูงมาก และพบว่ามีปริมาณเหล็ก (2.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสังกะสี (1.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก (นัทธาทักษิรัตน์ศรีณย์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2553).



การวางแผนการทดลอง

ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 339 ในช่วงปลายฤดูฝน วันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2566 เก็บเกี่ยวผลผลิต วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 การปลูกข้าวโพดทำโดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว 70 ซม. ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20 ซม. หยอดหลุมละ 1-2 เมล็ด กลบดิน เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 14-20 วัน หลังงอกทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบไปด้วยการใส่ปุ๋ย 7 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธี 1) 22N-5P-15K (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธี 2-4) 22N-5P-15K + สังกะสี ซัลเฟต ($ZnSO_4$) ที่อัตราปุ๋ยสังกะสี 2, 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน กรรมวิธี 5-7) 22N-5P-15K + ปุ๋ยจุลธาตุของเหล็ก ($FeSO_4 \cdot H_2O$) ที่อัตรา 20, 30 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน โดยกำหนดอัตราการศึกษาปริมาณ Zn และ Fe ในงานวิจัยนี้ อ้างอิงจากการศึกษาของนัฏฐา ทักษิรัตน์ศรีนัย และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2553 โดยมีขนาดแปลงย่อยมีขนาด 6 x 5 เมตร (30 ตารางเมตร) มีระยะห่างระหว่างบล็อก 1.5 เมตร การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียม ทำการแบ่งใส่จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ $\frac{1}{2}$ พร้อมปลูกรองกันหลุม และ $\frac{1}{2}$ ที่ระยะ V6 ทุกกรรมวิธีใส่ P Ca Mg S Mn B Mo Cu Ni และ Cl จะใส่พร้อมปลูกรองกันหลุม ปริมาณการใส่ปุ๋ย N-P-K จะคำนวณจากค่าการวิเคราะห์ดินและความต้องการธาตุอาหารพืชสำหรับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 ตัน/ไร่ (Barber and Olson, 1968) สำหรับการให้น้ำข้าวโพดทำการวางระบบให้น้ำเป็นระบบน้ำหยด โดยแนวการปลูกจะใช้สายน้ำหยด 1 สายต่อข้าวโพด 1 แถว

การเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

สุ่มต้นข้าวโพด 4 แถวกลางพื้นที่เก็บเกี่ยว 12.6 ตารางเมตร ยกเว้น 2 แถวริม เพื่อเก็บข้อมูลเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วย ความยาวฝัก (ซม.) ความกว้างฝัก (ซม.) เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (ซม.) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (เมล็ด) น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ความชื้น 15% เก็บผลผลิตการวิเคราะห์กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแต่ละกรรมวิธีรวมทั้งหมด 7 กรรมวิธี (N-P-K Zn2 Zn3 Zn4 Fe20 Fe30 และ Fe40) รวมถึงสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณใกล้เคียงกับแปลงทดลองแต่ไม่ปนเปื้อนจากกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยจากกรรมวิธีต่างๆประมาณ 5 จุด แล้วนำมาผสมกันให้เป็นตัวอย่างเดียว จำนวน 1 ตัวอย่าง (CK) เพื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ศึกษา โดยนำตัวอย่างดินมาตรวจวัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินด้วยวิธีไฮโดรไลซิส Fluorescein Diacetate (FDA) ซึ่งเป็นการวัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินจากการทำงานของเอนไซม์ โดยนำตัวอย่างดินมาบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นเติมอะซิโตน 1 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา นำไปปั่นเหวี่ยง 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที กรองส่วนที่เป็นน้ำด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 2 และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ตามวิธีของ Green et al. (2006) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ผลการศึกษา

ผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อความกว้าง ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และความสูงของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลการศึกษาใน Table 1 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อความกว้าง ความยาว เส้นรอบวงฝัก และความสูงของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า รูปแบบการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 7 รูปแบบ มีผลทำให้ขนาดความยาวฝัก ความกว้างฝัก เส้นรอบวงฝัก และความสูงของฝักข้าวโพดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่ากรรมวิธี Fe20 ที่มีการใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุของเหล็ก อัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ส่งผลให้ฝักมีความยาวสูงสุดที่ 16.72 ± 1.82 ซม. อย่างไรก็ตามก็ไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ กรรมวิธี NPK Zn2 Zn4 และ Fe40 และพบว่ากรรมวิธี Fe30 มีความยาวฝักน้อยที่สุดในขณะที่ความกว้างฝัก และเส้นรอบวงฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีค่ามากที่สุดในกรรมวิธี Zn2 คือมีการใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับสังกะสีซัลเฟต อัตรา 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน และพบว่ากรรมวิธี Fe30 มีความสูงฝักน้อยที่สุด (86.70 ± 16.89 เซนติเมตร) และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีใส่ปุ๋ยอื่นๆ

Table 1 Effect of different fertilizer applications on ear length, width, circumference, and height

Treatments	Ear length (cm)	Ear width (cm)	Ear circumference (cm)	Ear height (cm)
NPK	16.48 $\pm$ 2.10ab	4.58 $\pm$ 0.26c	14.39 $\pm$ 0.81c	99.87 $\pm$ 12.66a
Zn2	16.53 $\pm$ 2.02ab	4.85 $\pm$ 0.35a	15.22 $\pm$ 1.10a	96.23 $\pm$ 11.36a
Zn3	15.64 $\pm$ 1.93bc	4.59 $\pm$ 0.23c	14.42 $\pm$ 0.73c	95.67 $\pm$ 11.92a
Zn4	15.81 $\pm$ 1.95abc	4.75 $\pm$ 0.18ab	14.90 $\pm$ 0.56ab	100.43 $\pm$ 11.84a
Fe20	16.72 $\pm$ 1.82a	4.67 $\pm$ 0.31bc	14.65 $\pm$ 0.98bc	97.23 $\pm$ 8.91a
Fe30	15.18 $\pm$ 1.37c	4.39 $\pm$ 0.29d	13.77 $\pm$ 0.92d	86.70 $\pm$ 16.89b
Fe40	16.61 $\pm$ 1.63ab	4.53 $\pm$ 0.30c	14.23 $\pm$ 0.94c	98.27 $\pm$ 12.31a
F-Test	*	*	*	*

Note: a, b represents significant difference among treatments at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test. Levels of significance * indicate significant levels with $p \leq 0.05$, Treatments: NPK, control; Zn2, NPK plus ZnSO_4 2 mg Zn/kg soil; Zn3, NPK plus ZnSO_4 3 mg Zn/kg soil; Zn4, NPK plus ZnSO_4 4 mg Zn/kg soil; Fe20, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 20 mg Fe/kg soil; Fe30, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 30 mg Fe/kg soil; Fe40, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 40 mg Fe/kg soil.

ผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักแห้งเปลือก น้ำหนักแห้งซึ่ง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเมล็ดต่อกิโลกรัมต่อไร่

Table 2 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักแห้งเปลือก โดยพบว่ากรรมวิธี Fe20 ที่มีการใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุของเหล็ก อัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน และ กรรมวิธี Zn2 ที่มีการใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับสังกะสีซัลเฟต อัตรา 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุดที่ 587.03 ± 64.47 และ 585.77 ± 90.04 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธี Fe30 ที่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่ารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน 7 รูปแบบ ไม่มีผลทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ด และ น้ำหนักแห้งเปลือกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่ากรรมวิธี Zn2 มีค่าน้ำหนัก 100 เมล็ด มากที่สุดที่ 33.17 ± 4.82 กรัม และกรรมวิธี NPK (ควบคุม) มีน้ำหนักแห้งเปลือกมากที่สุด 173.32 ± 57.11 กิโลกรัม



Table 2 Effect of different fertilizer applications on number of grains per cob, 100-grain weight, and shell dry weight

Treatments	Number of grains per cob	100-grain weight (g)	Shell dry weight (kg)
NPK	561.13±91.09	31.83±5.17	173.32±57.11
Zn2	585.77±90.04	33.17±4.82	165.71±40.68
Zn3	560.30±79.61	32.17±4.64	148.56± 57.34
Zn4	556.53±94.28	32.17±5.36	142.85±49.62
Fe20	587.03±64.47	32.17±4.68	156.18±51.84
Fe30	531.17±77.14	31.50±4.76	156.18±49.62
Fe40	576.03±87.36	32.67±4.87	165.71±60.68
<i>F-Test</i>	ns	ns	ns

Note: a, b represents significant difference among treatments at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test. Levels of significance *, ns indicate significant levels with $p \leq 0.05$ and non-significant ($p > 0.05$), respectively, Treatments: NPK, control; Zn2, NPK plus ZnSO_4 2 mg Zn/kg soil; Zn3, NPK plus ZnSO_4 3 mg Zn/kg soil; Zn4, NPK plus ZnSO_4 4 mg Zn/kg soil; Fe20, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 20 mg Fe/kg soil; Fe30, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 30 mg Fe/kg soil; Fe40, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 40 mg Fe/kg soil.

ผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อจำนวนเมล็ดต่อน้ำหนักแห้งชั่ง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเมล็ด กิโลกรัมต่อไร่แสดงดัง Table 3 ผลการทดลองพบว่ารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้ง 7 รูปแบบ มีผลทำให้ผลผลิต น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเมล็ดต่อไร่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกรรมวิธี Zn2 ให้ผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเมล็ดต่อไร่สูงสุดที่ $2,887.47 \pm 391.51$ และ $1,804.67 \pm 244.70$ กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธี NPK และพบว่าผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเมล็ด ของกรรมวิธี Zn 4 มีค่าต่ำที่สุดที่ $2,525.59 \pm 493.69$ และ $1,578.49 \pm 308.55$ กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักแห้งชั่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักแห้งชั่งข้าวโพดเฉลี่ย อยู่ในช่วง 219.04 ± 54.28 ถึง 255.23 ± 61.38 กิโลกรัมต่อไร่

Table 3 Effect of Zn and Fe fertilization on weight grain yield.

Treatments	Fresh grain yield (kg/rai)	Dry grain yield (kg/rai)	Cob dry weight (kg/rai)
NPK	2,582.63±368.65bc	1,614.15±230.41bc	243.80±70.28
Zn2	2,887.47±391.51a	1,804.67±244.70a	251.42±61.14
Zn3	2,666.53±632.26abc	1,666.58±395.16abc	245.70±65.67
Zn4	2,525.59±493.69c	1,578.49±308.55c	249.51±69.55
Fe20	2,607.49±450.54bc	1,629.68±281.59bc	249.51±62.74
Fe30	2,609.39±563.33bc	1,630.87±352.08bc	219.04±54.28
Fe40	2,830.33±336.45ab	1,768.96±210.28ab	255.23±61.38
<i>F-Test</i>	*	*	ns

Note: a, b represents significant difference among treatments at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test. Levels of significance *, ns indicate significant levels with $p \leq 0.05$ and non-significant ($p > 0.05$), respectively, Treatments: NPK, control; Zn2, NPK plus ZnSO_4 2 mg Zn/kg soil; Zn3, NPK plus ZnSO_4 3 mg Zn/kg soil; Zn4, NPK plus ZnSO_4 4 mg Zn/kg soil; Fe20, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 20 mg Fe/kg soil; Fe30, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 30 mg Fe/kg soil; Fe40, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 40 mg Fe/kg soil.



ผลของการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูน

ผลวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์จุลินทรีย์ในการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันด้วยวิธี FDA Hydrolysis แสดงใน Figure 1 ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยที่ Fe20 ส่งผลให้เกิดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์สูงที่สุดที่ 5.08 ± 1.36 ไมโครกรัมฟลูออเรสซินต่อกรัมดินต่อชั่วโมง ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธี CK Zn3 Zn4 และ Fe30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับ Fe30 มีค่า 2.43 ± 1.00 ไมโครกรัมฟลูออเรสซินต่อกรัมดินต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด โดยปริมาณของปุ๋ยเหล็กมีผลอย่างมากต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูน โดยที่ Fe20 ให้ผลดีที่สุด ขณะที่ Fe40 ลดลงแต่ยังไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ย Zn2 แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นสังกะสีต่ำจะมีแนวโน้มส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้มากกว่า และกรรมวิธี CK ซึ่งเป็นบริเวณดินโดยรอบที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใด ๆ นั้น มีค่าต่ำที่สุดที่ 3.02 ไมโครกรัมฟลูออเรสซินต่อกรัมดินต่อชั่วโมง แสดงถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูนน้อยที่สุด

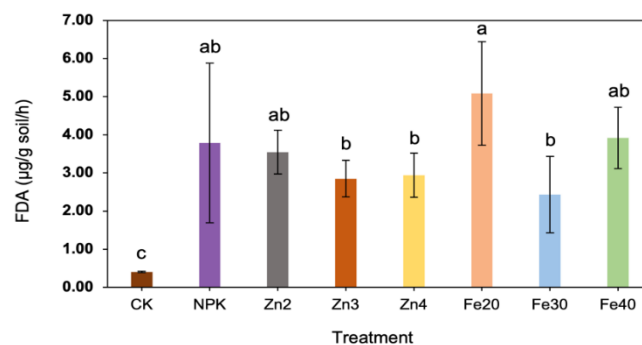


Figure 1 Effect of fertilizer treatments on microbial activity in Calcareous soil.

Treatments: CK without fertilizer; NPK (control); Zn2, NPK plus ZnSO_4 2 mg Zn/kg soil; Zn3, NPK plus ZnSO_4 3 mg Zn/kg soil; Zn4, NPK plus ZnSO_4 4 mg Zn/kg soil; Fe20, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 20 mg Fe/kg soil; Fe30, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 30 mg Fe/kg soil; Fe40, NPK plus $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 40 mg Fe/kg soil.

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธี Zn2 ที่มีการใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับสังกะสีซัลเฟต อัตรา 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินเนื้อปูน สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (N-P-K) แต่พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี Zn3 และกรรมวิธี Fe40 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของนันทา ทักษิรัตน์ศรีณย์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข (2553); สรสิทธิ์ (2533) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีในช่วง 2-3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเพียงพอสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินเนื้อปูนมีผลผลิตเมล็ดที่สูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ Kremper et al. (2024) การใช้ ZnSO_4 ในอัตรา 2.5 mg Zn/kg soil ร่วมกับปุ๋ย NPK ช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด ในขณะที่สุณิสา ผิวนำไพ และคณะ (2553) พบว่าการใส่ปุ๋ยเหล็ก ที่อัตรา 36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ทำให้ต้นข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดดินตาดลมีความสูงมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเหล็ก และขวัญดา ขาวมี และคณะ (2550) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยเหล็กคีเลต ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DIPA และ Fe-EDDHA มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูนอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และพบว่าการทดลองครั้งนี้การใส่ปุ๋ยทั้ง 7 กรรมวิธี ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวโพดสูงกว่า 1 ต้นต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของจังหวัดสุพรรณบุรี 688 กิโลกรัมต่อไร่ ในปีเพาะปลูก 2563/2564 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ทั้งนี้สำหรับกรรมวิธี 22N-5P-15K ซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม จะทำการคำนวณปริมาณการใส่ปุ๋ย N-P-K อ้างอิงจาก



ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดสำหรับผลผลิต 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับข้อมูลค่าวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณการโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน อ้างอิงจาก Barber and Olson (1968) ซึ่งแตกต่างจากคำแนะนำการใส่ปุ๋ยสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2561) ที่แนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยปริมาณ 13N-6P-6K โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในกรรมวิธี Zn2 ที่มีการใส่ปุ๋ย N-P-K ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการใช้ธาตุอาหารพืชสำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระดับผลผลิต 1 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ย $ZnSO_4$ ในอัตรา 2 mg Zn/kg soil ช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตเมล็ดแห้งข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนเพิ่มขึ้น 11.80% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ N-P-K

ในส่วนผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน พบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยทั้ง 7 กรรมวิธี (N-P-K Zn2 Zn3 Zn4 Fe20 Fe30 และ Fe40) ส่งผลเชิงบวกต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ (FDA) ในดินเนื้อปูน เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่เก็บจากบริเวณที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (กรรมวิธี CK) โดยพบว่า กรรมวิธี Fe20 ที่มีการใส่ปุ๋ยจุลธาตุของเหล็ก อัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ร่วมกับปุ๋ย N-P-K ช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินให้เพิ่มขึ้น 34.13% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ N-P-K แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับการใส่ปุ๋ยจุลธาตุของเหล็กในอัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน อาจมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่มี cytochromes และ oxidoreductases และอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบของชุมชนจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่มที่สามารถใช้เหล็กได้ดี เช่น Acidobacteria หรือ Actinobacteria (Lindsay, 1979; Marschner, 2012) แต่พบว่ากรรมวิธี Fe30 มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธี Fe20 อาจเนื่องจากการใส่ปุ๋ยจุลธาตุเหล็กที่อัตรา 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน อาจเกิดการสร้างอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species; ROS) ผ่านปฏิกิริยา Fenton ซึ่งทำให้เกิด ความเครียดต่อจุลินทรีย์ และยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในดินได้ (Schröder et al., 2003; Yu & Kuzyakov, 2021) นอกจากนี้พบว่ากรรมวิธี Zn2 ที่ใส่ปุ๋ย N-P-K ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุสังกะสีอัตรา 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินลดลงจากกรรมวิธีที่ใส่เพียงปุ๋ย N-P-K ประมาณ 0.64% อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวไม่อยู่ในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และพบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ย N-P-K ที่คำนวณให้เพียงพอต่อความต้องการธาตุอาหารพืชของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินเนื้อปูน แสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยลดข้อจำกัดการขาดธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ และส่งผลให้จุลินทรีย์ในดินเติบโตและทำงานได้ดีขึ้นในดินที่มีขาดฟอสฟอรัส และไนโตรเจนอย่างดินเนื้อปูน อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์พบว่า ทุกกรรมวิธี ที่ใส่ปุ๋ย N-P-K ส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ในส่วนของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากรายงานของ วันวิสาข์ และคณะ (ข้อมูลที่ยังไม่ถูกเผยแพร่) ที่ทำการประเมินมูลค่าของต้นทุนและผลตอบแทนสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 339 โดยใช้แปลงทดลองและกรรมวิธีที่ศึกษาเดียวกันกับงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า กรรมวิธี Zn2 มีกำไรสุทธิเท่ากับ 7,248.37 บาทต่อไร่ สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาการปลูกทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินเนื้อปูนชุดดินตาคลี สรุปได้ว่ากรรมวิธี Zn2 คือ การใส่ปุ๋ย 22N-5P-15K + สังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$) ที่อัตราปุ๋ยสังกะสี 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ส่งผลให้ความกว้างของฝัก เส้นรอบวงของฝัก และผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีค่าสูงสุด สำหรับกรรมวิธี Fe20 ที่มีการใส่ปุ๋ย 22N-5P-15K ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุเหล็ก ที่อัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ย 22N-5P-15K ที่คำนวณจากค่าการวิเคราะห์ดินและความต้องการธาตุอาหารพืชสำหรับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 ตัน/ไร่ ล้วนส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเนื้อปูนสูงขึ้นจากดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย



ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของอิทธิพลร่วมของการใช้ปุ๋ยจุลธาตุทั้งสองชนิด $ZnSO_4$ และ $FeSO_4 \cdot H_2O$ ต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในพื้นที่ดินเหนียว

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษามวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อปรับใช้เป็นระดับอ้างอิงในการให้ปุ๋ย: กรณีศึกษาดินเหนียว” ที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) เลขที่สัญญา PRP6605030110

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2558). แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:25,000. <http://sql.ldd.go.th/ldddata/mapsoilA3.html>.
- กรมวิชาการเกษตร. (2561). การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. <https://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/?p=912>
- ขวัญตา ขาวมี, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, และเอ็จ สโรบล (2550). ผลการใส่เหล็ก สังกะสี และ เปลือกกล้วยต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็กสังกะสีและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหนียว [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิตไม่ไดตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คิดคำ. (2565). สินค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. <https://คิดคำ.com/wp-content/uploads/2022/04/Product-Profile-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์-Mar-2022-final.pdf>
- จรรยาลักษณ์ อื่นคำ, ณัฐพล จิตมัตย์, และดาวจรัส เกตุโรจน์. (2560). รูปแบบธรมเคมีและความเป็นประโยชน์ของธาตุ สังกะสี ทองแดง เหล็กและแมงกานีสในดินเหนียวที่ใช้ทางการเกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48(1), 60-69.
- จำเริญ อ่อนทอง. (2562). ดินปัญหาและการจัดการ. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจงรักษ์ จันทรเจริญสุข. (2542). แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นัทธนา ทักษะรัตนศรี และจงรักษ์ จันทรเจริญสุข. (2553). การตอบสนองของข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวต่อชนิด และวิธีการใส่ปุ๋ยสังกะสีและประสิทธิภาพของน้ำยากัดบางชนิด ในการประเมินสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินเหนียว [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิตไม่ไดตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรสิทธิ์ วัชรโยธาน. (2533). การพัฒนาสูตรปุ๋ยเคมีและแนวนโยบายการใช้. เกษตรเกษตร, 14(10), 122-126.
- สุนิสา ผิ่วราไฟ, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, และสุเทพ ทองแพ. (2553). ผลของปุ๋ยเหล็กอิตีเอ และเหล็กอิตีเอเอ ต่อผลผลิต ของข้าวโพดหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3), 329-338.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2563). การคำนวณต้นทุน. <https://oae.go.th/home/article/487>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). Outlook 2566-2567. <https://oae.go.th/uploads/files/2025/05/20/c37d15eee7d25aea.pdf>
- Barber, S. A., & Olson, R. A. (1968). Fertilizer use on corn. In L. B. Nelson, M. H. McVickar, R. D. Munson, L. F. Seatz, S. L. Tisdale, & W. C. White (Eds.), *Changing patterns in fertilizer use* (pp. 163-188). Soil Science Society of America.



- Bei, S., Zhang, Y., Li, T., Christie, P., Li, X., & Zhang, J. (2018). Response of the soil microbial community to different fertilizer inputs in a wheat–maize rotation on a calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 260, 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.014>.
- El-Tilib, M. A. (2005). Combined Effects on Nitrogen Fertilization and Soil of CaCO₃ Contents on Corn Performance in Al-Marj Soil, Libya. *Journal of Plant Nutrition*, 28(9), 1619–1632. <https://doi.org/10.1080/01904160500203556>.
- Green, V. S., Stott, D. E., & Diack, M. (2006). Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(4), 693–701.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. (2005). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (7th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Kremper, R., Balla Kovács, A., Juhász, E., Rékási, M., Szabó, A., & Csathó, P. (2024). Response of maize to soil applied ZnSO₄ and ZnEDTA. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(4), 14016.
- Lindsay, W. L. (1979). *Chemical equilibria in soils*. Wiley–Interscience.
- Marschner, P. (2012). *Marschner’s mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A. L. Page (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties* (2nd ed., pp. 539–579). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c29>.
- Olsen, S. R., & Dean, L. A. (1965). Phosphorus. In C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis: part 2. Chemical and microbiological properties* (pp. 1035–1049). American Society of Agronomy.
- Schröder, I., Johnson, E., & de Vries, S. (2003). Microbial ferric iron reductases. *FEMS Microbiology Reviews*, 27(2–3).
- Xiao, Y. S., Zhou, B., Han, Z., Liu, S., Ding, C., Jia, F., & Zeng, W. (2022). Microbial mechanism of zinc fertilizer input on rice grain yield and zinc content of polished rice. *Frontiers in Plant Science*, 13, 962246.
- Yu, G.-H., & Kuzyakov, Y. (2021). Fenton chemistry and reactive oxygen species in soil: Abiotic mechanisms of biotic processes, controls and consequences for carbon and nutrient cycling. *Earth–Science Reviews*, 214, 103525.



บทบาทเทคโนโลยีเสียงต่อการแสดงสด วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่น

ไกรวิชญ์ น้อยสุข¹ และธรรศ อัมโร^{1,*}

The Music Technology into Live Performance of Molam Rabiapwatasin Band, Khon Kaen Province

Kraiwich Noysuk¹ and Tat Amaro^{1,*}

¹ภาควิชาดนตรี คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Music, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: tata@nu.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการทางวัฒนธรรมและศิลปดนตรีพื้นบ้านในปัจจุบันนั้นไม่ได้เป็นภาพสะท้อนอดีตหรือถูกยึดโยงไว้กับแนวคิดที่ล้าสมัย แต่ได้มีการปรับตัวไปตามภาวะของสังคมเพื่อให้เท่าทันกับสภาวการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นแนวทางการประยุกต์ความล้ำสมัยของเทคโนโลยีดนตรีให้สอดคล้องกับบริบทการแสดงดนตรีสดของวงดนตรีพื้นบ้านจึงยังคงมองเห็นได้อยู่ทั่วไป บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระบบเสียงในการแสดงของวงหมอลำดั้งเดิม และ 2) เพื่อศึกษาบทบาทของเทคโนโลยีเสียงสมัยใหม่ที่ส่งผลต่อการแสดงสดของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพผ่านงานภาคสนาม ได้แก่ การสัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม ผลการวิจัยพบว่า ระบบเสียงในการแสดงของวงหมอลำมีพัฒนาการขึ้นตามลำดับ และในปัจจุบันเมื่อวงระเบียบวาทะศิลป์เล็งเห็นบทบาทสำคัญของเทคโนโลยีในการยกระดับคุณภาพของการแสดงสด ทั้งในด้านคุณภาพเสียง อรรถรสทางศิลปะ และภาพลักษณ์ของวงดนตรีจึงได้มีการเลือกใช้อุปกรณ์เสียงที่มีมาตรฐานระดับสากล เช่น มิกเซอร์ Yamaha Rivage PM3 และระบบลำโพงแบบไลน์อาร์เรย์ รวมถึงการประยุกต์ใช้รถลำโพงไฮดรอลิกที่สามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมระบบบริหารจัดการเสียงที่ออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานในบริบทของการแสดงสดขนาดใหญ่ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้อย่างมีกลยุทธ์ไม่เพียงแต่เพิ่มศักยภาพในการแสดง แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการดำรงศิลปวัฒนธรรมพื้นบ้านให้ยั่งยืนและสามารถแข่งขันในระดับสากลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: บทบาทเทคโนโลยี การแสดงสด วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์

Abstract

Cultural processes with folk music should not be viewed merely as reflections of the past or as adherence to outdated traditions. Instead, they have evolved in response to shifting societal conditions and the demands of rapid modernization. Consequently, the integration of advanced music technologies within the context of live folk music performances remains both relevant and prevalent. The aims of this study are 1) to explore the use of traditional sound settings and 2) to investigate the role of sound technology in enhancing the live performances of Molam Rabiapwatasin Band in Khon Kaen Province, Thailand. Using a qualitative research approach, data were collected through in-depth interviews, and non-participant observation. The findings highlight that advanced sound technology significantly improves live performance quality, particularly in terms of sound clarity, artistry, and publicity whereby internationally recognized audio systems, including a digital mixer called Yamaha Rivage PM3 together with line array speaker configurations were meticulously employed. Furthermore, the employment of the hydraulic truck bed speaker system facilitates rapid and efficient stage setup. Those comprehensive sound advancements give rise to the technical



complexities of large-scale performances. This strategic integration of modern audio technology not only enhances the band's artistic expression, but also supports the preservation of local folk traditions, positioning Molam music within a broader, global cultural framework.

Keywords: Technology, Live performance, Molam Rabiapwatsin Band

บทนำ

เทคโนโลยีด้านเสียงในการแสดงสดเกิดขึ้นครั้งแรกช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 1960 เพื่อใช้ตอบสนองอุตสาหกรรมดนตรีโดยเริ่มใช้เทคนิคการขนถ่ายสินค้า (Logistics) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ดนตรีไปยังสถานที่ต่าง ๆ และพัฒนาอุปกรณ์เทคโนโลยีดนตรีเสียงให้ทันสมัย รวมถึงความต้องการจ้างงานเจ้าหน้าที่เทคนิคผู้ทำหน้าที่ผสมเสียงประจำวงดนตรีและทีมงานกำกับเวที (James et al., 2022, p. 87) ต่อมาช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 1960 ได้มีการปฏิวัติการแสดงดนตรีสดโดยใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ด้านเสียงมาช่วยให้สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้ฟังจำนวนมาก เช่น มีการใช้ไมโครโฟน แอมป์ลิไฟเออร์ ลำโพงขนาดใหญ่ และแนวทางการศึกษาสภาพแวดล้อมของสถานที่จัดแสดงเพื่อเสริมสมรรถภาพของการเล่นดนตรี (James et al., 2022, p. 88) จึงกล่าวได้ว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและสารสนเทศมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมดนตรีโลก รวมทั้งแรงผลักดันของธุรกิจดนตรีที่มาร่วมกับกลยุทธ์ส่งเสริมการตลาดทำให้รูปแบบของดนตรีและการนำเสนอต่อสาธารณะถูกปรับเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นดนตรีคลาสสิก ดนตรีสมัยนิยมหรือดนตรี ต่างก็พึ่งพาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเสียงและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อกระแสช่วงชิงอำนาจการขาย (Burnett, 1996, p. 12)

สิ่งที่ทำให้บทบาทของเทคโนโลยีเสียงที่เป็นที่ประจักษ์ยิ่งขึ้นคือ ความคลั่งไคล้กระแสโลกาภิวัตน์หรือความเป็นอันหนึ่งอันเดียวของสังคมโลกทำให้วัฒนธรรมดนตรีท้องถิ่นนำวัตถุดิบทางวัฒนธรรมจากโลกตะวันตกมาประยุกต์ใช้จนเกิดเป็นดนตรีแนวใหม่ที่ปีเตอร์สัน (Peterson, 2001, pp. 126–128) และตูรีโน (Turino, 2003, p. 71) ได้ลงความเห็นว่าจะสามารถช่วยให้วัฒนธรรมท้องถิ่นที่กำลังถูกหลงลืมฟื้นคืนชีพขึ้นมาจนได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้ฟังรุ่นใหม่และส่งผลต่อความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ ยิ่งไปกว่านั้นจากการศึกษาพบว่า ดนตรีพื้นถิ่นของประเทศบราซิลยังประยุกต์ใช้เครื่องดนตรีเสียงสังเคราะห์และอุปกรณ์ไฟฟ้าไปใช้ในการแสดงดนตรีสดอีกด้วย (Moehn, 2008, p. 186) และจากการผสมผสานทางวัฒนธรรมดังกล่าวทำให้รูปแบบของดนตรีประยุกต์ในกลุ่มภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศญี่ปุ่นในช่วงศตวรรษที่ 19 ถึง 20 (Nettl, 1985, p. 10) เช่นเดียวกับประเทศไทยที่เกิดความก้าวหน้าของดนตรีพื้นถิ่นอีสานจนกลายเป็นวงลูกทุ่งและเพลงหมอลำที่ประสบความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ซึ่งเป็นที่รู้จักของประชาคมโลกตลอดมา

วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่นเป็นวงดนตรีหมอลำที่เก่าแก่และเป็นที่ยอมรับมากในปัจจุบัน (สันดุสิตธี บัณฑิตตระกูล, 2560, น. 81–90) ภาคอีสานมีวงดนตรีหมอลำจำนวนมาก แต่หมอลำระเบียบวาทะศิลป์ถือเป็นวงที่โดดเด่น โดยได้รับเชิญร่วมงานระดับประเทศ เช่น มิสแกรนด์หมอลำไร่ซึ่งสตาร์ และ Big Mountain Music Festival ครั้งที่ 12–14 ติดต่อกัน วงนี้ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2507 ที่จังหวัดขอนแก่น เริ่มต้นจากการลำเรื่องต่อกลอน ก่อนพัฒนาการแสดงให้ร่วมสมัยยิ่งขึ้นด้วยการผสมผสานดนตรีลูกทุ่ง การแสดงพื้นบ้าน แดนเซอร์ และเครื่องดนตรีสมัยใหม่ เช่น ออร์แกน กลองชุด กีตาร์ไฟฟ้า และกีตาร์เบส (ดูเพิ่มเติม Shahriari, 2006, p. 60) ต่อมาทางคณะมีความตั้งใจอย่างมากในการปรับปรุงพัฒนาด้านอุปกรณ์แสงสีเสียงและเวที รวมทั้งการแสดงที่ได้ปรับเปลี่ยนไปตามยุคสมัยและถูกใจผู้ชม ปัจจุบันวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์มีสมาชิกในวงกว่า 400 คน มีการ



แสดงต่อปีกว่า 200 งาน มีระบบแสงสีเสียงเวทีที่มีขนาดใหญ่และทันสมัย (ภาณุวัฒน์ เหล่าพิสัย และ อรุณมัย จันทมาลา, 2565, น.174-179) การบริหารจัดการเทคโนโลยีดนตรีและระบบแสงสีเสียงที่มีประสิทธิภาพทำให้วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์มีผู้ติดตามเป็นจำนวนมาก ซึ่งฉัตรชัย พิศพล (2565, น. 219-221) ได้กล่าวว่า การพัฒนาด้านเทคโนโลยีแสงสีเสียงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์เป็นที่นิยมในอันดับต้น ๆ ของประเทศโดยในปัจจุบันมีผู้ติดตามทางเพจเฟซบุ๊กมากกว่า 5 แสนคน และมีสถิติผู้สนใจเข้าชมวีดิโอทางยูทูปมากกว่า 1 ล้านวิว ปัจจุบันการแสดงหมอลำมีพัฒนาการที่เปลี่ยนไปจากสมัยก่อนมาก เนื่องจากมีขนาดวงและนักแสดงมากขึ้น ประกอบกับสื่อสังคม (Social media) ที่ช่วยแพร่กระจายวัฒนธรรมการแสดงหมอลำให้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย มีการใช้เทคโนโลยี แสง สี เสียง ประกอบการแสดง (ระเบียบวาทะศิลป์ แฟนเพจ, 2556)

ความเจริญทางวัตถุ สังคม เศรษฐกิจ และค่านิยมในปัจจุบัน ส่งผลให้ดนตรีไทยแบบแผน ลูกทุ่ง และหมอลำซึ่งมีรากฐานจากวัฒนธรรมท้องถิ่น เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมตะวันตก ทั้งในด้านสัมผัสทางดนตรี โครงสร้างการแสดง และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสียงให้สอดคล้องกับโลกสมัยใหม่ (ดูเพิ่มเติม Lekakul, 2017; Amaro 2018, p. 120-125) ทั้งนี้วอร์สเลย์ (Worsley, 1990, p. 89) กล่าวว่า การพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยีเสียงช่วงส่งเสริมภาคอุตสาหกรรมให้เจริญงอกงาม ผู้คนมีแนวโน้มชื่นชอบเสียงที่ได้มาจากเครื่องดนตรีไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งจากที่แม็คคาร์ธี (McCarthy, 2016) ระบุว่า การจัดการระบบเสียงสำหรับเครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์อย่างมีประสิทธิภาพควรเริ่มจากการเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด และออกแบบการจัดวางระบบเสียงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เนื่องจากการจัดวางมีผลต่อคุณภาพเสียงอย่างมาก ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของศึกษาระบบเสียงในการแสดงของวงหมอลำดั้งเดิมและบทบาทของเทคโนโลยีเสียงสมัยใหม่ที่มีผลต่อการแสดงสดของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่นในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างความแข็งแกร่งและความเชื่อมั่นให้กับอุตสาหกรรมดนตรีพื้นบ้านร่วมสมัย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพโดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ ทั้งนี้รวมไปถึงการใช้เทคโนโลยีดนตรีสำหรับการแสดงสดของวงหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้กระบวนการสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วมในช่วงของการเปิดการแสดงประจำปีของวงดนตรีระเบียบวาทะศิลป์ โดยคัดเลือกเก็บข้อมูลและคัดกรองตามประเภทของการจ้างงาน เช่น งานอีเวนท์ งานคอนเสิร์ตประจำวงงานจ้างทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและครอบคลุมประเด็นสำคัญจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจำนวน 5 ครั้ง คือ งานแสดง ณ บ้านกนกไพร จังหวัดเพชรบูรณ์ (17 พฤศจิกายน 2567), Big Mountain Music Festival 2024 (6 - 8 ธันวาคม 2567), งานแสดง ณ ตำบลชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ (10 ธันวาคม 2567), งานแสดง ณ บ้านพรวน จังหวัดเพชรบูรณ์ (11 ธันวาคม 2567), งานแสดง ณ เซ็นทรัลพลาซ่าโลก (9 มกราคม 2568) นอกจากนั้นผู้วิจัยใช้กระบวนการสังเกตร่วมกับการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างก่อนหน้า (unstructured) หรือสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structured) ผู้ทำหน้าที่ผสมเสียงประจำวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ ผู้วิจัยคัดเลือกผู้ให้สัมภาษณ์แบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกคือ ต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการผสมเสียงดนตรีสดไม่น้อยกว่า 5 ปี และมีบทบาทตรงในการควบคุมและดำเนินงานผสมเสียงตลอดกระบวนการแสดงสดของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ ซึ่งกล่าวได้ว่าบุคคลทั้งสองได้รับการยอมรับในวงการหมอลำว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการจัดการระบบเสียง และมีผลงานเป็นที่ประจักษ์ จากนั้นผู้วิจัยจึงลงเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้การจดบันทึกข้อมูลในประเด็นที่สำคัญ

เช่น การใช้อุปกรณ์ทางดนตรี การจัดระบบเสียง การจัดวางตำแหน่งของเครื่องดนตรีและวิธีการนำเสนอการแสดงดนตรี เพื่อมาจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลเขียนถึงเทคนิคและวิธีการทั่วไปที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ผลการศึกษา

ผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาผลการวิจัยเรื่อง “บทบาทเทคโนโลยีเสียงต่อการแสดงสดวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่น” ไว้ 3 ประเด็นคือ อุปกรณ์และเทคโนโลยีเสียงที่ใช้ในการแสดงสด แนวทางการจัดการอุปกรณ์และเทคโนโลยีเสียงการติดตั้งลำโพงและรูปแบบการจัดการแสดงดนตรี

วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่น มีความเป็นมืออาชีพในการเลือกใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีเสียงที่ใช้ในการแสดงสด จากการศึกษาพบว่า พ.ศ. 2565 วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์เลือกใช้มิกเซอร์ยี่ห้อ Yamaha รุ่น CL5 เป็นหนึ่งในมิกเซอร์ระบบดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถพบได้ในคอนเสิร์ตใหญ่ ๆ ทั่วโลก ซึ่งมีราคา 1,500,000 บาท โดยประมาณถูกใช้งานมาประมาณ 7-8 ปี ซึ่งทำหน้าที่ร่วมกับระบบรับเสียงดิจิทัล (Stage Box) ยี่ห้อ Yamaha รุ่น Rio 3224-D และ รุ่น Rio 1608-D อย่างละ 1 ชุดเพื่อรองรับสัญญาณเสียงจากเครื่องดนตรี และในปีต่อมาจึงตัดสินใจซื้ออุปกรณ์มิกเซอร์รุ่นใหม่เพื่อทดแทนอุปกรณ์เก่าที่เสื่อมสภาพลง โดยเลือกใช้ยี่ห้อ Yamaha รุ่น Rivage PM3 ที่ทันสมัยต่อการใช้งานและสามารถปรับรายละเอียดของเสียงได้มากที่สุด ในบรรดามิกเซอร์ของ Yamaha โดยมีราคาอยู่ที่ประมาณ 3,000,000 บาท การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงสะท้อนถึงความทันสมัยของระบบเสียงและความใส่ใจในคุณภาพเสียงของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์



รูปที่ 1 ภาพมิกเซอร์ Yamaha CL5 (ซ้าย) และ Yamaha PM3 (ขวา)

สำหรับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับมิกเซอร์ คือ เพาเวอร์แอมป์ (PowerAmp) และลำโพง (Loud Speaker) สำหรับเพาเวอร์แอมป์นั้นทราบว่า วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ใช้เพาเวอร์แอมป์ 14 ตัวต่อลำโพง 1 ชุดในพ.ศ. 2566 ซึ่งแบ่งเป็นเพาเวอร์แอมป์รุ่น TTE TT242 จำนวน 6 ตัวสำหรับลำโพงเสียงต่ำ (Subwoofer) เพาเวอร์แอมป์รุ่น TTE TT235 จำนวน 6 ตัวสำหรับลำโพงกลาง-ต่ำและเสียงกลาง เพาเวอร์แอมป์ TTE410 จำนวน 2 ตัวสำหรับลำโพงเสียงแหลม วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ใช้เป็นลำโพงรุ่น TTE NOVA-X123-90' และ TTE NOVA-X123-120' เป็นลำโพงแบบไลน์อาร์เรย์แชนแนลเรียงกัน ในชุดลำโพงการออกแบบภายในลำโพงเป็นแบบ 3 ทาง ซึ่งเป็นมาตรฐานเดียวกับลำโพงมาตรฐานระดับโลก เช่น Zsound LA212 หรือ d&b audiotechnik J8 ที่ใช้ดอกลำโพง 3 ชนิดทำงานร่วมกัน แบ่งเป็นดอกลำโพงเสียงกลางต่ำขนาด 12 นิ้วตู่ละ 2 ดอก ดอกลำโพงเสียงกลางขนาด 12 นิ้ว ตู่ละ 1 ดอก ดอกลำโพงเสียงสูงขนาด 3 นิ้วตู่ละ 2 ดอก ในขณะที่ลำโพงเสียงต่ำ ใช้เป็นรุ่น TTE X S28 จำนวนข้างละ 12 ใบ การออกแบบเป็นแบบ Bass-reflex ภายในหนึ่งตู้ประกอบด้วยดอกลำโพงขนาด 18 นิ้ว จำนวน 2 ดอก ซึ่งลำโพงทั้งหมดนี้แชนแนลไว้ในโครงสร้างสำหรับแชนแนลลำโพงให้ทำงานร่วมกันและมีคุณภาพเสียงดีครอบคลุมพื้นที่รับชมบริเวณด้านหน้าเวที



รูปที่ 2 ภาพลำโพงและเพาเวอร์แอมป์ที่ใช้ในการแสดงสด

อย่างไรก็ตาม พ.ศ. 2567 วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ได้ตัดสินใจปรับเปลี่ยนระบบเสียงใหม่จากการติดต่อผ่านบริษัท เอกชาวด์ ชัยภูมิ จำกัด ดังนั้นวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์จึงหันไปเลือกใช้ลำโพงไลน์อาเรีย รุ่น A122 จำนวนข้างละ 16 ใบโดยมีการลดความดัง 4 ใบด้านล่าง หลังจากใช้งานระบบเสียง พบว่า บริเวณด้านหน้าของเวที ซึ่งอยู่ใกล้กับลำโพงมากที่สุด มีระดับความดังของเสียงสูงกว่าบริเวณผู้ชมที่อยู่ถัดไปทางด้านหลังเป็นอย่างมาก ส่งผลให้ผู้ชมที่อยู่ในพื้นที่ห่างจากเวทีได้รับเสียงที่เบาและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับลดความดังของลำโพงบางตัวที่อยู่ด้านล่างของชุดไลน์อาเรีย เพื่อลดความดังบริเวณหน้าเวทีและกระจายเสียงให้ครอบคลุมผู้ชมทั้งพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น โดยระบบเสียงใหม่ที่ใช้ลำโพงเสียงต่ำเป็นรุ่น AEK21 ข้างละ 24 ใบเป็นดอกขนาด 21 นิ้วที่ออกแบบให้มีเสียงที่นุ่มลึก ฟังสบาย ซึ่งสอดคล้องกับ ญัฐพจน์ วิจารณ์ (2565) ที่กล่าวว่า การจัดวางระบบเสียงมีส่วนสำคัญต่อคุณภาพของเสียงสำหรับงานแสดงสดขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์เสียงจำนวนมากและใช้ทำหน้าที่แตกต่างกันไป การเลือกลำโพงที่เหมาะสม ข้อจำกัดทางด้านเสียงต่าง ๆ เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบระบบเสียงที่ต้องทำความเข้าใจ

ประเด็นต่อมาเรื่องแนวทางการจัดการอุปกรณ์และเทคโนโลยีเสียงการติดตั้งลำโพงนั้น ในพ.ศ. 2565 วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่นได้มีความประสงค์ที่จะปรับปรุงวิธีการติดตั้งลำโพงจากแบบดั้งเดิมที่ติดตั้งด้วยแรงงานคนและใช้เวลานานในการติดตั้งระบบ เพราะต้องมีการวางโครงสร้างสำหรับแขวนลำโพงและประกอบลำโพงขึ้นที่ละชุดใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน แต่อย่างไรก็ตามหลังจากที่ได้ทำความร่วมมือกับบริษัท เอกชาวด์ ชัยภูมิ จำกัด ในการจัดการระบบเสียง เมื่อพ.ศ. 2567 ประยุกต์ใช้รถลำโพงที่มีระบบไฮดรอลิกและโครงสร้างขนาดใหญ่สำหรับแขวนลำโพงสูง 10 เมตรที่สามารถยกลำโพงขึ้นมาติดตั้งได้ทั้งชุดโดยไม่ต้องใช้แรงงานคนในการติดตั้ง ทำให้ง่ายและสะดวกในการใช้งาน ข้อดีของระบบไฮดรอลิกคือสามารถปรับระดับเสาให้อยู่ในแนวตรงได้ในทุกพื้นที่ ระบบขยายเสียงของลำโพงจะอยู่บนรถลำโพงต่อระบบสายพร้อมใช้ และจำเป็นต้องอยู่ในห้องที่ติดเครื่องปรับอากาศ ทั้งนี้เพื่อรักษาสภาพการใช้งานให้ปราศจากฝุ่นและอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม

นอกจากรถลำโพงแล้วยังมีรถที่เก็บระบบไมโครโฟนและระบบการจัดการเสียงด้านหลังเวทีอีก 1 คัน ในรถมีสเตจบ็อกซ์รุ่น Yamaha Rio3224-D2 จำนวน 1 ตัว Yamaha Rio3224-D จำนวน 1 ตัว Rio1608-D จำนวน 1 ตัว และ ไมโครโฟนส่วนใหญ่ใช้เป็นรุ่น Sennheiser EW100 G4 e835 จำนวน 11 ตัว Sennheiser EW300 G4 e835 จำนวน 5 ตัว และ มีไมโครโฟนส่วนตัวศิลปินอีก 10 ตัว ส่วนใหญ่เป็น Shure SLXD24A SM58 รวมมีไมโครโฟนกว่า 26 ตัว มีการติดเครื่องปรับอากาศเพื่อป้องกันฝุ่นและรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสม การติดตั้งระบบบนเวทีจะอยู่ในการดูแลของ นายปิยะวัฒน์ อรัญภูมิ ซึ่งเป็นสมาชิกของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ทำหน้าที่ดูแลการติดตั้งระบบ เช่น ต่อสัญญาณระบบเสียงทั้งหมด ควบคุมความเรียบร้อยบนเวทีระหว่างการแสดง ดูแลระบบไฟฟ้า ติดตั้งไมโครโฟนไร้สาย รวมทั้งลำโพงมอนิเตอร์ของนักดนตรี และอาจต้องแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการแสดงด้วย ลำดับการทำงานจะเริ่มติดตั้งพื้นบนเวทีก่อน จากนั้นผู้รับผิดชอบเรื่องจากการแสดง/ระบบแสง/ระบบจอภาพ/

ระบบเสียงจะเริ่มดำเนินงาน ทั้งนี้เครื่องดนตรีจะตั้งได้หลังจากฉากติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้วเนื่องจากต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งฉากเวทีในเบื้องต้น จากการศึกษาพบว่า เวทีใช้เป็นรูปแบบนั่งร้านเหล็กสูง 6-7 ชั้น นับเป็นความสูงกว่า 10-12 เมตร



รูปที่ 3 ภาพรถลำโพงไฮดรอลิกและภายในระบบการจัดการเสียงด้านหลังเวที

การเชื่อมระบบเสียงของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์เริ่มจากการรับสัญญาณเสียงเครื่องดนตรีทั้งหมดส่งมาที่ Stage Box ซึ่งติดตั้งอยู่ในรถที่เก็บระบบไมโครโฟนและระบบการจัดการเสียงด้านหลังเวทีจากนั้นเสียงถูกส่งผ่านสาย Lan ไปที่มิกเซอร์ดิจิทัล วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ มีสมาชิกวงคือ นายมงคล อิ่มวงศ์ ทำหน้าที่หลักเป็นผู้ควบคุมและผสมเสียง แต่อาจมีหน้าที่ตรวจสอบระบบก่อนทำการแสดง ดูแลควบคุมระบบ ดูแลความพร้อมโดยรวม วางแผนปรับปรุงระบบด้วย

การจัดหาตำแหน่งวางตั้งมิกเซอร์เป็นเรื่องสำคัญซึ่งจะส่งผลต่อการตัดสินใจด้านเสียงของผู้ผสมเสียง จึงจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งอย่างละเอียด เบื้องต้นผู้ผสมเสียงจะสามารถบอกได้จากลักษณะเสียงที่ได้ยินว่าควรย้ายไปอยู่ตำแหน่งใด ซึ่งกรณีงาน Big Mountain Music Festival ครั้งที่ 14 ได้มีการขยับมิกเซอร์เนื่องจากมีปัญหาเรื่องเสียงฟังไม่ชัด จึงย้ายให้จุดฟังอยู่ตรงกลางมากขึ้น เสียงจึงชัดขึ้น

สำหรับประเด็นสุดท้ายเรื่องรูปแบบการจัดการแสดงสด สิทธิชัย สถิตเทพบัญชา (2555, น. 24) กล่าวว่า การวางองค์ประกอบต่าง ๆ บนเวที เช่น ฉากประกอบการแสดง พื้นที่ตั้งเครื่องดนตรี พื้นที่สำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ตำแหน่งของนักดนตรี นักแสดง หรือในบางครั้งพื้นที่บนเวทีอาจไม่เพียงพอจนทำให้ต้องเคลื่อนย้ายเครื่องดนตรีลงจากเวทีชั่วคราว ประเด็นเหล่านี้ควรต้องวางแผนการทำงานเป็นอย่างดีก่อนที่การแสดงคอนเสิร์ตจะเริ่ม รวมถึงการจัดการด้านบุคลากร การวางแผน การบังคับบัญชา การประสานงานที่เป็นปัจจัยแวดล้อมภายในและสถานที่จัดงาน หรือสภาพอากาศที่เป็นปัจจัยแวดล้อมภายนอก (ไชยเชษฐ์ เรืองทองเมือง, 2557, น. 1) วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์จึงให้ความสำคัญกับรูปแบบการจัดการเวที กรณีตำแหน่งของนักดนตรีบนเวที เดิมจัดรูปแบบเรียงจากซ้ายไปขวาเริ่มจากตำแหน่งผู้เล่นคีย์บอร์ดและนักกีตาร์ ตำแหน่งกลุ่มเครื่องกระทบและกลองชุด จากนั้นหลังจากโดยเว้นระยะทางเดินตรงกลางจะเป็นตำแหน่งกีตาร์เบส และกลุ่มของเครื่องเป่าตำแหน่งกลองชุดเป็นตำแหน่งพิเศษที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีเสียงจากลำโพงหลักย้อนกลับเข้าไปน้อยที่สุด เพื่อเลี่ยงปัญหาที่อาจเกิดกับการผสมเสียง เช่น เสียงกระเดื่องที่ไม่กระซิบหรือเกิดเสียงที่คลุมเครือ

วงดนตรีทั่วไปมักมีลำดับของการบรรเลง (Song List) เพื่อเป็นการนัดหมายหรือข้อตกลงร่วมกันของสมาชิกในวง แต่บางครั้งอาจต้องสังเกตมีอารมณ์ร่วมหรือมีการตอบสนองของผู้ชม ลำดับเพลงที่ใช้บรรเลงอาจปรับเปลี่ยนได้ในขณะทำการแสดง เช่น บางเพลงอาจถูกตัดทอนจนไม่เหมือนต้นฉบับส่งผลให้ไม่สามารถนัดหมายลำดับการแสดงถัดไปได้ หรือปรับเปลี่ยนลำดับเพลงในบางช่วงการแสดง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดด้านเวลา รวมทั้งการติดต่อสื่อสาร



และการแก้ปัญหา (สิทธิชัย สถิตเทพบัญชา, 2555, น.27-28; ดูเพิ่มเติม Amaro, 2018) ผู้วิจัยจะให้รายละเอียดกรณีของงานแสดงดนตรี Big Mountain Music Festival ครั้งที่ 14 ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นคอนเสิร์ต มีการแสดงประกอบแสง สี เสียง แดนเซอร์ เป็นโชว์ที่มีความซับซ้อน งดงาม เพลงที่ใช้แสดงเป็นเพลงลูกทุ่งสมัยนิยม ในขณะที่ช่วงที่ 2 เป็นลำเรื่องต่อกลอน มีการแสดงตลกร่วมด้วย ซึ่งทั้งหมดจะมีช่วงเวลาแสดงเริ่มประมาณ 3 ทุ่ม จนถึง 6 โมงเช้า รวมทั้งสิ้นกว่า 34 รายการโดยการแสดงช่วงสุดท้ายจะเป็นการปิดฉากด้วย “เต้ยลา” ที่เป็นการรวมของศิลปินขึ้นมาพ็อนรำร่วมกันเพื่อส่งผู้ชมเดินทางกลับบ้านโดยสวัสดิภาพ

การแสดงของคณะระบิยบวาทะศิลป์มีลักษณะการดำเนินเรื่องที่ชัดเจน ประกอบด้วยช่วงของบทเพลงลูกทุ่ง การลำเรื่องต่อกลอน และการแสดงตลก ซึ่งกล่าวได้ว่าถูกร้อยเรียงด้วยบทเพลงและบทพูดที่สื่อความหมายถึงเนื้อหาหลักของเรื่องราวที่แสดงในแต่ละคืน โดยมักมีการดัดแปลงเนื้อหาให้เข้ากับสถานการณ์หรือเทศกาลในช่วงเวลานั้น

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า วงดนตรีหมอลำระบิยบวาทะศิลป์มีการปรับตัวและพัฒนารูปแบบการแสดงสดอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้านการนำเทคโนโลยีเสียงมาใช้ เพื่อเพิ่มความน่าดึงดูดและคุณภาพของการแสดง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุวัฒน์ เหล่าพิสัย และ อูรารมย์ จันทมาลา (2565) ที่ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการของการแสดงคอนเสิร์ตหมอลำคณะระบิยบวาทะศิลป์ โดยระบุว่า การเพิ่มเวทีขนาดใหญ่ พร้อมระบบแสง สี เสียงคุณภาพสูง ช่วยสร้างความประทับใจและความสนุกสนานแก่ผู้ชม ส่งผลให้การแสดงคอนเสิร์ตหมอลำของคณะระบิยบวาทะศิลป์ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ยิ่งไปกว่านั้น การลงทุนในระบบเสียงระดับสากล เช่น มิกเซอร์ดิจิตอล Yamaha Rivage PM3 และลำโพงไลน์อาร์เรย์ รวมถึงการจัดการระบบเสียงด้วยรอลำโพงไฮดรอลิก ยังสะท้อนถึงความมุ่งมั่นของวงในการยกระดับมาตรฐานการแสดงให้ทัดเทียมเวทีคอนเสิร์ตสมัยใหม่

จากการที่เจมส์และคณะ (James et al., 2022, p. 96) ได้ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีด้านเสียงได้ถูกพัฒนาไปในทิศทางที่ก้าวกระโดดมากขึ้นในศตวรรษที่ 21 ทำให้การใช้เทคโนโลยีเสียงในระดับสูงของวงดนตรีหมอลำระบิยบวาทะศิลป์นั้นแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าและองค์ความรู้เฉพาะทางของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นข้อพิสูจน์มาตรฐานการทำงานระดับประเทศจากการถูกเชิญให้เข้าร่วมแสดงในงาน Big Mountain Music Festival ซึ่งเป็นเทศกาลดนตรีขนาดใหญ่ของประเทศ ทั้งนี้ จุดแข็งด้านการจัดการเวทีและระบบเสียงเหล่านี้ยังสามารถเปรียบเทียบได้กับแนวทางของคณะประมณบันเทงศิลป์ ซึ่งจากงานวิจัยของ สันดุสิตธิ์ บริวรงค์ตระกูล (2560) ระบุว่า คณะประมณบันเทงศิลป์ได้นำเทคโนโลยีแสง สี เสียง รวมถึงเครื่องดนตรีตะวันตกมาผสมผสานกับดนตรีอีสาน เช่น แคนและพิณ เพื่อสร้างเอกลักษณ์การแสดงที่ร่วมสมัยมากขึ้น โดยทั้งนี้ปีเตอร์สัน (Peterson, 2001) ได้กล่าวว่าแนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนาเทคโนโลยีไม่ได้เป็นเพียงแค่เครื่องมือในการเพิ่มคุณภาพของการแสดงเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ดนตรีพื้นบ้านสามารถปรับตัวและคงอยู่ได้ในสังคมปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว โดยไม่ทิ้งรากเหง้าและอัตลักษณ์ของศิลปวัฒนธรรมดั้งเดิม ทั้งนี้ องค์ความรู้จากกรณีศึกษาวงหมอลำระบิยบวาทะศิลป์สามารถเป็นต้นแบบหรือแนวทางให้กับวงดนตรีพื้นบ้านอื่น ๆ ที่ต้องการผสมผสานวัฒนธรรมและเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เพียงแต่ยกระดับศักยภาพทางการแสดงเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมให้ศิลปินพื้นบ้านสามารถเข้าสู่เวทีสากลได้ในลักษณะที่ยังคงความเป็นท้องถิ่นไว้อย่างภาคภูมิ



สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า เทคโนโลยีระบบเสียงมีบทบาทต่อการแสดงสดของวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์เป็นอย่างมาก โดยมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐานระดับสากล เช่น มิกเซอร์ดิจิทัล Yamaha Rivage PM3 และระบบลำโพงแบบไลน์อาร์เรย์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเสียงที่ใช้ในเวทีคอนเสิร์ตระดับนานาชาติ นอกจากนี้ วงดนตรียังมีการปรับปรุงและพัฒนาาระบบเสียงเป็นประจำ เพื่อให้ทันต่อเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการนำรถลำโพงที่ติดตั้งระบบไฮดรอลิกมาใช้ในการติดตั้งลำโพง ซึ่งช่วยลดเวลาในการติดตั้ง ลดการใช้แรงงานคนและเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมระบบเสียงจากศูนย์ควบคุมภายในรถได้อย่างสะดวก ในด้านการจัดการระบบเสียง วงดนตรียังได้ออกแบบการวางระบบให้สอดคล้องกับลักษณะของการจัดแสดง รวมถึงข้อจำกัดทางเวลาและบุคลากร อีกทั้งยังมีการวางแผนเชิงกลยุทธ์ในการติดตั้งมิกเซอร์และลำโพงให้ได้จุดฟังที่ดีที่สุด อีกทั้งยังมีการควบคุมความดังของเสียงให้กระจายได้อย่างทั่วถึงและสมดุลทั่วบริเวณพื้นที่รับชมซึ่งเป็นองค์ความรู้เฉพาะทาง นอกจากนี้ยังมีการจัดลำดับช่วงของการแสดงได้เหมาะสมที่ทำให้ผู้ชมได้รับความบันเทิงทั้งทางการฟังและการมองเห็น ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า วงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ ไม่เพียงแต่สามารถรักษาเอกลักษณ์ของดนตรีหมอลำไว้ แต่ยังสามารถปรับตัวให้เท่าทันกับเทคโนโลยีในโลกยุคใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านคุณภาพการแสดงที่ให้ประสบการณ์ด้านการแสดงดนตรีที่ดีแก่ผู้รับชม และในด้านภาพลักษณ์ของวงดนตรีร่วมสมัยในเวทีระดับประเทศ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องบทบาทเทคโนโลยีเสียงต่อการแสดงสดวงดนตรีหมอลำระเบียบวาทะศิลป์ จังหวัดขอนแก่นเป็นกระบวนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมดนตรีที่เชื่อมโยงอยู่กับการนำเทคโนโลยีและอุปกรณ์ดนตรีเพื่อประยุกต์ใช้ในงานแสดงอย่างสร้างสรรค์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าผู้วิจัยใช้เครื่องมือแบบสังเกตและสัมภาษณ์เชิงลึกโดยรอบพื้นที่ที่แสดงให้เห็นข้อมูลเชิงประจักษ์ อีกทั้งข้อมูลทุติยภูมิจากบทความฉบับนี้จะสามารถใช้เป็นแหล่งทางวิชาการได้ แต่กล่าวได้ว่ายังคงมีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นบทบาทของเทคโนโลยีเสียงที่มีต่อการแสดงสดจากวงดนตรีพื้นบ้านในพื้นที่อื่น ๆ หรือกระทั่งไม่สามารถเสนอข้อมูลที่น่ามาอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวในภาพรวมปัจจุบันพบว่าเริ่มมีผู้สนใจศึกษางานภาคสนามที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีดนตรีที่ใช้ในการแสดงสดมากขึ้น ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาวงดนตรีที่มีชื่อเสียงในภูมิภาคต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสรุป จัดการองค์ความรู้และทำการศึกษาเปรียบเทียบตามบริบทพื้นที่และขนาดของวงดนตรีที่ส่งผลต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสียง

เอกสารอ้างอิง

- ฉัตรชัย พิศพล. (2565). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความจงรักภักดีของแฟนคลับหมอลำ วงระเบียบวาทะศิลป์. *วารสารรัชต์ภาคย์*, 16 (48), 218-233.
- ไชยเชษฐ์ เรืองทองเมือง. (2557). รูปแบบการจัดการระบบขยายเสียงการแสดงดนตรีสด สำหรับวงดนตรีประเภทป๊อปปูล่า. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, 13 (2), 1-9.
- ณัฐพจน์ วิจารณ์. (1 มีนาคม 2565). *การออกแบบ และการติดตั้งระบบเสียง สำหรับวงดนตรีสด*. atprosound. <https://www.atprosound.com/sound-system-design-and-setup-for-live-band/>



- ภาณุวัฒน์ เหล่าพิสัย และอรารมย์ จันทมาลา. (2565). พัฒนาการรูปแบบการแสดงคอนเสิร์ตหมอลำคณะระเบียบวาทะศิลป์. *วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 6 (1), 174–183.
- ระเบียบวาทะศิลป์ แฟนเพจ. (2566). *คิวงานอัพเดทล่าสุด อย่าลืมไปให้กำลังใจกันด้วยนะครับ* [Image]. Facebook. https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=pfbid02K6qgVingix2dJbq1oFyf41dnopHUMjJCtX5FwLBaRviK4YVsPYuH4bYfgUzibpEal&id=976395829104102
- สันดุสิต บัณฑิตตระกูล. (2560). บทความปริทรรศน์ : การสืบทอดสื่อพื้นบ้าน หมอลำเรื่องต่อกลอน. *วารสารกระแสวัฒนธรรม*, 18 (34), 81–90.
- ลิตธิชัย สถิตเทพบัญชา. (2555). มีอะไรเกิดขึ้นบ้างในหนึ่งคอนเสิร์ต...?. *The Absolute Sound & Stage*, (120).
- Amaro, T. (2018). *Modernising Traditional Musical Culture: A Case Study of Contemporary Piphat Ensembles in Phayao Province, Northern Thailand*. [Doctoral dissertation], Durham University.
- Burnett, R. (1996). *The global jukebox : The international music industry* (1st ed.). Routledge.
- James, C., Mulder, D. J., Pisfil, S., & Reeder, N. (2022). Life sound matters. In C. Anderton & S. Pitfil (Eds.), *Researching live music: Gigs, tours, concerts and festivals*, (pp. 87–102). Routledge.
- Lekakul, G. (2017). *Prachan : Music, Competition, and Conceptual Fighting in Thai Culture*. [Doctoral dissertation], SOAS University of London.
- McCarthy, B. (2016). *Sound System: Design and Optimization* (3rd ed.). Focal Press.
- Moehn, F. (2008). Music, Mixing and Modernity in Rio de Janeiro. *Ethnomusicology Forum*, 17 (2), 165–202. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17411910802283983>
- Nettl, B. (1985). *The Western impact on world music : change, adaptation, and survival* (1st ed.). Schirmer Books.
- Peterson, R. A. (2001). Globalization and Commonalization of Music in the Production Perspective. In A. Gebesmaier & A. Smudits (Eds.), *Global repertoires : popular music within and beyond the transnational music industry*. Aldershot: Ashgate.
- Shahriari, A. C. (2006). *Khon Muang music and dance traditions of North Thailand*. White Lotus Press.
- Turino, T. (2003). Are We Global Yet? Globalist Discourse, Cultural Formations and the Study of Zimbabwean Popular Music. *British Journal of Ethnomusicology*, 12 (2), 51–79.
- Worsley, P. (1990). Models of the modern world-system. In M. Featherstone (Ed.), *Global culture : nationalism, globalization and modernity : a Theory, Culture & Society special issue*. Sage.



ผลงานสร้างสรรค์บทเพลงประสานเสียง : กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน

ขจรยศ ทาสา^{1,*}, อนรรักษ์ ต้าคำ¹ และ ศศิณัฐ พงษ์นิล¹

Creative Choral Composition: Kap He Chom Khruang Khao Wan

Kajonyos Tasa^{1,*}, Anurak Takham¹ and Sasinut Phongnil¹

¹ภาควิชาดนตรี คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Music, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phisanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: Kajonyost64@nu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความเรื่อง ผลงานสร้างสรรค์บทเพลงประสานเสียง : กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน เป็นผลงานวิจัยการสร้างสรรค์ทางดนตรี โดยมีพื้นฐานมาจากการเห็นคุณค่าและความสำคัญของกาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน บทพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเรียบเรียงกาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวานในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง ซึ่งในการวิจัยสร้างสรรค์ชิ้นนี้ใช้ทฤษฎีการเรียบเรียงเสียงประสาน ควบคู่กับการแสดงสุนทรียศาสตร์ทางดนตรีตลอดจนสอดแทรกเนื้อหาของบทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน ผ่านการถ่ายทอดบทเพลงของนักเรียนโรงเรียนภัทรวดี หัวหิน จำนวน 18 คน ผลงานการสร้างสรรค์แบ่งขั้นตอนการสร้างสรรค์ออกเป็น 5 ตอน โดยแสดงผลการสร้างสรรค์และวิเคราะห์สังเคราะห์ ดังนี้คือ 1) กำหนดกรอบแนวคิดการสร้างสรรค์จากประเด็นหลักคือ บทเพลงในรูปแบบประสานเสียง กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน 2) การวางท่วงทำนองให้มีความสอดคล้องกับสำเนียงของกาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน 3) การกำหนดท่วงทำนองเสียงซึ่งอยู่ในคีย์ G Minor Pentatonic Scale โดยใช้สัจลักษณ์แบบ Binary Form 4) กำหนดแนวเสียงตามรูปแบบประสานสี่แนวโดยมีแนวเสียงดังนี้ โซปราโน อัลโต เทเนอร์ เบส แบ่งออกเป็น 4 ช่วงทำนอง และ 5) การเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์ผ่านช่องทางออนไลน์

คำสำคัญ: ผลงานสร้างสรรค์ทางดนตรี การขับร้องประสานเสียง กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน

Abstract

The creative musical work “Creative Choral Composition: Kap He Chom Khruang Khao Wan” is a practice-based research project grounded in the appreciation and significance of the Thai royal poetic work Kap He Chom Khruang Khao Wan, composed by King Rama II of the Chakri Dynasty. The primary objective of this study is to explore the process of adapting the poem into a choral composition. This creative research employs theories of choral arranging and harmonic structure in combination with aesthetic musical expression. It integrates the content and essence of the royal poem into the vocal performance delivered by an 18 member students choir from Patravadi School, Hua Hin. The creative process is divided into five key stages; 1) Establishing the conceptual framework based on the integration of Thai royal poetry into choral music; 2) Composing melodies that align with the rhythmic and tonal nuances of the original poem; 3) Selecting the tonal center in G Minor Pentatonic Scale using Binary Form as the structural foundation; 4) Arranging four-part harmony for soprano, alto, tenor, and bass voices, divided into four melodic sections; and 5) Disseminating the final creative work through online platforms. This project demonstrates the fusion of traditional Thai literary art with Western choral music techniques, contributing to both cultural preservation and contemporary musical expression.

Keywords: Creative musical work, Choral music, Kap He Chom Khruang Khao Wan



บทนำ

กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน เป็นพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 แห่งราชวงศ์จักรี สันนิษฐานว่าทรงพระราชนิพนธ์เพื่อชมสมเด็จพระศรีสุริเยนทราบรมราชินี ด้วยทรงมีความสามารถในการปรุงเครื่องเสวย และเพื่อใช้เป็นบทเห่เรือเสด็จประพาสส่วนพระองค์ ในยุคสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น ลักษณะของคำประพันธ์กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวานแต่งตามกาพย์เห่เรือ คือ แต่งเป็นโคลงผสมกาพย์ ตอนต้นเป็นโคลงสี่สุภาพ 1 บท ตามด้วยกาพย์ยานี 11 ไม่จำกัดจำนวนกาพย์ยานี บทแรกจะมีความหมายที่สอดคล้องกับกลอนสี่สุภาพตอนต้นอีกด้วย เนื้อคำประพันธ์กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน พระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ปรากฏอาหารคาว 15 ชนิด และอาหารหวานอีก 16 ชนิดกาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวานได้กล่าวถึง

ในยุคปัจจุบันความนิยมบริโภคอาหารประจำวัน เป็นไปตามค่านิยมทางสังคม ซึ่งส่วนหนึ่งบริโภคอาหารตามความสะดวก โดยสามารถซื้อได้ระหว่างการเดินทางไปทำงานและสถานศึกษา โดยอาหารเหล่านั้นมีความสะดวกในการนำมาบริโภค อาหารตามร้านสะดวกซื้อปัจจุบันมีการนำเข้าจากต่างประเทศและมีการผลิตอาหารที่กำลังอยู่ในกระแสนิยมตามสื่อต่าง ๆ ในสังคมออนไลน์ อาหารต่างประเทศที่ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตประจำวัน เช่น อาหารเกาหลี อาหารจีน อาหารญี่ปุ่น อาหารอิตาลี ส่งผลให้คนไทย โดยเฉพาะเยาวชนรุ่นใหม่ในยุคปัจจุบัน มีจำนวนมากขึ้นที่รู้จักอาหารไทยแบบดั้งเดิม ซึ่งอาหารไทยนับเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่ถูกสืบทอดมาตั้งแต่โบราณฝึกฝนและถ่ายทอดผ่านสตรีไทยในแต่ละยุคสมัย ดังนั้นจะสะท้อนค่านิยมในการบริโภคอาหารไทยในกาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน พระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 แห่งราชวงศ์จักรี ได้พรรณนาถึงอาหารคาวหวานต่าง ๆ อาทิ แกงมัสมั่น ยาใหญ่ ขนผิง รังไร ซึ่งเป็นอาหารของคนไทยถูกสืบทอดกันมาตั้งแต่โบราณซึ่งคนไทยควรที่จะรู้จักและลิ้มลองรสชาติของอาหาร แต่ในยุคปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่ลดการบริโภคอาหารไทยและไม่รู้จักอาหารไทยสูตรดั้งเดิม เพราะค่านิยมอาหารต่างประเทศได้เข้ามามีบทบาทต่อการบริโภคอาหารของคนไทย ซึ่งทำให้ค่านิยมการบริโภคอาหารไทยลดลงอย่างเห็นได้ชัด (จุฬาลักษณ์ ศิริชัยโรจนมรกต และคณะ, 2565)

จากปัจจัยสำคัญตามที่กล่าวมาในการสร้างสรรค์ทางดนตรีในรูปแบบเพลงประสานเสียงโดยใช้บทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวานเป็นการเผยแพร่เสน่ห์ของอาหารไทยในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นเพื่อให้เป็นที่รู้จักของคนรุ่นใหม่และผู้ที่มีสนใจในการขับร้องประสานเสียงเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดแรงบันดาลใจให้ผู้ประพันธ์เพลงหรือผู้ที่มีความสนใจในการสร้างสรรค์บทเพลง ได้ให้ความรู้กับวัยรุ่นในยุคปัจจุบัน คือ การใช้เสียงดนตรีเป็นสื่อในการเข้าถึงและเชื่อมโยงกับอาหารไทยดั้งเดิม เพื่อกระตุ้นให้หันกลับมาบริโภคอาหารไทยมากขึ้น ตลอดจนได้รู้วิธีการทำของอาหารคาวหวานต่าง ๆ ในบทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวานในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 แห่งราชวงศ์จักรี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2541) รูปแบบการเรียบเรียงเสียงประสานในบทเพลงที่มีการออกแบบแนวเสียงที่เข้าถึงได้ง่าย ใช้โครงสร้างเสียงที่ไม่ซับซ้อน (Simple Intervals) เพราะเป็นการเดินคอร์ดที่ง่าย สามารถขับร้องได้อย่างลงตัว มีความเข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน มีลักษณะเนื้อเสียงแบบ Homophony และ Polyphony โดยอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการบันทึกเสียงและจัดวางองค์ประกอบทางดนตรีอย่างประณีต รวมทั้งสื่อสารอารมณ์ผ่านการเลือกใช้เครื่องดนตรีที่เหมาะสมกับลักษณะของทำนอง เพื่อให้สามารถถ่ายทอดความรู้สึกของบทเพลงอย่างลึกซึ้ง (ศุภฤกษ์ พุฒสโร, 2563)



ในการสร้างสรรค์บทเพลงประสานเสียงกายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน ผู้วิจัยมุ่งเรียบเรียงบทเพลงให้ผู้ขับร้องสามารถนำมาขับร้องและสามารถเข้าถึงได้ง่าย นอกจากสร้างสรรค์เพื่อให้นักเรียนที่ทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดบทเพลงชั้นนี้ขับร้องได้อย่างสมบูรณ์ และยังส่งผลให้ผู้ที่มีความสนใจในการขับร้องประสานเสียงสามารถนำมาใช้ในการขับร้องและสามารถถ่ายทอดในวาระต่อไปในอนาคตได้ จากมุมมองด้านคุณค่าของอาหารไทยซึ่งเป็นมรดกทางวัฒนธรรมและลักษณะเฉพาะของรูปแบบการเรียบเรียงเสียงประสานที่เป็นแรงบันดาลใจและเป็นแนวการดำเนินงานที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาแล้วนั้น ในการเรียบเรียงกายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน ในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง ผู้วิจัยใช้สังคีตลักษณ์สำหรับการเรียบเรียงในครั้งนี้ในรูปแบบ Binary form และใช้สำเนียงจากเสียงร้องสำเนียงไทยเป็นการสื่อสารเรื่องราวของอาหารควหาวน และอาหารหวาน โดยมุ่งแสดงให้เห็นถึงสุนทรียศาสตร์ทางดนตรีควบคู่กับการสร้างมโนทัศน์ในการเห็นภาพอาหารควหาวนที่บรรจุอยู่ใน พระราชนิพนธ์กายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน เพื่อแสดงให้มีความสำคัญและคุณค่า ตลอดจนความงดงามของอาหารไทยซึ่งเป็นมรดกทางวัฒนธรรม และเป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมไทยให้คงอยู่สืบต่อไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

วัตถุประสงค์งานวิจัย: เพื่อเรียบเรียงกายัพย์หม่อมเครื่องควหาวนในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง
การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยสร้างสรรค์ทางดนตรี (Creative Music) ในการสร้างสรรค์บทเพลงโดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1.การรวบรวมข้อมูล ค้นคว้าเอกสาร ตำรา บทความทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ และหนังสือที่เกี่ยวข้องกับบทพระราชนิพนธ์กายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน ขอคำแนะนำจากนักประพันธ์ที่มีความเชี่ยวชาญการนำเสนอบทเพลงขับร้องประสานเสียงเพื่อนำมาใช้ในการเสนอผลงานเพลงขับร้องประสานเสียง
- 2.ขอคำแนะนำจากนักประพันธ์ที่มีความเชี่ยวชาญ
- 3.จัดระบบข้อมูลจากการศึกษาบทพระราชนิพนธ์กายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน นำมากำหนดกรอบแนวคิดหลักในการสร้างสรรค์ บทเพลงขับร้องประสานเสียง เพื่อการสร้างสุนทรียะทางดนตรีผ่านการสร้างสรรค์ทางดนตรีสอดคล้องกับบทกายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน
- 4.สร้างสรรค์ผลงานบทเพลงขับร้องประสานเสียงกายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน ในรูปแบบการเรียบเรียงเสียงประสานสี่แนวโดยมีแนวเสียงดังนี้ โซปราโน (Soprano) อัลโต (Alto) เทเนอร์ (Tenor) เบส (Bass) โดยใช้การเรียบเรียงสังคีตลักษณ์แบบ Binary Form และสอดคล้องการอธิบายอาหารควหาวนบางชนิดในกายัพย์หม่อมเครื่องควหาวน
- 5.ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบผลงานสร้างสรรค์และนำบทเพลงไปใช้ในการถ่ายทอดให้กับนักเรียนของโรงเรียนภัทรทิวทัศน์ ห้วยหิน จำนวน 18 คน
- 6.นำเสนอผลงานเพลง ณ ศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทยหรือนำเสนอในแบบออนไลน์ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทคัดย่อ



ผลการศึกษา

จากการศึกษาเนื้อหาในภาพहेमเครื่องควหวาน พระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (รัชกาลที่ 2) ภาพहेมเครื่องควหวาน แต่งเป็นภาพहेม ประกอบด้วยโคลง สี่สุภาพและภาพยานี 11 โดยมี โคลงสี่สุภาพ 1 บท เป็นบทนำหรือ บทขึ้นต้น แล้วแต่งภาพยานี 11 อีกหลายบทให้มีความสอดคล้อง และสัมพันธ์กับโคลงบทนำ มีเนื้อหาที่แสดงให้เห็นถึงความงดงามของวัฒนธรรมด้านอาหารไทยทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน ในบทพระราชนิพนธ์แสดงให้เห็นถึงภูมิปัญญาไทยด้านการปรุงอาหาร รวมทั้งการกล่าวถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของรายการอาหาร ยกตัวอย่าง เช่น วลี

“ยาใหญ่ใส่สารพัด

วางจานจัดหลายเหลืตรา

รสดีด้วยน้ำปลา ญ่ปุ่นล้าย่ายวนใจ

จากวลีบางส่วนของภาพहेมเครื่องควหวาน แสดงให้เห็นถึงการใช้จินตนาการประกอบการอธิบาย สอดแทรกสุนทรียศาสตร์ของภาษา ในการสื่อให้เห็นถึงลักษณะเด่นของยาใหญ่ เป็นต้น ในพระราชนิพนธ์ภาพहेมเครื่องควหวานแบ่งเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 กล่าวถึงอาหารคาว ชนิดต่าง ๆ เช่น แกงมัสมั่น แกงระแวง หมูแฮม ไก่ย่าง น้ำพริก และ ผักสดเครื่องเคียง เป็นต้น ตอนที่ 2 กล่าวถึงขนมไทยชนิดต่าง ๆ เช่น ทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง กลีบลำดวน ขนมชั้น โดยในบทพระราชนิพนธ์ สอดแทรกคำเปรียบเปรย และเปรียบเทียบแบบเกินจริง เพื่อสร้างอรรถสทางภาษาและสามารถจินตนาการส่งผลถึงอาหารที่กำลังสื่อถึงได้อย่างทรงพระปรีชา ซึ่งการปรากฏรายชื่ออาหารต่าง ๆ

ในภาพहेมเครื่องควหวาน สามารถ เล่าเรื่องราวได้มากมาย นอกจากสื่อให้เห็นชื่อ และลักษณะของอาหารคาวหวานแล้วยังสะท้อน วัฒนธรรมด้านอาหาร วิธีการดำเนินชีวิต และเอกลักษณ์ของอาหารไทยที่มีความงดงาม ปราณีต และ ละเลียดอ่อน ในขั้นตอนต่าง ๆ ในการสร้างสรรค์บทเพลงขับร้องประสานเสียง ภาพहेมเครื่องควหวาน ขึ้นนี้ ผู้วิจัยใช้บทภาพहेมเครื่องคว 2 บท กล่าวถึงแกงมัสมั่น และ ยาใหญ่ เครื่องหวาน ใช้ 2 บท กล่าวถึงขนมผิง และ ขนมรังไร แม้จะถูกออกแบบในรูปแบบการร้องประสานเสียง ยังคงรักษากษณะการออกเสียงคำร้องเพื่อสื่อสารความหมายอย่างถูกต้องด้วยทำนอง ดังนี้

เนื้อหานำมาสร้างสรรค์บทเพลงในส่วนของการพรรณถึงอาหารคาว

มัสมั่นแกงแกว้ตา

หอมยี่ห่วยรสร้อนแรง

ชายใดได้กลิ่นแกง

แรงอยากให้ไฟฝนหา

ยาใหญ่ใส่สารพัด

วางจานจัดหลายเหลืตรา

รสดีด้วยน้ำปลา

ญ่ปุ่นล้าย่ายวนใจ

เนื้อหานำมาสร้างสรรค์บทเพลงในส่วนของการพรรณถึงอาหารหวาน

ขนมผิงผิงผัวร้อน

เพียงไฟฟอนฟอกทรวงใน

ร้อนนักรักแรมไกล

เมื่อไรเห็นจะเย็นทรวง

รังไรโรยด้วยแป้ง

เหมือนนกแก่งทำรังรวง

ไอ้อกนกทั้งปวง

ยังยินดีด้วยมีรัง

กระบวนการสร้างสรรค์ผลงานบทเพลงภาพहेมเครื่องควหวาน ในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง ได้กำหนดกรอบแนวคิดในการสร้างสรรค์บทเพลง โดยแบ่งออกเป็น 3 แนวคิด คือ 1) บทประพันธ์ภาพहेม



เครื่องควหาวน 2) การออกแบบดนตรีในรูปแบบประสานเสียงสี่แนว 3) การใช้สำเนียงภาษา ทำนองให้มีความเป็นไทยผสมสากล โดยแบ่งขั้นตอนการสร้างสรรค์ออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดแนวคิดการสร้างสรรค์ผลงานทางดนตรีสะท้อนปัญหาของการลดค่านิยมการบริโภคอาหารไทย ด้วยกรอบแนวคิดการสร้างสรรค์ทางดนตรีที่มีฐานแนวคิดจากบทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่ชมเครื่องควหาวน เพื่อนำไปสู่ ความรู้ ความเข้าใจ และเป็นข้อมูล ให้กับประชาชนหรือผู้ที่สนใจในการศึกษา ซึ่งนำไปสู่การกำหนดชื่อผลงานสร้างสรรค์ คือ บทเพลงกาพย์เห่ชมเครื่องควหาวน ในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง

ขั้นตอนที่ 2 การวางท่วงทำนองให้มีความสอดคล้องกับสำเนียงของกาพย์เห่ชมเครื่องควหาวน โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงทำนอง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3.26 นาที ดังนี้

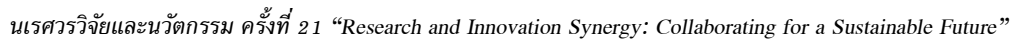
ช่วงที่ 1 ช่วงของการบ่งบอกคุณค่าของอาหารไทยที่ได้รับการยกย่องให้เป็นครัวโลก แต่ปัจจุบันมีการปรับให้เข้ากับวิถีชีวิตบนความเร่งรีบของอาหาร ทำให้มีกลิ่นอายละเอียดหรือความปราณีตของอาหารไทย และมรดกชาติผิดเพี้ยนไปจากเดิม จึงทำให้การบริโภคอาหารไทยหรือรู้จักอาหารไทยสูตรดั้งเดิมไปจากคนในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก (ลิขิต แสนบุญครอง และ ณัฐนรี สมิตร, 2566)

ช่วงที่ 2 ช่วงการอธิบายอาหารไทย ทั้งอาหารคาว และอาหารหวาน โดยยกตัวอย่างอาหารทั้งหมด 4 ชนิด แบ่งออกเป็นอาหารคาว 2 ชนิด และอาหารหวาน 2 ชนิด โดยจะเป็นการอธิบายถึงความจัดจ้าน ความกลมกล่อมของอาหารไทย หอมด้วยเครื่องเทศ สมุนไพร ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่โดดเด่นและวิธีการทำอย่างละเอียด (จุฑพล กิจทวีม, 2022) การกำหนดทำนองในการเรียบเรียงเสียงประสานสื่อให้มนัยยะถึงความงดงาม ความประณีต รวมถึงกลิ่นของอาหารไทยทั้งสิ้น

ช่วงที่ 3 ช่วงถ่ายทอดความคิดของบทพระราชนิพนธ์ เพื่อสื่อสารไปยังผู้ฟังให้ได้มากที่สุดสัมผัสถึงอารมณ์ และความงามของภาษาที่มีความหมายอย่างลึกซึ้ง การให้อารมณ์ในแต่ละบทแต่ละตอนให้สัมผัสทางอารมณ์ที่แตกต่างกัน สุนทรียภาพของภาษาและจินตนาการไปบทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่ชมเครื่องควหาวน ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 แห่งราชวงศ์จักรี ที่สะท้อนวัฒนธรรม สะท้อนวิถีชีวิต และช่วยยกระดับจิตใจของคนในยุคปัจจุบันให้มีความสนใจและละเอียดอ่อนต่ออาหารไทย (กิตติยา รุตะเสนีย์ และ ฤดี กานจนสวัสดิ์, 2562)

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดรูปแบบการเรียบเรียงเสียงประสานอยู่ในบันไดเสียง G Minor ประกอบกับใช้ระบบเสียงแบบเพนทาโทนิค (Pentatonic Scale) มีรูปแบบการเดินคอร์ดอย่างเป็นแบบแผน อัตราลักษณ์การใช้คอร์ดที่สว่างกับหม่นผสมกัน โดยมีรูปแบบสังคีตลักษณ์ คือ ไบนารี (Binary Form) ซึ่งเป็นลักษณะของเพลงที่มี 2 ท่อนในรูปแบบ AB**ขั้นตอนที่ 4** การกำหนดแนวเสียง ลักษณะทางดนตรีและการสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้ใช้เสียงทั้งหมด 4 แนว ในรูปแบบขับร้องประสานเสียงที่มีลักษณะเสียงและสีสันทหลากหลายสามารถสื่อมนัยยะของบทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่ชมเครื่องควหาวนในทำนองโดยอ้างอิงจากทำนองการเห่เรือในปัจจุบัน ซึ่งมี 4 ทำนอง ได้แก่ เกริ่นเห่ ซ้ำละวะเห่ และสวะเห่ (ธีรยุทธ ตุ่มฉาย, 2549) ผู้วิจัยได้นำทำนองดังกล่าวมาเป็นแบบแผนในการเรียบเรียงเสียงประสานดังนี้

ช่วงที่ 1 ท่อนนำ (Introduction) บทเพลงถูกกำหนดท่วงทำนองอยู่ในคีย์ G Minor กำหนดแนวเสียง คือ โซปราโน (Soprano) เป็นตัวเคลื่อนทำนองหลัก ในบันไดเสียงแบบเพนทาโทนิค (Pentatonic Scale) ซึ่งมีลักษณะอารมณ์ความเป็นไทย แทนเสียงระนาดเอก มีลักษณะอารมณ์ที่งดงาม ละเมียดละไม จำนวน 4 ท้อง และกำหนดให้เสียงเทเนอร์ (Tenor) เป็นตัวเคลื่อนทำนองหลักโดยใช้คำว่า “เห่” มีลักษณะอารมณ์ที่มีรากลึกของอาหารไทยที่เหนียวแน่นแต่โบราณมา สอดแทรกความหม่นหมองด้วยการเดินคอร์ดไมเนอร์ (Minor) ที่เป็นตัวบ่งบอกถึงการให้ความสำคัญกับอาหารไทยน้อยลงในยุคปัจจุบัน ดังลักษณะทำนอง

[illegible]

ช่วงที่ 2 กำหนดแนวเสียง คือ โซปราโน (Soprano) เป็นตัวเคลื่อนทำนองหลักผสมผสานกับ อัลโต(Alto) เทเนอร์(Tenor) เบส(Bass) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเดินคอร์ดประกอบไปด้วย Cm Eb Ab Fm F Bb ในอัตราจังหวะแบบ Simple Time (อัตราจังหวะธรรมดา) 4/4 และ 2/4 ลักษณะพิเศษของ Tenor (เทเนอร์) มีการใช้คำว่า “ชะ” ร้องเหมือนพูดในจังหวะที่ 2 ของแต่ละห้อง ในห้องที่ 13 - 14 และห้องที่ 28 - 29 ร้องเป็นเสียงพูดคำว่า “ฮ่าฮั” พร้อมกันบ่งบอกถึงความเข้มแข็งของอาหารไทยที่จะไม่มีวันหายไป ในทำนองดังกล่าวยกตัวอย่างอาหารไทย 2 ชนิด คือ มัสมัน และยำใหญ่ ซึ่งเป็นอาหารที่รู้จักกันน้อยในยุคปัจจุบัน ดังลักษณะทำนอง

The image displays a musical score for 'The Lord's Prayer' in Georgian, featuring vocal parts (Soprano, Alto, Tenor, Bass) and piano accompaniment. The score is divided into two systems. The first system covers measures 20-23, and the second system covers measures 24-27. Red circles highlight specific notes in the vocal parts.

System 1 (Measures 20-23):

- Measure 20:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).
- Measure 21:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).
- Measure 22:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).
- Measure 23:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).

System 2 (Measures 24-27):

- Measure 24:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).
- Measure 25:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).
- Measure 26:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).
- Measure 27:** Soprano part has a red circle around the note 'ღ' (G).

รูปที่ 2 - 3 ช่วงทำนองที่ 2 บ่งบอกถึงความเข้มแข็งของอาหารไทยที่จะไม่วันหายไป
ที่มา: ผู้วิจัย

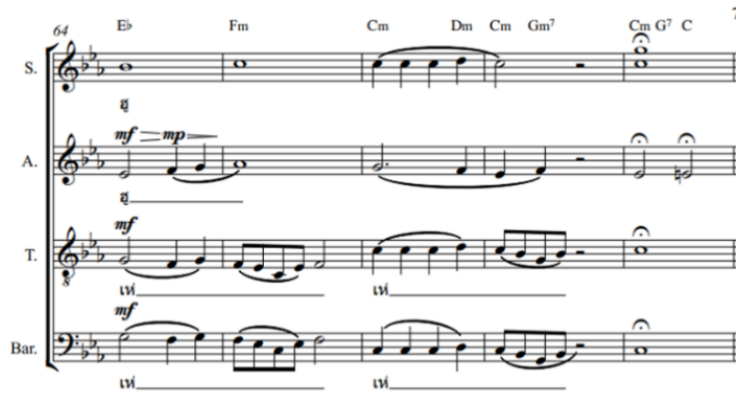


ช่วงที่ 3 กำหนดแนวเสียง คือ โซปราโน (Soprano) เป็นตัวเคลื่อนทำนองหลักผสมผสานกับ อัลโต(Alto) เทเนอร์(Tenor) เบส(Bass) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเดินคอร์ดประกอบไปด้วย Cm Eb Ab Fm F Bb ในอัตราจังหวะแบบ Simple Time (อัตราจังหวะธรรมดา) 4/4 และ 2/4 จะร้องคำว่า “ดู” พร้อมกันในจังหวะที่ 1 2 3 และ 4 เป็นเซบ็ต 1 ชั้น (Eighth Note) เปลี่ยนอารมณ์ให้ความรู้สึกว่าการกินขนมไทยนั้นไม่น่าเบื่อ แต่รู้สึกสนุกเมื่อได้รู้วิธีทำในสูตรดั้งเดิม และได้ลิ้มลองรสชาติของขนมไทยที่แท้จริง ในทำนองดังกล่าวยกตัวอย่างขนมไทย 2 ชนิด คือ รังไร และขนมฝิง ซึ่งขนม 2 ชนิดนี้เมื่อกินเข้าไปจะรู้สึกกระหายน้ำเนื่องจากทำด้วยแป้ง จึงเป็นที่มาของกินขนมไทยรู้สึกสนุก เพราะจะต้องหาน้ำกินตลอดเวลา ดังลักษณะทำนอง

Figure 4-6 displays three stanzas of a Thai song, each with a vocal melody and piano accompaniment. The stanzas are numbered 4, 5, and 6. The lyrics are in Thai, and the musical notation includes chords and dynamics.

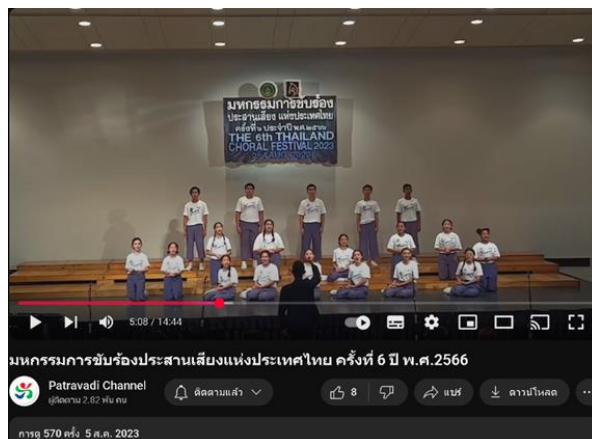
รูปที่ 4 – 6 ช่วงทำนองที่ 3 การกินขนมไทยนั้นไม่น่าเบื่อ แต่รู้สึกสนุกเมื่อได้รู้วิธีทำในสูตรดั้งเดิม
ที่มา: ผู้วิจัย

ช่วงที่ 4 กำหนดเสียงร้องเป็นทำนองช่วงสุดท้ายของเพลง ใช้คอร์ดลงจบทำนองในคีย์ G Minor และลงจบด้วย G Major ในลักษณะ Picardy cadence และขยับโน้ตตัวที่ 3 จาก Bb เป็น B ซึ่งต้องลงจบด้วยคอร์ด C Major เพื่อสื่อถึงความรุ่งเรืองของอาหารไทยที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นครัวโลก ดังลักษณะทำนอง



รูปที่ 7 ช่วงทำนองที่ 4 ความรุ่งเรืองของอาหารไทยที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นครัวโลก ดังลักษณะทำนอง
ที่มา: ผู้วิจัย

ขั้นตอนที่ 5 การนำผลงานสร้างสรรค์ออกเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์จากการถ่ายทอดผลงานการแสดงของนักเรียนโรงเรียนภัทรวดี หัวหิน จำนวน 18 คน ในเทศกาลดนตรี Thailand Choral Festival 2023 ณ ศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย และได้มีการบันทึกเทปการแสดงสดเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ผ่านช่อง YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=c7At8VgEFbE>) รวมถึงการเผยแพร่ไปสู่เครือข่ายของ คณะผู้บริหาร ครู นักเรียน และผู้ปกครองผ่านช่องทาง FaceBook และ TikTok ตามลำดับ



รูปที่ 8 การเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์ในรูปแบบออนไลน์ผ่านช่อง YouTube
ที่มา : ผู้วิจัย

อภิปรายผลการศึกษา

ในด้านของการสร้างสรรค์บทเพลงประสานเสียงกายภาพที่ผสมเครื่องควาหวาน เป็นการใช้รูปแบบการประสานเสียงแนวตั้ง 4 แนว เพื่อให้เกิดการประสานเสียงที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการขับร้องประสานเสียงได้ดี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเรียบเรียงกายภาพที่ผสมเครื่องควาหวาน ในการนี้สอดคล้องกับที่ ณรงค์รัช วรรณไตร (2564) ได้กล่าวไว้ว่า การเรียบเรียงเสียงประสานเป็นลักษณะความสัมพันธ์ของแนวทำนองหลายทำนองที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ทั้งในแนวนอนและในแนวตั้งของเสียงประสาน รวมกันเรียกได้ว่าเป็นลักษณะพื้นผิวทางดนตรี (Texture) ที่นำมาใช้เป็นเทคนิคในการเรียบเรียงเสียงประสานสำหรับขับร้องประสานเสียง ในมุมมองของการศึกษาเพื่อสร้างคุณค่าและพัฒนาองค์ความรู้ในการสร้างสรรค์ผลงานเพลงครั้งนี้ เป็นการนำเนื้อหาของบทพระราชนิพนธ์ กายภาพเครื่องควาหวานมาใช้สร้างสรรค์ เพื่อให้ได้



ผลงานเพลงร่วมสมัยและเกิดเป็นประโยชน์กับการเรียนรู้ทั้งทางด้านการขับร้องประสานเสียง และการเห็นคุณค่าของบทพระราชนิพนธ์ ภาพแหลมเครื่องควหาวน ซึ่งในทำนองเดียวกัน ศุภฤกษ์ พุฒสโร (2563) ได้กล่าวถึงการศึกษาผลงานของชัย ภัทรจินดา ที่มีได้เป็นเพียงการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ส่วนบุคคล หากแต่ยังเป็นการต่อยอดองค์ความรู้ทางมานุษยวิทยา คติวิทยา ประโยชน์ในวงวิชาการด้านดุริยางคศิลป์ และการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเรียบเรียงเสียงประสานในดนตรีไทยร่วมสมัย ซึ่งสามารถเป็นแนวทางอันทรงคุณค่าสำหรับผู้สนใจสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบดังกล่าว

สรุปผลการศึกษา

จากจุดประสงค์การศึกษาเพื่อศึกษาการเรียบเรียงภาพแหลมเครื่องควหาวน ในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง ผลการศึกษา บทพระราชนิพนธ์ภาพแหลมเครื่องควหาวน เป็นบทพระราชนิพนธ์ ที่แสดงเนื้อหาให้เห็นถึงอาหารคาวและหวานต่าง ๆ ที่พบในช่วงรัชสมัยรัชกาลที่ 2 โดยสมเด็จพระราชินีมีรูปแบบการใช้ภาษาที่สามารถสื่อให้เห็นถึงคุณลักษณะทางกายภาพ และสามารถสร้างจินตนาการภาพส่งผลสู่การเกิดสุนทรียภาพด้านภาษา สามารถนำมาใช้ในการเรียบเรียง และสร้างสรรค์ให้เกิดผลงานเพลงสำหรับการขับร้องประสานเสียงได้อย่างไพเราะ

บทเพลงภาพแหลมเครื่องควหาวน ในรูปแบบบทเพลงขับร้องประสานเสียง สร้างสรรค์ขึ้นในรูปแบบการประสานเสียง 4 แนว โดยแบ่งเป็น โซปราโน อัลโต เทเนอร์ เบส โดยใช้เนื้อร้องชายและหญิงสื่อความหมายของภาพแหลมเครื่องควหาวน โดยเรียบเรียงเสียงประสานอยู่ในคีย์ G minor เนื่องจากว่าเป็นคีย์ที่สมดุลเสียงสำหรับสมาชิกนักร้องโรงเรียนภัทรวดี หัวหิน ที่สามารถสื่อความหมายและขับร้องได้อย่างมีประสิทธิภาพและลงตัว โดยในการนี้ผู้วิจัยได้สอดแทรกสำเนียงไทยตามเสียงสระและวรรณยุกต์ไทยไว้ในบทเพลงภาพแหลมเครื่องควหาวนซึ่งสอดแทรกกลวิธีการเหนือ และการใช้รูปแบบการเอื้อนเพลงแบบการขับร้องเพลงไทยเดิมสอดแทรกไว้ในบทเพลงการสร้างสรรค์มีการประยุกต์ใช้เครื่องดนตรีไทยและเครื่องดนตรีสากลประกอบการแสดง เป็นการสร้างสรรค์บทเพลงที่แสดงให้เห็นถึงการดำรงไว้ซึ่งความเป็นไทย เพื่อให้บทพระราชนิพนธ์ภาพแหลมเครื่องควหาวนเป็นที่รู้จักในยุคปัจจุบัน ไม่สูญหายไปจากในยุคปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนี้ให้สำเร็จ ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร ครู และผู้ปกครองทุกท่านที่สนับสนุนให้เกิดผลงานชิ้นนี้ ขอขอบใจนักเรียนผู้ถ่ายทอดบทเพลงทุกคนที่ถ่ายทอดผลงานการสร้างสรรค์ชิ้นนี้ออกมา และขอขอบพระคุณสมาคมขับร้องประสานเสียงแห่งประเทศไทยที่ให้พื้นที่ในการถ่ายทอดผลงานสร้างสรรค์ชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

- กิตติยา รุตเมเสนีย์, และฤดี กานจนสวัสดิ์. (2562). สุนทรียศาสตร์ผ่านความงามทางภาษาและวัฒนธรรมไทย. *วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์*, 8(1), 264–279.
- จุฑพล กิจทวี. (2022). วิถีคหกรรมศาสตร์: บริบทอัตลักษณ์ของคุณค่าอาหารไทย. *วารสารวิจัยธรรม ศึกษา*, 5(1), 10–16.
- จุฬาลักษณ์ ศิริชัย โรจนมรกต, อัจฉริยา พิลานันท์, และจิตติรา เปรมปรี. (2565). การศึกษาภูมิปัญญาไทยด้านอาหารจากภาพแหลมเครื่องควหาวนพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย. *วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ*, 4(2), 21–25.



- ณรงค์รัช วมิตรโมตรี. (2564). การเรียบเรียงเสียงประสานสำหรับวงขับร้องประสานเสียงและวงออร์เคสตรา “คอรัสลูกทุ่งอีสาน ผสานออร์เคสตรา”: เพลง ไสวาลิปถิมกัน. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 40(2).
- ธีรยุทธ ตุ่มฉาย. (2549). การเหวี่ยงในกระบวนการพหุวิทยาตราทางชลมารค. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลิขิต แสนบุญครอง, และณัฐรี สมิตร. (2566). การสร้างมโนทัศน์ภาพลักษณ์อาหารไทยผ่านการเล่าเรื่องราว อย่าง ยั่งยืน. วารสาร วิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 5(2), 52-71.
- ศุภฤกษ์ พุฒสโร. (2563). การศึกษาการเรียบเรียงเสียงประสานดนตรีร่วมสมัย กรณีศึกษาชุดในดวงใจนิรันดร์ (บรรเลงเพลงฟ้า) โดย ฌัก ภัทรจินดา [ปริญญานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต], มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2541). ความสำคัญของภูมิปัญญาไทย.



Improving Learning Outcomes in Food Sanitation and Safety Using the UK Professional Standards Framework at Mae Fah Luang University, Thailand.

Vivat Keawdoungek^{1,*}

¹Program of Environmental Health, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author. E-mail: vivat.kea@mfu.ac.th

Abstract

This research employed the UK-PSF framework to enhance learning outcomes in Food Sanitation and Safety at Mae Fah Luang University. The objective was to study the effectiveness of the UK PSF in enhancing learning outcomes in the Food Sanitation and Safety curriculum at Mae Fah Luang University, Thailand. For the research methodologies, action research had been used. Moreover, sampling collection was divided into two groups: third-year students enrolled in this course for the academic years 2023 and 2024. In the part of data collection, students in the academic year 2024 engaged in the teaching and learning approach implementing the UK PSF version 2023. For the statistical analysis, the proportions of midterm examinations, final examinations, project-based learning, oral examinations, and laboratory quizzes were compared and examined using averages and statistical methods to test mean differences at a significance level of 0.05. The results of this study indicated that students who participate with the UK PSF principle showed superior performance, particularly in final examinations, project-based learning, and oral examinations. Furthermore, it could improve the learning outcome achievement for the course of Food Sanitation and Safety at a significant level of 0.05. However, it lacked qualitative data, especially the program management committee and students limiting UK PSF implementation and feedback. Therefore, the qualitative study with students and the program management committee should be included in further studies to evaluate this application's effectiveness and promote its adoption in other courses of MFU, Thailand

Keywords: Learner development, Teaching approaches, Higher education pedagogy, UK-PSF

Introduction

In 1998, Mae Fah Luang University (MFU), as can be seen in figure 1, was established as an autonomous public university. MFU has become Thailand's fastest growing postsecondary institution, with an enrolment of just under 15,000 students. After a little over a decade of operation, MFU is already well known for its high-quality teaching, research, and service to the people of the north, as well as those of Thailand (Mae Fah Luang University, 2024).



Figure 1 A Landscape of MFU, Chiang Rai, Thailand

Notice: From Mae Fah Luang University.(2024). *About MFU*. <https://en.mfu.ac.th/about-mfu/about-mfu/about-mfu.html>



The bachelor's degree in environmental health (EnvH) at the School of Health Science, MFU, was initially introduced in 2013. Recently, the third-year EnvH, MFU students must attend "Food Sanitation and Safety" to satisfy professional requirements. Students will describe, classify, and diagnose physical, chemical, and biological hazards, and handle food sanitation, personal hygiene, and safety issues in this course (Mae Fah Luang University, School of Health Sciences, 2023; Mae Fah Luang University, Registrar System, 2023). In addition, they can manage and control the food operations environment and personnel to keep food clean and safe from physical, chemical, and biological hazards. In fact, Thailand's environmental health program includes food sanitation and safety as a fundamental course for graduates seeking employment as sanitation officers in municipalities (Council of Science and Technology Professionals, 2021). For the course learning outcome (CLO) of this course, there are three of CLOs including:

- 1) to demonstrate the punctuality as a team in the project punctuality, self and social responsibility, respect in organization and social regulation, and the public awareness for food sanitation and safety;
- 2) to check the food sanitation and safety practices in the other places or the relevant sectors; and
- 3) to create guidelines supporting the food sanitation and safety in the other places or the relevant sectors (Mae Fah Luang University, Registrar System, 2023).

Students enrolling in this course had an average learning outcome percentage of approximately 80%, while in 2021 and 2022 it was 81.25 and 80.81%. However, the 2023 academic year learning outcome was 73.02%. Additionally, 10% of 2023 third-year students failed the midterm and final exams. The instructor's teaching approach in this course needs to be improved because it lacks good planning and some learning environments are not provided to encourage learning outcome development (Almpanis and Joseph-Richard, 2022). Moreover, students might lack classroom participation prohibiting the instructor from assessing comprehension due to the poor 2023 learning results. As shown in figure 2, Advance HE administers the UK Professional Standards Framework (UK PSF), a globally recognized benchmark for higher education teaching and learner assistance (Advance HE, 2023). When designing the learning method and activities (A1), this principle began. Next, proper procedures and environments facilitate higher education learning (A2). The third is student assessment and feedback (A3). This study guides students to academic success (A4). Finally, developing instructors' higher education teaching skills (A5). This course could educate foundational knowledge (K indicators) and higher education teaching professionalism (V indicators). Almpanis and Joseph-Richard (2022) found that while the COVID-19 pandemic is underway, the UK PSF can improve student learning outcomes. In addition, it seeks to increase students' learning outcomes and higher education instructors' global teaching standards (Siritarungsri, 2020). Thus, the UK-PSF was used to improve food sanitation and safety learning outcomes at Mae Fah Luang University. The objective was to study the effectiveness of the UK PSF in enhancing learning outcomes in the Food Sanitation and Safety curriculum at Mae Fah Luang University, Thailand. Furthermore, it was hypothesized that students taught under the UK PSF-aligned approach will demonstrate significantly higher learning outcome scores than those under traditional instruction.



Figure 2 the UK Professional Standards Framework (UK PSF)

Notice: From Advance HE. (2023). *Fellowship (D2) guide to the PSF 2023 dimensions*.
<https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/staff/education-development-unit/public/Guide-to-the-PSF-2023-Dimensions---Fellowship-February-2023.pdf>

Materials and Methods

This action research study involved 31 third-year students in a Food Sanitation and Safety course in 2023 and 40 in 2024 (Crosby and Salazar, 2021). Participants were selected using these criteria: 1) The exclusion criteria include students who were ineligible to participate in the midterm and final exams, resulting in a potential score of either half or zero due to unacceptable reasons for their absence; and 3) the withdrawal criteria applied to students who withdraw from the course. In the research methodology, UK PSF and the cycle of PDCA (Rangel-Sánchez et al., 2024) were included in the main conceptual framework, which included planning and designing learning activities (Plan for A1), teaching and supporting learners (Do for A2), student assessment and feedback (Check for A3 and A4), and instructor development to improve teaching (Act for A5). The total proportion (TP) of five components comprised 65% of learning outcome achievement assessment. This comprised an equal amount for mean comparison: 15% from the midterm exam (MID), 20% from the final exam (FIN), 15% from PBL evaluation, 10% from oral examination (ORL), 5% from laboratory quiz (LAQ), and 65% of the total proportion (TP). Learning A1–A5 content analysis was produced for data analysis (Maj et al., 2025). IBM-SPSS version 20.0 (IBM Cooperation, 2020) was used to assess the UK PSF application's effectiveness using the minimum, maximum, mean score, and inferential statistics using the independent samples t-test at 0.05. The Mae Fah Luang University Ethics Committee on Human Research (MFU EC) approved this study (EC 24106-18) after reviewing it in accordance with the Declaration of Helsinki, the Belmont Report, CIOMS Guidelines, and the International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use–Good Clinical Practice. The study's conceptual framework is shown in Figure 4.

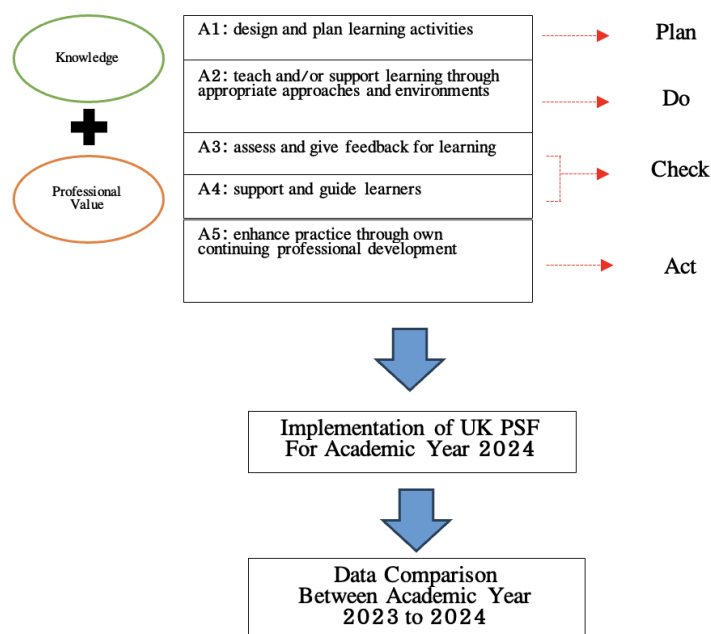


Figure 4 Conceptual Farmwork

Results

1. The result of learning and teaching activities following the UK PSF

1.1 Design and plan learning activities and/or programmes (A1)

The “Food Sanitation and Safety” learning result must comply with the AUN-QA (ASEAN University Network, 2020) assessments criteria. These requirements specify that each course must be designed to align with the learning outcomes and be appropriate for both instruction and assessment, with the capacity to assess the attainment of the learning outcomes. Consequently, the instructor participated in the Program Management Committee (PMC) meeting to deliberate on the development of instructional strategies and the evaluation of the course’s learning outcome attainment. After the dialogue with the PMC, the CLO’s three principal methodologies for instruction and assessment had been established as follows:

1) CLO–1: Students that arrive punctually may receive a reward. The case study technique (Crowe et al., 2011) involved investigating relevant research or regulatory compliance to enhance public understanding of food sanitation and safety. The CLO assessment was intended to utilize the moral and ethical evaluation form developed by the school committee.

2) CLO–2 : The methodology for instructing food safety and sanitation has been modified to align with Kolb’s learning types (Richmond and Cummings, 2005). Additionally, a project-based learning (PBL) campaign was established (Alacapinar, 2008) to enhance students’ comprehension and competencies in food hazard analysis and the creation of practical solutions. The theory examination, laboratory assessment, and PBL report were developed to assess the achievement of this CLO.



3) CLO-3: The teaching approach was similarly designed to that of the CLO-2. To engage students' interest and encourage their learning about food sanitation and safety, a field trip was organized that covered the food production process (Behrendt and Franklin, 2014). Furthermore, the presentation of the PBL report and the assessments of stakeholders were incorporated within the framework of this CLO assessment.

Furthermore, the study materials, class activities, and examination questions had been revised to align with contemporary knowledge of food safety and sanitation on a global scale, as well as employer standards. At the conclusion of the session, the investigative context of each student cohort, encompassing their GPAX, and their learning devices such as smartphone, and tablet were incorporated into this planning (Othman, and Amiruddin, 2010).

1.2 Teach and/or support learning through appropriate approaches and environments (A2)

Food Sanitation and Safety was presented using the Kolb's learning styles (Richmond and Cummings, 2005) and the following steps: Students were first organized into groups and given autonomy to collaborate within a cohort. They selected a case study (Crowe, et al., 2011), a website scenario, or a recent food hazard event. After that, each group of students was asked to share their case study or event experiences and identify the main concerns. Students should use phones or tablets to find extra materials to improve their work. Following thoughtful inquiry, a conclusion and discussion on collaborative solutions follow. The instructor organizes the class into World Cafés (McGrath, et al., 2023) to promote information sharing and intergroup conversation. As the process facilitator, he must include any interesting or neglected data on this topic. During the task solution discussion, students received lectures and learning resources. The fundamentals of food sanitation and safety by McSwane et al. (2005) and other relevant literature were used to create this course. Student motivation was enhanced by interactive lectures and Google Jamboard and Padlet Talk (Snell, and Linda, 1999). Game-based learning was sometimes created to speed up student comprehension. PBL was also assigned to community students. Othman and Amiruddin (2010) also used video clips, YouTube, Edpuzzle, and Learning Management Systems. Students could also participate in laboratory experiments including chemical test kits and microorganism food contamination assessments.

1.3 Assess and give feedback for learning (A3)

During the commencement of the semester, PMC and the instructor met to validate the teaching and assessment methods. This conference provided several recommendations to enhance the quality of assessment for the EnvH CLO and PLO interaction. The assessment regulations imposed by the school were as follows: The cumulative theoretical evaluation must not exceed 60%, while the practical evaluation must not above 30%. Consequently, a validity test employing the Kuder-Richardson Formula 20 was implemented (Zaiontz, 2023) to enhance the quality of questions before the formative and summative assessments. The instructor consulted several lecturers from the School of Nursing Science regarding the rubric's construction, eventually revising his criteria for the PBL report and certain tasks. During the open semester, he consistently discussed the assessment



requirements with students and provides them the opportunity to express their views on their suitability of the assessment criteria.

1.4 Support and guide learners (A4)

Two categories of AUN-QA program assessment requirements exist (ASEAN University Network, 2020). Student support staff assisted with student affairs, library services, scholarships, and student services. Other infrastructure and services include safety, university accommodation, universal design for disabled people, Wi-Fi, lab equipment, and others. The EnvH PMC designed a Google form to rate student infrastructure, amenities, and assistance. The findings of the survey were quickly distributed with the PMC and instructors. The EnvH receives employer feedback annually including the ATP Luminometer for food safety (3M Company, 2016).

1.5 Enhance practice through own continuing professional development (A5)

The EnvH program chair and instructor participated in curriculum development training, encompassing AUN QA Implementation and Outcome-Based Education, to enhance his professional growth in program administration at both the ASEAN and national levels. To develop his professional teaching skills, he participated in a training program provided by the MFU Learning and Innovation Institute (MLii). Furthermore, he consulted with another lecturer from Burapha University and they asserted that the SI2 preparation was a crucial instrument for monitoring food safety. Additionally, he was inviting an expert from the MFU Scientific and Technology Instrument Center (STIC) to provide training on the application of High Performance Liquid Chromatography (HPLC) for paraquat analysis in fruits and vegetables at the fresh market.

2. The effectiveness of the UK PSF for the course of Food Sanitation and Safety

Table 1 presents the minimum, maximum, average, and standard deviation of the MID, FIN, PBL, ORL, and TP for the academic years 2023 and 2024. Furthermore, figure 5 illustrates the comparative total proportions of the five components. It was indicated that the overall proportion for the academic year 2024, pertaining to the UK PSF method, could be greater than that of the academic year 2023. The average proportions of MID, FIN, PBL, ORL, LAQ, and TP for the academic year 2023 were 8.60, 7.71, 12.90, 4.61, 4.02, and 37.85, respectively. Simultaneously, the average proportions of MID, FIN, PBL, ORL, LAQ, and TP for the academic year 2024 were 9.77, 12.14, 13.86, 9.11, 4.03, and 48.91, respectively. The independent samples t-test displayed four pairs displaying a significant difference at the 0.05 level: FIN ($t_{df} = 4.142$, $df = 69$, Sig = 0.01), PBL ($t_{df} = 4.637$, $df = 56.56$, Sig = 0.01), ORL ($t_{df} = 18.222$, $df = 55.46$, Sig = 0.01), and TP ($t_{df} = 6.802$, $df = 66.59$, Sig = 0.01).



Table 1 the minimum, maximum, average, and standard deviation of the MID, FIN, PBL, ORL, and TP for the academic years 2023 and 2024

Proportion of achievement	CLO	Academic Year	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
MID (15%)	Sig = 0.557	2023	31	5.00	13.50	8.60	2.22
		2024	40	5.00	15.00	9.77	3.50
FIN (20%)	Sig = 0.01*	2023	31	1.00	17.40	7.71	4.10
		2024	40	3.00	20.00	12.14	4.73
PBL (15%)	Sig = 0.01*	2023	31	11.25	13.75	12.90	0.93
		2024	40	12.23	14.53	13.86	0.75
ORL (10%)	Sig = 0.01*	2023	31	2.93	5.00	4.61	0.60
		2024	40	5.00	10.00	9.11	1.41
LAQ (5%)	Sig = 0.67	2023	31	2.70	5.00	4.02	0.68
		2024	40	2.00	5.00	4.03	0.80
TP (65%)	Sig = 0.01*	2023	31	27.70	51.94	37.85	5.28
		2024	40	32.03	63.58	48.91	8.35

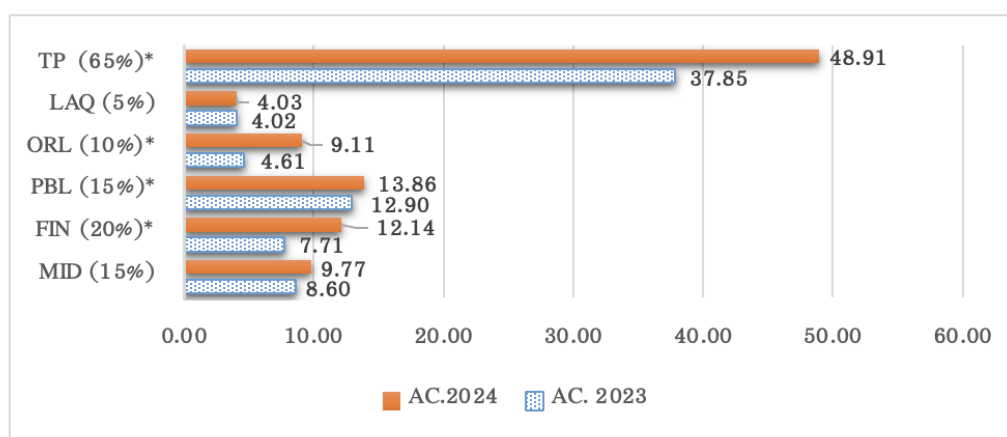


Figure 5 The comparative total proportions of the five proportion before and after the UK PSF implementation

Note: * is the mean different at the 0.05 of significant level.

Discussion

From this study, the instructor must prioritize planning prior to instruction to ensure alignment with both of PLO and CLO. The subsequent focus is the teaching methodology; the instructor will use Kolb's cycle to emphasize the development of vital competencies, including problem-solving, communication, decision-making, leadership, emotional intelligence, and social ethics—skills imperative for success in an occupation. By emphasizing practical applications and perceiving society as an extension of the classroom, this cycle facilitates students in acquiring knowledge and skills pertinent to their future employment (Saifi et al., 2024). Furthermore, the PBL technique can facilitate the exploration of primary concerns related to food safety and its underlying



principles, enabling students to present their ideas to pertinent stakeholders in a real-world situation (Alacapinar, 2008; McGrath et al., 2023). The configuration of the learning environment, encompassing both digital platforms and laboratory settings, promotes an advantageous educational atmosphere and facilitates the development of learners, providing them with skills necessary for future employment, including innovation, creativity, and intellectual competence (Behnamnia et al., 2025; Carroll, 2022).

Consequently, before teaching, the instructor ought to align with PLO and CLO. Kolb's cycle will be used to teach essential skills including problem-solving, communication, decision-making, leadership, emotional intelligence, and social ethics, which are essential for career success. This cycle helps students develop job-relevant abilities by stressing practical applications and viewing society as an extension of the classroom (Saifi et al., 2024). The PBL method can also help students explore food safety issues and associated principles in daily life and present their findings to stakeholders. Digital platforms and lab settings create a positive learning environment and help students develop skills like innovation, creativity, and intellectual competence for future employment (Teslo, et al., 2023).

Table 1 and figure 4 show that UK PSF-based instructional strategies can improve Food Sanitation and Safety student learning outcomes compared to previous cohorts. UK PSF encourages teachers to plan their teaching according on what they have learnt outside the course, as per OBE (Davis, 2003; Chulalongkorn University, the Office of Academic Affairs, 2024) and AUN-QA. Furthermore, it can create any learning resource to improve learning outcomes, including learning theory, interactive media, learning activities, and assessment methodologies. The variety of students is considered when adapting instructional approaches to promote fair learning outcomes (Almpanis and Joseph-Richard, 2022).

However, this study only analyzes learning activities (A1–A4) and assessment proportions to compare learning outcomes. The UK PSF is incomplete because it lacks qualitative data, especially PMC and student data. Thus, the qualitative study with students and the PMC should be included in further research to deeply assess this application and promote it across other MFU, Thailand curricula.

Conclusions

Food sanitation and safety is a core course at EnvH, MFU, which declined for the learning outcome achievement from 80% in 2022 to 73.02% in 2023. Insufficient planning and failure to identify cohort diversity may cause this issue. This study examines the UK PSF's impact on MFU's Food Sanitation and Safety curriculum. The 2024 course participants followed the UK Professional Standards Framework (PSF) in teaching and learning. At a 0.05 significant level, learning outcomes as assessment proportions—TP, MID, FIN, ORL, PBL, and LAQ—were compared to the prior cohort. After the UK PSF was established, TP, FIN, ORL, and PBL proportions can have been higher than in 2023 at a level of significance of 0.05. However, the qualitative study with students and the PMC should be included in further research to completely assess this application and propose its inclusion in other MFU, Thailand.



Acknowledgements

The author of this study would like to thank those undergraduate students from the program of Environmental Health, the School of Health Science, Mae Fah Luang University, who volunteered to give their time for this participation.

References

- 3M Company. (2016). *Bioluminescence: Applied to guarding the line*. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1535269O/3m-clean-trace-hygiene-monitoring-system-brochure-engl.pdf>
- Advance HE. (2023). *Fellowship (D2) guide to the PSF 2023 dimensions*. https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/assets.creode.advancehe-document-manager/documents/advance-he/Guide%20to%20the%20PSF%202023%20Dimensions%20-%20Fellowship%20February%202023_1683714457.pdf
- Alacapinar, F. (2008). Effectiveness of project based learning. *Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 33, 17-34
- Almpanis, T. & Joseph-Richard, P. (2022). Lecturing from home: Exploring academics' experiences of remote teaching during a pandemic. *International Journal of Educational Research Open*, 3,100133. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2022.100133>.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. (pp 1-333). Addison Wesley Longman.
- ASEAN University Network. (2020). *Guide to AUN-QA assessment at programme level version 4.0*. (pp 1-67). ASEAN University Network.
- Behnamnia, N., Kamsin, A., Ismail, M. A. B., & Hayati, S. A. (2025). Relationship between creative thinking and outcomes in a digital STEM-based learning environment: A mixed methods case study. *Thinking Skills and Creativity*, 57, 101816. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101816>.
- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A review of research on school field trips and their value in education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 9, 234-245.
- Carroll, P. (2022). Effectiveness of positive discipline parenting program on parenting style, and child adaptive behavior. *Child Psychiatry & Human Development*, 53, 1349-1358. <https://doi.org/10.1007/s10578-021-01201-x>
- Chulalongkorn University, the Office of Academic Affairs. (2024). *Mastering Outcome Based Education*. <https://academic.chula.ac.th/storage/images/activities/637b49c0b0cbb.pdf>
- Council of Science and Technology Professionals. (2021). *Announcement of council of science and technology professionals in the competency for environmental health permission [in Thai]*. <https://admin.cstp.or.th/upload/afa46fbd0871f6b5b2945c4b20a7d83a.pdf>



- Crosby, R. A. & Salazar, L. F. (2021). *Essentials of public health research methods*. (pp 1–325). Mones & Bartlett Learning.
- Crowe, S., Cresswell, K., & Robertson, A. (2011). The case study approach. *BMC Medical Research Methodology*, 11, 100. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-11-100>
- Davis, M.H. (2003). Outcome-based education. *Journal of Veterinary Medical Education*, 30(3), 258:263.
- IBM Cooperation. (2020). SPSS Statistics (Version 20.0) [Computer software]. IBM Corporation. <https://www.ibm.com/support/pages/spss-statistics-20-available-download>
- Katawazai, R. (2021). Implementing outcome-based education and student-centered learning in Afghan public universities: the current practices and challenges. *Heliyon*, 7(5).
- Mae Fah Luang University, Registrar System. (2023). *Program information*. <https://reg.mfu.ac.th/program-information>
- Mae Fah Luang University, School of Health Science. (2023). *Bachelor of Science Program in Environmental Health*. <https://healthsci.mfu.ac.th/en/environmental-health.html>.
- Mae Fah Luang University. (2024). *About MFU*. <https://en.mfu.ac.th/about-mfu/about-mfu/about-mfu.html>
- Maj, A., Makowska, M., & Sacharczuk, K. (2025). The content analysis used in nursing research and the possibility of including artificial intelligence support: A methodological review. *Applied Nursing Research*, 82, 151919, <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2025.151919>.
- McGrath, C., Kennedy, M. R., Gibson, A., Musse, S., Kosar, Z., & Dawson, S. (2023). World Cafés as a participatory approach to understanding research agendas in primary care with underserved communities: reflections, challenges and lessons learned. *Research Involvement and Engagement*, 9(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s40900-023-00509-3>
- McSwane, D., Rue, N.R., & Linton, R. (2005). *Essential of food safety and sanitation*. (4th ed.). (pp 1–440). Pearson Education.
- Othman, N., & Amiruddin, M. H. (2010). Different perspectives of learning styles from VARK model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 7, 652–660.
- Rangel-Sánchez M-Á, Urbina-González J-D-J, Carrera-Escobedo J-L, Guirette-Barbosa O-A, Murillo-Rodríguez V-A, Celaya-Padilla J-M, Durán-Muñoz H-A, Cruz-Domínguez O. (2024). Enhancing Scrap Reduction in Electric Motor Manufacturing for the Automotive Industry: A Case Study Using the PDCA (Plan-Do-Check-Act) Approach. *Applied Sciences*, 14(7):2999. <https://doi.org/10.3390/app14072999>
- Richmond, A. S., & Cummings, R. (2005). Implementing Kolb’s learning styles into online distance education. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 1(1), 45–54. https://www.researchgate.net/publication/251847754_Implementing_Kolb's_Learning_Styles_into_Online_Distance_Education



- Saifi, A. G., Khlaif, Z. N., & Affouneh, S. (2024). The effect of using community-based learning program in science students' achievement according to Kolb's learning styles. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101125. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101125>.
- Siritarungsri, B. (2020). The Management of online learning and teaching: Towards the professional standards framework for teaching and supporting learning in higher education. *The journal of Chulabhorn Royal Academy*, 2(3).
- Snell, Y. S., Linda S. (1999). Interactive lecturing: strategies for increasing participation in large group presentations. *Medical Teacher*, 21(1), 37–42. <https://doi.org/10.1080/01421599980011>
- Teslo, S., Jenssen, E. S., Thurston, M., Mandelid, M. B., Resaland, G. K., Chalkley, A. E., & Tjomsland, H. E. (2023). It's the journey, not the arrival that matters—Teachers' perceptions of their practice after participating in a continuing professional development program in physically active learning. *Teaching and Teacher Education*, 136, 104377. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104377>
- Zaiontz, C. (2023). *Kuder and Richardson formula 20*. <https://real-statistics.com/reliability/internal-consistency-reliability/kuder-richardson-formula-20/>



**กลวิธีการบรรเลงและกระบวนการสอนระนาดทุ้ม
ตามแนวทางของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม
ทัชสุเมย์ ราชเพี้ยแก้ว¹, วราภรณ์ เชิดชู¹ และวิชญ์ บุญรอด^{1,*}**

The Ranad Thum Performance Techniques and Teaching Methods

According to Associate Professor Dr.Dech Khong-im

Tachsumay Rachpaerkaew¹, Waraporn Cherdchoo¹ and Vich Boonrod^{1,*}

¹ภาควิชาดนตรี คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000

¹Department of Music, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phisanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: tadsumayr66@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอัตชีวประวัติและผลงานของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม จากเอกสารทางวิชาการ 2) เก็บรวบรวมข้อมูลลงภาคสนาม ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3) วิเคราะห์ข้อมูลทางดนตรีวิทยา (Musicology) ด้วยการพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูล (Analytical Description) 4) สรุปอภิปรายผลการวิจัย มีผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาวิธีการบรรเลงระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 4 ประเด็นคือ 1) บทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้ม 2) ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม 3) คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดทุ้ม 4) หลักการแปรทำนองทางระนาดทุ้ม ซึ่งการบรรเลงระนาดทุ้มให้มีลักษณะ “เสียงดุด” เป็นหลักพื้นฐานสำคัญของเครื่องดนตรีชนิดนี้ 2) เพื่อศึกษาวิธีการถ่ายทอดและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 2 ประเด็น คือ 1) หลักการฝึกบรรเลงระนาดทุ้มเบื้องต้น 2) เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดทุ้ม สรุปผลการวิจัยได้ว่ากลวิธีการบรรเลงและกระบวนการสอนระนาดทุ้ม ตามแนวทางของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม ให้ความสำคัญทุกกระบวนการของการปฏิบัติเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม เช่น หลักการแปรทำนอง ความเชื่อ บทบาทหน้าที่ คำนิยาม หลักการฝึกบรรเลงระนาดทุ้มเบื้องต้น และเพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดทุ้ม ผู้สอนควรมีความรู้ที่แม่นยำตั้งแต่พื้นฐาน มีประสบการณ์และความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม ผลลัพธ์ที่ได้ของผู้เรียนไม่ได้มีเพียงแค่ปฏิบัติได้ดี แต่สามารถรู้จักบริบทของการเล่นดนตรีไทยที่ใช้ในงานประเภทต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ระนาดทุ้ม กลวิธีการบรรเลง กระบวนการสอน เดชน์ คงอิม เสียงดุด

Abstract

This research is qualitative research divided into 4 stages. The following are as follows: 1) To study the information on the autobiography and work of Associate Professor Dr.Dech Khong-im from academic documents, 2) Collect data in the field according to the objectives of the research, 3) Analyze musicology data with Analytical Description, 4) Summarize and discuss the research results. It was found that there are a total of 4 points of knowledge: 1) the role and duties of the Ranad Thum, 2) beliefs about learning the Ranad Thum instrument, 3) the definition that should be used to refer to Ranad Thum musicians, 4) The principle of transforming the melody in the Ranad Thum, in which the performance of the Ranad Thum to have a “Seuang Dood” is the main basic principle of this instrument. 2) To study the transmission strategy and teaching process of the Ranad Thum of Associate Professor Dr.Dech Khong-im. It was found that there were 2 points of knowledge: 1) the basic principles of practicing the Ranad Thum, 2) the basic music used to train the Ranad Thum. In conclusion, the results of the research show that the instrumental strategy and the process of teaching the Ranad Thum according to the guidelines of Associate Professor Dr.Dech Khong-im emphasizes all processes of the practice of the Ranad Thum instrument, such as the principle of melody variation,



beliefs, roles and duties, definitions, etc. Principles of basic Ranad Thum playing and basic songs used to train Ranad Thums. Instructors should have accurate knowledge from the basics. He has experience and a deep understanding of Ranad Thum. The results of the learners are not only good practice, but also able to know the context of playing Thai music used in various types of work appropriately.

Keywords: Ranad Thum, Performance, Teaching methods, Dech Kong-im, Seuang Dood

บทนำ

ดนตรีไทยเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่สำคัญ สะท้อนให้เห็นถึงเอกลักษณ์วัฒนธรรมของไทย ที่ใช้ในการประกอบพิธีกรรม การแสดงศิลปวัฒนธรรม และกิจกรรมต่าง ๆ (สุรพล สุวรรณ, 2558, น.175) อีกทั้งยังเป็นศิลปะแขนงหนึ่งที่เกิดจากการสร้างสรรค์ของเสียงโดยใช้เครื่องดนตรีไทยในการบรรเลง เครื่องดนตรีไทยแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องดีด เครื่องตี เครื่องสี และเครื่องเป่า โดยมีทำนองเพลงหรือโน้ตเพลงเป็นตัวกำหนดจังหวะลีลา ระดับเสียงให้สอดคล้องสัมพันธ์กัน (รุ่งอรุณ กุลธำรง, 2558, น.165) ทำนองเพลงเป็นการจัดระเบียบของเสียงที่เกี่ยวข้องกับความสูงความต่ำ ความสั้นความยาว และความดังความเบา คุณสมบัติเหล่านี้เมื่อนำมาปฏิบัติอย่างต่อเนื่องบนพื้นฐานของความซ้ำหรือเร็ว จึงเป็นองค์ประกอบของดนตรีที่ผู้ฟังสามารถถ่ายทอดการทำความเข้าใจ ทำนองของดนตรีไทยนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ 1) ทำนองหลัก (Basic Melody) ซึ่งในทางดนตรีไทยเรียกว่า “ลูกฆ้อง” หรือทางฆ้องวงใหญ่ ผู้ที่บรรเลงต้องยึดทำนองเพลงที่เป็นต้นฉบับหรือทำนองที่แท้จริงเท่านั้น ไม่สามารถบรรเลงออกนอกกรอบทำนองหลักได้ 2) ทำนองตกแต่ง หรือการแปรทำนอง ผู้บรรเลงสามารถประดิษฐ์ตกแต่งจากทำนองหลักทางฆ้องวงใหญ่ให้ความไพเราะและเหมาะสมกับเครื่องดนตรีแต่ละประเภท (เฉลิมศักดิ์ พิภูลศรี, 2542 น.7-8) นอกจากนี้ (สาทร กันภัย, 2551) ได้กล่าวถึงการแปรทำนองที่มีความเห็นสอดคล้องกับ (ชาคริต เฉลิมสุข, 2563) โดยสรุปได้ว่า ลักษณะการดำเนินทำนองของเครื่องดนตรีหรือทางร้องที่ต่างไปจากเนื้อฆ้อง แต่ยังคงยึดเสียงลูกตกหลักของวรรคเพลงเป็นสำคัญ โดยผู้บรรเลงต้องมีความเชี่ยวชาญ ความสามารถในการทักษะปฏิบัติเป็นอย่างดี จึงจะสามารถสร้างสรรค์ทำนองได้อย่างสมบูรณ์ (สาทร กันภัย, 2551 น.180) ดังนั้นลักษณะทำนองเพลงไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ทำนองหลัก และทำนองแปร โดยทำนองหลักหมายถึงทำนองที่เป็นโครงสร้างหลักหรือต้นแบบในการประพันธ์เพลงไทย โดยใช้เครื่องดนตรีฆ้องวงใหญ่เป็นตัวกำหนด ส่วนทำนองแปรหมายถึงทำนองของเครื่องดนตรีชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ฆ้องวงใหญ่ในการบรรเลง เช่น ระนาดเอก ฆ้องวงเล็ก ระนาดทุ้ม รวมถึงเครื่องดำเนินทำนองที่เป็นประเภทดีด สี ตี เป่าชนิดอื่น ๆ เป็นต้น

ระนาดทุ้มเป็นเครื่องดนตรีที่จัดอยู่ในประเภทเครื่องดีดดำเนินทำนอง เกิดขึ้นในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 3 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ ลักษณะทางกายภาพของระนาดทุ้มคล้ายระนาดเอก ผี้นระนาดทุ้มทำจากไม้ไผ่บงมีทั้งหมด 17 ลูก ทำให้เกิดเสียงที่มีความนุ่มนวลเป็นเอกลักษณ์ ส่วนใหญ่มักบรรเลงในวงปี่พาทย์ มีลักษณะเสียงทุ้มต่ำ ซึ่งทำนองทางระนาดทุ้มทำให้เกิดความวิจิตรพิสดารแปลกหูตามจินตนาการของผู้บรรเลง (สาทร กันภัย, 2551, น.3) การบรรเลงกลอนหรือทางระนาดทุ้มมักจะมีการล้าจังหวะไปก่อนหรือรอจังหวะตก มีการบรรเลงล้าจังหวะบ่อยทำให้เกิดลีลาในวงดนตรี ทำให้เลียนแบบได้ยากทางระนาดทุ้มสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ทางหมู่และทางเดี่ยว ซึ่งลักษณะของการบรรเลงทางหมู่ คือ วิธีการดำเนินทำนองเฉพาะของเครื่องดนตรีประเภทดำเนินทำนองที่ใช้บรรเลงร่วมกันในวงดนตรี ทุกเครื่องบรรเลงพร้อมเพรียงกัน แต่ทำนองที่ใช้บรรเลงแตกต่างกัน และประเภทที่ 2 ทางเดี่ยว คือ การดำเนินทำนองโดยเฉพาะของเครื่องดนตรีโดยมีกลวิธีการบรรเลงที่พิเศษแตกต่าง



จากการบรรเลงทั่วไป มีจุดมุ่งหมายเพื่ออวดฝีมือ 3 ประการคือ ทำนอง (ทาง) 1) ครูได้แต่งเพลงไว้อย่างพิถีพิถันสามารถบรรเลงอวดได้ 2) การจดจำทำนองที่ครูผู้แต่งได้ประดิษฐ์ไว้ได้ครบถ้วน 3) กลวิธีพิเศษในการบรรเลงอย่างคล่องแคล่วไม่มีบกพร่อง (วรรณวลี คำพันธ์ และ พชร สุวรรณภานันท์, 2562, น.431-432) อีกทั้ง (กิตติ อรรถาผล, 2563) ได้อธิบายแบบแผนการบรรเลงระนาดทุ้มเกิดจากภูมิปัญญาของครูดนตรี ที่ครูดนตรีไทยยอมรับเรียนรู้นำไปปฏิบัติสืบทอดกันมา อาทิ การตีเพื่อให้เกิดเสียงและสำนวนระนาดทุ้ม อย่างการตีถ่าง การตีตะมื่อ ตลอดจนการคิดประดิษฐ์สำนวนกลอน อีกทั้งบทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้มยังเป็นผู้สร้างสีสันความสนุกสนานซึ่งสะท้อนให้เห็นได้จากกลอนระนาดทุ้มที่มีการยกย่องจังหวะและกลวิธีการบรรเลงหยอกเย้าไปกับท่วงทำนองของเครื่องดนตรีอื่นในวงดนตรีไทย (กิตติ อรรถาผล, 2563, น.1)

วัฒนธรรมการเรียนการสอนดนตรีไทยมีลักษณะของมุขปาฐะเป็นหัวใจสำคัญ กล่าวคือ เป็นการถ่ายทอดต่อกันด้วยวิธีการจำ ไม่ได้มีการบันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษร หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “การเลียนแบบ” คือ การพยายามทำให้คล้ายคลึงกับต้นแบบ ครูจึงเป็นต้นแบบสำคัญในการถ่ายทอดสำนวนเพลง การปฏิบัติทางดนตรีเพื่อให้เกิดการเรียนรู้เบื้องต้นอย่างเป็นแบบแผนและมั่นคง (รังสิพันธุ์ แข็งขัน, 2552, น. 242-243) การแปรทำนองหลักให้ออกมาเป็นทำนองทางของระนาดทุ้ม ต้องเป็นศิลปินที่มีองค์ความรู้ในด้านการประพันธ์เพลงและการแปรทำนอง มีความเข้าใจโน้ตเพลงทำนองหลัก จึงจะสามารถนำเสนอถ่ายทอดผลงานเพลงออกมาได้ตามวัตถุประสงค์ของเพลงนั้น ๆ ดังตริยางคศิลป์ ผู้เป็นเอกทัศคะทางดนตรีไทยในหลายยุคสมัย เช่น ครูพินิจ ฉายสุวรรณ ศิลปินแห่งชาติทางด้านสาขาศิลปะการแสดงดนตรีไทย ผู้มีความรู้ทางด้านการบรรเลงเครื่องตีโดยเฉพาะ มีวิธีการสร้างรูปทำนองของตนเอง ถ่ายทอดมาจนถึงปัจจุบัน ทั้งในรูปแบบสำนักวงปี่พาทย์ การเรียนแบบมุขปาฐะ และเมื่อมีระบบการศึกษาเกิดขึ้นจึงมีครูผู้สอนดนตรีทำให้เกิดการจัดการเรียนการสอนดนตรีไทยเฉพาะเครื่องมือ ที่ทุกกลุ่มประเภทเครื่องดนตรี เริ่มมีการจัดบันทึกโน้ตดนตรีเป็นโน้ตไทยโดยจัดทำเป็นรูปเล่มแบบเรียนเครื่องดนตรีไทยเฉพาะเครื่องมือควบคู่ไปกับการสอนแบบมุขปาฐะมาจนถึงปัจจุบัน (ชำนาญ ส่วยคำข้าว และคณะ 2562, น.193) นอกจากนี้ (วรรณวลี คำพันธ์, 2563) ได้ระบุกระบวนการสอนเครื่องดนตรีระนาดทุ้มของผู้เรียนจะต้องมีคุณสมบัติ 2 ประการ คือ มือดีและหัวใจ ซึ่งเกิดจากกระบวนการฝึกหัดระนาดทุ้ม โดยเริ่มต้น ได้แก่ การจับไม้ การฝึกตีให้มีคุณภาพเสียงที่ดีและมีรสมือ การตีแบ่งมือให้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ และการฝึกแปรทำนองระนาดทุ้มให้ได้หลากหลายสำนวนซึ่งแสดงถึงภูมิปัญญาและไหวพริบ (วรรณวลี คำพันธ์, 2563, น.1)

ครูพินิจ ฉายสุวรรณ ศิลปินแห่งชาติทางด้านสาขาศิลปะการแสดงดนตรีไทย ผู้มีความรู้ทางด้านการบรรเลงเครื่องตีโดยเฉพาะ ได้ศึกษาด้านดนตรีกับครูหลายท่านที่มีชื่อเสียง ได้แก่ ครูทวน อ่อนละมูล ครูเจ็ก อ่อนละมูล และครูพริ้ง ดนตรีรส ด้วยความรู้ที่ได้สั่งสมมายาวนาน จึงทำให้ ครูพินิจ ฉายสุวรรณ มีผลงานทางด้านดนตรีไทยเป็นจำนวนมาก เช่น เพลงโหมโรงเทพเวหา เพลงโหมโรงกราวโน เตี้ยระนาดเอกเพลงมหาชัย 2 ชั้น เตี้ยระนาดเอกเพลงพญาโศก 6 ชั้น เตี้ยระนาดทุ้มเพลงทยอยเตี้ย เป็นต้น เป็นผู้ที่มีความสามารถเชี่ยวชาญการบรรเลงระนาดทุ้ม มีผลงานเชิงประจักษ์และเป็นศิลปินในชั้นครู ที่ได้รับความเคารพนับถือทำให้มีสายศิษย์จากทั่วสารทิศเข้ามาเรียนวิชาฝากตัวขอความรู้ทางด้านดนตรีไทย (ชำนาญ ส่วยคำข้าว และคณะ 2562, น.196) เมื่อกล่าวถึงสายศิษย์ของครูพินิจ ฉายสุวรรณ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอัม ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของครูพินิจ ฉายสุวรรณ ศิลปินแห่งชาติสาขาศิลปะการแสดงดนตรีไทย มีผลงานด้านอัตลักษณ์ทางเตี้ยระนาดทุ้ม เพลงทยอยเตี้ย ซึ่งบรรเลงในงานไหว้ครูเป็นเพลงเดี่ยวชั้นสูงที่มีความสำคัญต่อวงการดนตรีไทยและหาฟังได้ยาก (ชำนาญ ส่วยคำข้าว และคณะ, 2562, น.193) จึงทำให้ได้รับการถ่ายทอดวิธีการบรรเลงระนาดทุ้มระดับชั้นครูได้เป็นอย่างดี ท่านรองศาสตราจารย์เดชน์ คงอัม มี



ผลงานเชิงประจักษ์ที่ได้รับพระราชทานรางวัลพระพิฆเนศ ทองคำฯ โดยสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ซึ่งเป็นรางวัลอันทรงเกียรติที่แสดงให้เห็นถึงความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการทำงานเป็นที่ยอมรับในวงการดนตรีไทย อีกทั้งยังมีผลงานทางวิชาการในด้านต่าง ๆ เช่น หนังสือสังคีตลักษณ์วิเคราะห์โหมโรงกลางวัน หนังสือวิทยากรเพลงเรื่อง การบันทึกโน้ตเพลงไทยเป็นโน้ตสากล การประพันธ์เพลงไทย และการบรรเลงระนาดทุ้ม ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม มีผลงานและประสบการณ์ที่หลากหลายย่อมเป็นที่ยอมรับเคารพนับถือในวงการดนตรีไทย ซึ่งท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการบรรเลงระนาดทุ้มขั้นสูง มีความเป็นศิลปิน ความเป็นครู และมีคุณูปการต่อวงการศึกษาด้านดนตรีไทยด้วยผลงานและประสบการณ์ที่หลากหลายย่อมเป็นที่ยอมรับเคารพนับถือในวงการดนตรีไทย ด้วยความสำคัญและที่มาดังกล่าวผู้วิจัยจึงทำการศึกษากลวิธีการเล่นและกระบวนการสอนระนาดทุ้มตามแนวทางของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม เพื่อศึกษาองค์ความรู้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ 1) กลวิธีการเล่นระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม 2) กลวิธีในการเล่นทอและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม เพื่อเป็นแนวทางในการนำองค์ความรู้ไปพัฒนาต่อยอดและปรับใช้ในวงการศึกษาวิชาชีพดนตรีไทยในแขนงต่าง ๆ ต่อสังคมและประเทศชาติ

วัตถุประสงค์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลวิธีการเล่นและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม โดยใช้ระเบียบวิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอัตชีวประวัติและผลงานของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม จากเอกสารทางวิชาการ 2) เก็บรวบรวมข้อมูลลงภาคสนาม ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3) วิเคราะห์ข้อมูลทางดนตรีวิทยา (Musicology) ด้วยการพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูล (Analytical Description) 4) สรุปอภิปรายผลการวิจัย มีผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษากลวิธีการเล่นระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 4 ประเด็นคือ 1) บทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้ม 2) ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม 3) คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดทุ้ม 4) หลักการแปรทำนองทางระนาดทุ้ม 2) เพื่อศึกษากลวิธีการเล่นทอและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 2 ประเด็น คือ 1) หลักการฝึกบรรเลงระนาดทุ้มเบื้องต้น 2) เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดทุ้ม เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนากระบวนการสอน ระนาดทุ้มและกลวิธีการเล่นระนาดทุ้มให้กับผู้เรียนในระดับเริ่มต้น

ผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษากลวิธีการเล่นและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม มีวัตถุประสงค์การศึกษาดังนี้ 1) เพื่อศึกษากลวิธีการเล่นระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 4 ประเด็นคือ 1) บทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้ม 2) ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม 3) คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดทุ้ม 4) หลักการแปรทำนองทางระนาดทุ้ม 2) เพื่อศึกษากลวิธีการเล่นทอและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 2 ประเด็นคือ 1) หลักการฝึกบรรเลงระนาดทุ้มเบื้องต้น 2) เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดทุ้ม มีรายละเอียดดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษากลวิธีการเล่นระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอิม

บทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้ม สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในวงปี่พาทย์ ซึ่งเครื่องดนตรีภายในวงปี่พาทย์ประกอบไปด้วย ระนาดเอก ระนาดทุ้ม มโหรีวงเล็ก มโหรีวงใหญ่ ปี่นอก และปี่ใน ซึ่งเสียงเครื่องดนตรีในวงปี่พาทย์ที่ไม่ใช้ระนาด



ทุ้ม มักจะมีเสียงแหลมสูง ระเบิดทุ้มจึงทำหน้าที่บรรเลงเพื่อให้เกิดเสียงทุ้มต่ำนุ่มนวลเกิดความกลมกลืนของเสียงมากขึ้นในวงปี่พาทย์ วิวัฒนาการในการใช้ไม้ในการทำผืนระนาดทุ้มนั้น แต่เดิมเริ่มทำจากไม้เนื้อแข็ง ไม้ชิงชัน ไม้ประดู่ และไม้มะหาด จากการทดลองนำไม้เนื้อแข็งไปใช้ทำผืนระนาดทุ้มนั้นเมื่อนำไปบรรเลงในวงปี่พาทย์ไม่สามารถดูความเป็นระนาดทุ้มออกมาได้กล่าวคือ เสียงของระนาดทุ้มโดนเสียงเครื่องดนตรีชนิดอื่น ๆ ในวง กลบเสียงทำให้ไม่ได้ยินเสียงระนาดทุ้ม เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงวิวัฒนาการนำไม้ไผ่มาใช้ทำเป็นลูกระนาดทุ้มจนถึงปัจจุบัน ดังคำอธิบายของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอ้อมที่กล่าวว่า

“เพราะฉะนั้นการที่มีระนาดทุ้มเข้ามาเนี่ยะก็เชื่อได้เลยว่าต้องการเสียงทุ้ม แล้วพอต้องการมารักษากาลที่ 4 พระบาทสมเด็จพระปิ่นเกล้าเจ้าอยู่หัว เห็นว่าเครื่องดนตรีสากลมันมีเสียงทุ้มเสียงเบส ทำให้เป็นเสียงต่ำเข้าไปอีกแล้วให้ตีห่าง ๆ คือระนาดทุ้มเหล็ก แต่ก่อนจะมาเป็นระนาดทุ้มไม้เนี่ยะก็คงจะไปใช้ไม้เนื้อแข็งไม้ชิงชัน ไม้ประดู่ ที่สุดมาเป็นไม้มะหาดแต่ว่าความทุ้มของมันก็สู้ไม้ไผ่ไม่ได้ก็ลองผิวดลองดูนั่นแหละ ตอนหลังเนี่ยะ ครูประสิทธิ์ ถาวร ท่านยังเคยมีผืนไม้ตะเคียนเลยนะผืนระนาดเอกนะ แต่เสียงถ้าใช้ไม้รวบตีก็สู้ไม้ไผ่ไม่ได้ ถ้าใช้ไม้แข็งเสียงก็ไปถึงไม้ชิงชัน ไม้มะหาดเนี่ยะถ้าเอาผืนระนาดทุ้มหรือผืนระนาดเอกตีด้วยไม้รวบจะเพราะ ถึงขนาดมันมีคำคล้องจองที่มาแต่โบราณว่า ตะโพนไม้กุ่ม ทุ้มไม้มะหาด ถือว่าระนาดทุ้มที่ทำด้วยไม้มะหาดเนี่ยะเสียงมันทุ้มนุ่มนวล แต่คนปัจจุบันบอกว่าเสียงมันโดนระนาดเอกกลบเพราะเสียงมันสั้น แต่ถ้าตีระนาดเอกด้วยไม้รวบด้วยกันเนี่ยะเพราะ” เดชน์ คงอ้อม (การสื่อสารส่วนบุคคล, 24 มกราคม 2567)

ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม เหมือนกับการเรียนดนตรีไทยเครื่องมืออื่น โดยก่อนที่ศิษย์จะมารับความรู้กับครู ศิษย์ต้องนำเครื่องเคารพมาบูชาครูก่อนที่จะเรียนต่อเพลงเพื่อเป็นสิริมงคล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเคารพระหว่างศิษย์กับครู ซึ่งเครื่องบูชาครูมีดังนี้ ดอกไม้ ธูป เทียน และเงินก้านล โดยเงินก้านลนั้นหมายถึงเงินค่าเอกสาร ค่าแรงของครูที่เสียสละเวลามาสอน ซึ่งไม่ได้จำกัดอย่างเป็นแบบแผน ขึ้นอยู่กับครูแต่ละท่าน แต่ละบริบทสถานที่นั้น ๆ หากมองในแง่เศรษฐกิจค่าของเงินเพิ่มขึ้น ก็ควรที่จะต้องจัดสรรเงินก้านลให้เหมาะสมกับสภาพสังคมและบริบทในช่วงเวลานั้น

คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดทุ้ม หากกล่าวถึงในมุมมองที่ถูกพูดถึงระนาดทุ้มที่มักจะกล่าวว่าเป็น “ตัวตลก” ของวงดนตรีปี่พาทย์นั้น ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอ้อมให้ความเห็นว่า “ควรเรียกว่าเป็นซุสของวงเดิมสี่ส้นของวง แต่จะแต่งสี่ส้นจะเต็มสี่ส้นอะไรให้มันสนุกเท่านั้นเอง” เดชน์ คงอ้อม (การสื่อสารส่วนบุคคล, 10 มกราคม 2567) เนื่องจากทุกเครื่องมือที่บรรเลง เมื่อบรรเลงร่วมกันล้วนมีความสำคัญต่อวง หากขาดเครื่องดนตรีชนิดใดชนิดหนึ่งไป เสียงที่บรรเลงออกมาก็จะไม่กลมกลืนกัน

หลักการแปรทำนองทางระนาดทุ้ม นั้นขึ้นอยู่กับเพลงแต่ละประเภท อย่างเช่น เพลงทยอย ระนาดทุ้มจะต้องหากลอนโน้ตที่มีทำนองลัว้งจ้งหะ ลักจ้งหะ และเหลื่อมจ้งหะ ใส่เข้าไปในเพลงโดยให้โน้ตตัวสุดท้ายหรือเสียงสุดท้ายของแต่ละกลอนเป็นโน้ตเดียวกันกับโน้ตทางพื้น หากเป็นเพลงบังคับทางหรือเพลงหน้าพาทย์ ระนาดทุ้มไม่ควรที่จะตีออกนอกทางพื้นมากจนเกินไป เนื่องจากเป็นเพลงพิธีการอาจดูไม่เหมาะสมต่อกาลเทศะ ดังตัวอย่างของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอ้อม ที่อธิบายเกี่ยวกับการแปรทำนองทางระนาดทุ้มขึ้นเบื้องต้นไว้ว่า “โดยผู้บรรเลงนั้นต้องมีความเข้าใจในลักษณะประเภทของบทเพลง และการบรรเลงของวงประเภทต่าง ๆ เช่น การบรรเลงสำหรับวงปี่พาทย์ไม้แข็ง การบรรเลงสำหรับวงปี่พาทย์ไม้รวบ ตลอดจนลักษณะของบทเพลงประเภทต่าง ๆ อาทิ เพลงสำหรับพิธีกรรม เพลงบรรเลงประเภทเพลงทยอย” เดชน์ คงอ้อม (การสื่อสารส่วนบุคคล, 10 มกราคม 2567) ดังนั้น การที่นักดนตรีจะแปรทำนองทางระนาดทุ้มให้ออกมาได้น่าฟังและกลมกลืนนั้น การอ่านหรือดูหลักปฏิบัติอย่างเดียวยังไม่เพียงพอ



นักดนตรียังต้องอาศัยประสบการณ์และไหวพริบที่ปฏิบัติมาเป็นเวลานาน เพื่อที่จะสามารถคิดทำนองทางแปรได้อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ที่ 2 กระบวนการสอนระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอัม

กระบวนการสอนระนาดทุ้ม โดยในเบื้องต้นต้องดูจากพื้นฐานของผู้เรียนเป็นหลัก ผู้สอนควรมีความรู้ที่แม่นยำตั้งแต่พื้นฐาน มีอุดมการณ์มั่นคง หมั่นฝึกฝน ฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ หากผู้เรียนไม่เคยฝึกดนตรีมาก่อนควรเริ่มจากการฝึกบริบททางกายภาพ เช่น ทำน่องบรรเลง การจับไม้ การวางมือ เป็นต้น โดยเริ่มจากเพลงทางพื้น (ทำนองหลัก) เพลงที่ไม่มีลูกล่อลูกขัด รวมถึงควรฝึกเรื่องอัตราจังหวะดนตรีให้เข้าใจ เช่น เพลงนึ่งชั้นเดียว เพลงนึ่งนอก เพลงสาธุการ เป็นต้น เมื่อฝึกได้คล่องสามารถฝึกบรรเลงทางหมู่และทางเดี่ยวได้ตามลำดับ

หลักการฝึกบรรเลงระนาดทุ้มเบื้องต้น ท่านรองศาสตราจารย์เดชน์ คงอัมได้ให้ข้อความรู้ไว้ว่า การเป็นนักระนาดทุ้มที่ดีจะต้องบรรเลงระนาดทุ้มให้มีลักษณะ “เสียงดุด” ซึ่งเป็นหลักวิธีการบรรเลงให้เกิดเสียงทุ้มนุ่มนวล สามารถรู้จักเพลงที่จะสามารถแปรทำนองให้เหมาะสมกับงานได้ ควรบรรเลงให้เหมาะสมกับบริบทโดยรอบของงานนั้น ๆ เครื่องดนตรีไทยทุกประเภทสิ่งที่ปฏิบัติและพัฒนากลายเป็นแบบแผนตามกันมานั้นคือหลักการและวิธีการ โดยอาจจะเริ่มจากหลักและวิธีง่าย ๆ คือท่าทางการบรรเลงเครื่องดนตรี หลักในการปฏิบัติเครื่องดนตรีระนาดทุ้มนั้น ควรนั่ง (ในกรณีที่นั่งกับพื้นอาจจะนั่งขัดสมาธิหรือพับเพียบได้) หลังตรงสายตามองไปยังส่วนหัวของไม้ระนาดทุ้มเพื่อสังเกตการตีของตนเอง โดยที่ไม่เอียงคอ ไม่เอียงไหล่ ไม่บิดหรือยกข้อศอกและโค้งข้อมือ กล่าวคือ ถ้าตีระนาดทุ้มในลักษณะที่ต้องใช้ “เสียงดุด” ผู้บรรเลงจะต้องฝึกฝนการตีโดยไม่เกร็งแขนจนดูไม่เป็นธรรมชาติ การจับไม้ของผู้บรรเลงระนาดทุ้ม จับในลักษณะแบบปากกาทั้งสองมือคว้ามือทั้งห้านิ้วจับไม้ ให้บริเวณหัวไม้อยู่กึ่งกลางลูกกระนาดทุ้มแต่ละลูก นิ้วชี้อยู่ประมาณชายขอบด้านในของลูกกระนาดทุ้ม วิธีการตีผู้บรรเลงจะต้องตีให้ส่วนหัวของไม้ที่เป็นผ้าสัมผัสกับลูกกระนาดทุ้มทั้งหมด โดยที่ไม่ลงน้ำหนักไปที่ส่วนหัวของไม้ตีหรือส่วนปลายของไม้ตีมากจนเกินไป ให้อยู่ในลักษณะกึ่งกลาง และไม่ยกไม้ตีระนาดสูงเกินหัวผู้บรรเลง การบรรเลงระนาดทุ้มทำให้ผู้บรรเลงมีอิสระทางการบรรเลง มีความเฉพาะในการบรรเลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอารมณ์ของเพลง โอกาส และกาลเทศะในการแสดงแต่ละครั้ง การแบ่งมือในการตีระนาดทุ้มนั้นเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่มีความสำคัญ เนื่องจากการบรรเลงระนาดทุ้มขึ้นอยู่กับเพลงแต่ละประเภทที่บรรเลง กรณีขึ้นเพลงด้วยมือขวาจับด้วยมือซ้าย หรือขึ้นเพลงด้วยมือซ้ายก็อาจจะลงจับด้วยมือขวาได้เช่นเดียวกัน อย่างเช่น กลอนระนาดเป็นคู่แปด คู่สี่ จะใช้มือซ้ายหรือมือขวาก่อนนั้นสามารถทำได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการบรรเลงเพลงนั้น ๆ ซึ่งแตกต่างจากฆ้องวงใหญ่ที่มีการแบ่งมือแบบตายตัวเนื่องจากเป็นเครื่องดนตรีที่ต้องบรรเลงเพลงบังคับทาง ในอีกหนึ่งกรณีถ้าหากระนาดทุ้มจะต้องเล่นเพลงบังคับทางก็ควรที่จะแบ่งมือให้เหมือนกับลักษณะทางฆ้องวงใหญ่ ระนาดทุ้มจึงเป็นเครื่องดนตรีที่มีลักษณะโดดเด่นที่ไม่มีกฎเกณฑ์บังคับตายตัว กระบวนการบรรเลงระนาดทุ้ม มีลักษณะการบรรเลงโดยใช้ กลอนสอดเสียง กลอนสับ กลอนกระทบซ้าย กระทบขวา กลอนทั้งซ้าย เป็นต้น และการตีเสียงในลักษณะต่าง ๆ เช่น ลูกฉีกอก ลูกถ่างขาเดียว ลูกชโยก ลูกดุดเสียง ลูกเตะซ้ายเตะขวา ซึ่งเป็นการเล่นชั้นคู่เสียงที่มีลักษณะโดดไปโดดมา เช่น คู่ 3 คู่ 5 คู่ 7 คู่ 10 คู่ 11 คู่ 12 และ คู่ 13 เป็นต้น ซึ่งการบรรเลงชั้นคู่ดังกล่าวเป็นเทคนิคในการบรรเลงระนาดทุ้มที่แพรวพราวเต็มส้นให้กับวงดนตรีปี่พาทย์ การที่จะแปรกลอนทางระนาดทุ้มให้แตกต่างจากกลอนเครื่องดนตรีอื่น ๆ นั้น ผู้บรรเลงต้องใช้ประสบการณ์ในการเล่นเครื่องดนตรีในวงดนตรี ปี่พาทย์ค่อนข้างสูง กล่าวคือมีการฝึกเครื่องดนตรีอื่น ๆ ก่อนที่จะมาเล่นเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องฝึกเป็นอันดับแรกของการแปรทำนองคือการบรรเลงทำนองทางพื้น (ทำนองหลัก) ให้ถูกต้อง เมื่อสามารถตีทำนองทางพื้นได้คล่องและมีประสบการณ์ ช่วยให้ผู้บรรเลงสามารถแปรทำนองได้ถูกหลักบริบทของเพลงและสถานที่



เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดทุ้ม เริ่มแรกของการฝึกบรรเลงเพลงระนาดทุ้มขั้นพื้นฐาน ควรใช้เพลงที่ไม่มีลูกล่อลูกขัด และมีอัตราจังหวะที่ง่าย กล่าวคือ เครื่องดนตรีที่เล่นโน้ตนำไปก่อนคือลูกล่อ ส่วนเครื่องดนตรีที่เล่นโน้ตตามหลังเรียกว่าลูกขัด การใช้เพลงสำหรับฝึกระนาดทุ้มเบื้องต้นควรเป็นเพลงทางพื้น อย่างเช่น เพลงจิ้งจกเดี่ยว เพลงจิ้งนอก เพลงสาธุการ เป็นต้น เมื่อฝึกได้คล่องจึงเริ่มฝึกเพลงที่มีลูกล่อลูกขัด และสามารถต่อเดี่ยวระนาดทุ้มได้ตามลำดับ

กลวิธีการบรรเลงและกระบวนการสอนระนาดทุ้มของท่านรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอ้ม ให้ความสำคัญทุกกระบวนการของการปฏิบัติเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม เช่น วิธีการฝึกบรรเลง ทำนองปฏิบัติ หลักการแปรทำนอง เพลงพื้นฐาน ความเชื่อ บทบาทหน้าที่ วิชาการ ความแตกต่าง และความโดดเด่นของการบรรเลงระนาดทุ้มในอดีตจนถึงปัจจุบัน ระนาดทุ้มเป็นเครื่องดนตรีที่มีความแตกต่างจากเครื่องมืออื่นผู้บรรเลงต้องอาศัยประสบการณ์ในการทำควาเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ดังที่กล่าวไปข้างต้น หากจะบรรเลงเพลงทางแปรต้องดูบริบทและเพลงเป็นสำคัญ กาลเทศะเป็นสิ่งที่ถูกกล่าวถึงอยู่บ่อยครั้งในการบรรเลงทางแปรที่แตกต่างจากทางพื้น หากผู้บรรเลงไม่มีประสบการณ์หรือไม่รู้หลักปฏิบัติก็อาจถูกมองว่าไม่ดีไม่งาม ดังนั้นการบรรเลงระนาดทุ้มให้มีความไพเราะกลมกลืนอย่างเดียวน่าจะดูไม่ครบองค์ประกอบ ผู้บรรเลงอาจต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามกาลเทศะในมุมมองของนักดนตรีและมุมมองของผู้ฟังดนตรี

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการบรรเลงและกระบวนการสอนระนาดทุ้มตามแนวทางของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอ้ม โดยผู้วิจัยได้แบ่งองค์ความรู้ตามวัตถุประสงค์ทั้งหมด 2 ข้อ ดังนี้ วัตถุประสงค์ข้อที่ 1) เพื่อศึกษาวิธีการบรรเลงระนาดทุ้มของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอ้ม มีทั้งหมด 4 ประเด็น คือ 1) บทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้ม 2) ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม 3) คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดทุ้ม 4) หลักการแปรทำนองทางระนาดทุ้ม ประเด็นที่ 1 บทบาทหน้าที่ของระนาดทุ้ม เป็นเครื่องดนตรีประเภทตีส่วนใหญ่เล่นในวงปี่พาทย์ประกอบไปด้วย ระนาดเอก ระนาดทุ้ม ห้องวงเล็ก ห้องวงใหญ่ ปี่นอก และปี่ใน ซึ่งเสียงเครื่องดนตรีในวงปี่พาทย์ที่ไม่ใช่ระนาดทุ้ม มักจะมีเสียงแหลมสูง ระนาดทุ้มจึงทำหน้าที่บรรเลงเพื่อให้เกิดเสียงทุ้มต่ำนุ่มนวลเกิดความกลมกลืนของเสียงมากขึ้นในวงปี่พาทย์ วิชาการเครื่องดนตรีระนาดทุ้มอาจกล่าวได้ว่าเกิดขึ้นในรัชสมัยที่ 3 นักดนตรีได้ทดลองประดิษฐ์เครื่องดนตรีระนาดทุ้มโดยเริ่มจากการใช้ไม้เนื้อแข็ง เมื่อนำมาเล่นกับวงปี่พาทย์ทำให้เสียงของเครื่องดนตรีในวงปี่พาทย์กลบเสียงเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม ต่อมาจึงมีการนำไม้ไผ่มาใช้ทำเป็นลูกระนาดทุ้มจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (นตพนันท์ เจริญ, 2552) ได้สัมภาษณ์ครูอุทัย แก้วละเอียด ศิลปินแห่งชาติ ความว่า “ระนาดทุ้มจะทำจากไม้ไผ่ หรือไม้เนื้อแข็ง พวงชิงชัน พยุง ก็ได้ แต่ค่านิยมไม้ไผ่บ่งกันมากกว่า เพราะว่ามีเสียงที่โปร่ง นุ่ม และเวลาตีติดุด ไม้ไผ่จะทำได้ดีกว่าไม้เนื้อแข็งอื่น ๆ” (นตพนันท์ เจริญ, 2552, น.8-9) ประเด็นที่ 2 ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดทุ้ม เหมือนกับการเรียนดนตรีไทยเครื่องมืออื่น ก่อนที่ศิษย์จะมารับความรู้กับครู ศิษย์ต้องนำเครื่องเคารพที่ประกอบด้วย ดอกไม้ ธูป เทียน และเงินก่านล มาบูชาครูก่อนที่จะเรียนต่อเพลงเพื่อความเป็นสิริมงคล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเคารพระหว่างศิษย์กับครู ประเด็นที่ 3 คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดทุ้ม ไม่ควรใช้คำว่า “ระนาดทุ้มเป็นตัวตลกของวง” เนื่องจากทุกเครื่องมือที่บรรเลง เมื่อบรรเลงร่วมกันล้วนมีความสำคัญต่อวง หากขาดเครื่องดนตรีชนิดใดชนิดหนึ่งไป เสียงที่บรรเลงออกมาจะไม่กลมกลืนกัน ประเด็นที่ 4 หลักการแปรทำนองทางระนาดทุ้ม การแปรทำนองทางระนาดทุ้มขึ้นอยู่กับเพลงแต่ละประเภท ยกตัวอย่าง เช่น เพลงทยอย ระนาดทุ้มต้องหากลอนโน้ตที่มีทำนองลัว้งจังหวะ ลักจังหวะ และเหลื่อมจังหวะ ใส่เข้าไป



ในเพลงโดยให้โน้ตตัวสุดท้ายหรือเสียงสุดท้ายของแต่ละกลอนเป็นโน้ตเดียวกันกับโน้ตทางพื้น หากเป็นเพลงบังคับทางหรือเพลงหน้าพาทย์ วรรคท่อมไม่ควรที่จะตื้อนอกทางพื้นมากจนดูไม่เหมาะสมต่อมุมมองของนักดนตรีและผู้ฟังดนตรี วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษากระบวนการสอนระนาดท่อมของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอัม มีทั้งหมด 2 ประเด็น คือ 1) หลักการฝึกบรรเลงระนาดท่อมเบื้องต้น 2) เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดท่อม ประเด็นที่ 1 หลักการฝึกบรรเลงระนาดท่อมเบื้องต้น ผู้เรียนควรฝึกจากหลักการง่าย ๆ คือท่าทางการบรรเลงเครื่องดนตรี หลังตรง สายตามองไปยังส่วนหัวของไม้ระนาดท่อมเพื่อสังเกตการตีของตนเองโดยที่ไม่เอียงคอ ไม่เอียงไหล่ ไม่บิดหรือยกข้อศอกและโค้งข้อมือ หลักการฝึกบรรเลงระนาดท่อมให้เกิด “เสียงดุด” ซึ่งเป็นเสียงทุ้มนุ่มนวลที่เป็นเอกลักษณ์ของเครื่องดนตรีระนาดท่อม ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนการตีโดยไม่เกร็งแขนจนดูไม่เป็นธรรมชาติ ประเด็นที่ 2 เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดท่อม โดยเริ่มจากเพลงทางพื้น (ทำนองหลัก) เพลงที่ไม่มีลูกล่อลูกขัด โดยฝึกเรื่องอัตราจังหวะดนตรีง่าย ๆ อย่างเช่น เพลงจิ้งจกเดี่ยว เพลงจิ้งจกนอก เพลงสาธุการ เป็นต้น เป็นต้น ผู้สอนควรเป็นผู้ที่มีองค์ความรู้อย่างชัดเจน และดูพื้นฐานของผู้เรียนเป็นหลัก หากผู้เรียนไม่เคยฝึกดนตรีมาก่อน ควรเริ่มจากการฝึกบริบททางกายภาพ เช่น ทำนั่งบรรเลง การจับไม้ การวางมือ เป็นต้น ทั้งนี้ผู้เรียนควรหมั่นฝึกฝนเป็นประจำ การมีทักษะปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ความมีวินัย เป็นรากฐานสำคัญที่สุดของผู้เรียนด้านดนตรี ซึ่งสอดคล้องกับณรุทธ์ สุทธจิตต์ ได้กล่าวไว้ว่า “พฤติกรรมที่ส่งเสริมให้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือการเอาใจใส่ การจดบันทึกและการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ” (ณรุทธ์ สุทธจิตต์, 2561, น.118) ผู้สอนดนตรีไทยหรือครูดนตรีไทย จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และทักษะอย่างเชี่ยวชาญในเครื่องดนตรีนั้น ๆ รวมถึงมีหลักการ วิธีการถ่ายทอดเป็นขั้นตอนอย่างมีระบบ มีคุณธรรมและจรรยาบรรณของความเป็นครู โดยคำนึงถึงการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนเป็นหลัก ได้ลงมือปฏิบัติจริง สามารถฝึกฝนหมั่นฝึกซ้อมจนเกิดความชำนาญ (ณรุทธ์ สุทธจิตต์, 2561, น.121) ดังนั้นการมีองค์ความรู้อย่างชัดเจนกลุ่มเล็ก สามารถวางรากฐานที่ถูกต้องให้ผู้เรียนตั้งแต่พื้นฐานถ่ายทอดการสอนทั้งในเรื่องทฤษฎีและการปฏิบัติควบคู่กันไปได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการศึกษา

จากงานวิจัยเรื่องกลวิธีการบรรเลงและกระบวนการสอนระนาดท่อมตามแนวทางของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอัม ผู้วิจัยได้สรุปผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้ 1) เพื่อศึกษากลวิธีการบรรเลงระนาดท่อมของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอัม 4 ประเด็นคือ 1) บทบาทหน้าที่ของระนาดท่อม พบเห็นได้ทั่วไปในวงปี่พาทย์ เนื่องจากเครื่องดนตรีส่วนใหญ่ในวงปี่พาทย์มีลักษณะเสียงแหลมสูง ระนาดท่อมจึงทำหน้าที่บรรเลงเพื่อให้เกิดเสียงทุ้มต่ำนุ่มนวล เกิดความกลมกลืนของเสียงมากขึ้น 2) ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนเครื่องดนตรีระนาดท่อม ก่อนการเรียนศิษย์ต้องนำเครื่องเคารพมาบูชาครูความเพื่อเป็นสิริมงคล เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเคารพระหว่างศิษย์กับครู 3) คำนิยามที่ควรใช้เรียกนักดนตรีระนาดท่อม ควรเรียกว่าเป็นตัวเดิมสั่นของวงเนื่องจากทุกเครื่องมือที่บรรเลงล้วนมีความสำคัญ หากขาดเครื่องดนตรีชนิดใดไป เสียงที่บรรเลงออกมาจะไม่กลมกลืนกัน 4) หลักการแปรทำนองทางระนาดท่อมขึ้นนั้นอยู่กับเพลงแต่ละประเภท ผู้บรรเลงต้องหากลอนโน้ตที่มีทำนองลัว้งจังหวะ ลักจังหวะ และเหลื่อมจังหวะ ใส่เข้าไปในเพลงโดยให้โน้ตตัวสุดท้ายหรือเสียงสุดท้ายของแต่ละกลอนเป็นโน้ตเดียวกันกับโน้ตทางพื้น หากเป็นเพลงบังคับทางหรือเพลงหน้าพาทย์ วรรคท่อมควรระวังในการบรรเลงออกนอกทางพื้นมากจนดูไม่เหมาะสม 2) เพื่อศึกษากลวิธีการถ่ายทอดและกระบวนการสอนระนาดท่อมของรองศาสตราจารย์ ดร.เดชน์ คงอัม พบว่ามีองค์ความรู้ทั้งหมด 2 ประเด็น คือ 1) หลักการฝึกบรรเลงระนาดท่อมเบื้องต้น เริ่มจากท่าทางการบรรเลงเครื่องดนตรี หลักและ



วิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง จะนำไปสู่การบรรเลงระนาดทุ้มให้มีลักษณะ “เสียงตูด” ซึ่งเป็นหลักพื้นฐานสำคัญของการบรรเลงเครื่องดนตรีชนิดนี้ 2) เพลงพื้นฐานที่ใช้ในการฝึกระนาดทุ้ม ควรใช้เพลงที่ไม่มีลูกล่อลูกขัด และมีอัตราจังหวะที่ง่าย อย่างเช่น เพลงนั่งชันเตี้ย เพลงนั่งนอก เพลงสาธุการ เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้สามารถเป็นแนวทางให้กับวงการวิชาชีพดนตรีเพื่อพัฒนาทักษะและวิธีการบรรเลงระนาดทุ้มให้เหมาะสมกับบริบทของงานในมุมมองของนักดนตรีและผู้ฟังดนตรี

เอกสารอ้างอิง

- กิตติ อุตถาผล. (2563). ชุดฝึกระนาดทุ้มสำหรับพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน (รายงานผลการวิจัย). สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์. <https://www.bpi.ac.th/upload/media/2022/05/1820628c4a7b0e141.pdf>
- เฉลิมศักดิ์ พิภูลศรี. (2542). สังคตินิยมว่าด้วยดนตรีไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2), (น.7-8). โอเดียนสโตร์.
- ชาคริต เฉลิมสุข. (2563). เอกสารประกอบการสอน รายวิชาทฤษฎีดนตรีไทย เรื่องหลักของทฤษฎีดนตรีไทย. [เอกสารไม่ตีพิมพ์]. คณะศิลปกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ชำนาญ สวยคำขาว, นพคุณ สุดประเสริฐ, และบำรุง พาทยกุล. (2562). ความสำคัญและอัตลักษณ์ทางเดี่ยวระนาดทุ้ม เพลงทยอยเดี่ยวทางครูพินิจ ฉายสุวรรณ (ศิลปินแห่งชาติ), วารสารวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต, 15(1), 193-208.
- ณรุทธ์ สุทธจิตต์. (2561). การสอนการขับร้องเพลงไทยสำหรับผู้เรียนที่ไม่ใช้วิชาเอกขับร้องไทย โดย สุรางค์ ดุริยพันธุ์ ศิลปินแห่งชาติ. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 46(4), 118-135.
- นตทนนท์ เจริญ. (2552). วิเคราะห์เดี่ยวระนาดทุ้มกราวใน: กรณีศึกษา ครูอุทัย แก้วละเอียด. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศิลปากร. [เอกสารไม่ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รังสิพันธุ์ แข็งขัน. (2552). ลบเส้นพรมแดนแห่งศิลปะ, (พิมพ์ครั้งที่ 1), (น.242-243). อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- รุ่งอรุณ กุลธำรง. (2558). งานช่างฝีมือกับเครื่องดนตรีไทยในสังคมไทยสมัยกรุงรัตนโกสินทร์. วารสารไทยศึกษา, 11(1), 165-214.
- วรรณวลี คำพันธ์ และเพชร สุวรรณภานัน. (2562). “ทางทุ้ม” ความหมายและแบบแผนการบรรเลง. ใน จันทิมา อังคพนิชกิจ (บ.ก.), การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ สรรพศาสตร์ สรรพศิลป์, (น.426-440.). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์.
- วรรณวลี คำพันธ์. (2563). การฝึกหัดระนาดทุ้มตามแนวทางของครูอุทัย แก้วละเอียด. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 7(2), 1-18.
- สาทร กันภัย. (2551). การแปรทำนองระนาดทุ้มเพลงเชิดจีน: ทางครูบุญยัง เกตุคง. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52925>
- สุรพล สุวรรณ. (2558). มรดกความงามดนตรีไทยในวัฒนธรรมไทย. สารอาศรมวัฒนธรรมวลัยลักษณ์, 15(1), 170-182.



การบูรณาการงานสอนกับงานวิจัย เพื่อพัฒนารายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน สำหรับวิศวกรรมโยธาอย่างยั่งยืน

สลักรณณ์ เหลืองวิชชเจริญ^{1*}, ภักพงษ์ หอมเนียม¹ และ พงษ์ธร จุฬพันธ์ทอง¹

Integrating Teaching Practice and Educational Research

for Sustainable Development of the Course: Essential Mathematics for Civil Engineering

Sasikorn Leungvichcharoen¹, Phakphong Homniam¹ and Phongthorn Julphunthong¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: sasikorn@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชา 304100 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกรรมโยธา โดยใช้แนวคิดการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (R2R) ผ่านกิจกรรมออนไลน์ เช่น การบ้านแบบสุ่มโจทย์ การสอบย่อย รายงานกลุ่ม วิดีโอเฉลย และการประเมินตนเองตาม CLO โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่านิสิตที่ทำกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอ มีแนวโน้มได้คะแนนรวมสูงขึ้น และหลังจากผ่านการเรียนรายวิชานิสิตทั้งห้องมีคะแนนประเมินตนเองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทุกด้าน ข้อมูลจากแบบสอบถามยังสะท้อนความพึงพอใจและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ แนวทางนี้จึงสามารถนำไปปรับใช้ในรายวิชาอื่นได้

คำสำคัญ: คณิตศาสตร์วิศวกรรมโยธา การเรียนรู้ด้วยตนเอง แบบประเมินตนเอง Moodle งานประจำสู่งานวิจัย

Abstract

This study aimed to develop an instructional strategy for the course 304100: Essential Mathematics for Civil Engineering by applying the Routine to Research (R2R) approach. The design incorporated online learning activities such as randomized homework, quizzes, group reports, time-limited solution videos, and self-assessment based on course learning outcomes (CLOs), using a mixed-methods research design. The findings revealed that students who consistently participated in these activities tended to achieve higher overall scores. After completing the course, students showed increased average self-assessment scores across all CLOs. Additional feedback from questionnaires indicated overall satisfaction and constructive suggestions. The developed strategy shows potential for adaptation in other courses.

Keywords: Civil engineering mathematics, Self-regulated learning, Self-assessment, Moodle, Routine to research

บทนำ

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้เปิดการเรียนการสอนมาตั้งแต่ พ.ศ. 2537 และมีการปรับปรุงหลักสูตรอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์และความต้องการของตลาดแรงงาน จนกระทั่งในการปรับปรุงหลักสูตร พ.ศ. 2560 (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560) ได้มีการบรรจุรายวิชา 304100 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกรรมโยธา (Essential Mathematics for Civil Engineering) เป็นรายวิชาพื้นฐานสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 1 ปัจจุบัน รายวิชานี้ยังคงอยู่ในหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565 โดยรับผิดชอบผลการเรียนรู้ระดับหลักสูตร (Program Learning Outcomes: PLOs) จำนวน 2 ด้าน ได้แก่



ความรับผิดชอบหลัก PLO1 “สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ พื้นฐานทางวิศวกรรม และความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม เพื่อการแก้ไขและหาคำตอบของปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน” และ ความรับผิดชอบรอง PLO9 “ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีวินัย ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่นและทุ่มเท ทั้งในการทำงานเดี่ยว การทำงานเป็นทีม รวมถึงการเป็นผู้นำในทีมที่มีความหลากหลายทั้งด้านสาขาอาชีพและวัฒนธรรม”

เพื่อสนับสนุนผลการเรียนรู้ระดับหลักสูตร และสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา คณาจารย์ผู้สอนจึงได้กำหนดผลการเรียนรู้รายวิชา (Course Learning Outcomes: CLOs) จำนวน 6 ข้อ (แสดงในตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์การสอนที่ผ่านมา พบว่า ความท้าทายสำคัญคือการจูงใจให้นิสิตเข้าใจเนื้อหาและสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้จริงในงานวิศวกรรม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชา โดยใช้แนวคิด “การพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย” (Routine to Research: R2R) ซึ่งเป็นแนวทางที่ส่งเสริมการปรับปรุงการเรียนการสอนจากการดำเนินกิจกรรมจริงในรายวิชา เช่น การใช้แบบฝึกหัดส้อมโจทย (สลิกรณณ์ เหลืองวิซเซอร์ และ กำพล ทรัพย์สมบูรณ์, 2553) การใช้วิดีโอเฉลยแบบจำกัดเวลา และการประเมินตนเองตาม CLO โดยมีสมมติฐานสำคัญว่า หากออกแบบและดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานของ R2R ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสนับสนุนที่เหมาะสม จะสามารถเพิ่มแรงจูงใจ และช่วยให้นิสิตมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น อีกทั้งยังพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Regulated Learning) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นในยุคดิจิทัล

ตารางที่ 1 ผลการเรียนรู้รายวิชาและความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ระดับหลักสูตร (สลิกรณณ์ และคณะ, 2566)

ข้อที่	รายละเอียดผลการเรียนรู้รายวิชา	PLO
CLO1	สามารถอ่านและทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เพื่อใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาได้	PLO1
CLO2	สามารถใช้เครื่องคิดเลขวิศวกรรมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ	PLO1
CLO3	สามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (ในหัวข้อต่าง ๆ) กับงานด้านวิศวกรรมโยธาได้	PLO1
CLO4	สามารถเขียนรายการคำนวณ ใช้หลักการแปลงหน่วย การตัดเศษและการประมาณ ที่เหมาะสมกับงานวิศวกรรมโยธา	PLO1
CLO5	สามารถตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของผลการคำนวณ ของตนเองและผู้อื่นได้	PLO1
CLO6	มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานเดี่ยว และงานกลุ่ม	PLO9

หมายเหตุ: PLO ข้ออื่น สามารถดูได้จาก เอกสาร มคอ.2 มหาวิทยาลัยนเรศวร หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565

วัตถุประสงค์และวิธีการ

1. รายวิชาและกลุ่มตัวอย่าง

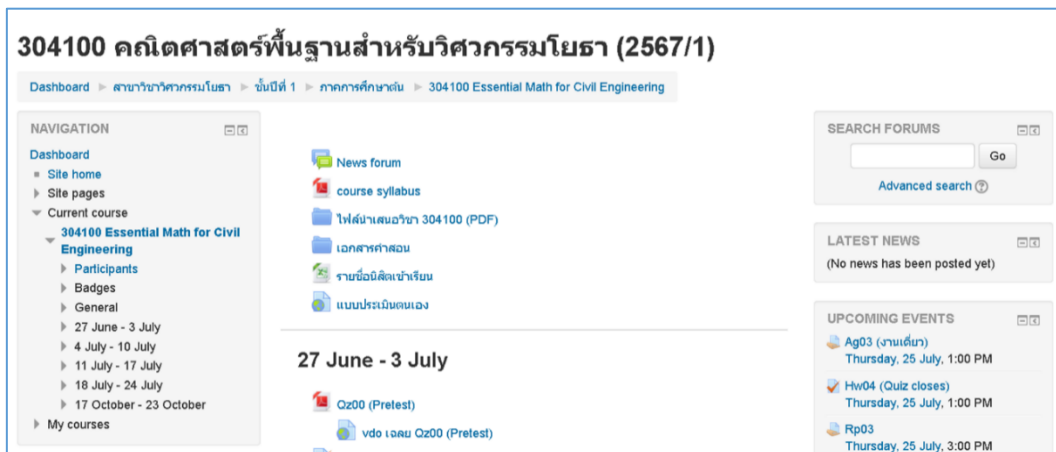
รายวิชา 304100 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกรรมโยธา ครอบคลุมคณิตศาสตร์พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับวิศวกรโยธา เช่น การแปลงหน่วย การตัดเศษ และการใช้เครื่องคิดเลข ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญในด้านการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Breach, 2011) โดยมีเนื้อหารายวิชา (Course Description) ดังนี้ “คณิตศาสตร์พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับวิศวกรโยธา การใช้เครื่องคิดเลขวิศวกรรม วิธีการแปลงหน่วย วิธีการตัดเศษและการประมาณ แนะนำวิธีตรวจสอบและยืนยันผลการคำนวณ” (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565)

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนิสิตสาขาวิศวกรรมโยธา ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยพิจารณาเฉพาะผู้ที่เรียนต่อเนื่องและเข้าสอบปลายภาค จำนวนทั้งสิ้น 76 คน



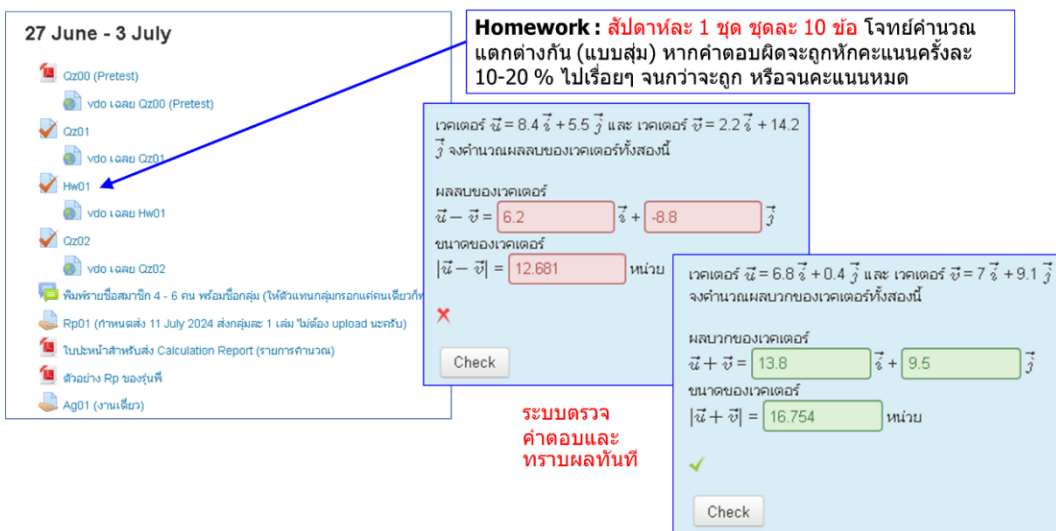
2. แนวทางการจัดการเรียนการสอน

การเรียนการสอนในรายวิชา 304100 ดำเนินการในรูปแบบผสมผสาน (Blended Learning) โดยบูรณาการทั้ง การเรียนในชั้นเรียนและระบบออนไลน์ผ่าน Moodle ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา (ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี และคณะ, 2555) (รูปที่ 1) ภายใต้แนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบ R2R (Routine to Research) และแนวคิดการเรียนรู้ด้วย ตนเอง (Self-Regulated Learning: SRL) เพื่อส่งเสริมให้นิสิตคิดวิเคราะห์และเรียนรู้อย่างต่อเนื่องผ่านกิจกรรม รายบุคคลและกลุ่ม รวมถึงการประเมินผลหลากหลายรูปแบบ ดังนี้



รูปที่ 1 หน้าเว็บเพจ ระบบจัดการเรียนการสอนออนไลน์สำหรับรายวิชา 304100

2.1 การบ้าน (Homework): แบบฝึกหัดสัปดาห์ที่ 14 ชุด ชุดละ 10 ข้อ ให้นิสิตทำสัปดาห์ละ 1 ชุด โดย โจทย์จะเปลี่ยนไปทุกครั้งที่นิสิตแต่ละคนเริ่มเปิดทำแบบฝึกหัด ส่งผลให้นิสิตต้องคำนวณด้วยตนเอง (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ตัวอย่างการสุ่มตัวเลขในโจทย์การบ้านของนิสิตแต่ละคน (เมื่อส่งคำตอบ ระบบจะตรวจและแจ้งผลให้ทราบทันที)

2.2 การสอบย่อย (Quiz): แบบทดสอบ 28 ชุด ชุดละ 5 ข้อ ให้นิสิตทำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โจทย์จะถูกสร้างขึ้นโดยอิงจากเลขรหัสประจำตัวนิสิต 4 ตัวท้าย ทำให้ไม่สามารถลอกคำตอบกันได้ และฝึกฝนการคิดอย่างเป็นระบบ (รูปที่ 3)



27 June - 3 July

- Qz00 (Pretest)
- vdo เฉลย Qz00 (Pretest)
- Qz01
- vdo เฉลย Qz01
- Hw01
- vdo เฉลย Hw01
- Qz02
- vdo เฉลย Qz02
- พิมพ์รายชื่อสมาชิก 4 - 6 คน พร้อมชื่อกลุ่ม (ให้ตัวแทนกลุ่มกรอกแค่คนเดียวก็พอ)
- Rp01 (กำหนดส่ง 11 July 2024 ส่งกลุ่มละ 1 เล่ม ไม่ต้อง upload นะครับ)
- ใบปะหน้าสำหรับส่ง Calculation Report (รายการคำนวณ)
- ตัวอย่าง Rp ของรุ่นพี่
- Ag01 (งานเดี่ยว)

Quiz: สัปดาห์ละ 2 ชุด ชุดละ 5 ข้อ

โจทย์การคำนวณสร้างจากรหัสลับ 4 ตัวท้าย
ทำในระบบจนได้คำตอบแล้วส่ง หากคำตอบผิดจะถูกหักคะแนน
ครั้งละ 10-20 % ของข้อนั้นไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถูกหรือจนกว่า
คะแนนจะหมด

**ระบบตรวจคำตอบ
และทราบผลทันที**

Yours student ID number is 67362102
The perimeter of the shape is 9.661 ft
(round your answer to at least three decimal places)✓

Yours student ID number is 67362
The shaded area of the shape is 3.459 ft²
(round your answer to at least three decimal places)✗

Check

Find the perimeter and the shaded area of the shape in the figure shown below if
 $a = 3 + z_1$ in., $b = 3 + z_2$ in., $c = 12 + z_3$ in. and $d = 4 + z_4 + z_1$ in.

ตัวอย่างการสร้างโจทย์จากรหัสประจำตัวนิสิต

รหัสประจำตัว 67362102 จะมีเลข 4 ตัวท้ายคือ **2102** จะได้ว่า $z_1 = 2$, $z_2 = 1$, $z_3 = 0$ และ $z_4 = 2$
แล้วให้นิสิตนำ $z_1 - z_4$ ไปแทนค่าในตัวแปรอื่นๆ เพื่อใช้ในโจทย์ เช่น $a = 3 + z_1 = 3 + 2 = 5$ in. เป็นต้น

รูปที่ 3 ตัวอย่างโจทย์ข้อสอบย่อยที่สร้างจากรหัสประจำตัวนิสิต 4 ตัวท้าย พร้อมคำอธิบายวิธีการสร้างโจทย์

2.3 แบบฝึกหัดมอบหมายรายบุคคล (Assignment): เป็นงานเดี่ยวที่ให้นิสิตจัดทำจากแบบฝึกหัดท้ายบท
และหัวข้อที่กำหนดเพิ่มเติม เพื่อฝึกฝนการคำนวณที่ครอบคลุมหลายแนวทาง (รูปที่ 4)

27 June - 3 July

- Qz00 (Pretest)
- vdo เฉลย Qz00 (Pretest)
- Qz01
- vdo เฉลย Qz01
- Hw01
- vdo เฉลย Hw01
- Qz02
- vdo เฉลย Qz02
- พิมพ์รายชื่อสมาชิก 4 - 6 คน พร้อมชื่อกลุ่ม (ให้ตัวแทนกลุ่มกรอกแค่คนเดียวก็พอ)
- Rp01 (กำหนดส่ง 11 July 2024 ส่งกลุ่มละ 1 เล่ม ไม่ต้อง upload นะครับ)
- ใบปะหน้าสำหรับส่ง Calculation Report (รายการคำนวณ)
- ตัวอย่าง Rp ของรุ่นพี่
- Ag01 (งานเดี่ยว)

**Assignment งานเดี่ยว ตามคำสั่ง เช่น
ทำ ผท. ท้ายบท เป็นต้น**

แบบฝึกหัด จงหาค่าหรือหาค่าประมาณ เพื่อคำนวณ

(1) เมื่ออยู่ในหน่วยเรเดียน และอยู่ระหว่าง $-\pi$ ถึง π เรเดียน

(ก) $\sin(\pi/6)$

(ข) $\cos(-4\pi/3)$

(ค) $\csc(\pi/4) + \tan(\pi/3)$

(ง) $\frac{\tan^{-1}(1)}{2\pi}$

(จ) $\frac{\arccos(1/2) + \arcsin(1/2)}{\pi}$

(ฉ) $\frac{\pi \cos^2(-\pi/3)}{\tan^{-1}(1)}$

(ช) $\frac{\pi \cos^2(-\pi/3)}{\sin^{-1}(0.5) + \cos^{-1}(0.5)}$

(ซ) $\frac{\pi \sin^2(-\pi/3)}{\sin^{-1}(0.5) - \cos^{-1}(0.5)}$

รูปที่ 4 ตัวอย่างแบบฝึกหัดมอบหมายรายบุคคลที่นิสิตทำเพิ่มเติมท้ายบท

2.4 รายงานกลุ่ม (Report): จำนวน 14 ชุด ส่งสัปดาห์ละ 1 ชุด ให้นิสิตเขียนรายการคำนวณจากการบ้าน
และการสอบย่อย พร้อมตรวจสอบกระบวนการและความถูกต้องเพื่อส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้รายวิชา CLO4 ถึง
CLO6 (รูปที่ 5)



27 June - 3 July

- Qz00 (Pretest)
- vdo เลส QZ00 (Pretest)
- Qz01
- vdo เลส QZ01
- Hw01
- vdo เลส Hw01
- Qz02
- vdo เลส QZ02
- พิมพ์งานข้อสอบอีก 4 - 6 คน พร้อมเฉลยกลุ่ม (สำหรับแจกกลุ่มแรกในเช้าวันพุธ)
- Rp01 (กำหนดส่ง 11 July 2024 ส่งกลุ่มละ 1 เล่ม ไม่ต้อง upload นเรศวร)
- ใบปณิธานสำหรับส่ง Calculation Report (รายการคำนวณ)
- ตัวอย่าง Rp ของรุ่นพี่
- Ag01 (งานเดี่ยว)

Report กลุ่มละ 1 เล่ม นิสิตแบ่งกันเขียนรายการคำนวณ Hw+Qz ผลัดกันตรวจก่อน รวบรวมเป็นเล่มส่งให้ผู้สอน

ผู้สอนตรวจคืนเล่มรายการคำนวณภายในสัปดาห์ถัดไป

รูปที่ 5 ตัวอย่างรายงานกลุ่มที่สรุปผลการบ้านและข้อสอบย่อย

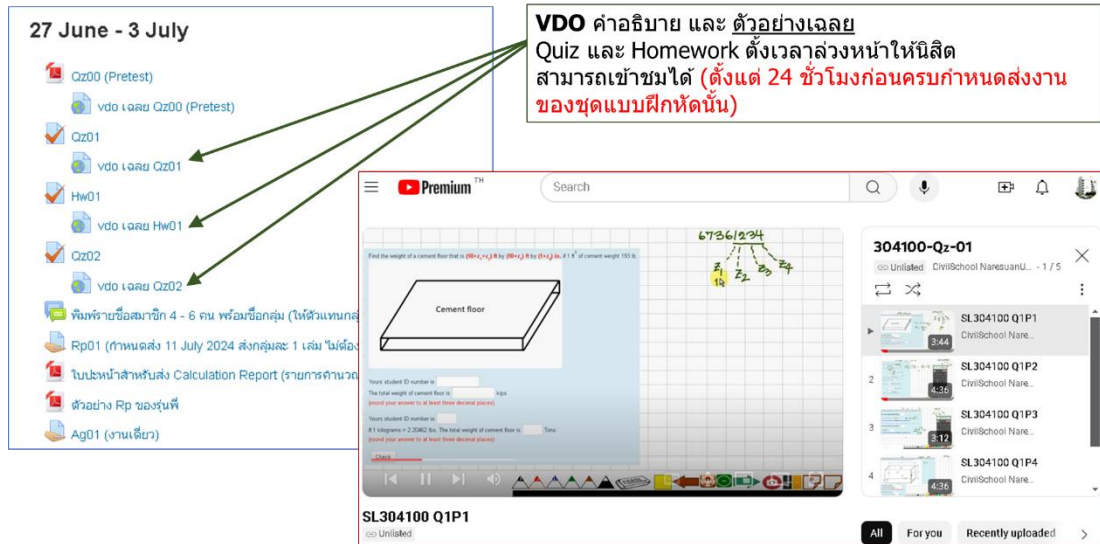
2.5 การสอบกลางภาคและสอบปลายภาค: ข้อสอบรายบุคคลที่สร้างจากเลรทส์นินิต 4 ตัวท้าย พร้อมอนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขวิศวกรรม โดยห้ามใช้อุปกรณ์สื่อสาร (รูปที่ 6)

รูปที่ 6 ตัวอย่างข้อสอบกลางภาค/ปลายภาคที่มีการปรับโจทย์เฉพาะรายบุคคล ตามรหัสประจำตัวนิสิต

3. การพัฒนาเครื่องมือเสริมเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง

เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้นอกเวลาเรียน ผู้สอนได้พัฒนาเครื่องมือเสริม 2 ประเภท เพื่อส่งเสริมการทบทวนเนื้อหา การคิดวิเคราะห์ และการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิด Lifelong Learning และ Self-Regulated Learning โดยเครื่องมือเหล่านี้ยังเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญในการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้และพัฒนากระบวนการเรียนการสอนในแนวทาง R2R

3.1 วิดีโอเฉลยแบบจำกัดเวลา (Time-Limited Solution Videos): วิดีโอเฉลยโจทย์และแนวคิดการคำนวณ ซึ่งอัปโหลดในช่อง YouTube ของรายวิชา เปิดให้เข้าชมในช่วงเวลาจำกัด เช่น 24 ชั่วโมงสุดท้ายก่อนหมดเขตส่งงาน เพื่อกระตุ้นนิสิตให้บริหารเวลาในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีวินัย (รูปที่ 7)

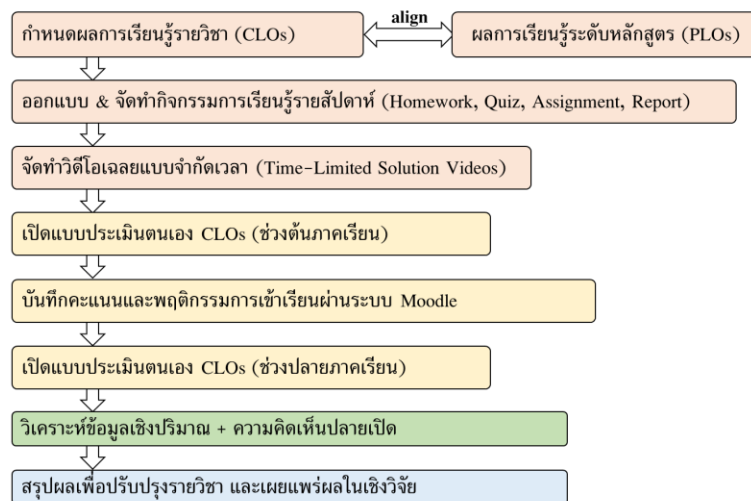


รูปที่ 7 ตัวอย่างช่อง Youtube ของรายวิชา และตัวอย่าง VDO เฉลยการบ้านและการสอบย่อย

3.2 แบบประเมินตนเองตามผลการเรียนรู้รายวิชา (Course Learning Outcomes: CLOs): แบบประเมินตนเองเปิดให้ทำช่วงต้นและปลายภาค ช่วยให้ นิสิตสะท้อนระดับความเข้าใจต่อผลการเรียนรู้รายวิชา และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้สอนเพื่อใช้ปรับปรุงการสอนในอนาคต

4. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวางแผนการเรียนรู้รายสัปดาห์ การประเมินผลด้วยเครื่องมือหลากหลาย การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากระบบ Moodle และการสะท้อนผลด้วยแบบประเมินตนเอง ก่อนและหลังเรียน (ดูขั้นตอนโดยสังเขปในรูปที่ 8)



รูปที่ 8 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของนิสิตตามแนวทาง R2R

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) ข้อมูลการใช้งานระบบ Moodle: ครอบคลุมการเข้าสู่ระบบ การส่งแบบฝึกหัด การทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมต่าง ๆ โดยพิจารณาเฉพาะนิสิตที่เรียนต่อเนื่องจนถึงสอบปลายภาค จำนวน 76 คน เพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของพฤติกรรมการณ์การเรียนรู้ (2) ข้อมูลจากแบบประเมินรายวิชา: ประกอบด้วยแบบประเมิน CLO ออนไลน์ (ผ่าน Google Form) และแบบประเมินผู้สอนที่นิสิตทำผ่านระบบ REG ของมหาวิทยาลัย ซึ่งนิสิตประเมินโดยไม่ทราบผลคะแนนล่วงหน้า



การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ทั้งเชิงปริมาณ เช่น สถิติเชิงพรรณนา และคะแนนมาตรฐาน (z-score) เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ และเชิงคุณภาพจากคำตอบปลายเปิด เพื่อสะท้อนมุมมองของนิสิตในการพัฒนานตนเองตามเป้าหมายของ CLO รายวิชา ซึ่งสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องผ่านระบบออนไลน์

ผลการศึกษา

1. พฤติกรรมการเรียนรู้ของนิสิต

จากข้อมูลสถิติการใช้งานระบบ Moodle ของรายวิชา สำหรับนิสิตที่มีพฤติกรรมการเข้าเรียนอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงส่งการบ้านและทำแบบทดสอบภายในเวลาที่กำหนด มีแนวโน้มที่จะได้คะแนนรวมสูงกว่ากลุ่มที่มีการเข้าใช้งานไม่ต่อเนื่อง และนิสิตที่เข้าใช้งานระบบน้อยกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งมีผลคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย จะถือว่าคะแนนที่ได้สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ ตารางที่ 2 แสดงค่าสถิติของจำนวนครั้งในการเข้าใช้งานระบบ เทียบกับคะแนนของนิสิต

ตารางที่ 2 ค่าสถิติของ จำนวนครั้งที่นิสิตเข้าใช้งานระบบ Moodle และคะแนน ของนิสิตจำนวน 76 คน

ค่าสถิติ	จำนวนครั้งที่เข้าใช้งานระบบ (ครั้ง)	คะแนนเก็บ* (เต็ม 30 คะแนน)	คะแนนสอบ** (เต็ม 70 คะแนน)	คะแนนรวม (เต็ม 100 คะแนน)
ค่าต่ำสุด	35	13.40	3.66	18.22
ค่าสูงสุด	198	29.56	53.57	78.13
ค่าเฉลี่ย	114.49	25.28	21.10	46.37
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	35.83	3.69	9.63	11.62

หมายเหตุ * คะแนนเก็บหมายถึง คะแนนรวมของ การบ้าน การสอบย่อย แบบฝึกหัดมอบหมายรายบุคคล และรายงานกลุ่ม

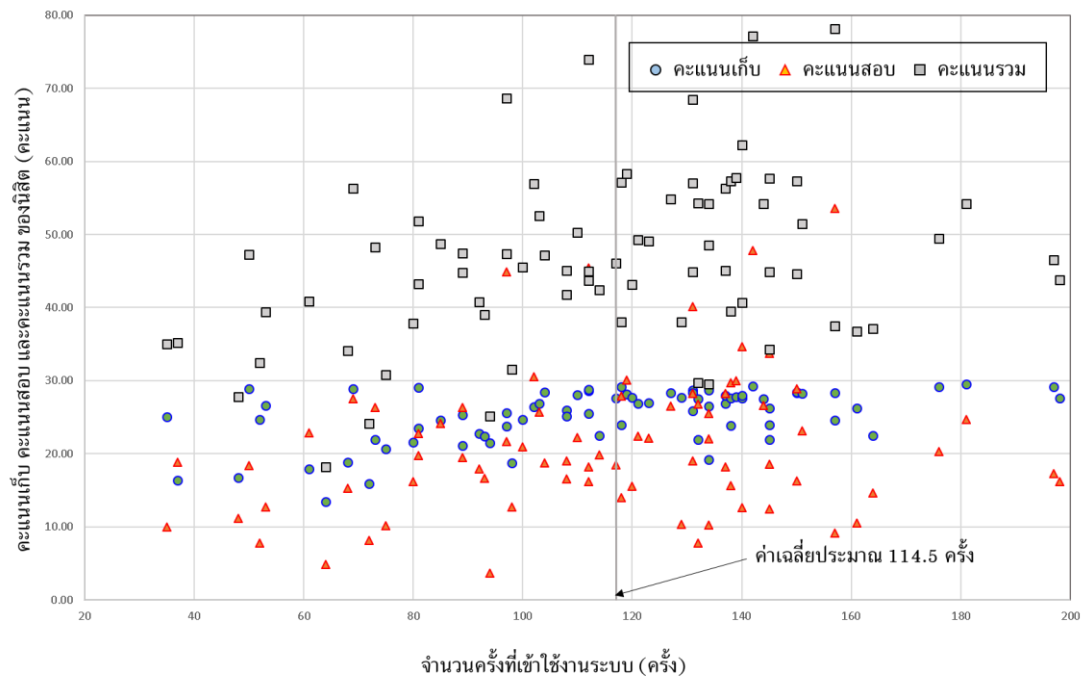
** คะแนนสอบหมายถึง คะแนนสอบกลางภาคและปลายภาค รวมกัน

รูปที่ 9(ก) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เข้าสู่ระบบกับคะแนนเก็บ คะแนนสอบและคะแนนรวมของนิสิตแต่ละคน ในขณะที่ รูปที่ 9(ข) แสดงข้อมูลชุดเดียวกันในรูปของคะแนนปกติ (z-score) ที่ได้จากคะแนนหรือจำนวนครั้งที่เข้าใช้งานจริงลบด้วยค่าเฉลี่ยแล้วหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อแสดงให้เห็นความสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกันระหว่างจำนวนครั้งที่นิสิตเข้าใช้งานระบบ และคะแนนที่นิสิตได้ ชัดเจนยิ่งขึ้น

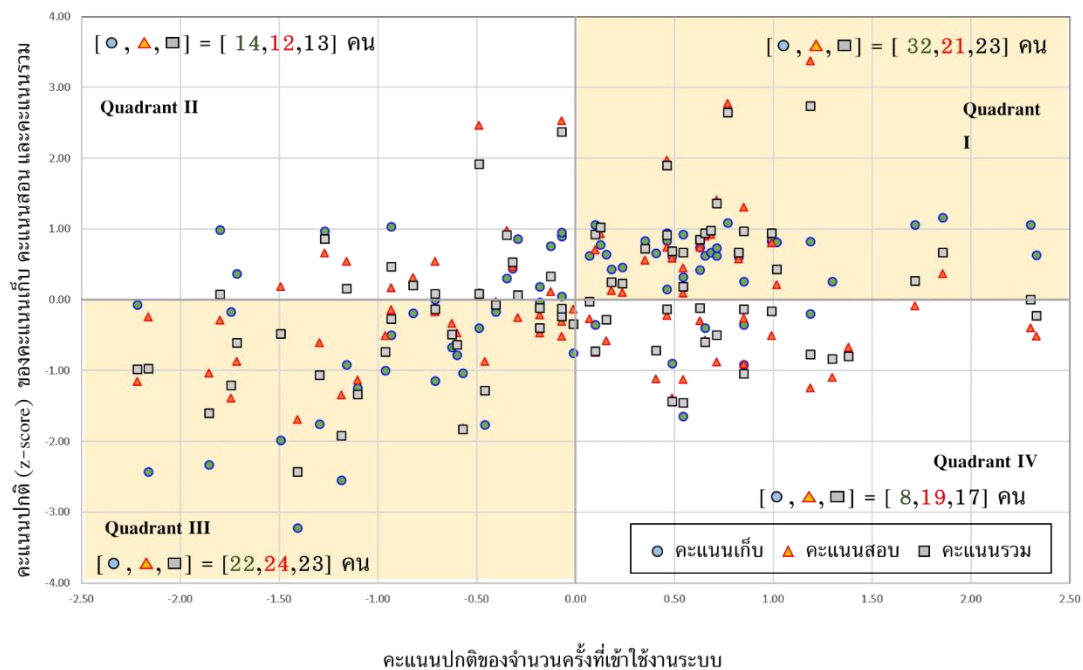
โดยการนับจำนวนนิสิตที่อยู่ในแต่ละควอดรนต์ (Quadrant) ดังนี้ ควอดรนต์ที่ 1: จำนวนครั้งที่นิสิตเข้าใช้งานสูงกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม และนิสิตได้คะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งห้องเรียน ซึ่งอธิบายว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างพฤติกรรมและคะแนนที่ได้ ควอดรนต์ที่ 2: จำนวนครั้งที่นิสิตเข้าใช้งานต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม แต่นิสิตได้คะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งห้องเรียน ซึ่งอธิบายว่า พฤติกรรมและคะแนนที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ควอดรนต์ที่ 3: จำนวนครั้งที่นิสิตเข้าใช้งานต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม และนิสิตได้คะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งห้องเรียน หมายความว่า พฤติกรรมและคะแนนที่ได้มีความสอดคล้องกัน และ ควอดรนต์ที่ 4: จำนวนครั้งที่นิสิตเข้าใช้งานสูงกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม แต่นิสิตได้คะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งห้องเรียน หมายความว่า พฤติกรรมและคะแนนที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ข้อมูลแถวที่ 1 และ 2 ของตารางที่ 3 แสดงจำนวนนิสิตที่มีพฤติกรรมสอดคล้องกับคะแนน (ได้จากจำนวนนิสิตรวมในควอดรนต์ที่ 1 และ 3) และจำนวนนิสิตที่มีพฤติกรรมไม่สอดคล้องกับคะแนน (ได้จากจำนวนนิสิตรวมในควอดรนต์ที่ 2 และ 4) ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าการแจกแจงนิสิตตามควอดรนต์สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง



พฤติกรรมการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ได้อย่างมีนัยยะ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลการชมวิดีโอ
เฉลยแบบจำกัดเวลากับคะแนนได้โดยตรง เนื่องจากข้อมูลการเข้าชมอยู่นอกระบบ Moodle



(ก) การเปรียบเทียบโดยใช้จำนวนครั้งที่เข้าใช้งานระบบ กับ คะแนนจริง



(ข) การเปรียบเทียบโดยใช้ คะแนนปกติ (z-score)

รูปที่ 9 การเปรียบเทียบ จำนวนครั้งของการเข้าใช้ระบบ Moodle กับคะแนนที่นิสิตทำได้



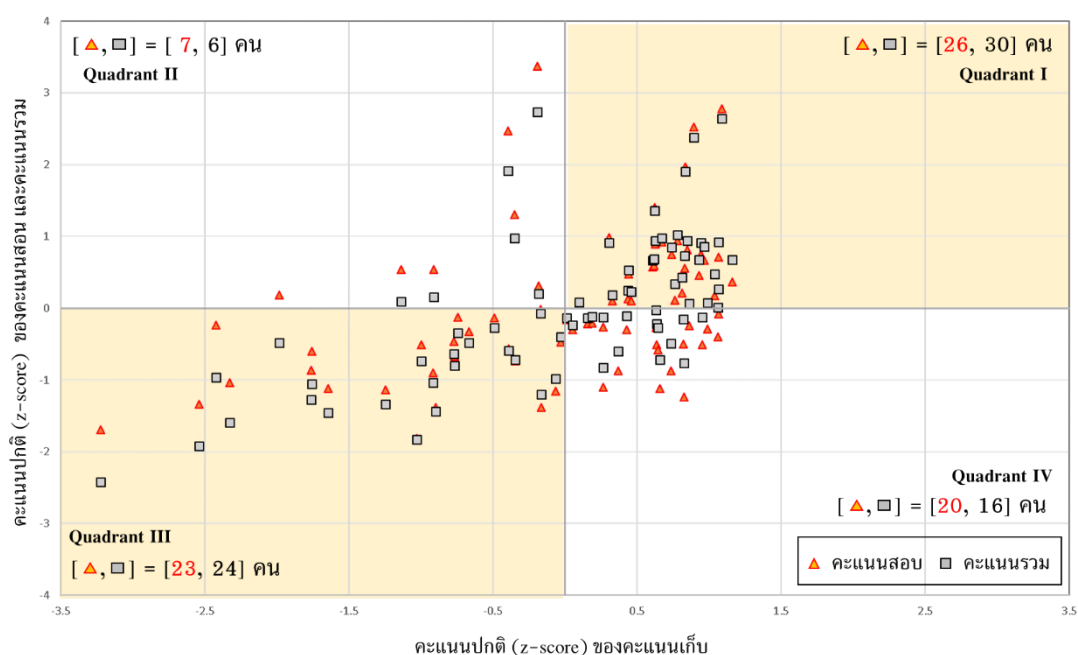
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบจำนวนนิสิต (คน) ที่มีความสอดคล้องกันของพฤติกรรมการเข้าใช้งานระบบและคะแนนต่างๆ

รายการเปรียบเทียบ	คะแนนเก็บ	คะแนนสอบ	คะแนนรวม
จำนวนนิสิต ที่มีพฤติกรรมการเข้าใช้งานระบบ สอดคล้อง กับ	54 (71.1%)	45 (59.2%)	46 (60.5%)
จำนวนนิสิต ที่มีพฤติกรรมการเข้าใช้งานระบบ ไม่สอดคล้อง กับ	22 (28.9%)	31 (40.8%)	30 (39.5%)
จำนวนนิสิต ที่มีคะแนนเก็บ สอดคล้อง กับ	--	49 (64.5%)	54 (71.1%)
จำนวนนิสิต ที่มีคะแนนเก็บ ไม่สอดคล้อง กับ	--	27 (35.5%)	22 (28.9%)

* ตัวเลขในวงเล็บหมายถึง ร้อยละเมื่อเทียบกับจำนวนนิสิตรวม 76 คน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ

การวิเคราะห์คะแนนเก็บ คะแนนสอบ และคะแนนรวม (รูปที่ 10, ตารางที่ 3) พบว่านิสิตที่ทำกิจกรรมสม่ำเสมอมีคะแนนสอบและคะแนนรวมสูงกว่ากลุ่มที่ละเลยกิจกรรมระหว่างภาคเรียน สะท้อนว่าแนวทางการจัดกิจกรรมต่อเนื่องมีส่วนช่วยเสริมความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบ คะแนนเก็บ กับคะแนนสอบและคะแนนรวมของนิสิต โดยใช้คะแนนปกติ (z-score)

3. ผลการประเมินตนเองใน CLO รายวิชา

ผลการประเมินตนเองของนิสิตต่อผลการเรียนรู้รายวิชา (CLO) ช่วงก่อนและหลังเรียน พบว่า ในแต่ละ CLO ค่าเฉลี่ยการประเมินหลังเรียนเพิ่มขึ้น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลง (ตารางที่ 4) แสดงว่านิสิตมีความเข้าใจและความมั่นใจในทักษะด้านคณิตศาสตร์วิศวกรรมเพิ่มขึ้นโดยรวม และมีความสม่ำเสมอมากขึ้นในระดับการรับรู้ตนเอง กล่าวคือ นิสิตส่วนใหญ่ประเมินตนเองใกล้เคียงกันมากขึ้น สะท้อนถึงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้



ตารางที่ 4 ค่าสถิติของ การประเมินตนเองของนิสิตในแต่ละ CLO ในช่วงเวลาก่อนและหลังเรียนรายวิชา 304100

ช่วงเวลาประเมิน	ค่าสถิติ	CLO1	CLO2	CLO3	CLO4	CLO5	CLO6
ก่อนเรียน	ค่าต่ำสุด	1	0	0	0	0	3
	ค่าสูงสุด	9	10	10	10	10	10
	ฐานนิยม	5	3	5	5	5	8
	ค่าเฉลี่ย	5.17	4.49	4.81	4.96	4.96	7.74
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.70	2.28	1.79	1.82	1.92	1.62
หลังเรียน	ค่าต่ำสุด	4	4	4	4	4	4
	ค่าสูงสุด	10	10	10	10	10	10
	ฐานนิยม	7	8	7	8	8	10
	ค่าเฉลี่ย	6.88	7.80	7.26	7.63	7.39	8.68
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.34	1.38	1.26	1.26	1.28	1.29

4. ความคิดเห็นและความพึงพอใจของนิสิต

คะแนนประเมินอาจารย์โดยนิสิตอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (เฉลี่ย 4.402) และจากคำถามปลายเปิดยังเสนอข้อคิดเห็นที่หลากหลาย ทั้งด้านเนื้อหาและวิธีการสอน (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ข้อมูลจากคำถามปลายเปิดควรถูกนำไปวิเคราะห์เชิงคุณภาพอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงในระดับรายวิชา และขยายแนวปฏิบัติสู่รายวิชาอื่นในหลักสูตรเดียวกัน เพื่อยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของทั้งหลักสูตรอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 5 ตัวอย่างข้อคิดเห็นของนิสิตในช่วงเวลาก่อนและหลังเรียนรายวิชา 304100

ก่อนเรียน: สิ่งนี้นิสิตคาดว่าจะได้รับจากการเรียนรายวิชานี้	หลังเรียน: สิ่งนี้นิสิตได้รับ/ข้อเสนอแนะต่อการเรียนการสอนรายวิชานี้
เก่งเลขขึ้นคะ แล้วนำไปใช้ได้	ได้กระบวนการคิดวิเคราะห์มากขึ้น
ใช้เครื่องคิดเลขเป็น ได้เจอแนวโจทย์ที่หลากหลาย สอนเข้าใจ	การคำนวณ การตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง การใช้สูตรและนำมาประยุกต์ใช้
อธิบายละเอียด	การจัดการปัญหา
เพื่อมีพื้นฐานที่ดีในการเรียนวิศวกรรมโยธา	การทำความเข้าใจโจทย์ที่เพิ่มมากขึ้น
ได้กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในงานวิศวกรรม	ทำให้ได้มีความเข้าใจในการคำนวณมากขึ้น
ได้ความรู้ที่หายไป	สามารถใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ไขโจทย์ปัญหาต่างๆ ได้ รวมถึงสามารถใช้เครื่องคิดเลขได้คล่องมากขึ้น
คิดว่าเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณได้มากขึ้น	สิ่งที่ได้รับ ได้ฝึกการทำความเข้าใจที่มากและหลากหลาย
เข้าใจการสื่อสารเป็นกลุ่ม	รู้สึกว่ายากไป
มีความเข้าใจและสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	ดีคะ แต่อยากให้สอนโจทย์สำคัญ เจอบ่อยๆ อธิบายในคาบเรียน มากกว่าการให้เปิดคลิปเฉลยในเว็บ
สามารถทำโจทย์ได้ เข้าใจได้มากขึ้น และได้เกรดที่ดีไม่ติดเอฟ	อยากให้มีการสอนแนวคิด วิธีคิดที่มากกว่านี้ เพราะแบบฝึกหัดหลายๆ ข้อจะต้องใช้แนวคิดที่ลึกมาก
ความรู้ทางด้านตัวเลข และสมการ	

หมายเหตุ เลือกเฉพาะความคิดเห็นที่ความหมายไม่ซ้ำซ้อนกัน



อภิปรายผลการศึกษา

การเข้าใช้งานระบบ Moodle อย่างสม่ำเสมอสะท้อนพฤติกรรมกำกับตนเองในการเรียน (Self-Monitoring) ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ในภาพรวม ผลการศึกษานี้พบว่านิสิตที่ทำการกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง เช่น การบ้าน สอบย่อย และแบบฝึกหัด มีแนวโน้มได้คะแนนสูงกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (สลิกรณณ์ เหลืองวิชเจริญ และ กำพล ทรัพย์สมบูรณ์, 2553; ศรีนทร์ทิพย์ แทนธานี และคณะ, 2555) ซึ่งพบว่าการเข้าใช้ระบบการบ้านออนไลน์อย่างต่อเนื่องจะช่วยส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่ดีขึ้น และสนับสนุนแนวคิด Self-Regulated Learning (Zimmerman, 2002) ว่าผู้เรียนที่สามารถควบคุมพฤติกรรมตนเองมีโอกาสประสบความสำเร็จทางการเรียนมากกว่า

แม้เครื่องมือบางอย่าง เช่น วิดีโอเฉลยแบบจำกัดเวลาและแบบประเมิน CLO จะยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับผลรายบุคคลได้โดยตรง แต่ก็มีบทบาทส่งเสริมการเรียนรู้แบบทบทวนและสร้างการตระหนักรู้ต่อเป้าหมายของรายวิชา ข้อเสนอแนะของนิสิต เช่น ความยากของโจทย์และวิธีการอธิบายในชั้นเรียน ชี้ให้เห็นจุดที่ควรพัฒนาให้สมดุลระหว่างความเข้มข้นทางวิชาการกับความเข้าใจง่าย จุดแข็งของแนวทางนี้คือ การสร้างระบบการเรียนรู้ที่มีการติดตามและประเมินผลได้จริง ขณะที่จุดอ่อนอยู่ที่การเชื่อมโยงข้อมูลการเรียนรู้บนระบบ เช่น การดูวิดีโอบนอุปกรณ์อื่น ๆ อย่างไรก็ตาม แนวทางนี้ยังมีโอกาสในการพัฒนา เช่น การเพิ่มกิจกรรมในชั้นเรียนควบคู่กับการเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยี และการนำข้อมูลมาวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องเพื่อขยายผลสู่รายวิชาอื่นในหลักสูตร

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนรายวิชา 304100 โดยใช้แนวทาง R2R และเครื่องมือที่ออกแบบอย่างเป็นระบบ สามารถส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของนิสิตได้อย่างเป็นรูปธรรม ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพสนับสนุนว่า นิสิตสามารถพัฒนาความเข้าใจ ความมั่นใจ และความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองได้ แนวทางนี้จึงมีศักยภาพในการขยายผลสู่รายวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรวิศวกรรมโยธา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณวิสุทธิ แก้วป๋องปก นักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้ดูแลระบบ Moodle ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ และขอขอบคุณนิสิตทุกท่านที่ให้ความร่วมมือทั้งด้านการเรียน การทำกิจกรรม และการตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนารายวิชาและงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Breach, M. (2011). *Essential maths for engineering and construction: How to avoid mistakes*. Spon Press.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2560). *หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. https://www.eng.nu.ac.th/engineer/docs/course/Y60/u/ce_u_60.pdf
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2565). *หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)*. https://www.eng.nu.ac.th/engineer/docs/course/Y65/barch/ce_u_65.pdf



สลิกรณณ์ เหลืองวิชเจริญ และกำพล ทรัพย์สมบูรณ์. (2553). ระบบการส่งการบ้านและฝึกทำข้อสอบแบบออนไลน์ สำหรับนิสิตในสาขาวิศวกรรมโยธา. ใน *เอกสารประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 6* (29–31 กรกฎาคม). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี, กำพล ทรัพย์สมบูรณ์, สลิกรณณ์ เหลืองวิชเจริญ, และ ภัคพงศ์ หอมเนียม. (2555). แนวทางการใช้งานระบบส่งการบ้านออนไลน์สำหรับนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 10 (INCEE10)* (หน้า 347–352).

สลิกรณณ์ เหลืองวิชเจริญ, ภัคพงศ์ หอมเนียม, และ พงษ์ธร จุฬพันธ์ทอง. (2566). *เอกสารคำสอนรายวิชา 304101. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.*



การประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์เพื่อยกระดับความปลอดภัยของ ห้องปฏิบัติการภายใต้กรอบการประเมินในรูปแบบ Peer Evaluation

พรสวรรค์ กลมกลิ้ง¹, นิชากร คอนดี¹ และ กฤษฎา ภาณุมนต์วาที^{1,*}

Application of Strategic Analysis Tools to Enhance Laboratory Safety under a Peer Evaluation Framework

Phonsawan Klomkling¹, Nichakorn Khondee¹ and Gitsada Panumonwatee^{1,*}

¹คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment Naresuan University phitsanulok Province 65000

*Corresponding author. E-mail: gitsadap@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือประเมินความปลอดภัยตามมาตรฐาน ESPReL Checklist เพื่อการวางแผนเชิงกลยุทธ์ในการยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการเพื่อมุ่งสู่การรับรอง Peer Evaluation โดยวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจประเมินปี 2564-2567 ผ่าน SWOT Analysis, Gap Analysis และ TOWS Matrix ผลการศึกษาพบว่าห้องปฏิบัติการได้คะแนนการตรวจประเมินร้อยละ 89.54 แต่มี 5 องค์ประกอบที่ต้องพัฒนาคือองค์ประกอบที่ 2 3 4 5 และ 7 การวิเคราะห์ SWOT แสดงจุดแข็งคือผู้บริหารให้ความสำคัญกับความปลอดภัย บุคลากรได้รับการอบรมอย่างสม่ำเสมอ และมีการจัดการฐานข้อมูลออนไลน์ ส่วนจุดอ่อนคือลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการและอาคารที่ตั้งซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีช่องว่างศักยภาพมากที่สุด กลยุทธ์สำคัญที่นำมาใช้ คือ กลยุทธ์เชิงรับ เช่น การติดตั้งระบบตรวจสอบที่ครอบคลุม การเพิ่มความถี่ในการจัดเก็บของเสียและสารเคมี การวิเคราะห์นำไปสู่การจัดทำร่างแผนยกระดับความปลอดภัย 2 ประเด็น ได้แก่ แผนการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีและของเสียอันตราย เพื่อยกระดับองค์ประกอบที่ 2 และ 3 ให้ได้คะแนนเต็ม 100 และแผนการพัฒนาระบบการป้องกันและตอบโต้ภัยอันตราย เพื่อยกระดับองค์ประกอบที่ 4 5 และ 7 ให้ผ่านเกณฑ์การรับรอง Peer Evaluation การประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ทำให้ห้องปฏิบัติการทราบศักยภาพปัจจุบันและได้แนวทางพัฒนาที่สอดคล้องกับข้อจำกัด เพื่อเข้าสู่การประเมิน Peer Evaluation ในอนาคต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพ การวิเคราะห์ SWOT ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เมทริกซ์ TOWS. ESPReL Checklist

Abstract

This research focuses on the application of the ESPReL Checklist safety assessment tool for strategic planning to enhance laboratory safety standards toward Peer Evaluation certification. The study analyzed safety assessment data from 2021-2024 using SWOT Analysis, Gap Analysis, and TOWS Matrix to develop pathways toward higher laboratory safety standards. Results indicated that the laboratory currently achieves an assessment score of 89.54%; however, five components require development to meet Peer Evaluation standards: components 2, 3, 4, 5, and 7. SWOT analysis revealed several strengths, including strong administrative support for safety initiatives, regular safety training for laboratory heads and scientists, and implementation of online database management systems. The primary weakness identified was the physical characteristics of the laboratory and building structure, representing the largest capability gap and requiring significant time and financial investment to address. Based on strategic analysis, defensive strategies were developed, including the installation of comprehensive monitoring systems and increased frequency of chemical waste management. This analysis led to the development of two strategic safety enhancement plans: (1) a chemical and hazardous waste management system improvement plan targeting components 2 and 3 to achieve perfect assessment scores, and (2) a hazard prevention and response system development plan for components 4, 5, and 7 to meet Peer Evaluation certification



requirements. The application of strategic analytical tools has enabled the laboratory to identify its current capabilities and limitations while developing improvement strategies compatible with existing constraints, positioning it for successful Peer Evaluation certification in the future.

Keywords: Gap analysis, Laboratory safety, SWOT analysis, TOWS matrix, ESPReL Checklist

บทนำ

ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเป็นประเด็นสำคัญที่สถาบันการศึกษาและหน่วยงานวิจัยทั่วโลกให้ความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมี เนื่องจากอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการสามารถส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีหลากหลายประเภทในการวิเคราะห์และวิจัย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดการความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพและได้มาตรฐาน จากการประเมินเบื้องต้นพบว่า แม้ห้องปฏิบัติการจะมีระบบการจัดการพื้นฐาน แต่ยังขาดการประเมินและพัฒนาอย่างเป็นระบบตามมาตรฐานสากล โดยพบประเด็นที่ต้องได้รับการพัฒนาหลายด้าน เช่น สภาพแวดล้อมด้านกายภาพ การจัดการสารเคมี การจัดการของเสีย ระบบเอกสาร และการพัฒนาบุคลากร ซึ่งการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยจำเป็นต้องมีเครื่องมือประเมินที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับ การตรวจประเมิน ESPReL checklist เป็นเครื่องมือที่พัฒนาโดยศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารเคมีและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการประเมินและพัฒนาความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย เครื่องมือนี้นครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ 7 ด้าน ได้แก่ การบริหารระบบการจัดการความปลอดภัย ระบบการจัดการสารเคมี ระบบการจัดการของเสีย ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย การให้ความรู้และการสร้างจิตสำนึก และการจัดการข้อมูลและเอกสาร

งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะประยุกต์ใช้เครื่องมือประเมินความปลอดภัยตามมาตรฐาน ESPReL Checklist เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานของการยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ร่วมกับ SWOT Analysis และ TOWS Matrix ทำให้การประเมินมีความครอบคลุมทั้งด้านความปลอดภัยเชิงเทคนิคและการวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ สามารถมองภาพรวมของสถานการณ์ได้ครบถ้วน ทั้งปัจจัยภายในและภายนอก จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และภัยคุกคาม ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนยกระดับความปลอดภัยที่เป็นไปอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้พร้อมสู่มาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation ซึ่งเป็นมาตรฐานในระดับประเทศ ซึ่งเป็นการพัฒนาและสร้างระบบการจัดการความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการอย่างเป็นรูปธรรม ส่งเสริมให้เกิดวัฒนธรรมความปลอดภัยที่ยั่งยืน มีระบบการจัดการด้านความปลอดภัยที่ครอบคลุมทุกมิติ ตลอดจนพัฒนาศักยภาพบุคลากรในทุกกระดับให้เกิดการพัฒนาด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง โดยผลการวิจัยยังสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาห้องปฏิบัติการอื่นๆ ทั้งภายในสถาบันและเครือข่าย สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2566–2570 ด้านการจัดการคุณภาพองค์กร ที่เน้นระบบจัดการความปลอดภัยอย่างยั่งยืน รวมถึงเตรียมความพร้อมรับรองมาตรฐาน เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันและความน่าเชื่อถือระดับสากล (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2567) ด้วยเหตุนี้ การยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สู่มาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation จึงมี



ความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ต่อการพัฒนาระบบจัดการความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพ สร้างสภาพแวดล้อมงานปลอดภัย และการพัฒนาสถาบันอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานตามแนวทางความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้ข้อมูลจากการประเมินสถานภาพความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านเคมี โดยมีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพ (Gap analysis)

1.1 การรวบรวมข้อมูล จะใช้ข้อมูลองค์ประกอบความปลอดภัยที่ดำเนินการผ่านระหว่างปี พ.ศ. 2564 – 2567 โดยแบ่งเป็นการตรวจประเมินด้วยตนเองตามแบบสำรวจ ESPReL checklist จำนวน 5 ครั้ง และการตรวจประเมินโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 4 ครั้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วันที่ตรวจประเมิน ESPReL checklist

หัวข้อ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
การตรวจประเมินด้วยตนเอง	11 มิ.ย. 64	16 ก.พ. 65	7 พ.ค. 66	14 ธ.ค. 66	15 ธ.ค. 67
การตรวจประเมินโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวร	19 ก.ค. 64	19 ม.ค. 65	10 เม.ย. 66	15 พ.ย. 66	

1.2 การระบุสถานะปัจจุบัน โดยการวิเคราะห์ผลการประเมิน ESPReL checklist ทั้ง 7 องค์ประกอบ คำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของการปฏิบัติตามมาตรฐานในแต่ละองค์ประกอบ และสร้างแผนภูมิเรดาร์แสดงผลการประเมินตามองค์ประกอบ ตามช่วงเวลาทำการประเมิน

1.3 การกำหนดสถานะเป้าหมาย เพื่อให้ทราบถึงทิศทางการพัฒนาห้องปฏิบัติการ มีการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาห้องปฏิบัติการตามรูปแบบ Peer evaluation (สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2563) เกณฑ์การประเมินเพื่อบรรลุผลประกอบด้วย คะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 7 องค์ประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ทุกองค์ประกอบต้องมีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 และอย่างน้อย 1 องค์ประกอบต้องได้คะแนนร้อยละ 100

1.4 การวิเคราะห์ช่องว่าง จากการเปรียบเทียบสถานะปัจจุบันกับสถานะเป้าหมายในแต่ละองค์ประกอบ ระบุองค์ประกอบที่มีช่องว่างมากที่สุดโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย

1.5 การจัดลำดับความสำคัญ โดยพิจารณาจากขนาดของช่องว่างศักยภาพ (ร้อยละความแตกต่างจากเป้าหมาย) ผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน และความสามารถในการแก้ไข/ดำเนินการของห้องปฏิบัติการ นำมาจัดลำดับความสำคัญหรือความเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาตามคะแนนการประเมินได้ โดยจัดลำดับจากคะแนนการประเมินสูงไปต่ำ และภายใต้ช่องว่างศักยภาพที่มีคะแนนเท่ากันจะถูกจัดลำดับความสำคัญจากขนาดของช่องว่างศักยภาพที่ต่ำกว่าเกณฑ์การประเมินของมาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation หลังจากนั้นจึงจัดตามความสามารถในการแก้ไขของห้องปฏิบัติการ และผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

1.6 การสรุปผลการวิเคราะห์ โดยจัดทำตารางสรุปช่องว่างศักยภาพในแต่ละองค์ประกอบ และสร้างแผนภูมิเรดาร์แสดงภาพรวมของช่องว่างศักยภาพ



2. การวิเคราะห์ SWOT และการกำหนดกลยุทธ์

2.1 การวิเคราะห์ปัจจัยภายใน โดยประกอบไปด้วย จุดแข็ง (Strengths) ซึ่งวิเคราะห์จากองค์ประกอบที่มีผลการประเมินสูง (>ร้อยละ 80) และจุดอ่อน (Weaknesses) วิเคราะห์จากองค์ประกอบที่มีผลการประเมินต่ำ (<ร้อยละ 60)

2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยภายนอก ได้แก่โอกาส (Opportunities)ผ่านการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่เอื้อต่อการพัฒนา และอุปสรรค (Threats) จากการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่เป็นอุปสรรคและขัดต่อการพัฒนา

2.3 การจัดทำตาราง SWOT Matrix โดยการสร้างตารางเมทริกซ์ 2x2 แสดงผลการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของแต่ละองค์ประกอบ หลังจากนั้นจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยพร้อมระบุความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

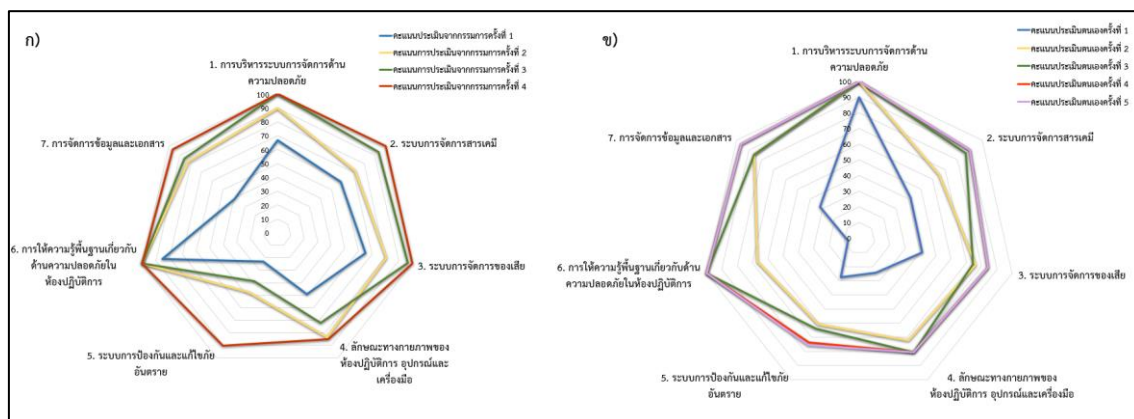
2.4 การกำหนดกลยุทธ์ (TOWS Matrix) โดยแบ่งออกเป็นกลยุทธ์เชิงรุก (SO Strategies) โดยการใช้จุดแข็งเพื่อสร้างประโยชน์จากโอกาส กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO Strategies) ใช้โอกาสเพื่อลดจุดอ่อน กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST Strategies) ใช้จุดแข็งเพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรค และกลยุทธ์เชิงรับ (WT Strategies) โดยการลดจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค

2.5 การนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ จากการจัดทำร่างแผนยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี กำหนดแนวทางการพัฒนาเพื่อรักษาจุดแข็ง แก้ไขจุดอ่อน ใช้ประโยชน์จากโอกาส และรับมือกับอุปสรรค

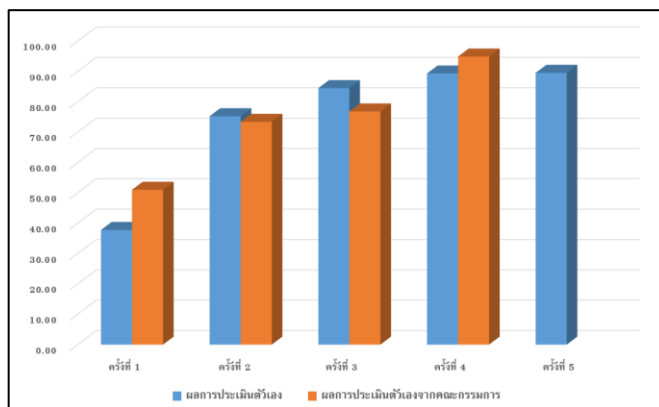
ผลการศึกษา

1. ข้อมูลการตรวจประเมิน ESPReL checklist

ผลตรวจประเมินด้วยตนเองตามแบบสำรวจ ESPReL checklist 162 รายการ จำนวน 5 ครั้ง และการตรวจโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 4 ครั้ง เมื่อนำมาแสดงผลด้วยแผนภูมิเรดาร์ ได้คะแนนการประเมินตามองค์ประกอบ ทั้ง 7 องค์ประกอบดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรวมของการประเมินในแต่ละครั้ง เห็นได้ว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกครั้ง เนื่องจากห้องปฏิบัติการได้รับการตรวจประเมินโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวร ตามองค์ประกอบ ทั้ง 7 องค์ประกอบอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 3 ปี ซึ่งมีระยะเวลาการประเมินตามตารางที่ 1 ทำให้เกิดการพัฒนาด้านความปลอดภัยอย่างต่อเนื่องเช่นกัน



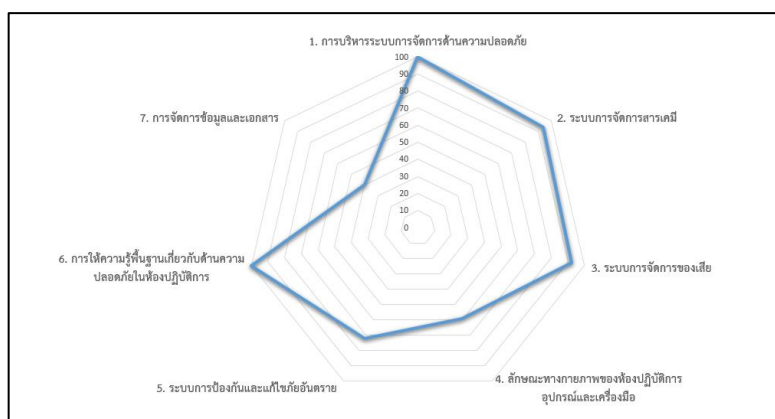
รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงผลการประเมิน ESPReL checklist ตามองค์ประกอบ ทั้ง 7 องค์ประกอบ ก) ผลการประเมิน ESPReL checklist ด้วยตนเอง ข) ผลการประเมิน ESPReL checklist ด้วยคณะกรรมการโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรวมของการประเมินในแต่ละครั้ง

2. การวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพ (Gap analysis)

เมื่อนำข้อมูลและผลการประเมิน ESPReL ด้วยตนเองผ่านระบบประมวลผลของเว็บไซต์สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ของห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมครั้งที่ 5 มาทำการประเมินตนเองด้วยแบบตรวจประเมินห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation (Peer Audit Checklist) สามารถวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพของแต่ละองค์ประกอบ ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงภาพรวมของช่องว่างศักยภาพทั้ง 7 องค์ประกอบ

จากการประเมินและวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพทั้ง 7 องค์ประกอบ พบว่ามี 5 องค์ประกอบที่ต้องได้รับการพัฒนา เพื่อให้พร้อมต่อการยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านเคมี สู่มาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation โดยเรียงลำดับจากองค์ประกอบที่มีช่องว่างศักยภาพมากไปน้อยดังนี้ องค์ประกอบที่ 7 การจัดการข้อมูลและเอกสาร องค์ประกอบที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของ ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือ องค์ประกอบที่ 5 ระบบการป้องกันและแก้ไข ภัยอันตราย องค์ประกอบที่ 3 ระบบการจัดการของเสีย และองค์ประกอบที่ 2 ระบบการจัดการสารเคมี

3. การวิเคราะห์ SWOT และ การกำหนดกลยุทธ์ (TOWS Matrix)

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพของห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในหัวข้อที่ 2 สามารถนำทั้ง 5 องค์ประกอบที่ต้องได้รับการพัฒนามาวิเคราะห์ SWOT ได้ดังนี้



ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ SWOT ทั้ง 5 องค์ประกอบ

จุดแข็ง (Strength)	จุดอ่อน (Weakness)
- ผู้บริหารระดับภาควิชา คณะและมหาวิทยาลัยให้ความสำคัญกับความปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการ - ห้องปฏิบัติการมีการจัดการข้อมูลและเอกสารของสารเคมีในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ เอกสาร และฐานข้อมูลออนไลน์ เช่นระบบ Cheminvent และ NU Waste Track - มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยบุคลากรของส่วนคณะและห้องปฏิบัติการมีความรู้ ความเข้าใจ จนก่อให้เกิดความตระหนักด้านความปลอดภัย - ห้องปฏิบัติการมีการเตรียมพร้อมอุปกรณ์สำหรับตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน อยู่ในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก เช่น อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ผักบัวและอ่างล้างตา ฉุกเฉิน ชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น ชุดอุปกรณ์สำหรับสารเคมีหกทั่วไล เป็นต้น	- ขาดแบบฟอร์มการตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะบรรจุและฉลากสารเคมี และของเสีย - ขาดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ครบถ้วน - พื้นผิวของพื้น ผนัง เพดาน อยู่ในสภาพที่ยังไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน - ประตูมีช่องสำหรับมองจากภายนอกไม่เหมาะสมกับห้องปฏิบัติการ - ขาดตู้เก็บสารที่อันตรายเฉพาะ - ไม่มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรองด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบแสงสว่างฉุกเฉินในปริมาณและบริเวณที่เหมาะสม รวมถึงแสงสว่างในห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอต่อการทำงานละเอียดในบางจุด - ไม่มีการแยกระบบน้ำทิ้งทั่วไปกับระบบน้ำทิ้งปนเปื้อนสารเคมีออกจากกัน - ขาดการประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ระบบไฟฟ้าในที่ทำงานและกิจกรรมที่ไม่สามารถทำร่วมกันได้ในห้องปฏิบัติการ - ขาดการตรวจสอบพื้นที่และสถานที่เพื่อพร้อมตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน - ขาดประกาศข้อปฏิบัติจากหน่วยงานระดับภาควิชา เรื่องข้อปฏิบัติในกรณีที่หน่วยงานอนุญาตให้มีผู้เยี่ยมชม - ขาดการจัดเก็บเอกสาร จัดการข้อมูลและเอกสารที่เป็นระบบตามมาตรฐานเอกสารที่กำหนด - ขาดคู่มือคุณภาพห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนคุณภาพ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
โอกาส (Opportunity)	อุปสรรค (Threat)
- ได้รับการตรวจประเมินโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวรตามองค์ประกอบ ทั้ง 7 องค์ประกอบอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 3 ปี ทำให้เกิดการพัฒนาในด้านความปลอดภัย - คณะต้องการผลักดันให้ห้องปฏิบัติการได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัย เพื่อความปลอดภัยในผู้ใช้งานและรองรับงานวิจัยของอาจารย์ภายในคณะ - คณะและห้องปฏิบัติการกลางร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ จัดโครงการฝึกอบรมด้านความรู้และความปลอดภัย ในห้องปฏิบัติการอย่างสม่ำเสมอ	- ห้องปฏิบัติการมีการทำปฏิบัติการหลากหลายด้านครอบคลุมทั้ง ดิน น้ำ อากาศ ป่าไม้ ของเสีย และพลังงาน จึงมีสารเคมีที่หลากหลายและมีจำนวนมาก ทำให้ตู้เก็บสารที่ห้องปฏิบัติการมีไม่เพียงพอ วัสดุของตู้ที่ใช้เก็บสารเคมีบางส่วนไม่ได้ใช้เป็นวัสดุกันไฟ/ทนกรดร้อน - พื้นที่วางภาชนะบรรจุของเสียไม่เหมาะสม อยู่ใกล้กับความร้อน แหล่งกำเนิดไฟและเปลวไฟ เนื่องจากมีพื้นที่ใช้สอยที่จำกัด - ขนาดพื้นที่ของห้องปฏิบัติการและพื้นที่เกี่ยวเนื่อง ยังมีความไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอกับการใช้งาน จำนวนผู้ปฏิบัติการ ชนิดและปริมาณเครื่องมือและอุปกรณ์



- คณะมีการเตรียมความพร้อมในการป้องกัน และตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน จึงจัดโครงการเตรียมความพร้อมเผชิญเหตุฉุกเฉิน เช่น ซ้อมอพยพหนีไฟ	- ภายในอาคารคณะเกษตรศาสตร์ฯ ไม่มีระบบดับเพลิงในอาคาร - สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีนักวิทยาศาสตร์ที่ดูแลเรื่องการทำปฏิบัติการหลากหลายด้านมากกว่า 30 ปฏิบัติการต่อภาคการศึกษา ครอบคลุมทั้ง ดิน น้ำ อากาศ ป่าไม้ ของเสีย และพลังงาน ซึ่งเป็นผู้จัดทำเอกสารทั้งหมดของห้องปฏิบัติการเพียงผู้เดียว

จากการวิเคราะห์ SWOT ทั้ง 5 องค์ประกอบ สามารถนำมาจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย เพื่อให้ทราบถึงความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยภายใน ปัจจัยภายนอก ความสัมพันธ์และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาต่อยอดเพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการพัฒนาห้องปฏิบัติการ โดยการกำหนดกลยุทธ์จากการเชื่อมโยงปัจจัยต่างๆ ทั้ง 4 กลยุทธ์ คือ กลยุทธ์เชิงรุก กลยุทธ์เชิงแก้ไข กลยุทธ์เชิงป้องกัน และกลยุทธ์เชิงรับ ของทั้ง 5 องค์ประกอบ นำมาจัดทำวางแผนยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านเคมี ที่จะช่วยรักษาจุดแข็ง แก้ไขจุดอ่อน ใช้ประโยชน์จากโอกาส และรับมือกับอุปสรรค ดังนี้

ด้านโครงสร้างพื้นฐาน กายภาพและครุภัณฑ์ ใช้การสนับสนุนจากผู้บริหารเพื่อปรับปรุง (SO) แก้ไข โดยปรับปรุงโดยการเจาะประตูของห้องปฏิบัติการ (WO) และติดกระจก เพื่อทำให้หน้าต่างกว้างขึ้นหรือติดกระจกโค้งภายในห้องปฏิบัติการ หรือติดกล้อวงจรปิดภายในห้องปฏิบัติการ (WT) เพิ่มการควบคุมการเข้าถึงและอุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดครุภัณฑ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ โดยมีข้อปฏิบัติก่อนเข้าใช้งานที่ถูกต้องและเหมาะสมและรัดกุม ควบคุมการเข้าถึง โดยการติดตั้งระบบควบคุมการเข้าถึงด้วยบัตรระบุข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Identification, RFID) ติดตั้งระบบระบายอากาศภายในห้องปฏิบัติการ แบ่งนิสิตเป็น 2 กลุ่ม และเข้าเรียนในวัน เวลาที่แตกต่างกัน เพื่อให้ขนาดพื้นที่สำหรับปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเหมาะสมและเพียงพอกับการใช้งาน ซึ่งการแก้ไขนี้จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือและผ่านความคิดเห็น หรือเป็นมติจากทางหลักสูตร ภาควิชา และคณะเกษตรศาสตร์ฯ (ST) แก้ไขให้ไฟฉุกเฉินที่มี ใช้งานได้จริงบริเวณทางลงบันได และติดตั้งไฟฉุกเฉินภายในห้องปฏิบัติการ เสนอให้ทางคณะดำเนินการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย และแยกระบบน้ำทิ้งทั่วไปกับระบบน้ำทิ้งปนเปื้อนสารเคมีออกจากกัน ติดตั้งดวงโคมและหลอดไฟเพิ่ม หรือเปลี่ยนหลอดไฟที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการให้มีความสว่างเพิ่มมากขึ้นและครอบคลุมทุกจุดภายในห้องปฏิบัติการ (WO) ปรับปรุงผ้า/เพดาน เนื่องจากมีการรั่วซึมในบางจุดซึ่งอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและอายุการใช้งานของเครื่องมือได้ และปรับปรุงพื้นห้องปฏิบัติการเนื่องจากปัจจุบันที่พื้นมีรอยผาท่อน้ำทำให้เกิดการสะดุดได้ (WO,WT) ปรับปรุงระบบปรับอากาศ และจำนวนเครื่องปรับอากาศให้เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้งาน และทดแทนเก้าอี้ภายในห้องปฏิบัติการให้มี 5 ขา เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

ในด้านความปลอดภัยและการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ต่อยอดจากหัวหน้าห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์มีการเข้าร่วมอบรมด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการในหัวข้อต่างๆ อย่างสม่ำเสมอทำให้มีการตระหนักและเข้าใจในเรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ รวมถึงคณะมีการจัดโครงการเตรียมความพร้อมเผชิญเหตุฉุกเฉิน (SO) ติดตั้งป้ายบอกทางหนีไฟ และจัดหาเครื่องดับเพลิงแบบเคลื่อนที่ตามมาตรฐานภายในห้องปฏิบัติการ ประเมินความเสี่ยงพื้นที่ทำงาน/กายภาพ และสำรวจความเป็นอันตรายจากปัจจัยสารเคมี/วัสดุที่ใช้เป็นประจำเป็นรูปธรรม (WO) จัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล จัดซื้อตู้เก็บสารที่อันตรายเฉพาะ เช่น ตู้เก็บสารออกซิไดซ์ ตู้เก็บสารกัดกร่อน (ST)



การบริหารจัดการความปลอดภัย ใช้ศักยภาพการจัดการข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่สำหรับโดยดำเนินการขอเลขอนุญาตเป็นผู้ขนส่งของเสียอันตราย จัดการข้อมูลและเอกสารอย่างเป็นระบบ และจัดทำแบบฟอร์มต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ เช่น การตรวจเช็คครุภัณฑ์ต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบระบบฉุกเฉินและระบบติดต่อสื่อสาร ตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะบรรจุสารเคมีและฉลาก เป็นต้น (SO) และจัดทำประกาศข้อปฏิบัติจากหน่วยงานระดับภาควิชา เรื่องข้อปฏิบัติในกรณีที่หน่วยงานอนุญาตให้ผู้เยี่ยมชมรวมไปถึงข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ (WO)

อีกส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งคือการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัย ใช้การสนับสนุนจากผู้บริหาร และการตระหนักเรื่องความปลอดภัยของผู้ใช้งานห้องปฏิบัติการ (SO) มีการประเมินความเสี่ยง และตรวจสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการตามปัจจัยเสี่ยง มีการรายงานและใช้ข้อมูลจากการรายงานความเสี่ยงในระดับบุคคล ปรับปรุงบริเวณทางเดินและบริเวณพื้นที่ติดกับโถงทางเข้า-ออก ให้ปราศจากสิ่งกีดขวาง จัดทำป้ายแจ้งกิจกรรมที่กำลังทำปฏิบัติการที่เครื่องมือ (WO) โดยผู้วิจัยได้สรุปและเสนอแนะเป็นร่างแผนยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับเคมี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร่างแผนยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับเคมี

ประเด็นการพิจารณา	กระบวนการ/กิจกรรม	ผลลัพธ์
ระบบการจัดการสารเคมีและของเสียอันตราย	จัดทำแผนการปรับลดปริมาณและระยะเวลาในการจัดเก็บของเสียภายในห้องปฏิบัติการ โดยเพิ่มความถี่ในการกำจัดของเสียอันตราย	ลดความเสี่ยงจากการจัดเก็บในพื้นที่ไม่เหมาะสม
	จัดซื้อสารเคมีเป็นแบบปริมาณน้อยแต่บ่อยครั้ง	ลดภาระในการจัดเก็บสารเคมี การป้องกันปัญหาสารเสื่อมสภาพหรือหมดอายุก่อนใช้งานหมด และช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บสารเคมี
	รายงานความเสี่ยง (สื่อสารความเสี่ยง) แก่ผู้ปฏิบัติงาน นิสิต นักวิจัย	ผู้ปฏิบัติงานรับทราบความเสี่ยงในการทำงาน มีการระมัดระวังในกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูง และเกิดการทำงานอย่างปลอดภัย
	จัดทำแผนที่ความเสี่ยง (Risk Mapping)	ระบุพื้นที่ที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บสารเคมีและของเสียประเภทต่าง ๆ
	ต่อยอดระบบฐานข้อมูลออนไลน์ที่มีอยู่ (Cheminvent และ NU Waste Track)	มีแบบฟอร์มตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะและฉลากสารเคมีและของเสียให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล
	พัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์และฐานข้อมูลออนไลน์ที่มีอยู่ให้เป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ	เพื่อลดภาระงานของนักวิทยาศาสตร์คนเดียว และสามารถจัดการเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
ระบบการป้องกันและตอบโต้ภัยอันตราย	การเพิ่มหรือเจาะประตูที่มีช่องสำหรับมองจากภายนอก (vision panel)	เกิดความปลอดภัย และเมื่อเกิดอุบัติเหตุภายในห้องขณะทำงานคนเดียวบุคคลภายนอกสามารถมองเห็นและเข้าไปช่วยเหลือได้
	ติดกระจกโค้งภายในห้องปฏิบัติการ หรือติดกล้องวงจรปิดภายในห้องปฏิบัติการ	มองเห็นทั้งห้องปฏิบัติการ เมื่อเกิดอุบัติเหตุภายในห้องขณะทำงานคนเดียวบุคคลภายนอกสามารถมองเห็นและเข้าไปช่วยเหลือได้



ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ ห้องปฏิบัติการ โดยการใช้บัตร RFID ในการเข้า ออกห้อง	เกิดการควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ให้เป็นไปตาม ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย
ติดตั้งหลอดไฟเพิ่มหรือเปลี่ยนหลอดไฟที่มีอยู่ใน ห้องปฏิบัติการให้มีความสว่างเพิ่มมากขึ้นและ ครอบคลุมทุกจุดภายในห้องปฏิบัติการ	มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอและเป็นไปตาม มาตรฐาน
จัดทำแผนฉุกเฉินเฉพาะสำหรับอาคารที่ไม่มี ระบบดับเพลิงอัตโนมัติ	มีความพร้อมในการรับมือเหตุฉุกเฉินที่เหมาะสม กับบริบทของห้องปฏิบัติการ และอาคารที่ตั้ง
จัดทำแผนการอพยพและขั้นตอนการตอบโต้เหตุ ฉุกเฉินที่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านพื้นที่และโครงสร้าง ของอาคาร	มีความพร้อมในการรับมือเหตุฉุกเฉินที่เหมาะสม กับบริบทของห้องปฏิบัติการ และอาคารที่ตั้ง

อภิปรายผลการศึกษา

การยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านเคมีของห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สู่มาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ห้วงการและการวางแผนเชิงกลยุทธ์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากคะแนนการประเมิน ESPReL checklist ที่เพิ่มขึ้นในทุกครั้งจนถึงร้อยละ 89.54 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการมหาวิทยาลัยแม่ข่ายด้านมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ที่ส่งเสริมให้ห้องปฏิบัติการมีความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น (วิสาข์ สุพรรณไพบุลย์, 2563)

การวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพขององค์ประกอบที่ต้องได้รับการพัฒนา 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ระบบการจัดการสารเคมี ระบบการจัดการของเสีย ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย และการจัดการข้อมูลและเอกสาร ในศึกษานี้ ได้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับทฤษฎีระบบการจัดการความปลอดภัย (Safety Management System) ตาม มอก.18001 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554) ที่เน้นการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยการระบุช่องว่างและปิดช่องว่างเหล่านั้น โดยเฉพาะในด้านลักษณะทางกายภาพและระบบป้องกันภัยอันตรายที่ถูกระบุว่ามีความสำคัญสูงสุด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Adane and Abeje (2012) ที่พบว่าปัจจัยด้านกายภาพเป็นตัวแปรสำคัญในการเกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ SWOT แสดงให้เห็นจุดแข็งสำคัญคือการสนับสนุนจากผู้บริหารและการมีระบบฐานข้อมูลออนไลน์ เมื่อนำมาพัฒนาเป็นกลยุทธ์ผ่าน TOWS Matrix ได้วางแผนยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการสารเคมีและของเสียอันตราย ที่เน้นการใช้ระบบฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสอดคล้องกับระบบ Smart Lab ของสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการความปลอดภัย ซึ่งจะส่งผลให้องค์ประกอบที่ 2 และ 3 ของห้องปฏิบัติการได้คะแนนการประเมินเต็ม 100 คะแนน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านลักษณะทางกายภาพของอาคารและห้องปฏิบัติการเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไข ซึ่งจากกลยุทธ์ที่กำหนดขึ้นจากการวิเคราะห์ TOWS Matrix ได้วางแผนยกระดับระบบการป้องกันและตอบโต้ภัยอันตราย โดยการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมกับข้อจำกัดทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ เช่น การจัดทำแผนการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานที่มีความเสี่ยงสูงและติดตั้งระบบตรวจสอบหรือเฝ้าระวังที่ครอบคลุม ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงในการนำไปปฏิบัติจริง และเพื่อยกระดับองค์ประกอบที่ 4 5 และ 7 ให้ผ่านตามเกณฑ์การรับรอง



Peer Evaluation ที่กำหนดให้ต้องได้คะแนนเฉลี่ยรวมไม่น้อยกว่า 80% แต่ละองค์ประกอบต้องได้ไม่น้อยกว่า 50% และต้องได้ 100% อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

จุดแข็งของงานวิจัยนี้คือการใช้วิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลายและเป็นระบบ ทั้งการวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพ การวิเคราะห์ SWOT และการกำหนดกลยุทธ์ด้วย TOWS Matrix ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและมีความน่าเชื่อถือ อีกทั้งยังมีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 ปี ส่วนจุดอ่อนคือยังขาดการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแผนการพัฒนที่เสนอ และยังไม่มีการกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จที่ชัดเจนสำหรับการติดตามประเมินผล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัย ควรมีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพิ่มเติม เช่น การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Cost-Benefit Analysis) และการกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จที่ชัดเจน เพื่อให้แผนการยกระดับมีความเป็นรูปธรรมและสามารถติดตามประเมินผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกกลุ่มในกระบวนการพัฒนา ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยได้อย่างยั่งยืน

สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์ช่องว่างศักยภาพห้องปฏิบัติการทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในด้านความปลอดภัยทางเคมี ซึ่งอ้างอิงจากผลการประเมินตนเองและการตรวจประเมินโดยแม่ข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวรระหว่างปี พ.ศ. 2564–2567 แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการได้รับคะแนนร้อยละ 89.54 ในการประเมินล่าสุดปี 2567

อย่างไรก็ตาม ยังมีองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 2 3 4 5 และ 7 ที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้บรรลุมาตรฐานการรับรอง Peer Evaluation ผลการวิเคราะห์ SWOT ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบเพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาที่มุ่งเน้นการรักษาจุดแข็ง แก้ไขจุดอ่อน ใช้ประโยชน์จากโอกาส และรับมือกับอุปสรรค ผ่านกลยุทธ์เชิงรับ รวมถึงการนำระบบตรวจสอบแบบครอบคลุมมาใช้ภายในห้องปฏิบัติการ และการเพิ่มความถี่ในการบริหารจัดการสารเคมีและของเสีย ข้อมูลเชิงกลยุทธ์เหล่านี้นำไปสู่การพัฒนาร่างแผนยกระดับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ แผนการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีและของเสียอันตราย และแผนการพัฒนาระบบการป้องกันและตอบโต้ภัยอันตราย การดำเนินการตามแผนเชิงกลยุทธ์เหล่านี้จะช่วยให้ห้องปฏิบัติการสามารถดำเนินงานภายใต้มาตรการความปลอดภัยที่เข้มงวดยิ่งขึ้น พร้อมทั้งแก้ไขช่องว่างศักยภาพที่ระบุไว้อย่างเป็นระบบ ซึ่งในท้ายที่สุดจะนำไปสู่ความพร้อมของห้องปฏิบัติการในการเข้ารับการรับรอง Peer Evaluation ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

- 1) ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแผนการพัฒนที่เสนอ
- 2) กำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จที่ชัดเจนสำหรับการติดตามประเมินผล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัย
- 3) เพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกกลุ่มในกระบวนการพัฒนา ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยได้อย่างยั่งยืน



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย สัญญาทุนเลขที่ R2564002 ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิชากร คอนดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวลกมล อารณพงษ์ และ ดร.กฤษฎา ภาณุมนต์วาท ที่ปรึกษาโครงการวิจัยฯ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง รวมถึงการชี้แนะแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการ ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล และการกำหนดกลยุทธ์ รวมถึงการให้คำแนะนำในการจัดทำร่างแผนยกระดับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านเคมี ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์และมีคุณค่าทางวิชาการคุณประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- วิสาข์ สุพรรณไพบูลย์. (2563). *โครงการมหาวิทยาลัยแม่ข่ายด้านมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ปี 2562* (รายงานฉบับสมบูรณ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร และ สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2567). *แผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ.2566-2570*.
- สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2563). *คู่มือสำหรับผู้ตรวจประเมินห้องปฏิบัติการปลอดภัยในรูปแบบ peer evaluation*. ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 18001-2554 ระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย: ข้อกำหนด*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Adane, L., & Abeje, A. (2012). Assessment of familiarity and understanding of chemical hazard warning signs among university students majoring chemistry and biology: A case study at Jimma University, Southwestern Ethiopia. *World Applied Sciences Journal*, 16(2). 290-299.



การพัฒนาชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษ SMTE

จิราวรรณ แสงนาม¹ และชุตินา พิศาลย์^{1,*}

The Development of an Instructional Activity Package

to Enhance Programming Skills Using Micro:bit for Grade 10 SMTE Students

Jirawan Sawaengnam¹ and Chutima Pisarn^{1,*}

¹สาขาวิชาการจัดการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ (ระบบการศึกษาทางไกลทางอินเทอร์เน็ต) วิทยาลัยนวัตกรรมการดิจิทัลเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 1200

¹Department of Computer and Information Management College of Digital Innovation Technology Rangsit University Pathum Thani, 12000

*Corresponding author. E-mail: 6105066@rsu.ac.th, Chutima@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ที่ส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (2) พัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมของนักเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit และ (3) ศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมหักว่า กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตเดมิวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมจากผลงาน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า ในด้านทักษะการเขียนโปรแกรม นักเรียนทุกคน (100%) ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70) โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวม 17.27 จากคะแนนเต็ม 20 คิดเป็นร้อยละ 86.33 อยู่ในระดับดีมาก ส่วน ในด้านความพึงพอใจ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.44 จากคะแนนเต็ม 5.00) โดยเฉพาะด้านการใช้ Micro:bit ที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x} = 4.83$)

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การเขียนโปรแกรม, ไมโครบิต ทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุม ความพึงพอใจของนักเรียน

Abstract

This research aimed to (1) develop a programming activity set using Micro:bit to promote structured programming skills among Grade 10 students, (2) enhance students' structured programming skills through the use of the developed Micro:bit programming activities, and (3) study students' satisfaction with learning through the Micro:bit programming activity set. The participants were 30 Grade 10 students from Saardpaederm Wittaya School in the second semester of the 2024 academic year, selected using purposive sampling. The research instruments consisted of the Micro:bit programming activity set, a performance-based programming skill assessment form, and a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, and percentage. The results revealed that in terms of programming skills, all students (100%) passed the evaluation criteria (not less than 70%), with an average score of 17.27 out of 20 (86.33%), interpreted as very good. Regarding student satisfaction, the overall satisfaction level was high ($\bar{x} = 4.44$ out of 5.00), with the highest satisfaction found in the use of Micro:bit ($\bar{x} = 4.83$).

Keywords: Learning activity set, Programming, Micro:bit, Structured programming skills, Student satisfaction



บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคดิจิทัลส่งผลให้ความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศกลายเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ทักษะการเขียนโปรแกรมได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์อย่างมีระบบ การแก้ไขปัญหาอย่างมีเหตุผล และการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ตอบสนองต่อบริบทในชีวิตประจำวัน (เพ็ญศรี นาคะเสถียร, 2560) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุม (Structured Programming with Control Structures) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้คำสั่งควบคุมประเภทการเลือกทางเลือก (Selection), การทำซ้ำ (Iteration) และฟังก์ชัน (Function) อย่างเหมาะสม ช่วยให้โปรแกรมมีความเป็นระเบียบ และง่ายต่อการตรวจสอบ แก้ไข และพัฒนาในระยะยาว (ปรีชา น้อยใจบุญ, 2559) จากผลการประเมินของสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (Depa) ร่วมกับกระทรวงศึกษาธิการ (2566) พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษา มีทักษะการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นเพียงร้อยละ 18.5 เท่านั้น ขณะที่ร้อยละ 71.2 ของครูผู้สอนวิทยาการคำนวณระบุว่า การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติจริงมีผลต่อการพัฒนาทักษะอย่างมีนัยสำคัญ (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, 2566) สะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือทำและเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมให้กับผู้เรียนอย่างเร่งด่วน

จากผลการประเมินก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา ห้องเรียนพิเศษ SMTE ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในการออกแบบโครงสร้างโปรแกรมที่ถูกต้อง และขาดทักษะในการประยุกต์ใช้คำสั่งควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่ยังไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ และลงมือทำจริง

Micro:bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อการศึกษาโดยเฉพาะ มีชุดเซนเซอร์ และฟังก์ชันพื้นฐาน เช่น ไฟ LED, ปุ่มกด, เซนเซอร์ความชื้น และมอเตอร์ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้อย่างสะดวก จึงเหมาะอย่างยิ่งในการใช้ส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการเขียนโปรแกรมผ่านการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบ (วิไลพร วงศ์วิทยานนท์, 2561; พงศกร อ่อนอุไร, 2563) หลายงานวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมด้วย Micro:bit ช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ เข้าใจแนวคิดได้ง่าย และนำไปประยุกต์ใช้ในชิ้นงานจริงได้ดี (ธนภฤต รัตนเวช, 2563; ปรียานุช เจริญทรัพย์, 2564) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านี้ส่วนใหญ่เน้นเพียงการประเมินผลสัมฤทธิ์โดยรวม ขาดการวัดผลทักษะย่อยที่สำคัญ ได้แก่ การใช้คำสั่งเงื่อนไข การวนซ้ำ การใช้ฟังก์ชัน และการแก้ไขข้อผิดพลาด อีกทั้งยังม้งานวิจัยเพียงเล็กน้อยที่ศึกษา “ระดับความพึงพอใจของผู้เรียน” อย่างเป็นระบบ

แนวคิดการเรียนรู้แบบ Constructionism ของ Papert (1980) ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติ และแนวคิด Project-Based Learning และ Problem-Based Learning ซึ่งเน้นการเผชิญปัญหาในสถานการณ์จริง ต่างก็สนับสนุนการเรียนรู้เชิงลงมือทำ (Hmelo-Silver, 2004) ทว่า งานวิจัยจำนวนมากที่อ้างอิงแนวคิดเหล่านี้ยังขาดรูปแบบกิจกรรมที่สามารถวัดผลทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมอย่างเป็นระบบในระดับทักษะย่อย งานวิจัยนี้จึงมุ่งออกแบบชุดกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงสร้างสรรค์ พร้อมทั้งสามารถประเมินผลการเรียนรู้ 4 ทักษะย่อยควบคู่กับการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนในบริบทของโครงการจริง

จากปัญหาที่พบในกระบวนการเรียนรู้ด้านการเขียนโปรแกรมของนักเรียน และแนวโน้มการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติผ่านการใช้ Micro:bit ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย



Micro:bit เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยออกแบบกิจกรรมตามลำดับความยากง่าย มีความต่อเนื่อง และเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงผ่านโครงงาน

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ที่พัฒนาขึ้น จะสามารถส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามที่โรงเรียนกำหนด และนักเรียนจะมีระดับความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากขึ้นไป

จากสมมติฐานข้างต้น ผู้วิจัยจึงกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ (1) พัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ที่ส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุม (2) พัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมของนักเรียนด้วยชุดกิจกรรมที่พัฒนา และ (3) ศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ที่จัดขึ้น

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit สำหรับส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (SMTE) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยพิจารณาจากความพร้อมในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติจริงตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ (1) เป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา “การโปรแกรมและการประยุกต์” ซึ่งเป็นรายวิชาเฉพาะของหลักสูตรห้องเรียนพิเศษ SMTE (2) มีพื้นฐานการใช้งานคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรมในระดับเบื้องต้น และ (3) เป็นกลุ่มนักเรียนที่สอดคล้องกับข้อจำกัดด้านทรัพยากรของโรงเรียน โดยเฉพาะจำนวนบอร์ด Micro:bit ที่มีจำกัด จึงเลือกนักเรียนกลุ่มนี้ซึ่งมีความพร้อมด้านเวลาเรียนและสามารถใช้อุปกรณ์ได้อย่างเพียงพอในการจัดกิจกรรม

เพื่อให้เห็นภาพรวมของการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้จัดทำแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนของกระบวนการวิจัยเชิงพัฒนา ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

รูปที่ 1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย การวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้: (1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและวัตถุประสงค์ของการวิจัย (2) ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรม



จำนวน 3 ชุด แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมจากผลงาน และแบบสอบถามความพึงพอใจ (3) ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยขอรับข้อเสนอแนะจากครูผู้สอนเขียนโปรแกรมในโรงเรียน ซึ่งมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนด้านภาษาคอมพิวเตอร์ เพื่อปรับปรุงความชัดเจน ความเหมาะสม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย (4) ดำเนินการทดลอง โดยผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับ 3 กิจกรรม โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้แบบฝึกปฏิบัติในกิจกรรมที่ 1 และ 2 และการประเมินสมรรถนะในกิจกรรมที่ 3 (โครงการ Smart Farm) ซึ่งให้นักเรียนออกแบบและพัฒนาโปรแกรมด้วยตนเอง (5) เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล โดยผู้วิจัยใช้ผลงานจากกิจกรรมที่ 3 เป็นตัววัดทักษะการเขียนโปรแกรมใน 4 ด้าน ได้แก่ การใช้คำสั่งเงื่อนไข การใช้โครงสร้างวนซ้ำ การใช้ฟังก์ชัน และการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด รวมคะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยใช้เกณฑ์ผ่านที่โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา กำหนดไว้ คือ ต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 หรืออย่างน้อย 14 คะแนน จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (6) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และร้อยละ (Percentage)

การทดลองใช้ชุดกิจกรรมในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ภายใต้รายวิชา “การโปรแกรมและการประยุกต์” โดยใช้เวลาเรียนจำนวน 6 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 300 นาที (5 ชั่วโมง) ภายในระยะเวลา 3 สัปดาห์ต่อเนื่อง ซึ่งกิจกรรมทั้งหมดจัดตามลำดับของชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น โดยกิจกรรมที่ 1 และ 2 เน้นการฝึกฝนทักษะการเขียนโปรแกรม และกิจกรรมที่ 3 ใช้สำหรับประเมินผลผ่านโครงการ Smart Farm ซึ่งเป็นผลงานจริงของผู้เรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (1) ชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบจำนวน 3 ชุดกิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 โครงการไฟจราจร, กิจกรรมที่ 2 โครงการไฟจราจรแบบมีไม้กั้น และกิจกรรมที่ 3 โครงการ Smart Farm โดยชุดกิจกรรมที่ 1 และ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการใช้คำสั่งควบคุมประเภท if-else, loop และ function ผ่านการทดลองเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างและโจทย์ที่กำหนด ส่วนกิจกรรมที่ 3 ใช้เป็นกิจกรรมสำหรับวัดทักษะการเขียนโปรแกรมของนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบและพัฒนาโปรแกรมด้วยตนเองในบริบทของ Smart Farm ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์จริงและเอื้อต่อการประเมินสมรรถนะอย่างเป็นรูปธรรม (2) แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมจากผลงาน ใช้สำหรับประเมินผลจากกิจกรรมที่ 3 โดยพิจารณา 4 ทักษะย่อย ได้แก่ การใช้คำสั่งเงื่อนไข (Conditionals), การใช้โครงสร้างวนซ้ำ (Loops), การใช้ฟังก์ชัน (Functions) และการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด (Testing and Error Fixing) โดยใช้ระดับคะแนน 5 ระดับ รวมคะแนนเต็ม 20 คะแนน และ (3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การใช้ Micro:bit และการนำไปใช้จริง ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้รับการตรวจสอบคุณภาพในเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอนวิชาการเขียนโปรแกรมและเทคโนโลยีสารสนเทศในระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงเครื่องมือในด้านความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ก่อนนำไปใช้จริงในการเก็บข้อมูล



ผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษ SMTE โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ภายใต้รายวิชา “การโปรแกรมและการประยุกต์” โดยใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด 6 คาบเรียน คาบละ 50 นาที รวม 300 นาที (5 ชั่วโมง) ภายในระยะเวลา 3 สัปดาห์ต่อเนื่อง การจัดกิจกรรมดำเนินตามลำดับของชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุด โดยกิจกรรมที่ 1 และ 2 มุ่งเน้นการฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น และกิจกรรมที่ 3 ใช้สำหรับประเมินสมรรถนะผ่านโครงงาน Smart Farm ซึ่งเป็นผลงานจริงของนักเรียน

ผลการวิจัยนำเสนอเป็น 3 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่ (1) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit (2) ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของนักเรียน และ (3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 กิจกรรม เรียงลำดับจากพื้นฐานสู่การประยุกต์ โดยออกแบบตามแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ การเรียนรู้ผ่านปัญหา และการใช้โครงงานเป็นฐาน มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง สัมผัสสถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง ค้นหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง และสร้างสรรค์ผลงานจากประสบการณ์ตรง

กิจกรรมที่ 1 โครงงานไฟจราจร เป็นกิจกรรมฝึกพื้นฐานด้านคำสั่งควบคุม โดยให้นักเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมไฟ LED ตามลำดับด้วยคำสั่ง if-else และ loop กิจกรรมที่ 2 โครงงานไฟจราจรแบบมีไม้กั้น เพิ่มระดับความซับซ้อนโดยใช้ Ultrasonic Sensor และ Servo Motor เพื่อควบคุมไม้กั้นตามระยะห่างของวัตถุ นักเรียนจะฝึกเขียนโปรแกรมที่ใช้เงื่อนไขร่วมกับการแยกคำสั่งเป็นฟังก์ชัน กิจกรรมที่ 3 โครงงาน Smart Farm ใช้สำหรับวัดทักษะการเขียนโปรแกรม โดยให้นักเรียนออกแบบและพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ เช่น ระบบรดน้ำต้นไม้ หรือให้อาหารสัตว์ ด้วย Micro:bit และเซ็นเซอร์ต่าง ๆ นักเรียนต้องวางแผน เขียน และทดสอบโปรแกรมด้วยตนเอง จากสถานการณ์ที่กำหนด กิจกรรมทั้ง 3 ชุดนี้สนับสนุนการเรียนรู้แบบลงมือทำ (learning by doing) และบูรณาการการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมผ่านกระบวนการที่ใกล้เคียงกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2. ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของนักเรียน ผลการประเมินได้มาจากกิจกรรมที่ 3 โดยใช้แบบประเมินผลงานตาม 4 ด้าน ได้แก่ การใช้โครงสร้างเงื่อนไข (Conditionals), การใช้โครงสร้างวนซ้ำ (Loops), การใช้ฟังก์ชัน (Functions) และการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด (Testing and Error Fixing) พบว่า นักเรียนทุกคน (ร้อยละ 100) มีคะแนนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 หรือ 14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน) เมื่อพิจารณารายทักษะย่อย จะได้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย คะแนนเต็ม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรม

ทักษะการเขียนโปรแกรม	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ	การแปลผล
การใช้โครงสร้างเงื่อนไข (Conditionals)	5	4.17	0.53	83.33	ดี
โครงสร้างวนซ้ำ (Loops)	5	4.70	0.47	94.00	ดีมาก
การใช้ฟังก์ชัน (Functions)	5	4.27	0.69	85.33	ดี
การทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด	5	4.13	0.57	82.67	ดี
รวมทุกทักษะ	20	17.27	1.87	86.33	ดีมาก



ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของนักเรียน โดยพิจารณา 4 ทักษะย่อย ได้แก่ การใช้โครงสร้างเงื่อนไข การใช้โครงสร้างวนซ้ำ การใช้ฟังก์ชัน และการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด พบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมทุกทักษะอยู่ที่ 17.27 จากคะแนนเต็ม 20 คิดเป็นร้อยละ 86.33 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก โดยทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือโครงสร้างวนซ้ำ (Loops) รองลงมาคือการใช้ฟังก์ชัน เงื่อนไข และการทดสอบตามลำดับ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียน นักเรียนได้ประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้ Micro:bit และด้านการนำไปใช้จริง ผลการวิเคราะห์พบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.72)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงสุดคือด้านการใช้ Micro:bit ($\bar{X} = 4.83$, S.D. = 0.37) ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนและสนุกกับการเรียนรู้ รองลงมาคือด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.67) ที่ช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง สำหรับด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.81) และด้านการนำไปใช้จริง ($\bar{X} = 4.22$, S.D. = 0.78) ก็อยู่ในระดับมากเช่นกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมองว่ากิจกรรมมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทุกคนมีทักษะการเขียนโปรแกรมผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามเกณฑ์ของโรงเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสะท้อนว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ฝึกใช้โครงสร้างควบคุมในบริบทที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง และพัฒนาผลงานด้วยตนเองนั้น เป็นแนวทางที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและยั่งยืน ตามแนวคิดของ Papert (1980) ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและสร้างชิ้นงานที่จับต้องได้

เมื่อพิจารณาผลการประเมินเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านโครงสร้างวนซ้ำ (Loops) สูงที่สุด รองลงมาคือฟังก์ชัน เงื่อนไข และการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดตามลำดับ แม้ทักษะด้านการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดจะอยู่ในระดับดี แต่คะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทักษะอื่น อาจสะท้อนว่าผู้เรียนยังต้องการการฝึกฝนเพิ่มเติมในการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อผิดพลาดในโปรแกรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญเรือน ทองล้อม (2561) ที่พบว่า การฝึกปฏิบัติจริงสามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมได้ แต่ควรมีการเสริมกิจกรรมเพื่อนำการคิดวิเคราะห์และการ debug โปรแกรมอย่างเป็นระบบ

ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับดีมาก โดยเฉพาะด้านการใช้ Micro:bit ที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจบทเรียนได้ง่ายและสนุกกับการเรียนรู้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sentance et al., (2019) ที่ชี้ให้เห็นว่า Micro:bit เป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมความมั่นใจและความเข้าใจในกระบวนการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ วิไลวรรณ ปัญญาวัฒนกุล (2562) ซึ่งได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Hands-on Learning พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ ที่พบว่า การจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและสร้างชิ้นงานของ



ตนเอง ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างแรงจูงใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการศึกษาสะท้อนว่าชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติที่มีลำดับขั้น จากกิจกรรมฝึกฝนสู่กิจกรรมประยุกต์ใช้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างเป็นระบบ จุดแข็งของกิจกรรมอยู่ที่การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและพัฒนาโปรแกรมด้วยตนเอง ส่วนจุดที่ควรปรับปรุงคือกิจกรรมที่มีความซับซ้อน เช่น โครงการ Smart Farm ควรจัดเวลาเพิ่มเติมหรือแบ่งกิจกรรมย่อยเพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาคิดและทดสอบโปรแกรมอย่างรอบคอบ ทั้งนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยบทบาทของครูเปลี่ยนจากผู้สอนเป็นผู้ออกแบบกิจกรรมและสนับสนุนการเรียนรู้ ขณะที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้คิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ของ Papert (1980) และการพัฒนาสมรรถนะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุม และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรม ผลการศึกษพบว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นจำนวน 3 ชุด ได้แก่ ไฟจราจร ไฟจราจรแบบมีไม้กั้น และ Smart Farm ได้รับการออกแบบตามลำดับความยากง่าย โดยเน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการทดลอง ค้นหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง และพัฒนาชิ้นงานจากประสบการณ์ตรง ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและทักษะในการเขียนโปรแกรมเพิ่มขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

จากผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมในกิจกรรมที่ 3 พบว่านักเรียนทุกคนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามที่โรงเรียนกำหนด โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 17.27 จากคะแนนเต็ม 20 คิดเป็นร้อยละ 86.33 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.44 จากคะแนนเต็ม 5) โดยเฉพาะด้านการใช้ Micro:bit ที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสนใจและมีทัศนคติที่ดีต่อกิจกรรม สามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย และมองว่าสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเขียนโปรแกรมด้วย Micro:bit ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้างควบคุมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติว่า ครูผู้สอนควรนำชุดกิจกรรมดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาการเขียนโปรแกรมหรือวิทยาการคำนวณในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยสามารถจัดกิจกรรมตามลำดับทั้ง 3 ชุด เริ่มจากการเรียนรู้แนวคิดเบื้องต้นในกิจกรรมที่ 1 และ 2 ก่อนต่อยอดไปสู่การประยุกต์ใช้จริงในกิจกรรมที่ 3 ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงการ ผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และออกแบบโปรแกรมของตนเอง พร้อมให้คำแนะนำเป็นระยะ ทั้งนี้ ควรจัดเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอ เช่น บอร์ด Micro:bit, สาย USB, คอมพิวเตอร์ หรือให้



ผู้เรียนทำงานกลุ่มเพื่อใช้ทรัพยากรร่วมกัน นอกจากนี้ควรจัดเวลาให้ยืดหยุ่นมากขึ้นสำหรับกิจกรรมที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะกิจกรรมที่ 3 อาจใช้เวลาเรียนมากกว่ากิจกรรมอื่น หรือแบ่งกิจกรรมออกเป็นตอนย่อยตามขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

นอกจากนี้ ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลากหลายบริบท ทั้งในระดับของผู้ปฏิบัติและผู้พัฒนา เช่น ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาการคำนวณสามารถใช้เป็นต้นแบบในการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติที่เน้นการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีโครงสร้าง ผู้พัฒนาหลักสูตรสามารถนำแนวทางการออกแบบกิจกรรม การจัดลำดับความยากง่าย และรูปแบบการประเมินผลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานสมรรถนะ หรือเชื่อมโยงกับการเรียนรู้แบบ STEM/CT ได้อย่างเหมาะสม ส่วนในมิติของนักวิจัยด้านการเรียนรู้เทคโนโลยีหรือการศึกษาศตวรรษที่ 21 สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปต่อยอดในการศึกษารูปแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะผู้เรียนในบริบทของการเขียนโปรแกรม การคิดเชิงคำนวณ และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). รายงานประจำปี 2566 ของกระทรวงศึกษาธิการ. <https://online.flipbuilder.com/bhde/xrqz>
- ขวัญเรือน ทองล้อม. (2561). การส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 13(1), 89–99.
- ครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 12(2), 45–53.
- ธนกฤต รัตนเวช. (2563). ผลของการใช้ Micro:bit เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา, 13(2), 70–78.
- ปรีชา น้อยใจบุญ. (2559). การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น. สำนักพิมพ์วิทย์พัฒน์.
- ปรียานุช เจริญทรัพย์. (2564). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วย Micro:bit เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหาและการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารครุศาสตร์ศึกษา, 28(2), 35–49.
- พงศกร อ่อนอุไร. (2563). การพัฒนาโครงงานควบคุมอุปกรณ์ด้วย Micro:bit สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา, 15(1), 39–50.
- เพ็ญศรี นาคะเสถียร. (2560). แนวทางการสอนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในระดับมัธยมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล. วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 8(1), 15–24.
- วิไลพร วงศ์วิทยานนท์. (2561). การใช้ Micro:bit เพื่อการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมระดับเบื้องต้น. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 13(3), 15–25.
- วิไลวรรณ ปัญญาวัฒนกุล. (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Hands-on เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจ. วารสารเทคโนโลยีทางการศึกษา, 19(1), 22–34.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21: แนวคิดและแนวปฏิบัติ.
- สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2566). รายงานสถานภาพการเรียนรู้ดิจิทัลของนักเรียนไทย พ.ศ. 2566.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.



- Sentance, S., Waite, J., & Källblad, E. (2019). Teaching with physical computing devices: The role of affordances and preconceptions. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 19(3), 1–17. <https://doi.org/10.1145/3282848>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational psychology review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>



การพัฒนาโปรแกรมการกรอกรายงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นายธราดล เทียนหอม^{1,*}

Development of a Workload Management Program

for Support Staff at the Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

Taradon Tienhom^{1,*}

¹สำนักงานเลขานุการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Office of the Secretary, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: taradont@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบกรอกรายงานออนไลน์สำหรับบุคลากรสายสนับสนุน คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลภาระงานของบุคลากรกลุ่มดังกล่าว ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินงานตามพันธกิจหลักของคณะ เดิมมีการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการบันทึกข้อมูลภาระงาน ซึ่งพบว่ามีความซ้ำซ้อนในด้านความสะดวก ความถูกต้อง และการบริหารจัดการข้อมูล การวิจัยจึงพัฒนาระบบสารสนเทศเฉพาะทางตามกระบวนการพัฒนาระบบ SDLC (Software Development Life Cycle) ภายใต้กรอบแนวคิดแบบ Agile โดยระบบที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP มีฟังก์ชันสำหรับการกรอกรายงาน การคำนวณคะแนนตามเกณฑ์เฉพาะของทางคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร การตรวจสอบข้อมูลโดยผู้บังคับบัญชา และการแสดงผลข้อมูลภาพรวม เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลอย่างเป็นระบบ สำหรับการประเมินผลระบบ ใช้แบบสอบถามวัดระดับความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างบุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 37 คนและกลุ่มของผู้บริหารที่มีส่วนในการประเมินจำนวน 6 คน สถิติที่ใช้ในการประเมินผลข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า สรุปผลการประเมินของบุคลากรสายสนับสนุนพบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.65) คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ความสวยงามของการออกแบบหน้าจอและความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.48) และผลการประเมินของผู้บริหาร โดยผลรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.45) คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ความสวยงามของการออกแบบหน้าจอ และความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.48)

คำสำคัญ: การพัฒนาโปรแกรม การประเมินภาระงาน การประเมินความพึงพอใจ ภาระงานสายสนับสนุน

Abstract

This study aimed to develop and evaluate the effectiveness of an online workload reporting system for support staff at the Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University. The primary objective was to enhance the efficiency of workload data collection and processing for support personnel, who play a crucial role in supporting the faculty's core missions. Previously, Microsoft Excel was used for data entry, which posed limitations in terms of convenience, accuracy, and data management. Therefore, a custom information system was developed following the Software Development Life Cycle (SDLC) under the Agile methodology. The resulting web-based application, developed using PHP, included functions for entering workload data, calculating scores according to the specific evaluation criteria of the faculty, enabling supervisors to verify the information, and displaying overall performance summaries to support systematic human resource management. To assess the system, a satisfaction survey was conducted among 49 support staff and 13 administrators responsible for performance evaluations. Data were analyzed



using descriptive statistics, including mean and standard deviation. The results indicated that overall satisfaction among support staff was at the highest level ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.65), with the highest ratings given to the aesthetics of the user interface and the appropriateness of font usage ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.48). Similarly, administrators rated the system at the highest level overall ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.45), with the same attributes receiving the highest scores. These findings demonstrate the system's effectiveness in addressing user needs and its potential for broader implementation to improve workload management among support personnel in higher education institutions.

Keywords: workload management, system development, support staff, user satisfaction

บทนำ

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นสถาบันการศึกษาที่จัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ โดยปัจจุบันมีบุคลากรสายสนับสนุนจำนวน 49 คน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนภารกิจหลักของคณะ เช่น การจัดการเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการ และบริการสุขภาพ บุคลากรเหล่านี้ต้องจัดการกับภาระงานที่หลากหลายและซับซ้อน ไม่ว่าจะเป็นงานด้านเอกสาร การจัดทำรายงาน การประสานงานระหว่างหน่วยงาน และการติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาในการปฏิบัติงานค่อนข้างมาก นอกจากนี้ การประเมินภาระงานยังเป็นขั้นตอนสำคัญที่นำไปสู่การพิจารณาความดีความชอบประจำปีของบุคลากร โดยคณะสหเวชศาสตร์ได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาภาระงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การประเมินผลการปฏิบัติงานตามรายละเอียดของความรับผิดชอบตามหน้าที่ (Job Description) การประเมินภาระงานด้านนวัตกรรมและการพัฒนา และการประเมินพฤติกรรม ซึ่งทั้งหมดเป็นตัวชี้วัดรายบุคคล การประเมินดังกล่าวจะดำเนินการปีละ 2 ครั้ง โดยบุคลากรต้องกรอกข้อมูลภาระงานในแต่ละรอบและส่งให้หน่วยบุคคลเพื่อตรวจสอบและจัดทำผลการประเมินตามเกณฑ์ ที่ผ่านมาทางคณะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเช่น Microsoft Excel เก็บข้อมูลและช่วยการคำนวณ ซึ่งแม้จะเป็นเครื่องมือที่สามารถเก็บข้อมูลและคำนวณได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านการใช้งาน ความสะดวก และความแม่นยำ โดยเฉพาะเมื่อมีการคำนวณตัวเลขหรือข้อมูลที่ซับซ้อน ทำให้เกิดปัญหาในการบริหารจัดการภาระงานและประเมินผลจากปัญหาที่กล่าวมา และการสืบค้นข้อมูลย้อนหลัง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ของไกรสร สว่างศรี (2559) และกฤษณ์ชัย วัฒนคุปต์ (2551) ได้แสดงให้เห็นถึงข้อดีของการใช้ระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บแฟ้มสะสมงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูลบุคลากรในหน่วยงานการศึกษา คณะสหเวชศาสตร์จึงมีแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลภาระงานอย่างเป็นระบบ โดยใช้แนวคิดการพัฒนาระบบตามหลัก Software Development Life Cycle (SDLC) ภายใต้กรอบ Agile (Trunkett, 2020; Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2015) โดยโปรแกรมดังกล่าวจะช่วยให้บุคลากรสายสนับสนุนสามารถกรอกและสะสมข้อมูลภาระงานได้ตลอดเวลา มีระบบติดตามการส่งข้อมูลภาระงานไปยังผู้บังคับบัญชา พร้อมทั้งคำนวณคะแนนภาระงานตามเกณฑ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและสะดวก



นอกจากนี้ ผู้บริหารสามารถเข้าถึงข้อมูลภาพรวมของภาระงานและคะแนนได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการวางแผนพัฒนาศักยภาพบุคคลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมกรอกภาระงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สามารถสะสมภาระงานได้ตลอดเวลา มีระบบติดตาม (tracking) การส่งภาระงาน และสามารถให้ผู้บริหารพิจารณาภาพรวมได้
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของบุคลากรสายสนับสนุนในการใช้งานโปรแกรมกรอกภาระงาน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ (Hardware)
 - 1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Lenovo รุ่น V50a-22IMB
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software)
 - 2.1 ระบบปฏิบัติการ Windows
 - 2.2 แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ Apache 2.4.54
 - 2.3 ระบบจัดการฐานข้อมูล phpMyAdmin Version 5.2.0
 - 2.4 โปรแกรม Visual Studio Code
3. ภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer Language)
 - 3.1 ภาษา PHP
 - 3.2 ภาษา HTML
 - 3.3 ภาษา JavaScript
 - 3.4 ภาษา SQL
4. แบบประเมินความพึงพอใจจากการใช้งาน (สำหรับบุคลากรสายสนับสนุนและผู้บริหาร)

วิธีดำเนินการวิจัย

เทคนิคและวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมกรอกข้อมูลภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรสายสนับสนุน และประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แนวทางการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามกระบวนการ Software Development Life Cycle (SDLC) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการพัฒนาโปรแกรม (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2015) ในรูปแบบแนวคิดของ Agile Development Methodology เพื่อให้สามารถปรับปรุงและพัฒนาาระบบได้อย่างยืดหยุ่น โดยเน้นการแบ่งการทำงานเป็นรอบสั้น ๆ และการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้งานในกระบวนการพัฒนา (Trunkett, 2020) ซึ่งส่งผลให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริงและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น



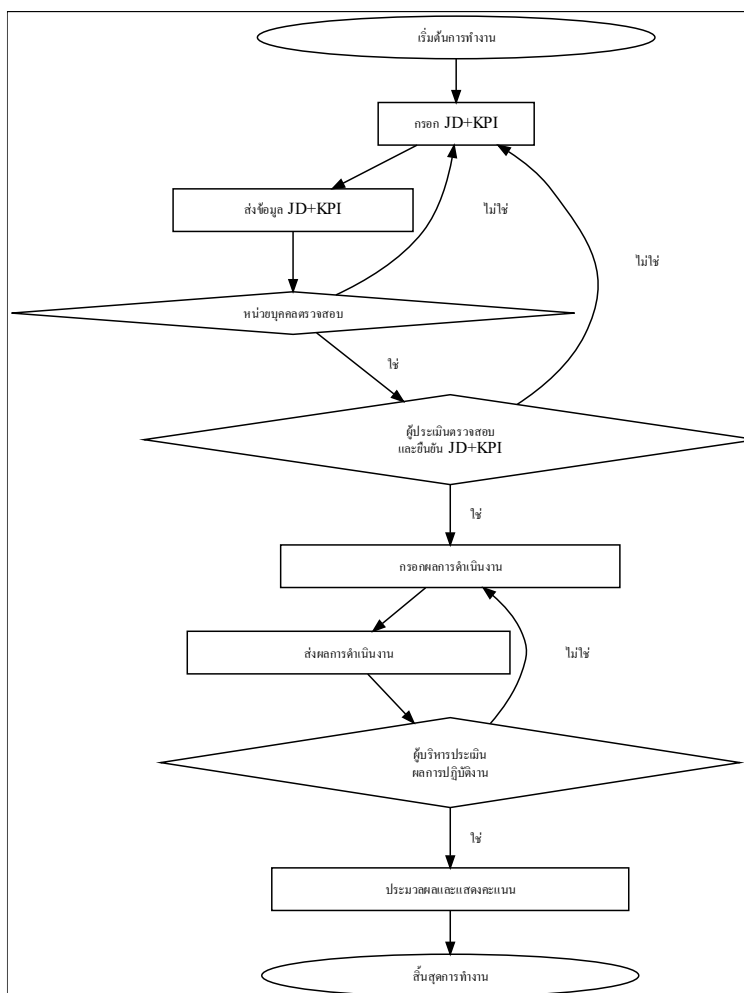
กระบวนการ SDLC ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis): ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ความต้องการของบุคลากรสายสนับสนุนและผู้บริหารที่เกี่ยวข้องกับการกรอกและตรวจสอบภาระงาน โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่มกับบุคลากรสายสนับสนุน หน่วยบุคคลและผู้บริหารที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน เพื่อกำหนดฟังก์ชันหลักที่จำเป็นในระบบ และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเกณฑ์การประเมินภาระงานปัจจุบันของบุคลากร โดยอาศัยประกาศเรื่องเกณฑ์ภาระงานของบุคลากรสายสนับสนุนเพื่อออกแบบโปรแกรม
2. การออกแบบระบบ (System Design): นำข้อมูลความต้องการมาวิเคราะห์และออกแบบทั้งในส่วนของการสร้างฐานข้อมูล (Database Design) และอินเทอร์เฟซผู้ใช้งาน (User Interface Design) โดยออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยคำนึงถึงความสะดวกในการกรอกข้อมูล การสะสมภาระงาน และการติดตามสถานะของการกรอกภาระงาน
3. การพัฒนาระบบ (System Development): ทำการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันที่รองรับการใช้งานหลายอุปกรณ์ โดยใช้ภาษา PHP, JavaScript, HTML ทำงานแสดงผลร่วมกับ CSS, bootstrap และมีระบบคำนวณคะแนนภาระงานอัตโนมัติตามเกณฑ์ที่กำหนด
4. การทดสอบระบบ (System Testing): ทดสอบการทำงานของระบบโดยร่วมกับหน่วยบุคคล ตรวจสอบความถูกต้องของระบบ คะแนนต่าง ๆ ตามเกณฑ์ประกาศเรื่องเกณฑ์ภาระงานของบุคลากรสายสนับสนุน เพื่อประเมินความถูกต้อง ความเสถียร และความสอดคล้องกับความต้องการ
5. การใช้งานจริง (Implementation): นำระบบเข้าสู่การใช้งานจริงภายในคณะสหเวชศาสตร์ โดยมีการอบรมผู้ใช้งานเบื้องต้นและเปิดให้ใช้ระบบในรอบการประเมินภาระงาน
6. การประเมินผล (Evaluation): ประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้แบบสอบถามวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ระบบ ได้แก่ บุคลากรสายสนับสนุนจำนวน 49 คน และผู้บริหารที่มีส่วนการประเมิน จำนวน 13 คน

การพัฒนาโปรแกรมกรอกข้อมูลภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรสายสนับสนุน และประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในเชิงการใช้งานจริงโดยแบ่งกระบวนการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1: การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ดำเนินการเก็บข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานผ่านการสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่มกับบุคลากรสายสนับสนุน หน่วยบุคคลและผู้บริหารที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน เพื่อระบุปัญหาในกระบวนการจัดการภาระงานปัจจุบัน และกำหนดคุณลักษณะและฟังก์ชันของโปรแกรม จากนั้นจึงดำเนินการออกแบบระบบ โดยใช้แนวทางของกระบวนการ Software Development Life Cycle (SDLC) ได้แก่ การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) การออกแบบฐานข้อมูลและส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI/UX Design) และกำหนดเกณฑ์การประเมินผลที่สอดคล้องกับเกณฑ์ภาระงานของคณะสหเวชศาสตร์



รูปที่ 1 ภาพ Flowchart แสดงขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมกรอกข้อมูลภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรสายสนับสนุน

ระยะที่ 2: การพัฒนาและทดสอบระบบ

ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมด้วยเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน (Web-based Application) โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับระบบงานภายใน โดยใช้ภาษา PHP, JavaScript, HTML ทำงานแสดงผลร่วมกับ CSS, bootstrap จากนั้นทำการทดสอบความถูกต้องของระบบ พร้อมทั้งให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานจริงภายใต้บริบทการปฏิบัติงาน และจัดเก็บข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงโปรแกรมให้มีเสถียรภาพและตรงความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด

ระยะที่ 3: การประเมินความพึงพอใจ

ดำเนินการเก็บข้อมูลจากบุคลากรสายสนับสนุนที่ใช้ระบบจริง โดยแบ่งเป็น บุคลากรสายสนับสนุนจำนวน 49 คน และผู้บริหารที่มีส่วนการประเมิน จำนวน 13 คน โดยใช้แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นจากกรอบการประเมินความพึงพอใจด้านคุณภาพของระบบ (เช่น ความง่ายในการใช้งาน ความแม่นยำ ความสะดวก และความพึงพอใจโดยรวม)

ผลที่ได้จากการประเมินทั้งด้านเชิงปริมาณ (แบบสอบถาม Likert Scale) เป็นเครื่องมือวัดเชิงปริมาณที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานวิจัย โดยใช้วัดทัศนคติ ความคิดเห็น หรือความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อประเด็นใดประเด็นหนึ่ง โดยมีลักษณะเป็นมาตราตอบแบบเรียงลำดับที่มีระดับตั้งแต่ “พึงพอใจมาก” ถึง “ไม่พึงพอใจเลย” ทำให้สามารถแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพไปสู่การวิเคราะห์เชิงปริมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ Safesiri (2018) อธิบายว่า Likert Scale มีข้อดีในการช่วยสะท้อนทัศนคติของผู้ตอบในมิติต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และสามารถ



ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อแสดงแนวโน้มของข้อมูลได้ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้มาตรวัดลิเคิร์ต ระดับ 5 เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น และเชิงคุณภาพ (ข้อเสนอแนะปลายเปิด) ที่จะนำไปใช้เพื่อปรับปรุงโปรแกรมและเป็นแนวทางในการขยายผลสู่หน่วยงานอื่นในอนาคต

ผลการศึกษา

ผลการวิจัยฉบับนี้นำไปสู่การสังเคราะห์ผลลัพธ์ใน 2 ด้านหลัก ดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมการออกภาระงานออนไลน์

จากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน พบว่าปัญหาหลักของระบบเดิมคือความยุ่งยากในการจัดเก็บข้อมูล ความถูกต้องของข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของคะแนนประเมินของแต่ละบุคคลที่หน่วยบุคคลต้องดำเนินการตรวจสอบมีจำนวนมากทำให้ใช้ระยะเวลานาน และขาดระบบติดตามความก้าวหน้าของข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับหัวหน้างาน ซึ่งนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมใหม่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีฟังก์ชันสำคัญ ได้แก่

- ข้อความแสดงสถานะ
- การกรอกข้อมูลภาระงานรายกิจกรรม
- การคำนวณคะแนนอัตโนมัติตามเกณฑ์ของคณะ
- การส่งข้อมูลไปยังผู้บังคับบัญชาเพื่อพิจารณา
- การแสดงผลข้อมูลภาพรวมรายบุคคลและภาพรวมของหน่วยงาน

ผลจากการทดลองใช้งานจริงแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบ มีเสถียรภาพ และมีการตอบสนองที่รวดเร็ว รองรับการใช้งานในอุปกรณ์หลากหลายประเภท งานบุคคลสามารถเห็นคะแนนได้แบบทันที และสามารถรวบรวมสรุปผลโดยใช้เวลาที่รวดเร็วขึ้น

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

หลังจากการใช้งานโปรแกรม ทางผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลความพึงพอใจจากแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบการออกภาระงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน (สำหรับบุคลากรสายสนับสนุนเป็นผู้ตอบ) และแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบการออกภาระงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน (สำหรับผู้บริหารเป็นผู้ตอบ) ผ่านการวัดประสิทธิภาพของแบบประเมินความพึงพอใจด้วยค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) จากผู้บริหารภายในคณะสหเวชศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน โดยค่า IOC แต่ละข้อคำถามมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.67 (วีระยุทธ พรพจน์ธนาต, 2565) สถิติที่ใช้ในการประเมินผลข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจากการตอบแบบประเมินผลสรุปการประเมินสำหรับบุคลากรสายสนับสนุนเป็นผู้ตอบได้ดังในตารางที่ 1 และสำหรับผู้บริหารเป็นผู้ตอบดังในตารางที่ 2



ผลสรุปการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบการรอกภาระงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน (สำหรับบุคลากรสายสนับสนุนเป็นผู้ตอบ) มีบุคลากรสายสนับสนุนที่เข้าเกณฑ์การตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 49 คน และมีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 37 คน แสดงรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจ (สำหรับบุคลากรสายสนับสนุนเป็นผู้ตอบ)

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. การออกแบบหน้าจอมีความสวยงาม	4.65	0.48	มากที่สุด
2. การใช้รูปแบบอักษร (Font) และขนาดมีความเหมาะสม	4.65	0.48	มากที่สุด
3. การใช้โทนสีโดยภาพรวมมีความเหมาะสม	4.62	0.55	มากที่สุด
4. การจัดวางองค์ประกอบมีความเหมาะสม	4.57	0.55	มากที่สุด
5. การจัดหมวดหมู่รายการมีความเหมาะสม	4.54	0.61	มากที่สุด
6. เมนูในการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.51	0.61	มากที่สุด
7. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย	4.51	0.61	มากที่สุด
8. โปรแกรมตรงตามความต้องการใช้งาน	4.49	0.69	มาก
9. มีการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล และการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม	4.59	0.64	มากที่สุด
10. ช่องทางการติดต่อสอบถามและให้ข้อเสนอแนะมีความเหมาะสม	4.46	0.77	มาก
11. การอธิบายขั้นตอนการใช้งาน ทำให้เข้าใจง่าย	4.43	0.69	มาก
12. ภาพประกอบของคู่มือ มีความเหมาะสมเชื่อมโยงกับเนื้อหา	4.32	0.78	มาก
13. มีคำอธิบาย และแนวทางการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเบื้องต้น	4.32	0.82	มาก
14. แสดงผลข้อมูลผลการทำงาน/ปฏิบัติงาน ได้ถูกต้อง	4.49	0.73	มาก
15. เป็นประโยชน์ต่อการนำเสนอผลการทำงาน/ปฏิบัติงาน ตลอดปี	4.59	0.69	มากที่สุด
16. ความเร็วในการแสดงผล บันทึก ปรับปรุงข้อมูล	4.54	0.73	มากที่สุด
ภาพรวม	4.51	0.65	มากที่สุด

แสดงรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจ สำหรับบุคลากรสายสนับสนุนเป็นผู้ตอบ

จากตารางที่ 1 พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.65) เมื่อพิจารณารายข้อ รายการที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ความสวยงามของการออกแบบหน้าจอ และความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.48) รองลงมาคือการใช้โทนสีโดยภาพรวมมีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.55) ขณะที่รายการที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ ภาพประกอบของคู่มือ มีความเหมาะสมเชื่อมโยงกับเนื้อหา ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.78) ได้รับการประเมินในระดับ “มาก” แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการออกแบบและการใช้งานระบบ

ส่วนของผลสรุปการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบการรอกภาระงานสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน (สำหรับผู้บริหารเป็นผู้ตอบ) ทางคณะสหเวชศาสตร์มีผู้บริหารที่เข้าเกณฑ์การตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 13 คน และมีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 6 คน แสดงรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจ (สำหรับผู้บริหารเป็นผู้ตอบ)

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. การออกแบบหน้าจอมีความสวยงาม	4.33	0.52	มาก
2. การใช้รูปแบบอักษร (Font) และขนาดมีความเหมาะสม	4.67	0.52	มากที่สุด
3. การใช้โทนสีโดยภาพรวมมีความเหมาะสม	4.50	0.55	มากที่สุด
4. การจัดวางองค์ประกอบมีความเหมาะสม	4.67	0.52	มากที่สุด
5. การจัดหมวดหมู่รายการมีความเหมาะสม	4.67	0.52	มากที่สุด
6. เมนูในการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.57	0.52	มากที่สุด
7. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย	5	0	มากที่สุด
8. โปรแกรมตรงตามความต้องการใช้งาน	4.50	0.55	มากที่สุด
9. มีการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล และการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม	5	0	มากที่สุด
10. ช่องทางการติดต่อสอบถามและให้ข้อเสนอแนะมีความเหมาะสม	4	0.63	มาก
11. การอธิบายขั้นตอนการใช้งาน ทำให้เข้าใจง่าย	4.33	0.52	มาก
12. ภาพประกอบของคู่มือ มีความเหมาะสมเชื่อมโยงกับเนื้อหา	4.17	0.41	มาก
13. มีคำอธิบาย และแนวทางการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเบื้องต้น	4.17	0.41	มาก
14. โปรแกรมสามารถช่วยลดระยะเวลาทำงานเมื่อเทียบกับวิธีการเดิม	4.67	0.52	มากที่สุด
15. มีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว	4.67	0.52	มากที่สุด
16. โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบ	4.33	0.52	มาก
17. โปรแกรมช่วยในการติดตามการส่งภาระงานได้	4.83	0.41	มากที่สุด
ภาพรวม	4.53	0.45	มากที่สุด

แสดงรายละเอียดผลการประเมินความพึงพอใจ สำหรับผู้บริหารเป็นผู้ตอบ

ซึ่งจากตารางที่ 2 จากการประเมินของผู้บริหาร พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณารายข้อรายการที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนเหมาะสมทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย และมีการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล และการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม ($\bar{X} = 5$, S.D. = 0) รองลงมาคือโปรแกรมช่วยในการติดตามการส่งภาระงานได้ ($\bar{X} = 4.83$, S.D. = 0.41) ขณะที่รายการที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ ช่องทางการติดต่อสอบถามและให้ข้อเสนอแนะมีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4$, S.D. = 0.63) ได้รับการประเมินในระดับ “มาก” แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการออกแบบและการใช้งานระบบ

จากการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นร่วมกับหน่วยบุคคลของคณะสหเวชศาสตร์ สิ่งที่เห็นได้ชัดคือการลดขั้นตอนและระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลเพื่อรายงานต่อคณะกรรมการประจำคณะสหเวชศาสตร์ ส่วนบุคลากรสายสนับสนุนจะสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังและคะแนนของแต่ละรอบการประเมินของตนเองได้ รวมทั้งมีข้อเสนอแนะแบบแยกรายข้อจากผู้บริหารในกรณีที่คะแนนข้อนั้นต่ำ แสดงให้บุคลากรสายสนับสนุนทราบเพื่อนำมาเปรียบเทียบ และปรับปรุงการดำเนินงานของตนเองเพื่อให้สอดคล้องกับหลังเกณฑ์การประเมินของทางคณะสหเวชศาสตร์ต่อไป

แม้ว่าระบบปัจจุบันจะตอบสนองต่อเกณฑ์การประเมินที่ใช้อยู่ในขณะนี้ได้ดี แต่เนื่องจากตัวชี้วัดและเกณฑ์อาจมีการปรับเปลี่ยนในอนาคต จึงควรออกแบบระบบให้มีความยืดหยุ่นสูง เช่น การกำหนดค่าตัวแปร ตัวชี้วัด และน้ำหนักคะแนนแบบ Dynamic เพื่อให้สามารถปรับปรุงได้โดยไม่ต้องพัฒนาโปรแกรมใหม่ในแต่ละครั้ง



อภิปรายผลการศึกษา

โปรแกรมการออกภาระงานออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านความสะดวก ความถูกต้องในการประเมิน และความสามารถในการติดตามข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ DeLone and McLean (2003) ที่เสนอว่า ปัจจัยความสำเร็จของระบบสารสนเทศขึ้นอยู่กับคุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ แนวทางการพัฒนาโปรแกรมยังใช้กรอบแนวคิดของ Software Development Life Cycle (SDLC) ภายใต้ Agile Methodology ที่เน้นการทำงานแบบ Iterative และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pressman and Maxim (2020) ที่กล่าวถึงแนวทางการออกแบบระบบโดยยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง ว่าสามารถเพิ่มคุณภาพของระบบและระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังสะท้อนหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เน้นการวิเคราะห์ความต้องการและการพัฒนาระบบตามบริบทของผู้ใช้งานอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญที่ได้รับการเสนอโดย Sommerville (2015) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น เช่น งานของจุฑามาศ บุญเกื้อ และปณิธิย์ ทองสกุล (2565) ซึ่งพัฒนาโปรแกรมในลักษณะเดียวกันสำหรับหน่วยงานภาครัฐ พบว่าระบบที่เน้นการติดตามและการวิเคราะห์ภาพรวมภาระงานแบบเรียลไทม์สามารถเพิ่มความโปร่งใสและสนับสนุนการวางแผนพัฒนาบุคลากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับที่งานวิจัยนี้แสดงผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกัน

ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานระบบของบุคลากรสายสนับสนุนภาพรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.65) และผู้บริหารภาพรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.45) จากผลการประเมินมีการตอบรับที่ดีในการใช้งานระบบ เป็นเครื่องมือที่เข้ามาช่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถจัดการข้อมูลภาระงานได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของไกรสร สว่างศรี (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่องระบบเพิ่มประสิทธิภาพอิเล็กทรอนิกส์ของอาจารย์คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และของกฤษณ์ชัย วัฒนคุปต์ (2551) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องระบบฐานข้อมูลเพิ่มประสิทธิภาพอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัยในอนาคต อาจพิจารณาการขยายผลกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมหน่วยงานอื่น ๆ นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงระบบ รวมถึงการบูรณาการระบบให้สามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการภาระงานแบบองค์รวม

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มความถูกต้องในการคำนวณคะแนนภาระงาน สร้างความโปร่งใสในการประเมินผล และการแสดงผลข้อมูลภาพรวมในลักษณะที่สนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลอย่างเป็นระบบ จากการทำงานประสานกับหน่วยบุคคลของคณะสหเวชศาสตร์ สิ่งที่เห็นได้ชัดคือการลดขั้นตอนการทำงาน ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลเพื่อรายงานต่อคณะกรรมการประจำคณะสหเวชศาสตร์ จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานสายสนับสนุนจำนวน 37 คน ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.65) และผู้บริหารจำนวน 6 คน ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ “มากที่สุด” ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.45) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพและความคุ้มค่าในการพัฒนาระบบขององค์กรเพื่อนำมาใช้งานอย่างยั่งยืน



ข้อเสนอแนะ

แม้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อการใช้งานในบริบทปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเกณฑ์การประเมินภาระงานของบุคลากรสายสนับสนุนมีลักษณะเฉพาะและอาจมีความแตกต่างกันตามลักษณะของหน่วยงาน ตลอดจนมีแนวโน้มที่จะมีการปรับปรุงเกณฑ์หรือตัวชี้วัดในการประเมินในอนาคต ดังนั้น จึงควรมีการเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างของระบบให้สามารถปรับแก้ไขและพัฒนาเพิ่มเติมได้อย่างยืดหยุ่น เพื่อให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของเกณฑ์การประเมินในรอบถัดไปได้อย่างทันทั่วทั้งที่ ทั้งนี้ ผู้ดูแลระบบควรมีแนวทางดำเนินการวางแผนการปรับปรุงระบบอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถคงไว้ซึ่งความเหมาะสมของระบบในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวิฑู สุขเพ็ญ อาจารย์ที่ปรึกษา สำหรับการสนับสนุนและให้คำแนะนำที่ทรงคุณค่าตลอดกระบวนการวิจัย รวมถึงนายอรรถพล เทียมแก้ว ที่ให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนบุคลากรและผู้บริหาร คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ยิ่ง ที่มีสำคัญต่อความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณ์ชัย วัฒนคุปต์. (2551). ระบบฐานข้อมูลแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ [การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาโทบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ไกรสร สว่างศรี. (2559). ระบบแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ของอาจารย์คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิครั้งที่1. (น.317-323). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- จุฑามาศ บุญเกิด, และปานทิพย์ ทองสกุล. (2565). การประเมินความพึงพอใจและความคุ้มค่าในการใช้โปรแกรมจัดการข้อมูลภาระงานในองค์กรภาครัฐ. วารสารวิจัยการบริหารจัดการ, 20(4), 67-80.
- วีระยุทธ พรพจน์ธนาศ. (2565). การศึกษาเปรียบเทียบการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยด้วยเทคนิค IOC, CVR และ CVI. รัฐศาสตรบัณฑิต, 28(1), 1-15. <https://doi.org/10.14456/rilj.2022.8>
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30.
- Safesiri. (2018). *Likert Scale คืออะไร? (มาตรวัดของลิเคิร์ท)*. Greedisgood. <https://greedisgoods.com/likert-scale-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Sommerville, I. (2015). *Software engineering* (10th ed.). Pearson.
- Trunkett, O. (2020, August 27). *SDLC methodologies: From Waterfall to Agile*. Virtasant. <https://www.virtasant.com/blog/sdlc-methodologies>



**การพัฒนาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร
วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
ขวัญยานันท์ มากเหลือธัญวุฒิ^{1,*} และ ธัญวรัตน์ โสภางค์²**

**Development of a Personnel Performance Evaluation System
at the School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University**

Khwanyanan Maklueathanyawut^{1,*} and Thanwarat Sopawang²

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

²คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

¹School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: sangdeanm@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี (2) ศึกษาประสิทธิภาพระบบประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร และ (3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร การพัฒนาระบบอ้างอิงทฤษฎีวงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle) เป็นแนวทางการพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย (1) แพลตฟอร์ม Google Workspace for Education เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ (2) แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพของระบบ และ (3) แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลความพึงพอใจการใช้งานระบบ กลุ่มเป้าหมายคือบุคลากรสายวิชาการ จำนวน 14 คน และบุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 15 คน รวมทั้งสิ้น 29 คน ซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบโดยตรง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า (1) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี ได้ระบบประเมินผลการปฏิบัติงาน 1 ระบบ ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานที่สามารถจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผล และแสดงผลข้อมูลในลักษณะภาพรวมแดชบอร์ด (Dashboard) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (2) ระบบมีระดับประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ = 88.97, $\mu = 4.45$, $\sigma = 0.55$) และ (3) ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากเช่นกัน (ร้อยละ 89.43, $\mu = 4.50$, $\sigma = 0.60$) สรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงและควรได้รับการขยายผลและพัฒนาต่อยอดในระดับหน่วยงานอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบ การประเมินผลการปฏิบัติงาน Google Workspace for Education SDLC

Abstract

This research aimed to: (1) develop a performance evaluation system for the personnel of the College of Renewable Energy and Smart Grid Technology, (2) study the efficiency of the performance evaluation system, and (3) examine user satisfaction with the system. The system development was based on the System Development Life Cycle (SDLC) methodology. The research instruments included: (1) the Google Workspace for Education platform as a development tool, (2) a questionnaire for collecting data on system efficiency, and (3) a questionnaire for collecting data on user satisfaction. The target group consisted of 29 direct users of the system, comprising 14 academic staff and 15 support staff. Data were analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean, and standard deviation. The study found that: (1) the College of Renewable Energy and Smart Grid Technology developed one performance evaluation system, which includes functions for data storage, analysis, and display in a dashboard format effectively; (2) the system demonstrated a high level of efficiency (Percentage = 88.97%, Mean = 4.45, SD =



0.55); and (3) user satisfaction with the system was also at a high level (Percentage = 89.43%, Mean = 4.50, SD = 0.60). In conclusion, the developed system is suitable for actual use and should be expanded and further developed at the organizational level for sustainable implementation.

Keywords: System, Performance Evaluation, Google Workspace for Education, SDLC

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน องค์การการศึกษา มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรู้และศักยภาพของบุคลากร เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสังคมและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาองค์กร กลยุทธ์ด้านการบริหารทรัพยากรบุคคลขององค์กรที่มีความสำคัญกับการมีส่วนร่วมระหว่างผู้บังคับบัญชากับผู้ปฏิบัติงานและผู้รับบริการคือการประเมินผลการปฏิบัติราชการ เพื่อให้ทราบข้อมูลด้านผลการปฏิบัติราชการและทราบข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาให้ผลการประเมินดีขึ้นจึงนับว่ามีความสำคัญต่อองค์กรและผู้ปฏิบัติงานอย่างยิ่ง สอดคล้องกับบทความวิชาการของ อรรณพ เรืองกัลปวงศ์ และ สราวรรณ เรืองกัลปวงศ์ (2565) ที่ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์บริหารงานทรัพยากรบุคคลในยุค 5.0 ได้สรุปไว้ว่านอกเหนือจากการพัฒนาองค์กรด้วยการกำหนดให้มีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่สอดคล้องกับบริบทของโลกที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว องค์กรจำเป็นต้องกำหนดกลยุทธ์ในงานบริหารทรัพยากรบุคคลโดยวางรากฐานและจัดโครงสร้างองค์กรใหม่ที่เหมาะสมสามารถตอบสนองงานในรูปแบบสมัยใหม่ กลยุทธ์บริหารทรัพยากรบุคคลที่องค์กรควรให้ความสนใจ ได้แก่ แนวคิดรูปแบบการทำงานสมัยใหม่ การขับเคลื่อนการทำงานด้วยข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทำนาย การประยุกต์เทคโนโลยีในงานบริหารบุคคล ทักษะการทำงานที่หลากหลาย การสร้างวัฒนธรรมเห็นอกเห็นใจกัน การสร้างประสบการณ์ทำงานที่สอดคล้องกับรูปแบบการดำเนินชีวิต (lifestyle) และระบบการทำงานที่ยืดหยุ่นตามบุคคล โดยหากองค์กรมีการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของบุคลากรทุกส่วนงาน และยังมีประโยชน์ระยะยาวต่อองค์กรโดยรวมในที่สุด

มหาวิทยาลัยนเรศวร กำหนดแผนยุทธศาสตร์ พ.ศ. 2566–2570 ต้องก้าวไปสู่การเป็นมหาวิทยาลัยเพื่อสังคมของผู้ประกอบการ กำหนด 5 ยุทธศาสตร์ในการขับเคลื่อนองค์กรให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งยุทธศาสตร์ที่ 5 : Sustainability Organization องค์กรที่ยั่งยืน เป้าประสงค์หลักคือ กำกับการทำงานอย่างเป็นระบบ ยั่งยืนมีประสิทธิภาพ โดยมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวก วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่สำคัญ SO10 : Modern HR Management เป้าหมายเชิงกลยุทธ์ 10.1 ปรับระบบสวัสดิการของมหาวิทยาลัยให้เกิดความหลากหลายมากขึ้น โดยให้มีสวัสดิการหลักและสวัสดิการทางเลือก 10.2 นำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่อออนไลน์มาช่วยในการเป็นเครื่องมือบริหารจัดการ 10.3 ปรับปรุงกระบวนการบริหารงานบุคคลใหม่ พร้อมทั้งส่งเสริมให้มีการพัฒนาระบบปฏิบัติการใหม่ที่รวดเร็วและคล่องตัว (มหาวิทยาลัยนเรศวร, กองแผนงาน, 2567)

คณะผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกรียงไกร นามพุทธา และ อมรรรัตน์ หลายโคตร (2558) ได้ศึกษาระบบการประเมินภาระงานของบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์ออนไลน์ พบว่าสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ มี 5 ประการ คือ 1) ความถูกต้อง 2) ความทันต่อการใช้งาน 3) ความสมบูรณ์ได้มาจากการรวบรวมข้อเท็จจริง 4) ความกะทัดรัด และได้ใจความสมบูรณ์ในตัวเอง และ 5) ตรงกับความต้องการและความเข้าใจต่อผู้บริหาร นอกจากนี้ ทศนีย์ เกริกกุลธร และคณะ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีสรรบุรี พบว่า การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรช่วย



ทำให้เกิดการพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลภายใต้แนวคิดการพัฒนางานประจำด้วยกระบวนการวิจัยและนโยบายส่งเสริมพัฒนานวัตกรรมภายใต้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Disruption) ส่งผลให้ระบบสารสนเทศที่ใช้เทคโนโลยีแบบ Real-time ทำให้มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เป็นปัจจุบันประกอบการตัดสินใจของผู้บริหารได้อย่างรวดเร็ว วิทยารินทร์ จอมศรีประเสริฐ และ อลงกรณ์ คูตระกูล (2566) ได้ศึกษาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พบว่าบุคลากรต้องการให้มีการปรับปรุงหลักเกณฑ์และวิธีการประเมินให้มีความโปร่งใสและยุติธรรม ปราศจากอคติส่วนตัวของผู้ประเมิน รวมถึงต้องการให้มีการประเมินผลการปฏิบัติงานแบบ 360 องศา และมีการชี้แจงหลักเกณฑ์อย่างชัดเจนเพื่อให้บุคลากรทุกระดับเข้าใจตรงกัน นอกจากนี้ยังต้องการให้ปรับปรุงแบบฟอร์มการประเมินให้สามารถสะท้อนผลการปฏิบัติงานได้อย่างแท้จริง โดยกำหนดตัวชี้วัดให้มีความชัดเจนเพื่อลดการใช้ดุลยพินิจของผู้ประเมิน อีกทั้งควรมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยจัดการแบบฟอร์มประเมินให้สามารถดำเนินการผ่านระบบออนไลน์ได้ และต้องมีการแจ้งขั้นตอนในการประเมินให้ชัดเจนก่อนการประเมินทุกครั้ง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและยอมรับได้ในกระบวนการประเมินโดยรวม

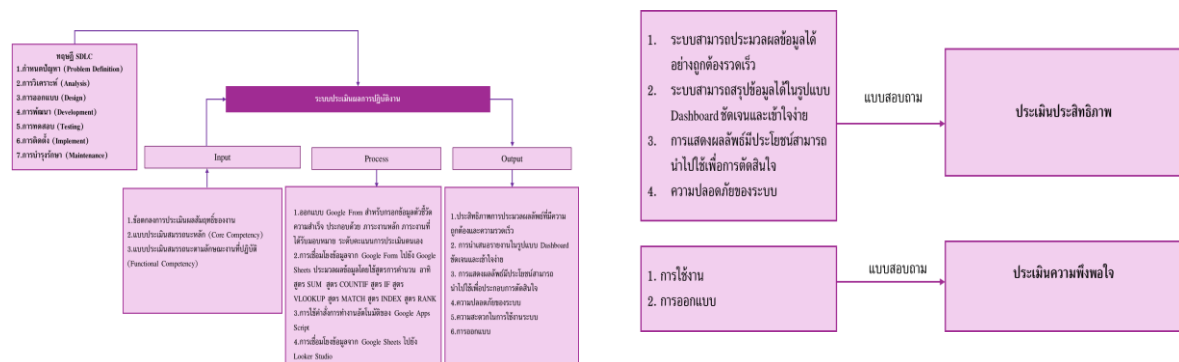
สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า นาริจุติ ศรีแสงฉาย และ สมภรณ์ อินชำนานู (2563) ได้พัฒนาระบบจัดการแข่งขันตอบปัญหากฎหมายแบบออนไลน์ โดยได้นำเทคโนโลยีการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) มาใช้ จุดเด่น คือ ประหยัดงบประมาณ สามารถแบ่งปันการใช้ทรัพยากรให้ได้เป็นจำนวนมาก มีความน่าเชื่อถือ มีความยืดหยุ่นและมีความปลอดภัยสูง พบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดเวลาในการประมวลผลมีอัตราลดลงอยู่ที่ร้อยละ 80 ประหยัดเวลาได้ถึง 5 เท่า ลดข้อผิดพลาดในการคำนวณ ประมวลผลได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวมาข้างต้น เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดการวิจัย เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถประเมินผลได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานจริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจการใช้งานระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการพัฒนาประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร



วัตถุประสงค์และวิธีการ

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ บุคลากร สังกัดวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจึงเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบประเมินผลการปฏิบัติงานโดยตรง จำนวน 29 คน แบ่งเป็นสายวิชาการ จำนวน 14 คน และสายสนับสนุน จำนวน 15 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. แพลตฟอร์ม Google Workspace for Education เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาระบบ
2. แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพของระบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
3. แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลความพึงพอใจการใช้งานระบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

แบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ เกณฑ์การให้คะแนนและแปลผล บุญชม ศรีสะอาด (2560, น.121)

คณะผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมและประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ในการวิจัย (Item-Objective Congruence Index : IOC) ทั้ง 2 แบบสอบถาม มีค่าเท่ากับ 1.00

วิธีการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนากระบวนการ (System Development Life Cycle) เป็นแนวทางการพัฒนาระบบ โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ (2555, น. 26-32) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา (Problem Definition) คณะผู้วิจัยศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร ซึ่งในปัจจุบันได้ประยุกต์ใช้งาน Microsoft Office 365 SharePoint ในการจัดเก็บและส่งออกเอกสารหลักฐานการปฏิบัติงาน จากการศึกษาพบว่าระบบดังกล่าวยังมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการสรุปผลการประเมินให้อยู่ในรูปแบบของสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ของผู้บริหารในการบริหารจัดการภาพรวมขององค์กร

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ (Analysis) คณะผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้จากงานประจำร่วมกับทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร โดยระบบที่จะพัฒนาขึ้นต้องมีคุณสมบัติ 1) ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพ ผู้บริหารสามารถประเมินผลการปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกผ่านอินเทอร์เน็ตต่อผู้ใช้งานพร้อมขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน (2) ประมวลผลรวดเร็ว ระบบสามารถสรุปผลการประเมินได้ทันทีหลังจากการป้อนข้อมูล ช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ผล (3) การแสดงผลที่หลากหลายมีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ด (Dashboard) ซึ่งครอบคลุมทั้ง กราฟ แผนภูมิ หรือตารางเพื่อให้ผู้บริหารสามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ (Design) ในการออกแบบคณะผู้วิจัยได้นำเอกสารและแบบฟอร์มที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน (มหาวิทยาลัยนเรศวร, กองการบริหารงานบุคคล, 2564) มาเป็นกรอบแนวทางในการออกแบบ กำหนดโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ



ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development) หลังจากวิเคราะห์ความต้องการและการออกแบบโดยอ้างอิงจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการประเมินผลการปฏิบัติงาน ในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาวงจรคุณภาพ (PDCA) หรือวงจรเดมมิง สุขสันต์ สุขสงคราม (2564) เป็นแนวทางในการดำเนินการ คณะผู้วิจัยพัฒนาระบบบนแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education เพื่อรองรับกระบวนการดำเนินงานทั้งในด้านการจัดเก็บข้อมูล การประมวลผล และการนำเสนอผลลัพธ์



รูปที่ 2 รูปแสดงแผนผังการไหลของระบบ (System Flowchart)

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบ (Testing) หลังจากพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรในสภาพแวดล้อมจริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความถูกต้องของกระบวนการทำงาน และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

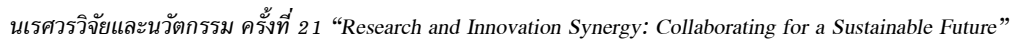
ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้ง (Implement) เมื่อระบบประเมินผลการปฏิบัติงานได้รับการทดสอบและปรับปรุงจนมีความมั่นใจในประสิทธิภาพ ความถูกต้องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานแล้ว จึงดำเนินการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริงในรอบการประเมิน ประจำปีงบประมาณ 2568 (กรกฎาคม 2567 – มิถุนายน 2568) โดยมีการเก็บข้อมูลปัญหาที่อาจเกิดขึ้นตลอดเวลาการใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 7 การบำรุงรักษา (Maintenance) คณะผู้วิจัยมีการติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบตลอดจนความพึงพอใจของผู้ใช้งานและตรวจสอบปัญหาหรือข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงพัฒนา (Improvement) ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ผลการศึกษา

1.ผลการพัฒนาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ระบบประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรที่พัฒนาจากแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education เพื่อใช้ประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร รอบการประเมิน ประจำปีงบประมาณ 2568 (กรกฎาคม 2567 – มิถุนายน 2568) ระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานที่พัฒนามีประสิทธิภาพในการจัดการและนำเสนอสารสนเทศได้หลากหลาย สนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารและการรายงาน

[illegible]



 website HR

 Home

 คู่มือการใช้งานระบบ

 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

 ▾ สถานการณ์ - ขั้นตอนปฏิบัติงาน

 ▾ สถานการณ์ - ขั้นตอนการจ่าย

 ▴ สถานการณ์ - ขั้นตอนการจ่าย

[illegible]

QUESTION

Which of the following is a true statement about the relationship between the two variables?

ANSWERS

A. The variables are not related.

B. The variables are inversely related.

C. The variables are directly related.

D. The variables are not related.

[illegible]

2. ผลการศึกษาประสิทธิของระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและ
สมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

R2R Synergy: Bridging Routine and Research for Sustainability



คิดเห็นอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 89.66, $\mu = 4.48$, $\sigma = 0.57$) และระบบมีความเสถียรและพร้อมใช้งาน ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 86.90, $\mu = 4.34$, $\sigma = 0.61$)

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ระดับความพึงพอใจของบุคลากรที่มีต่อระบบประเมินผลการปฏิบัติงานในภาพรวมอยู่ในระดับความ พึงพอใจมาก (ร้อยละ 89.43, $\mu = 4.50$, $\sigma = 0.60$) และเมื่อแยกเป็นรายด้าน พบว่าระบบมีความง่ายต่อการใช้งาน ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 89.66, $\mu = 4.48$, $\sigma = 0.57$) การออกแบบเมนูง่ายต่อการใช้งานความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 88.28, $\mu = 4.41$, $\sigma = 0.63$) สีสันที่ใช้มีความเหมาะสมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 89.66, $\mu = 4.48$, $\sigma = 0.63$) รูปแบบและขนาดตัวอักษรง่ายต่อการอ่านความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 90.34, $\mu = 4.52$, $\sigma = 0.63$) มีคำอธิบายได้อย่างเหมาะสมความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 92.41, $\mu = 4.62$, $\sigma = 0.56$) และระบบมีฟังก์ชันที่ครอบคลุมตรงความต้องการของผู้ใช้งานความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 86.21, $\mu = 4.46$, $\sigma = 0.58$)

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร มีระบบประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรที่พัฒนาขึ้นใหม่ บนแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education ซึ่งออกแบบและพัฒนาตามกรอบแนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดจากการใช้งานระบบเดิมที่พบว่า (1) การอัปเดตข้อมูลซับซ้อน ผู้ประเมินไม่สามารถเรียกดูข้อมูลได้สะดวก (2) ขาดการแสดงผลข้อมูลภาพรวมในรูปแบบแดชบอร์ด ส่งผลต่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหาร และ (3) การสรุปผลล่าช้า ไม่ทันต่อการใช้งานจริง ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขข้อจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกรียงไกร นามพุทธ และ อมรรัตน์ หลายโคตร (2558) ที่ได้พัฒนาระบบการประเมินภาระงานของบุคลากรในรูปแบบออนไลน์ โดยมุ่งเน้นความสอดคล้องกับระเบียบภายในมหาวิทยาลัยเป็นหลัก ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการจัดเก็บและเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบ ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.95$) แต่งานวิจัยดังกล่าวยังไม่มีกล่าวถึงการนำเสนอผลการประเมินในรูปแบบสารสนเทศ เพื่อให้ผู้บริหารนำข้อมูลไปตัดสินใจ ซึ่งงานวิจัยของคณะผู้วิจัยได้นำเสนอความก้าวหน้าในส่วนนี้อย่างชัดเจน โดยระบบสามารถแสดงผลแบบ Dashboard และอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลเชิงภาพรวมได้ทันที นอกจากนี้งานวิจัยได้ใช้แนวคิด SDLC ในการพัฒนาระบบประเมินผลการปฏิบัติงานนั้น สอดคล้องกับแนวทางงานวิจัยของ ทศนีย์ เกริกกุลธร และคณะ (2561) ที่ใช้ SDLC เป็นกรอบในการพัฒนาเช่นเดียวกัน แต่งานวิจัยดังกล่าว เป็นระบบปิดที่พัฒนาเฉพาะสำหรับองค์กร โดยเน้นการใช้ PHP และ MySQL ในการพัฒนาเว็บไซต์ ในขณะที่ระบบของคณะผู้วิจัยใช้ Google Workspace for Education ซึ่งไม่เพียงแต่ลดภาระในการพัฒนาและดูแลระบบฐานข้อมูล แต่ยังใช้ความสามารถของเทคโนโลยีคลาวด์ของ Google ที่มีความปลอดภัยสูงและรองรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้ระบบมีความยืดหยุ่นและสามารถขยายผลในอนาคตได้ง่ายยิ่งขึ้น สอดคล้องกับนริจติ ศรีแสงฉาย และ ชมาภรณ์ อินชานาญ (2563) ได้เน้นย้ำถึงข้อดีของ SDLC ในการออกแบบระบบที่สามารถประมวลผลแบบทันที (real-time) และมีการเข้าถึงข้อมูลที่สะดวก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ งานวิจัยของ งามภา นัยพัฒนา และคณะ (2558) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงปัญหาของระบบการประเมินแบบเดิมที่ทำให้ผลการประเมินมีความผันแปรสูง งานวิจัยของคณะผู้วิจัยได้ตอบสนองต่อปัญหานี้ด้วยการออกแบบระบบที่มีเกณฑ์การประเมินชัดเจน สอดคล้องกับตัวชี้วัดขององค์กร และสามารถประมวลผลคะแนนได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ซึ่งเป็นอีกหนึ่งจุดแข็งของระบบที่พัฒนาขึ้น ในด้านการ



ใช้แพลตฟอร์ม Google นอกจากนี้งานวิจัยของ เอกชัย แซ่พุ่น และคณะ (2564) ที่พัฒนาชุดฝึกอบรมออนไลน์ผ่าน Google Apps for Education แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแพลตฟอร์มนี้ในการพัฒนาทักษะบุคลากร และผลการวิจัยชี้ว่าผู้มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.32$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของคณะผู้วิจัยที่พบว่าผู้มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.52-4.62$) เช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า Google Workspace for Education เป็นแพลตฟอร์มที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาระบบด้านทรัพยากรบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ แนวโน้มของการบริหารทรัพยากรบุคคลในยุค 5.0 ตามแนวคิดของ อรรณพ เรืองกัลปวงศ์ และ สรวรรณ เรืองกัลปวงศ์ (2565) ที่เน้นการบริหารจัดการข้อมูลด้วยการใช้เทคโนโลยี การวิเคราะห์ข้อมูล และการทำงานแบบยืดหยุ่น ก็สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาระบบของคณะผู้วิจัย ที่ออกแบบระบบให้สามารถแสดงผลภาพรวมในรูปแบบ Dashboard และมีการเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ โดยใช้ประโยชน์จากเครื่องมือของ Google Workspace ที่รองรับการทำงานบนคลาวด์และการทำงานแบบร่วมมือกันในลักษณะเรียลไทม์ อีกทั้งงานวิจัยของวิภากรินทร์ จอมศรีประเสริฐ และ อลงกรณ์ คูตระกูล (2566) ที่เน้นการศึกษาความรู้ ความเข้าใจ ปัญหา และความคาดหวังของผู้ใช้ระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานในองค์กร ได้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการออกแบบระบบที่ตอบโจทย์ผู้ใช้งานจริง ซึ่งผลการวิจัยของผู้วิจัยได้สะท้อนถึงความสำเร็จในด้านนี้ โดยผู้ใช้ระบบแสดงความพึงพอใจในระดับสูงสุดทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความเข้าใจง่าย และความสะดวกในการใช้งาน

กล่าวโดยสรุป งานวิจัยของคณะผู้วิจัยจึงถือว่ามีความโดดเด่นและมีจุดแข็งในหลายด้าน 1) การเลือกใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ บนแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย 2) การยกระดับกระบวนการบริหารทรัพยากรบุคคล โดยเฉพาะด้านการประเมินผลการปฏิบัติงานให้เป็นระบบ โปร่งใสและตรวจสอบได้ 3) ความสามารถของระบบในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหาร 4) การออกแบบระบบที่ตอบโจทย์การใช้งานจริง ทำให้ระบบมีความสะดวกต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยพบจุดอ่อนในการพัฒนาระบบ คือ ระบบขาดความยืดหยุ่นในการรองรับตัวชี้วัดรายบุคคลที่หลากหลาย อีกทั้งหากเปลี่ยนแปลงตัวชี้วัดในแต่ละปี จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อโครงสร้างระบบ ทั้งด้านฐานข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผลข้อมูล แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพงานวิจัย ควรพัฒนาระบบให้สามารถเชื่อมโยงฟังก์ชันการดึงข้อมูลอัตโนมัติจากฐานข้อมูลที่สำคัญของมหาวิทยาลัย รวมถึงการเพิ่มฟังก์ชันการให้ข้อเสนอแนะจากผู้ประเมินในทุกระดับของความสำเร็จ

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้ตอบวัตถุประสงค์การวิจัย 1) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี ได้ระบบการประเมินผลการปฏิบัติงาน 1 ระบบ ที่พัฒนาจากแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานที่สามารถจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผล และแสดงผลข้อมูลในลักษณะภาพรวมแดชบอร์ด (Dashboard) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหาร 2) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบโดยความคิดเห็นจากกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบโดยตรง จำนวน 29 คน พบว่ามีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากในหลายมิติ โดยเฉพาะการแสดงผลที่มีประโยชน์สามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 91.03, $\mu = 4.55$, $\sigma = 0.51$) 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโดยความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบโดยตรง จำนวน 29 คน พบว่า มีความพึงพอใจรูปแบบและขนาดตัวอักษรต่อการอ่านความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 90.34, $\mu = 4.52$, $\sigma = 0.63$) และมีคำอธิบายได้อย่างเหมาะสมความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 92.41, $\mu = 4.62$, $\sigma = 0.56$) จึงสรุปได้ว่าระบบประเมินผลการปฏิบัติงานที่ได้รับการพัฒนามาบนแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education ไม่เพียงแต่ช่วยลดข้อจำกัดของระบบเดิม แต่ยังส่งเสริมการบริหารงานที่มีประสิทธิภาพ ควร



ได้รับการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรในระดับหน่วยงานอย่างยั่งยืน พร้อมทั้งสามารถขยายผลสู่ระดับคณะและมหาวิทยาลัยในอนาคต ยิ่งไปกว่านั้นคือ เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงการนำความรู้ความสามารถที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้พัฒนาตนเองเพิ่มเติมด้านการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานในหน้าที่ประจำด้านการบริหารงานบุคคลของมหาวิทยาลัย ซึ่งนอกจากจะเป็นการพัฒนาตนเองแล้วยังส่งผลต่อการพัฒนาองค์กรให้เกิดความยั่งยืนในยุคการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการปฏิบัติงาน ซึ่งจะทำให้องค์กรอยู่รอดในโลกแห่งความเป็นจริงได้ โดยต้องมีการปรับตัวตลอดจนพัฒนาให้ก้าวทันโลกที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละยุคด้วยนั่นเอง ดังนั้นเป้าหมายหนึ่งของทุกองค์กรก็คือการมุ่ง พัฒนาองค์กร(Organization Development: OD) เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นอยู่ตลอดเวลา แล้วผู้ที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาองค์กรให้ก้าวไปข้างหน้านั้นไม่ใช่เฉพาะแค่ในส่วนของผู้บริหารที่มีวิสัยทัศน์เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงบุคลากรทุกฝ่ายที่รักในการพัฒนาศักยภาพตัวเองให้ดียิ่งขึ้นด้วยนั่นเอง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยในครั้งนี้

ควรรันระบบประเมินผลการปฏิบัติงานที่พัฒนาจากแพลตฟอร์ม Google Workspace for Education ไปพัฒนาต่อยอดเป็นระบบสารสนเทศด้านการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรอย่างเป็นระบบ และดำเนินการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและส่งเสริมให้ทุกคณะ ทุกหน่วยงาน ใช้งานร่วมกันอันจะนำมาซึ่งประโยชน์ด้านการบริหารทรัพยากรบุคคลต่อมหาวิทยาลัยต่อไป โดยอาศัยข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานร่วมกับข้อจำกัดที่พบในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพของระบบ อาทิ การเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติกับฐานข้อมูลของวิทยาลัยฯและมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อสะท้อนผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดรายบุคคล เพิ่มฟังก์ชันการให้ข้อเสนอแนะจากผู้ประเมินในทุกระดับของความสำเร็จ และการพิมพ์แบบสรุปผลการปฏิบัติงานรายบุคคลเพื่อเสนอให้ผู้รับการประเมินลงนามได้ทันที เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยีควรกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จของบุคลากรสายสนับสนุนที่สามารถประเมินผลได้อย่างเป็นรูปธรรมในระดับองค์กร เช่น ตัวชี้วัดเชิงนโยบายและเชิงกลยุทธ์ โดยควรกำหนดตัวชี้วัดให้มีความชัดเจน กระชับ และสามารถนำไปใช้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไป

ผู้บริหารสามารถนำสารสนเทศที่ได้จากงานวิจัยในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ กำหนดทิศทาง วางเป้าหมายและขับเคลื่อนองค์กรให้บรรลุวิสัยทัศน์และพันธกิจได้อย่างเป็นรูปธรรม ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรเน้นศึกษาผลสัมฤทธิ์และประสิทธิภาพของระบบประเมินผลการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบโดยเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งาน รวมถึงประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปปรับปรุงระบบให้เหมาะสมกับบริบทของหน่วยงาน



กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้สามารถดำเนินการได้สำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจาก ผู้อำนวยการ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี ที่ให้โอกาสและสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยสถาบัน ประจำปีงบประมาณ 2568 โดยเฉพาะ รศ.ดร.ประพิศาริ ธนารักษ์ และ ผศ.ดร.จักรกฤษ เต็มฤทธิกุล เป็นที่ปรึกษาให้ คำปรึกษาในการทำวิจัย ตรวจสอบความถูกต้องของผลงานวิจัย ขอขอบคุณ ว่าที่ร้อยเอก ดร.ศักดิ์ชัย เพชรสุวรรณ ที่ ให้คำปรึกษาแนะนำตรวจสอบการใช้เครื่องมือและสถิติการวิจัย ขอขอบคุณ คณะผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม และประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือวิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน ทุกท่านที่เสียสละเวลาให้ความร่วมมือในการทดสอบและประเมินการใช้งานระบบ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณ ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- มหาวิทยาลัยนเรศวร, กองการบริหารงานบุคคล. (2564). *คู่มือการประเมินผลการปฏิบัติงาน กองการบริหารงานบุคคล มหาวิทยาลัยนเรศวร*.
- มหาวิทยาลัยนเรศวร, กองแผนงาน. (2567). *แผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2566–2570*.
- เกรียงไกร นามพุธา และอมรรัตน์ หลายโคตร. (2558). ระบบการประเมินภาระงานของบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์ ออนไลน์. *วารสารสารคาม*, 6(1), 18–31
- ทัศนีย์ เกริกกุลธร, ศักดิ์ธัช ทิพวัฒน์, จันทิมา เขียวแก้ว, ธนัญญ์ สากะสัน, และสุพรรณษา พรหมสุคนธ์. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สระบุรี. *วารสารสมาคมห้องสมุดแห่งประเทศไทย*, 11(2), 61–77
- นาริจุติ ศรีแสงฉาย และชมภารณ์ อินชานาญ. (2563). ระบบจัดการการแข่งขันตอบปัญหากฎหมายแบบออนไลน์. *วารสารวิชาการ ปชมท.*, 9(1), 94–106
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.
- วิภากรินทร์ จอมศรีประเสริฐ และอลงกรณ์ คูตระกูล. (2566). ระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. *Journal of Modern Learning Development*, 8(10), 415–434
- สุขสันต์ สุขสงคราม. (2564). แนวคิดการบริหารแบบวงจรคุณภาพ (PDCA) กับการบริหารแบบพระพุทธศาสนา. *วารสารธรรมวัตร*, 2(1), 40–49
- อรอนพ เรืองกัลปวงศ์ และสราวรรณ เรืองกัลปวงศ์. (2565). กลยุทธ์บริหารงานทรัพยากรบุคคลในยุค 5.0. *วารสารมหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต (JRBAC)*, 17(1), 99–119
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2555). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ*. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- องอาจ นัยพัฒน์, นิภา ศรีไพโรจน์, ดวงใจ สีเขียน, และนพวรรณ ศรีเกตุ. (2558). การพัฒนาชุดฝึกอบรมออนไลน์ เรื่อง การใช้งาน Google Apps for Education สำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหาดใหญ่. *วารสารศรีนครินทร์ วิจัยและพัฒนา*, 7(14), 182–197
- เอกชัย แซ่พุ่น, ชัชวาล ชุมรักษา, และเวที กระโหมงศ์. (2564). การพัฒนาชุดฝึกอบรมออนไลน์ เรื่อง การใช้งาน Google Apps for Education สำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหาดใหญ่. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ (J. Educ. Thaksin Univ)*, 21(2), 68–82



การวิเคราะห์งบประมาณรายรับ-รายจ่าย จากเงินงบประมาณรายได้ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

พัชรินทร์ ฉิมพลี^{1,*}

Analysis of the income-expenditure budget from the revenue budget of the Faculty of Nursing, Naresuan University, for the fiscal years 2017-2021

Phatcharin Chimplee^{1,*}

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Faculty of Nursing, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: Phatcharinc@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประมาณการรายรับ-รายจ่าย จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 คณะพยาบาลศาสตร์ ดำเนินการวิเคราะห์โดยการศึกษาค้นคว้าข้อมูลการการจัดสรรเงินรายได้ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และข้อมูลการเบิกจ่ายงบประมาณจากระบบบัญชีสามมิติของมหาวิทยาลัยนเรศวร และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูลจากผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel วิเคราะห์ข้อมูล คำนวณหาผลรวม ผลต่าง ร้อยละ แสดงผลในรูปแบบตารางและกราฟ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ผลการวิจัยพบว่า 1) รายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับทุกปี ในมีผลต่างระหว่างประมาณการรายรับและรายรับจริงมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 คิดเป็นร้อยละ 16.08 รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2562 คิดเป็นร้อยละ 12.36 2) ประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จำแนกตามกองทุน พบว่า รายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี มีผลต่างมากที่สุดปีงบประมาณ พ.ศ.2563 คิดเป็นร้อยละ 35.92 รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2564 คิดเป็นร้อยละ 31.44 เมื่อจำแนกตามกองทุน พบว่า มีรายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกกองทุน โดยมีกองทุนที่มีประมาณการรายจ่ายมากที่สุด คือ กองทุนเพื่อการศึกษา รองลงมากองทุนวิจัย และกองทุนที่มีรายจ่ายจริงมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา รองลงมากองทุนบริการวิชาการแก่สังคม 3) เปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง พบว่า รายรับจริงมากกว่ารายจ่ายจริงทุกปี รายรับจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รายจ่ายจริงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน และคงเหลือผลต่างรายรับจริง-รายจ่ายจริงมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2564 คิดเป็นร้อยละ 24.84 รองลงมาคือ ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 คิดเป็นร้อยละ 23.64

คำสำคัญ: งบประมาณรายได้ ประมาณการรายรับ ประมาณการรายจ่าย รายรับ รายจ่าย

Abstract

This study aimed to analyze the estimated and actual revenues and expenditures from the revenue budget of the Faculty of Nursing, Naresuan University, during fiscal years 2017 to 2021. The analysis was conducted using data on income allocation from the Faculty of Nursing, budget disbursement information from Naresuan University's three-dimensional accounting system, and related research documents. A data recording form developed by the researcher was used as the research instrument. Data were analyzed using Microsoft Excel to calculate totals, differences, and percentages, with results presented in tables and graphs for a five-year comparative analysis. The findings revealed that (1) actual revenue was lower than estimated revenue in every year, with the largest gap occurring in fiscal year 2020 (16.08%), followed by 2019 (12.36%); (2) actual expenditures were lower than estimated expenditures for all funds and all fiscal years, with the greatest discrepancy in 2020 (35.92%), followed by 2021 (31.44%). The fund with the highest estimated and actual expenditures was the Education Fund, followed by the Research Fund and the Academic Service Fund, respectively; and (3) actual revenue exceeded actual expenditures in every fiscal year. While



actual expenditures remained relatively stable, actual revenue showed an increasing trend. The greatest surplus of actual revenue over actual expenditure was in 2021 (24.84%), followed by 2020 (23.64%). These results provide valuable insights for improving financial planning and effective budget management in higher education institutions.

Keywords: revenue budget, estimated revenue, estimated expenditure, actual revenue, actual expenditure

บทนำ

งบประมาณคือการกำหนดแผนการใช้จ่ายเงินหรือประมาณการรายรับ-รายจ่ายล่วงหน้า การจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งแสดงในรูปตัวเงิน มีระยะเวลาที่กำหนดที่แน่นอน โดยแสดงกิจกรรมหรือโครงการที่จะปฏิบัติ ซึ่งแผนนี้จะรวมถึงการประมาณบริการ โครงการ/กิจกรรม และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตลอดจนทรัพยากรที่จำเป็นในการสนับสนุนให้บรรลุตามแผนที่กำหนดไว้ (สันทัศน์ เพ็ญจันทร์, 2564, น.13) และลักษณะงบประมาณที่ดี จะต้องมัลักษณะของการใช้จ่ายเงินที่คุ้มค่า มีรายละเอียดของการจัดกิจกรรมหรือโครงการที่ชัดเจน ถูกต้อง เชื่อถือได้ มีการจัดสรรงบประมาณตามหลักการพัฒนาที่ดีตามสถานการณ์และความจำเป็น มีการยืดหยุ่นในการบริหารงบประมาณให้มีความคล่องตัว และสามารถตรวจสอบได้เพื่อป้องกันการทุจริต ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเชื่อถือได้ (วิณา ฤทธิ์รักษา, 2564, น.7)

การจัดทำงบประมาณในแต่ละปี คณะพยาบาลศาสตร์ใช้หลักเกณฑ์การจัดสรรเงินงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อจัดทำประมาณการรายรับและประมาณการรายจ่ายตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด มีหลักที่ใช้ในการบริหารจัดการตามพันธกิจหลักของคณะ มีการจัดสรรงบประมาณที่แตกต่างกันในแต่ละปี นอกจากนี้การจัดทำประมาณการรายรับจากเงินงบประมาณรายได้มีความคลาดเคลื่อนจากรายรับที่เกิดขึ้นจริงน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยใช้ข้อมูลจากระบบบัญชีสามมิติ ซึ่งอาจมาจากปลายปัจจัย เช่น จำนวนผู้สมัครเรียนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละปี การลาออกหรือการหยุดเรียนกลางคัน หรือสถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19 นโยบายการลดอัตราค่าคงละเบียน เป็นต้น ส่งผลกระทบต่อส่งผลให้รายรับต่ำกว่างบประมาณที่คาดการณ์ไว้ และสะท้อนถึงปัญหาการบริหารงบประมาณหรือการจัดกิจกรรมทางวิชาการ การวิเคราะห์งบประมาณรายรับ-รายจ่ายอย่างเป็นแบบแผน การวางแผนและการบริหารงบประมาณยังขาดความแม่นยำ อาจนำไปสู่การวางแผนงบประมาณรายจ่ายไม่สอดคล้องกับรายรับจริงที่เกิดขึ้น

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิเคราะห์จึงได้ศึกษาการวิเคราะห์งบประมาณรายรับ-รายจ่าย จากเงินงบประมาณรายได้ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 เพื่อแสดงข้อมูลสารสนเทศอย่างเป็นระบบและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการบริหารและตัดสินใจ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือในการวางแผนและพัฒนการบริหารงบประมาณในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ประมาณการรายรับและรายรับจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564
2. เพื่อวิเคราะห์ประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564
จำแนกตามกองทุน
3. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564



วัตถุประสงค์และวิธีการ

การวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์จากเอกสาร การเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดสรรเงินรายได้ ข้อมูลการเบิกจ่ายงบประมาณจากระบบบัญชีสามมิติของมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลในรูปแบบตารางเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาสําหรับใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามเอกสารงบประมาณรายรับ-รายจ่ายจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 ของคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์งบประมาณ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยรวม ผลต่าง ร้อยละ แสดงในรูปแบบกราฟและตาราง

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลงบประมาณรายรับ-รายจ่าย จากเงินงบประมาณรายได้ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 มีผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า

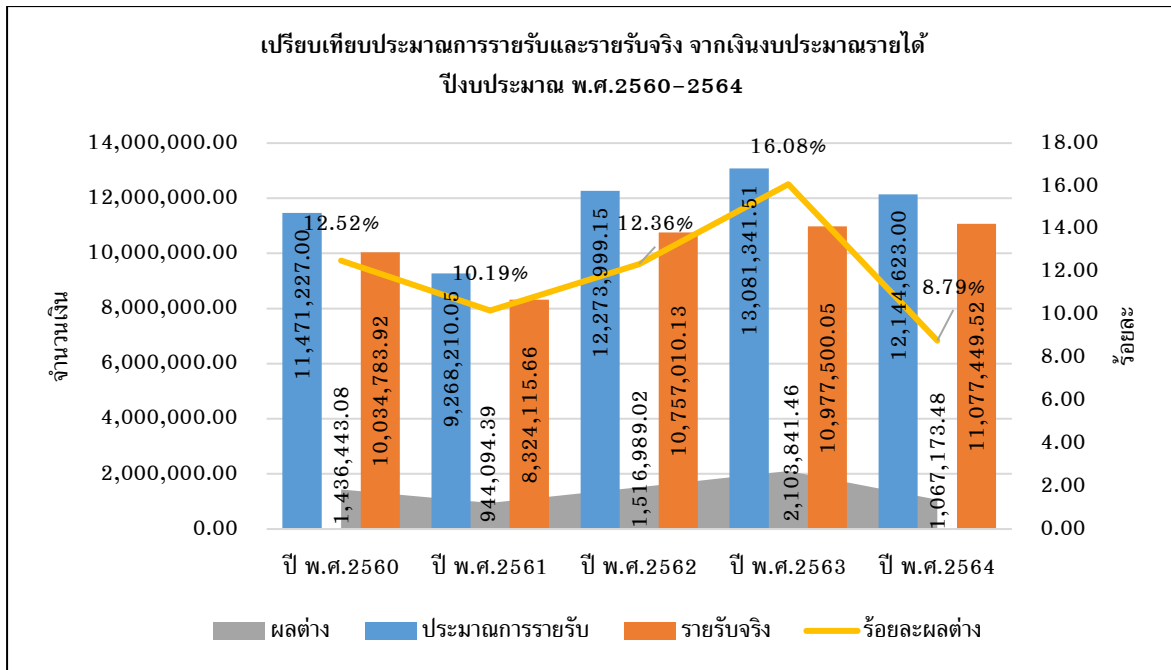
1. การวิเคราะห์ประมาณการประมาณการรายรับและรายรับจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบประมาณการรายรับและรายรับจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

ปีงบประมาณ	ประมาณการรายรับ	รายรับจริง	ผลต่าง	ร้อยละผลต่าง
ปี พ.ศ.2560	11,471,227.00	10,034,783.92	1,436,443.08	12.52
ปี พ.ศ.2561	9,268,210.05	8,324,115.66	944,094.39	10.19
ปี พ.ศ.2562	12,273,999.15	10,757,010.13	1,516,989.02	12.36
ปี พ.ศ.2563	13,081,341.51	10,977,500.05	2,103,841.46	16.08
ปี พ.ศ.2564	12,144,623.00	11,077,449.52	1,067,173.48	8.79
รวม	58,239,400.71	51,170,859.28	51,170,859.28	

จากตารางที่ 1 พบว่า รายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับทุกปี ประมาณการรายรับมากที่สุด คือ ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 13,081,341.51 บาท รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 12,273,999.15 บาท และปีงบประมาณ พ.ศ.2564 จำนวน 12,144,623.00 บาท และมีรายรับจริงมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2564 จำนวน 11,077,449.52 บาท รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 10,977,500.05 บาท และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 10,757,010.13 บาท มีผลต่างประมาณการรายรับและรายรับจริงมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 คิดเป็นร้อยละ 16.08 รองลงมาคือปีงบประมาณ พ.ศ.2560 คิดเป็นร้อยละ 12.52 และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 คิดเป็นร้อยละ 12.36 และมีค่าเฉลี่ยประมาณการรายรับ จำนวน 11,647,880.14 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

สามารถแสดงเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบประมาณการรายรับและรายรับจริง คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปภาพเปรียบเทียบประมาณการรายรับและรายรับจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

2. การวิเคราะห์ประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 จำแนกตามกองทุน เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

ปีงบประมาณ	ประมาณการรายจ่าย	รายจ่ายจริง	ผลต่าง	ร้อยละผลต่าง
ปี พ.ศ.2560	11,471,227.00	8,531,686.88	2,939,540.12	25.63
ปี พ.ศ.2561	9,268,210.05	7,247,494.39	2,020,715.66	21.8
ปี พ.ศ.2562	12,273,999.15	8,645,161.40	3,628,837.75	29.57
ปี พ.ศ.2563	13,081,341.51	8,382,373.88	4,698,967.63	35.92
ปี พ.ศ.2564	12,144,623.00	8,326,072.66	3,818,550.34	31.44
รวม	58,239,400.71	41,132,789.21	17,106,611.50	

จากตารางที่ 2 พบว่า มีรายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี และมีผลต่างประมาณการรายจ่ายกับรายจ่ายจริงมากที่สุด คือ ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 4,698,967.63 บาท คิดเป็นร้อยละ 35.92 รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2564 จำนวน 3,818,550.34 บาท คิดเป็นร้อยละ 31.44 และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 3,628,837.75 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.57 ตามลำดับ



การเปรียบเทียบประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 จำแนกตามกองทุน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบประมาณการรายจ่ายจากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 จำแนกตามกองทุน

ปีงบประมาณ	กองทุน/ประมาณการรายจ่าย					
	เพื่อการศึกษา	วิจัย	บริการวิชาการฯ	กิจการนิสิต	ทำนุบำรุงฯ	สินทรัพย์ถาวร
ปี พ.ศ.2560	8,158,122.00	45,000.00	2,932,232.00	157,873.00	65,000.00	113,000.00
ปี พ.ศ.2561	8,761,259.05	45,000.00	166,000.00	172,726.00	92,725.00	30,500.00
ปี พ.ศ.2562	10,232,805.15	1,682,900.00	24,000.00	158,000.00	96,994.00	79,300.00
ปี พ.ศ.2563	10,380,179.51	2,032,900.00	49,000.00	231,262.00	108,000.00	220,000.00
ปี พ.ศ.2564	10,164,441.00	1,474,300.00	64,500.00	249,633.00	78,000.00	103,749.00
รวม	47,696,806.71	5,280,100.00	3,235,732.00	969,494.00	440,719.00	546,549.00
ร้อยละ	82.00	9.08	5.56	1.67	0.76	0.94

จากตารางที่ 3 พบว่า มีรายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี ประมาณการรายจ่ายมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 82.00 รองลงมาคือกองทุนวิจัย คิดเป็นร้อยละ 9.08 และกองทุนบริการวิชาการแก่สังคม คิดเป็นร้อยละ 5.56 มีรายจ่ายจริงมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 85.05 รองลงมาคือกองทุนบริการวิชาการแก่สังคม คิดเป็นร้อยละ 6.92 และกองทุนวิจัย คิดเป็นร้อยละ 4.97 ดังตารางที่ 4

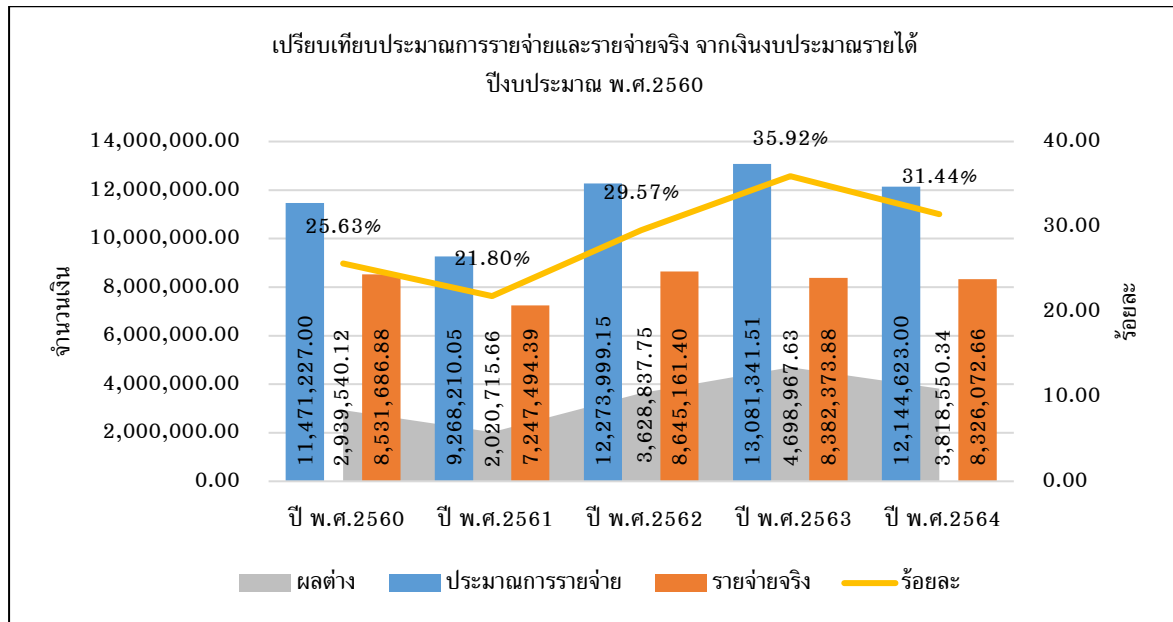
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 จำแนกตามกองทุน

ปีงบประมาณ	กองทุน/จ่ายจริง					
	เพื่อการศึกษา	วิจัย	บริการวิชาการฯ	กิจการนิสิต	ทำนุบำรุงฯ	สินทรัพย์ถาวร
ปี พ.ศ.2560	5,620,694.59	7,960.00	2,682,747.29	123,680.00	33,825.00	62,780.00
ปี พ.ศ.2561	6,957,313.89	4,950.00	115,830.00	80,056.00	68,874.00	20,470.00
ปี พ.ศ.2562	7,460,582.08	905,971.82	15,865.00	139,782.50	53,560.00	69,400.00
ปี พ.ศ.2563	7,254,414.67	626,018.00	6,110.00	220,001.00	7,200.00	268,630.21
ปี พ.ศ.2564	7,691,516.86	501,264.00	25,347.80	62,544.00	0.00	45,400.00
รวม	34,984,522.09	2,046,163.82	2,845,900.09	626,063.50	163,459.00	466,680.21
ร้อยละ	85.05	4.97	6.92	1.52	0.40	1.13

จากตารางที่ 4 พบว่า รายจ่ายจริงมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 85.05 รองลงมาคือ กองทุนบริการวิชาการแก่สังคม คิดเป็นร้อยละ 6.92 และกองทุนวิจัย คิดเป็นร้อยละ 4.92 ตามลำดับ



สามารถแสดงเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 ได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปภาพเปรียบเทียบประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

3. เปรียบเทียบรายรับจริง-รายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 ดังตารางที่ 5

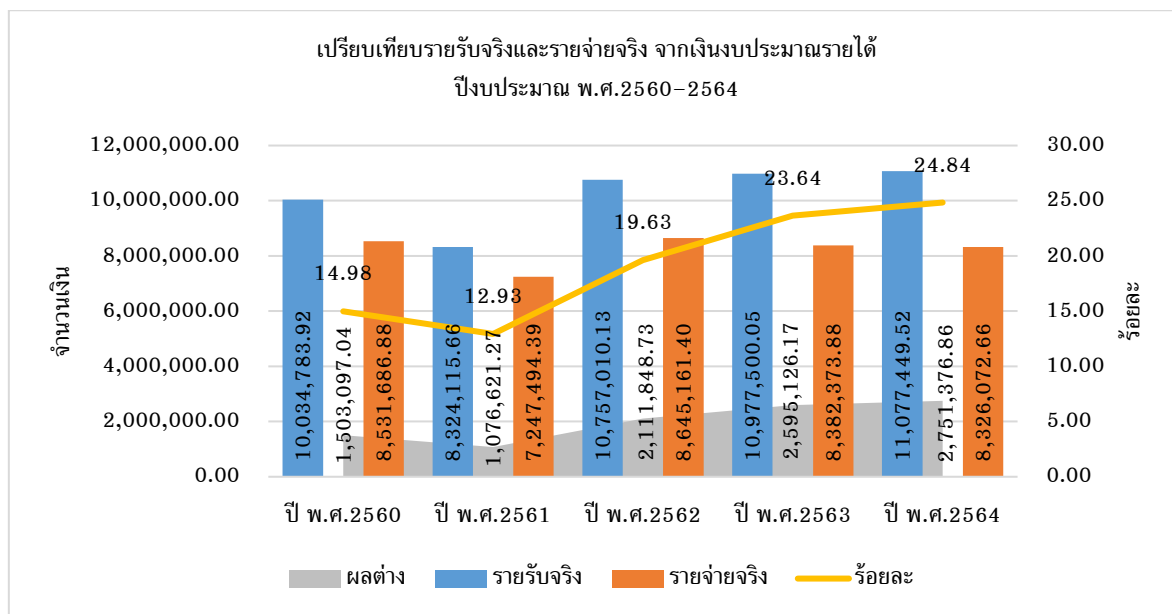
ตารางที่ 5 เปรียบเทียบรายรับจริง-รายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

ปีงบประมาณ	รายรับจริง	รายจ่ายจริง	คงเหลือผลต่าง	ร้อยละ
ปี พ.ศ.2560	10,034,783.92	8,531,686.88	1,503,097.04	14.98
ปี พ.ศ.2561	8,324,115.66	7,247,494.39	1,076,621.27	12.93
ปี พ.ศ.2562	10,757,010.13	8,645,161.40	2,111,848.73	19.63
ปี พ.ศ.2563	10,977,500.05	8,382,373.88	2,595,126.17	23.64
ปี พ.ศ.2564	11,077,449.52	8,326,072.66	2,751,376.86	24.84
รวม	51,170,859.28	41,132,789.21	10,038,070.07	

จากตารางที่ 5 พบว่า เปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง คงเหลือผลต่างรายรับจริงและรายจ่ายมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2564 คงเหลือจำนวน 2,751,376.86 บาท คิดเป็นร้อยละ 24.84 รองลงมาคือปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 2,595,126.17 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.64 และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 2,111,848.73 บาท คิดเป็นร้อยละ 19.63 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คงเหลือผลต่างย้อนหลัง 5 ปี มีแนวโน้มเงินคงเหลือผลต่างเพิ่มขึ้นทุกปี และมีงบประมาณคงเหลือนำเข้ารายได้สะสมของคณะ จำนวน 10,038,070.07 บาท



สามารถแสดงเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564

อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์งบประมาณรายรับ-รายจ่าย จากเงินงบประมาณรายได้ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 โดยสรุปภาพรวม 5 ปี ย้อนหลัง มีประเด็นอภิปรายดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ประมาณการรายรับและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2564 พบว่า รายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับทุกปี สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพด้านการจัดทำประมาณการเงินรายได้ของคณะ ควรนำข้อมูลรายรับจริงรอบปีที่ผ่านมาประกอบการพิจารณาในการจัดทำงบประมาณรายรับและคำนึงถึงความเป็นไปได้ มีประมาณการรายรับมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 13,081,341.51 บาท รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 12,273,999.15 บาท และปีงบประมาณ พ.ศ.2564 จำนวน 12,144,623.00 บาท และมีรายรับจริงมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2564 จำนวน 11,077,449.52 บาท รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 10,977,500.05 บาท และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 10,757,010.13 บาท มีผลต่างประมาณการรายรับและรายจ่ายจริงมากที่สุด ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 คิดเป็นร้อยละ 16.08 รองลงมาคือปีงบประมาณ พ.ศ.2560 คิดเป็นร้อยละ 12.52 และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 คิดเป็นร้อยละ 12.36 และมีค่าเฉลี่ยประมาณการรายรับ จำนวน 11,647,880.14 บาท ตามลำดับ ทั้งนี้การประมาณการรายรับ คำนวณจากจำนวนนิสิตตามแผนการรับนิสิต และจำนวนรับนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนไม่เป็นไปตามแผนการรับนิสิตที่กำหนดไว้ จึงส่งผลให้มีรายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับ ประกอบกับมีสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 มีสถาบันคู่แข่งเพิ่มขึ้น และสถาบันคู่แข่งบางแห่งมีการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนการสอนที่เพิ่มทางเลือกและตอบสนองความต้องการของผู้เรียน เช่น การเรียนออนไลน์ การเรียนในวันเสาร์-อาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชรรัตน์ โสจันทร์ (2563) พบว่า รายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับทุกปี และยังสอดคล้องกับ สมณิต บุญญาสัย (2561) พบว่า มีรายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับทุกปี



2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560–2564 พบว่า มีรายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี ในด้านการบริหารจัดการอาจมองว่าเป็นเรื่องดี เพราะมีการใช้จ่ายงบประมาณที่มีประสิทธิภาพและมีการงบประมาณไม่เกินกว่าที่ประมาณการรายจ่ายที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาจำแนกตามกองทุน พบว่า ทุกกองทุนมีรายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี โดยมีกองทุนเพื่อศึกษามีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี เมื่อศึกษารายละเอียดของรายจ่ายพบว่างบบุคลากรมีรายจ่ายสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประมาณการรายจ่ายมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 82.00 รองลงมากองทุนวิจัย คิดเป็นร้อยละ 9.08 และกองทุนบริการวิชาการแก่สังคม คิดเป็นร้อยละ 5.56 มีรายจ่ายจริงมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 85.05 รองลงมากองทุนบริการวิชาการแก่สังคม คิดเป็นร้อยละ 6.92 และกองทุนวิจัย คิดเป็นร้อยละ 4.97 รายจ่ายจริงมากที่สุด จำแนกตามกองทุน คือ กองทุนเพื่อการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 85.05 รองลงมาคือ กองทุนบริการวิชาการแก่สังคม คิดเป็นร้อยละ 6.92 และกองทุนวิจัย คิดเป็นร้อยละ 4.92 ตามลำดับ มีผลต่างประมาณการรายจ่ายกับรายจ่ายจริงมากที่สุด คือ ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 4,698,967.63 บาท คิดเป็นร้อยละ 35.92 รองลงมาปีงบประมาณ พ.ศ.2564 จำนวน 3,818,550.34 บาท คิดเป็นร้อยละ 31.44 และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 3,628,837.75 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.57 ตามลำดับ เนื่องจากในปีงบประมาณ พ.ศ.2560 มหาวิทยาลัยมีนโยบายเปลี่ยนแปลงการเบิกจ่ายงบบุคลากร ของบุคลากรปฏิบัติงาน ณ ศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย คณะพยาบาลศาสตร์ จากเดิมเบิกจ่ายจากเงินรับฝากรายได้ เปลี่ยนแหล่งการเบิกจ่ายเป็นเงินงบประมาณรายได้ ส่งผลให้มีการเบิกจ่ายงบประมาณสูงมากกว่าปกติ และกองทุนวิจัย มีค่าเฉลี่ย 409,232.76 บาท เนื่องจากมีโครงการทุนอุดหนุนการวิจัย และโครงการที่ส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วัชรรัตน์ โสจันทร์ (2563) พบว่า รายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี และยังสอดคล้องกับ สมณิต บุญญาสัย (2561) พบว่า มีรายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทั้ง 3 ปี

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปี พ.ศ.2560–2564 พบว่า มีรายรับจริงมากกว่ารายจ่ายจริงทุกปี แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการใช้งบประมาณ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มีผลต่างรายรับจริงและรายจ่ายจริงมากที่สุด จำนวน 2,751,376.86 บาท คิดเป็นร้อยละ 24.84 เนื่องจากทุกกองทุนมีการเบิกจ่ายจริงไม่ถึงร้อยละ 50 ยกเว้นกองทุนเพื่อการศึกษา รองลงมาคือ ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 2,595,126.17 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.64 และปีงบประมาณ พ.ศ.2562 จำนวน 2,111,848.73 บาท คิดเป็นร้อยละ 19.63 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในภาพรวมจะเห็นได้ว่าการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากคณะมีนโยบายในการใช้จ่ายงบประมาณ โดยจำกัดค่าใช้จ่ายตามความจำเป็นและก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และควรหาแผนรายได้เพิ่มเติมเพื่อนำเงินเข้ารายได้สะสม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นอกจากนั้น ยังสอดคล้องกับผลการศึกษา ธนาภรณ์ จิมแพ (2563) พบว่า การเปรียบเทียบและวิเคราะห์รายรับจริงและรายจ่ายจริง งบประมาณรายได้ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ.2558–2562 มีรายรับมากกว่ารายจ่ายจริงทุกปีงบประมาณ และไม่สอดคล้องกับ วัชรรัตน์ โสจันทร์ (2563) พบว่า รายจ่ายจริงสูงกว่ารายรับจริงทุกปี



สรุปผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ประมาณการรายรับและรายรับจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ.2560–2564 พบว่า รายรับจริงต่ำกว่าประมาณการรายรับทุกปี สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพด้านการจัดทำประมาณการเงินรายได้ของคณะ ครรณำข้อมูลรายรับจริงรอบปีที่ผ่านมาประกอบการพิจารณาในการวางแผนการจัดทำงบประมาณรายรับและคำนึงถึงความเป็นไปได้ รายรับจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการได้มาของรายรับขึ้นอยู่กับจำนวนนิสิตที่เข้าศึกษาทุกหลักสูตร

2. ผลการวิเคราะห์ประมาณการรายจ่ายและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560–2564 จำแนกตามกองทุน พบว่า มีรายจ่ายจริงต่ำกว่าประมาณการรายจ่ายทุกปี รายจ่ายจริงมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามกองทุน ประมาณการรายจ่ายมากที่สุด คือ กองทุนเพื่อการศึกษา รองลงมา กองทุนวิจัย และกองทุนบริการวิชาการแก่สังคม และมีรายจ่ายจริงแตกต่างจากประมาณการรายจ่าย มีรายจ่ายจริงมากที่สุด คือ กองทุนเพื่อการศึกษา รองลงมา กองทุนบริการวิชาการแก่สังคม และกองทุนวิจัย ในด้านการบริหารจัดการอาจมองว่าเป็นเรื่องดี เพราะมีการใช้จ่ายงบประมาณที่มีประสิทธิภาพและมีการงบประมาณไม่เกินกว่าที่ประมาณการรายจ่ายที่ตั้งไว้ ควรมีการวางแผนการใช้จ่ายงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อรองรับรายจ่ายในอนาคตที่อาจมีแนวโน้มสูงขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายรับจริงและรายจ่ายจริง จากเงินงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560–2564 พบว่า รายรับจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รายจ่ายจริงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณารายจ่ายจริงในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ.2562–2564 มีแนวโน้มลดลง และมีผลต่างคงเหลือรายรับจริงและรายจ่ายจริงเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้คณะมีรายได้สะสมเพิ่มขึ้นทุกปี แต่เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการเบิกจ่ายงบประมาณให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ ควรมีแผนกลยุทธ์ในการใช้จ่ายเงินให้เหมาะสมกับรายรับ-รายจ่าย และมีแผนการจัดสร้างรายได้ให้แก่หน่วยงานอย่างชัดเจนเพื่อให้เกิดรายได้ที่ยั่งยืน ครอบคลุมโครงการกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การให้บริการวิชาการแก่สังคม การวิจัย หรือโครงการที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่หน่วยงานได้ เพื่อรองรับแนวโน้มรายจ่ายที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้บริหารสามารถนำไปพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารงบประมาณ โดยเสนอแนะแนวคิดให้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ ช่วยให้เห็นผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างเป็นระบบและช่วยขยายมุมมองเพิ่มความแม่นยำของการวางแผนและการคาดการณ์ทางการเงิน ซึ่งขับเคลื่อนด้วยแนวคิดวงจรบริหารคุณภาพ PDCA (Plan-Do-Check-Act) เน้นใช้ข้อมูล (Data) มาใช้ในการปรับปรุงระบบบริหารงบประมาณอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1. การจัดทำแผนการใช้จ่ายงบประมาณแบบมุ่งเน้นผลงานตามยุทธศาสตร์ จัดสรรงบประมาณตามผลการดำเนินงาน การเบิกจ่ายตามแผนที่วางไว้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อจำกัดของงบประมาณ ตรวจสอบและประเมินผลการเบิกจ่ายงบประมาณมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงแผนงบประมาณในปีถัดไป

2. ควรมีแผนรองรับการบริหารจัดการงบประมาณรายจ่ายที่เพิ่มขึ้นให้สมดุลกับรายรับ โดยคำนึงถึงความเหมาะสม คุ่มค่า ประหยัด โปร่งใสและตรวจสอบได้ และเมื่อมีรายรับลดลงควรคำนึงถึงการบริหารงบประมาณให้สอดคล้องกับแนวโน้มรายจ่ายที่เพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่เล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์ของงานวิจัย และให้ทุนการวิจัยจนสามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด วรรณพรศิริ ที่ปรึกษางานวิจัย ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษา ข้อคิด ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่ต้นจนกระทั่งดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- ธนาภรณ์ นิยมแพ. (2563). การวิเคราะห์การบริหารงบประมาณเงินรายได้ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ.2558-2562. วารสารรังสิตสารสนเทศ, 26(2), 28-53.
<https://rilj.rsu.ac.th/journal/53/article/226>
- วัชรรัตน์ โสจันทร์. (2563). การวิเคราะห์รายรับ-รายจ่ายสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ.2560-2562 (รายงานการวิเคราะห์). (น. 42-45). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
<https://clibdoc.psu.ac.th/public31/KM-KYL/work-manual/vena.pdf>
- วิณา ฤทธิรักษา. (2564). การวิเคราะห์รายรับ-รายจ่าย ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2559-2563 (รายงานการวิเคราะห์). (น. 7). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
<https://clibdoc.psu.ac.th/public31/KM-KYL/work-manual/vena.pdf>
- สมนิต บุญญาสัย. (2561). การวิเคราะห์งบประมาณเงินหน่วยบริการรูปแบบพิเศษ ฝ่ายเผยแพร่และจัดจำหน่าย สำนักพิมพ์ ระหว่างปีงบประมาณ 2557-2559 (รายงานการวิเคราะห์). (น.69-73). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. <https://oup.stou.ac.th/docs/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%B0%E0%B8%AB%E0%B9%8C%E0%B8%87%E0%B8%9A%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%93%202560-2562%20%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%A1.pdf>
- สันทัศน์ เพ็ญจันทร์. (2564). การวิเคราะห์งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559-2563 ของสำนักส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (รายงานการวิเคราะห์). (น.13). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
<https://accl.cmu.ac.th/public/img/uploadfile/1633513043-9373pj27fr.pdf>



การวิเคราะห์ปริมาณ และคาดการณ์แนวโน้มการเกิดของเสียสารเคมี

จากการจัดการเรียนการสอนของห้องปฏิบัติการกลาง

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

หนึ่งฤทัย เทียนทอง¹ และ กฤษฎา ภาณุมนต์วาทะ^{1,*}

Analysis and Projection of Chemical Waste Generated from Teaching Activities

in the Central Laboratory of the Faculty of Agriculture,

Natural Resources and Environment.

Nuengruethai Thainthong¹ and Gitsada Panumonwatee^{1,*}

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment Naresuan University phitsanulok Province 65000

*Corresponding author. E-mail: gitsadap@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของเสียสารเคมีจากการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเสียสารเคมีกับจำนวนนิสิต และคาดการณ์แนวโน้มการเกิดของเสียสารเคมีในอนาคต (ปีการศึกษา 2568-2572) การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์จากกรณีศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกการของเสียอันตราย ข้อมูลรายวิชาที่จัดการเรียนการสอน และข้อมูลจำนวนนิสิต รวมถึงข้อมูลจำนวนนิสิตย้อนหลัง 10 ปี (ปีการศึกษา 2555-2564) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์แนวโน้มด้วยสมการเส้นตรงอย่างง่าย ผลการศึกษาพบว่าปริมาณของเสียสารเคมีระหว่างปีการศึกษา 2565-2567 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 146.50 เป็น 203.60 และ 248.30 กิโลกรัมตามลำดับ คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 30 ต่อปี ของเสียส่วนใหญ่เป็นประเภทของเหลว (ร้อยละ 95.14) โดยเฉพาะของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักอื่น ๆ (ร้อยละ 36.10) รองลงมาคือของเสียอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ (ร้อยละ 35.09) และของเสียที่เป็นกรด (ร้อยละ 14.71) ส่วนของเสียชนิดของแข็งมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 4.86 การศึกษาจำนวนนิสิตพบว่า มี 6 รายวิชา ที่เข้าใช้ห้องปฏิบัติการรวม 1,147, 820 และ 1,007 คน ในแต่ละปีการศึกษาตามลำดับ โดยมีอัตราการเกิดของเสียสารเคมีเฉลี่ยต่อนิสิตเท่ากับ 0.13, 0.25 และ 0.25 กิโลกรัม/คน และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.20 กิโลกรัม/คน จากการวิเคราะห์แนวโน้มและคาดการณ์ในปีการศึกษา 2568-2572 พบว่าจะมีจำนวนนิสิตระหว่าง 769-810 คน และมีปริมาณของเสียสารเคมีระหว่าง 153.80-162.00 กิโลกรัม แบ่งเป็นของเสียประเภทของเหลว 146.33-154.13 กิโลกรัม และของเสียประเภทของแข็ง 7.47-7.87 กิโลกรัม ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผน และพัฒนาระบบการจัดการของเสียสารเคมีของห้องปฏิบัติการให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืน สอดคล้องกับบริบทของห้องปฏิบัติการ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

คำสำคัญ: การคาดการณ์แนวโน้ม การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การเรียนการสอน ของเสียสารเคมี ห้องปฏิบัติการกลาง



Abstract

This research aimed to analyze the types and quantities of chemical waste generated from teaching activities in the Central Laboratory, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University during the academic years 2022–2024, study the relationship between chemical waste quantities and student numbers, and forecast chemical waste generation trends for the future (academic years 2025–2029). This study employed analytical research methodology through a case study approach, collecting data from hazardous waste records, teaching course information, student enrollment data, and historical student data over the past 10 years (academic years 2012–2021). Data analysis utilized descriptive statistics and simple linear regression trend analysis. The results showed that chemical waste quantities continuously increased from 146.50 to 203.60 and 248.30 kilograms respectively, representing an average annual increase of 30%. Liquid waste constituted the majority (95.14%), particularly heavy metal ion waste (36.10%), followed by aqueous organic liquid waste (35.09%), and acidic waste (14.71%), while solid waste accounted for only 4.86%. The study of student numbers revealed that 6 courses used the laboratory, with a total of 1,147, 820, and 1,007 students in each respective academic year. The average chemical waste generation rates were 0.13, 0.25, and 0.25 kg/student, with an overall average of 0.20 kg/student. Trend analysis and forecasts for academic years 2025–2029 predicted student numbers between 769–810 students and chemical waste quantities between 153.80–162.00 kilograms, comprising 146.33–154.13 kilograms of liquid waste and 7.47–7.87 kilograms of solid waste. These findings provide essential information for planning and developing efficient and sustainable chemical waste management systems for the laboratory, aligning with laboratory contexts and future trends.

Keywords: Trend Forecasting, Quantitative Analysis, Teaching activities, Chemical Waste, Central Laboratory

บทนำ

การจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการในสถาบันการศึกษาเป็นประเด็นที่ท้าทายและมีความสำคัญเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน องค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่าห้องปฏิบัติการทั่วโลกก่อให้เกิดของเสียอันตรายปริมาณ 0.5–2.0 ล้านตันต่อปี โดยร้อยละ 80 เป็นของเสียจากสารเคมี (World Health Organization & International Labour Organization, 2021) สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า ของเสียอันตรายจากสถาบันการศึกษาและห้องปฏิบัติการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 3–5 ต่อปี (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2565) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาระบบการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการในภาคการศึกษาได้รับความสนใจจากหน่วยงานต่างๆ มหาวิทยาลัยนเรศวรได้กำหนดแผนยุทธศาสตร์ (พ.ศ. 2566–2570) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืน ครอบคลุมทั้งการจัดสรรงบประมาณและการพัฒนาระบบการจัดการของเสีย พร้อมทั้งได้จัดทำคู่มือการจัดแยกและจัดเก็บของเสียอันตรายเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ ในขณะเดียวกัน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้พัฒนา “คู่มือการประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ” และเครื่องมือ ESPReL Checklist ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย การศึกษาของสิวรัตน์ นุชสวาท (2566) พบว่า การนำ ESPReL Checklist มาใช้ในการพัฒนาการจัดการสารเคมีและของเสียอันตรายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานได้อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของพรณทิพย์ ธาณิรัตน์ (2565) ที่ชี้ให้เห็นว่า การจัดการของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันอย่างเป็นระบบ ควบคู่กับการสร้างทัศนคติที่ดีเพื่อลดปริมาณการเกิดของเสียและพัฒนาพฤติกรรมจัดการของเสียอย่างยั่งยืน



ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นหน่วยงานที่ให้บริการด้านการเรียนการสอน การบริการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีและเกิดของเสียอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ตั้งแต่ปี 2564 ห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการจัดการแยกของเสียสารเคมีตามคู่มือการจัดแยกและจัดเก็บของเสียอันตรายของคณะกรรมการด้านมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร (2563) และนำแนวทางของ ESPReL Checklist ในองค์ประกอบที่ 3 มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการจัดการของเสียสารเคมี ซึ่งเครื่องมือนี้ช่วยให้สามารถประเมินกระบวนการจัดการของเสียได้อย่างครอบคลุม ตั้งแต่การจำแนกประเภท การเก็บรวบรวม การบำบัด ไปจนถึงการกำจัดของเสีย รวมทั้งแนวทางการลดปริมาณการเกิดของเสียตั้งแต่ต้นทาง ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าห้องปฏิบัติการมีการจำแนกชนิด และปริมาณของเสียสารเคมีเป็นไปอย่างถูกต้อง และเหมาะสมตามมาตรฐานสากล

ในช่วงปี พ.ศ. 2563–2565 ห้องปฏิบัติการกลางประสบกับความท้าทายจากการระบาดของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงระบบการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษา (TCAS) ในปีการศึกษา 2566 ซึ่งส่งผลต่อจำนวนนิสิตที่ใช้ห้องปฏิบัติการและปริมาณของเสียสารเคมีที่เกิดขึ้น ภายใต้บริบทที่เปลี่ยนแปลงนี้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการของเสียสารเคมีอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับจำนวนนิสิตที่อาจมีการเปลี่ยนแปลง รวมถึงการวิเคราะห์แนวโน้ม และการคาดการณ์ปริมาณการเกิดของเสียในอนาคต อันจะนำไปสู่การวางแผนการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ชนิด และปริมาณของเสียสารเคมีที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระหว่างปีการศึกษา 2565–2567 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเสียสารเคมีกับจำนวนนิสิตที่เข้าทำปฏิบัติการ และคาดการณ์แนวโน้มปริมาณการเกิดของเสียสารเคมีในอนาคต (ปีการศึกษา 2568–2572) ผลการศึกษาจะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาระบบการจัดการของเสียสารเคมีที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับบริบทของห้องปฏิบัติการ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. กลุ่มตัวอย่าง และการรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลของห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างปีการศึกษา พ.ศ. 2565–2567 ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเสียสารเคมีผ่านการรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกการรายงานของเสียอันตราย ข้อมูลภาควิชาและรายวิชาที่จัดการเรียนการสอน และข้อมูลจำนวนนิสิตที่ใช้บริการห้องปฏิบัติการ เพื่อหาอัตราการเกิดของเสียสารเคมีต่อจำนวนนิสิต สำหรับข้อมูลจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชานั้น ย้อนหลัง 10 ปี กำหนดให้ใช้ข้อมูลระหว่างปีการศึกษา พ.ศ. 2555–2564

2. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย อัตราส่วน และผลรวม ในการวิเคราะห์แนวโน้มจำนวนนิสิต (Trend Analysis) ประยุกต์ใช้สมการเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่อสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับจำนวนนิสิต หาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) เพื่อบ่งบอกความสัมพันธ์ของปีการศึกษาและจำนวนนิสิตหรือความสมบูรณ์ และหาอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเสียสารเคมีและจำนวนนิสิตเพื่อการจัดการอย่างเหมาะสมตามการเปลี่ยนแปลงที่คาดการณ์ไว้



ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลของเสียสารเคมีที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567 มีของเสียสารเคมี 2 ประเภทคือ ของเสียชนิดของเหลว และของเสียชนิดของแข็ง โดยของเสียชนิดของเหลวแบ่งได้เป็น 5 ชนิด และมีปริมาณรวมในปี 2565-2567 เท่ากับ 140.50, 193.80 และ 235.00 กิโลกรัมตามลำดับ ส่วนของเสียชนิดของแข็งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด และมีปริมาณของเสียสารเคมีรวมเท่ากับ 6.00, 9.80 และ 13.30 กิโลกรัมตามลำดับ และมีปริมาณของเสียสารเคมีรวมทั้งหมดเท่ากับ 146.50, 203.60 และ 248.30 กิโลกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ของเสียสารเคมีที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567

ประเภทของเสียสารเคมี	ปริมาณของเสียสารเคมี (กิโลกรัม)			ปริมาณรวม (กิโลกรัม)	ค่าเฉลี่ย
	ปี 2565	ปี 2566	ปี 2567		
ของเสียชนิดของเหลว					
ของเสียที่เป็นกรด	18.00	32.00	38.00	88.00	29.30
ของเสียที่เป็นเบส	6.00	13.00	17.00	36.00	12.00
ของเสียที่ประกอบด้วยโครเมียม	4.50	6.80	8.00	19.30	6.43
ของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักอื่น ๆ	54.00	72.00	90.00	216.00	72.00
ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ	58.00	70.00	82.00	210.00	70.00
รวมของเสียชนิดของเหลว	140.50	193.80	235.00	569.30	189.77
ของเสียชนิดของแข็ง					
ขวดสารเคมีที่ใช้หมดแล้ว	4.50	5.10	7.80	17.40	5.80
เครื่องแก้ว/อุปกรณ์ปนเปื้อนสารเคมีที่แตกชำรุด	1.50	4.70	5.50	11.70	3.90
รวมของเสียชนิดของแข็ง	6.00	9.80	13.30	29.10	9.70
รวมของเสียทั้งหมด	146.50	203.60	248.30	598.40	199.47

สำหรับจำนวนนิสิตที่เข้าใช้งานปี 2565-2567 ตามรายวิชาที่จัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการกลาง พบว่ามีการใช้งานจากนิสิตทั้ง 3 ภาควิชา ได้แก่ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 3 รายวิชา เท่ากับ 889 602 และ 812 คน ตามลำดับ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำนวน 2 รายวิชา จำนวนนิสิตเท่ากับ 172 150 และ 150 คน ตามลำดับ และภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร จำนวน 1 รายวิชา จำนวนนิสิตเท่ากับ 86 68 และ 45 คนตามลำดับ ส่งผลให้มีจำนวนนิสิตที่ใช้งานห้องปฏิบัติการต่อปี เท่ากับ 1,147 820 และ 1,007 คนตามลำดับ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2



ตาราง 2 จำนวนนิสิต จำแนกตามภาควิชา และรายวิชา ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567

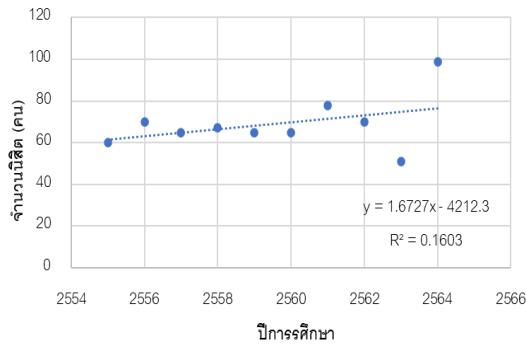
ภาควิชา/รายวิชา	จำนวนนิสิต (คน)			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
	ปี 2565	ปี 2566	ปี 2567		
1. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร					
1.1 เคมีอาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร	381	258	348	987	329
1.2 การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร	381	258	348	987	329
1.3 เทคโนโลยีฮัน্ডฟิช	127	86	116	329	110
รวมภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร	889	602	812	2,303	768
2. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม					
2.1 การตรวจสอบและส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	98	72	76	246	82
2.2 ปลูกพืชสิ่งแวดล้อม	74	78	74	226	75
รวมภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	172	150	150	472	157
3. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร					
3.1 คุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร	86	68	45	199	66
รวมภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร	86	68	45	199	66
รวมทั้งสิ้น	1,147	820	1,007	2,974	991
ค่าเฉลี่ย	191	137	168	496	165

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณของเสียสารเคมีรวมเทียบกับจำนวนนิสิตที่เข้าทำปฏิบัติการในภาพรวม พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียสารเคมีเฉลี่ยต่อจำนวนนิสิต ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567 เท่ากับ 0.13, 0.25 และ 0.25 กิโลกรัม/คนตามลำดับ และมีอัตราเฉลี่ยการเกิดของเสียสารเคมีที่ 0.20 กิโลกรัม/คน

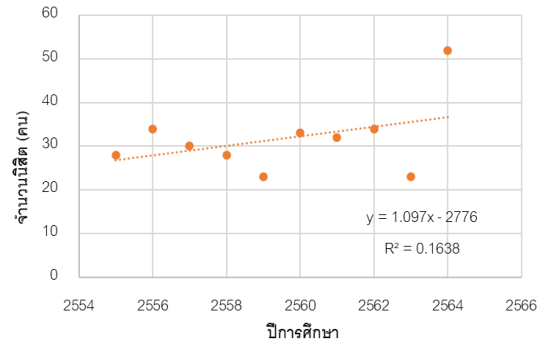
ตารางที่ 3 อัตราการเกิดของเสียสารเคมีเฉลี่ยต่อจำนวนนิสิต ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567

ปีการศึกษา	ปริมาณของเสียรวม (กิโลกรัม)	ปริมาณนิสิตรวม (คน)	อัตราการเกิดของเสีย (กิโลกรัม/คน)
2565	146.50	1,147	0.13
2566	203.60	820	0.25
2567	248.30	1,007	0.25
รวม	598.40	2,974	0.20

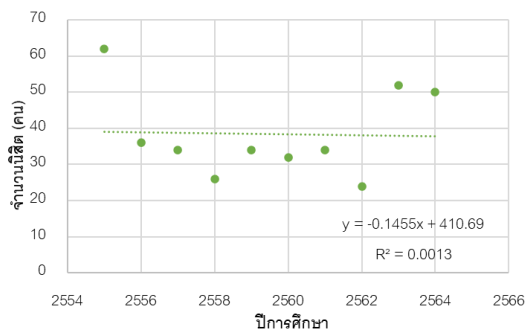
ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนนิสิตแต่ละรายวิชา ย้อนหลัง 10 ปี (ระหว่างปีการศึกษา 2555-2564) จะถูกนำมาสร้างเป็นสมการเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่อหาฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนิสิตและปีการศึกษาของแต่ละรายวิชา รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 1-4 โดยจะเห็นอย่างได้ชัดเจนว่าระดับของค่า R^2 มีค่าใกล้เคียงศูนย์ นั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจำนวนนิสิตในอนาคตที่ไม่ได้เพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างชัดเจน หรืออีกนัยหนึ่งคือมีจำนวนใกล้เคียงเดิม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าประมาณการจำนวนนิสิตที่เข้าทำปฏิบัติการแต่ละรายวิชา ระหว่างปีการศึกษา 2568-2572 โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4



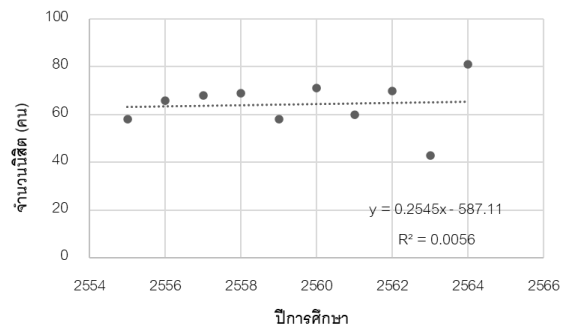
รูปที่ 1 การกระจายตัวของนิสิตรายวิชาเคมีอาหาร และผลิตภัณฑ์เกษตร รายวิชาการวิเคราะห์อาหาร และผลิตภัณฑ์เกษตร และรายวิชาเทคโนโลยีัญพืช



รูปที่ 2 การกระจายตัวของนิสิตรายวิชาการ ตรวจสอบและส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 3 การกระจายตัวของนิสิตรายวิชาปฐพีวิทยา สิ่งแวดล้อม



รูปที่ 4 การกระจายตัวของนิสิตรายวิชาคุณภาพ ของผลิตผลทางการเกษตร

จากนั้นข้อมูลในตารางที่ 4 ได้ถูกวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ปริมาณของเสียสารเคมีในอีก 5 ปีข้างหน้า โดยพิจารณาอัตราการเกิดของเสียต่อนิสิตในช่วงปีการศึกษา 2565-2567 มีอัตราเฉลี่ยการเกิดของเสียสารเคมีที่ 0.20 กิโลกรัมต่อคน จึงใช้ค่านี้เป็นฐานในการคำนวณอัตราการเกิดของเสียต่อคน โดยสามารถคาดการณ์ได้ว่าในปี การศึกษา 2568-2572 จะมีของเสียสารเคมีรวม 160.60 153.80 157.00 158.80 และ 162.00 กิโลกรัม ตามลำดับ มีของเสียประเภทของเหลว 152.79 146.33 149.37 151.08 และ 154.13 กิโลกรัมตามลำดับ และมี ของเสียประเภทของแข็ง 7.81 7.47 7.63 7.72 และ 7.87 กิโลกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 4 จำนวนนิสิตที่คาดว่าจะเข้าทำปฏิบัติการในแต่ละรายวิชา ระหว่างปีการศึกษา 2568-2572

รายวิชา	สมการ	จำนวน (ครั้ง/ปี)	ปีการศึกษา				
			2568	2569	2570	2571	2572
เคมีอาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร	$Y=1.6727x-4212.3$	3	249	234	240	243	249
การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร	$Y=1.6727x-4212.3$	3	249	234	240	243	249
เทคโนโลยีัญพืช	$Y=1.6727x-4212.3$	1	83	78	80	81	83
การตรวจสอบและส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	$Y=1.097x-2776$	2	82	84	86	88	90
ปฐพีวิทยาส่งแวดล้อม	$Y=-0.1455x+410.69$	2	74	72	72	72	72
คุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร	$Y=0.2545x-587.11$	1	66	67	67	67	67
จำนวนรวม	-	12	803	769	785	794	810



ตารางที่ 5 การคาดการณ์ปริมาณของเสียสารเคมี ระหว่างปีการศึกษา 2568-2572

ปีการศึกษา	จำนวนนิสิต (คน-ครั้ง/ปี)	ปริมาณของเสียสารเคมีรวม (กิโลกรัม)	ของเสียประเภทของเหลว (กิโลกรัม)	ของเสียประเภทของแข็ง (กิโลกรัม)
2568	803	160.60	152.79	7.81
2569	769	153.80	146.33	7.47
2570	785	157.00	149.37	7.63
2571	794	158.80	151.08	7.72
2572	810	162.00	154.13	7.87

อภิปรายผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการของเสียสารเคมีในห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระหว่างปีการศึกษา 2565-2567 พบว่าของเสียสารเคมีส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหลว (ร้อยละ 95.14) สอดคล้องกับงานวิจัยของเสาวนีย์ สัตยดิษฐ์ (2556) ทั้งนี้เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้เครื่องมือขั้นสูงเช่น AAS และ HPLC ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารและสารเคมีต่างๆ ปริมาณของเสียสารเคมีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอด 3 ปีการศึกษา โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 30 ต่อปี ของเสียที่พบมากที่สุดคือไอออนของโลหะหนักอื่นๆ (ร้อยละ 36.10) รองลงมาคือของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ (ร้อยละ 35.09) ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการกลางควรให้ความสำคัญกับการจัดการของเสียประเภทของเหลวเป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักและของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ เนื่องจากมีปริมาณมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลรายวิชา และจำนวนนิสิตที่เข้าทำปฏิบัติการระหว่างปีการศึกษา 2565-2567 ซึ่งพบว่าภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตรมีการใช้ห้องปฏิบัติการมากที่สุดถึงร้อยละ 77.44 ของจำนวนนิสิตทั้งหมด ในขณะที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตรมีการใช้น้อยที่สุดเพียงร้อยละ 6.69 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ประเด็นที่น่าสนใจคือเมื่อวิเคราะห์อัตราการเกิดของเสียสารเคมีเทียบกับจำนวนนิสิตพบว่า แม้จำนวนนิสิตจะมีความผันผวน แต่ปริมาณของเสียสารเคมีกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนำไปสู่อัตราการเกิดของเสียต่อนิสิตรวมที่เพิ่มสูงขึ้นจาก 0.13 กิโลกรัมต่อคนในปีการศึกษา 2565 เป็น 0.25 กิโลกรัมต่อคนในปีการศึกษา 2566-2567 ทั้งนี้เนื่องมาจากการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (covid-19) ที่เริ่มต้นระบาดมาตั้งแต่ปี 2563 ทำให้ห้องปฏิบัติการกลางปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการเป็นรูปแบบออนไลน์โดยให้นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้สาธิต จนกระทั่งในปี การศึกษา 2566-2567 สถานการณ์เริ่มคลี่คลายขึ้น จึงได้ปรับรูปแบบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการโดยการแบ่งกลุ่มย่อยในการเข้าทำปฏิบัติการ เพื่อไม่ให้เกิดความแออัดและลดการระบาดของโรค รวมถึงการจัดการความปลอดภัยตามแนวทางของ ESPReL Checklist องค์ประกอบที่ 4 ซึ่งกำหนดขนาดพื้นที่มาตรฐานสำหรับห้องทดลอง (laboratory) ที่ 5.0 ตารางเมตรต่อนักวิจัยหนึ่งคน จึงทำให้มีการใช้สารเคมีที่เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้เกิดของเสียสารเคมีเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องตระหนักถึงปริมาณของเสียที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งควรพิจารณาแนวทางการลดปริมาณของเสียที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น การปรับปรุงวิธีการทดลองร่วมกับอาจารย์ผู้สอน หรือการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ตามหลัก 3R (Reduce, Reuse, Recycle) อีกทั้งควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความผันแปรของปริมาณของเสียแต่ละประเภทเพิ่มเติม



จากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 3 ปี ทั้งด้านชนิด และปริมาณการเกิดของเสียสารเคมี จำนวน รายวิชา และจำนวนนิสิตทั้งหมดที่เข้าทำปฏิบัติการจนนำมาสู่การหาอัตราการเกิดของเสียสารเคมีเฉลี่ยต่อจำนวนนิสิต ที่เป็นปัจจุบัน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อเพื่อคาดการณ์ปริมาณของเสียสารเคมีในอนาคตอีก 5 ปี โดยการวิเคราะห์ แนวโน้มจำนวนนิสิตใน 6 รายวิชา ย้อนหลัง 10 ปี ด้วยสมการเส้นตรงอย่างง่าย ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงผลที่แตกต่าง กัน โดยรายวิชาเคมีอาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร รายวิชาการวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร รายวิชาเทคโนโลยี ิธัญพืช และรายวิชาการตรวจสอบและส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนนิสิต อย่างเล็กน้อย ซึ่งอาจสะท้อนถึงความนิยมในรายวิชาเหล่านี้ที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม รายวิชาปฐพีวิทยาสังแวดล้อม และรายวิชาคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรมีแนวโน้มคงที่หรือลดลงเล็กน้อย โดยทั้งหมดมีค่า R^2 มีค่าใกล้เคียงศูนย์ ซึ่งแสดงถึงการที่จำนวนนิสิตย้อนหลัง 10 ปี ที่เลือกเรียนรายวิชาดังกล่าว ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ซึ่งอาจ มาจากปัจจัยอื่น เช่น นโยบายการรับนิสิตเข้า จำนวนนิสิตในสาขาวิชานั้นๆ หรือ จำนวนนิสิตที่สามารถลงทะเบียน เรียนในรายวิชานั้น ส่งผลให้ฟังก์ชันของเวลากับจำนวนนิสิตไม่ได้แปรผันหรือแปรผกผันอย่างชัดเจน และจากผล การวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ปริมาณของเสียสารเคมีในอนาคตอีก 5 ปี (ระหว่างปีการศึกษา 2568–2572) พบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับจำนวนนิสิตที่คาดการณ์ไว้ โดยปริมาณของเสียสารเคมีทั้งหมดมีค่าระหว่าง 158.80–162.00 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งเมื่อพิจารณาตามประเภทพบว่าของเสียประเภทของเหลวมีสัดส่วนมากกว่าของเสีย ประเภทของแข็งอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ค่า R^2 ที่ต่ำในทุกรายวิชาบ่งชี้ว่าการคาดการณ์มีความไม่แน่นอนสูง ทั้งนี้ อาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนนิสิตนอกเหนือจากแนวโน้มตามเวลา การเตรียมการจัดการของเสีย อันตรายจึงควรมีความยืดหยุ่นเพื่อรองรับความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบัน (พ.ศ. 2565–2567) พบว่าของเสียสารเคมีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณในภาพรวมเพิ่มจาก 146.50 กิโลกรัมในปี 2565 เป็น 203.60 กิโลกรัมในปี 2566 และ เพิ่มขึ้นเป็น 248.30 กิโลกรัมในปี 2567 คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 ต่อปี ซึ่งในด้านประเภท ของของเสียสารเคมี พบว่าของเสียชนิดของเหลวที่มีปริมาณมากที่สุดคือ ของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักอื่น ๆ มีปริมาณรวม 216.00 กิโลกรัม (ร้อยละ 36.10) รองลงมาคือของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ 210.00 กิโลกรัม (ร้อยละ 35.09) และของเสียที่เป็นกรด 88.00 กิโลกรัม (ร้อยละ 14.71) ตามลำดับ สำหรับ ของเสียชนิดของแข็ง ส่วนใหญ่เป็นขดสารเคมีที่ใช้หมดแล้ว 17.40 กิโลกรัม (ร้อยละ 2.91) และเครื่องแก้ว/ อุปกรณ์ปนเปื้อนสารเคมีที่แตกชำรุด 11.70 กิโลกรัม (ร้อยละ 1.96)

การวิเคราะห์แนวโน้มจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนในห้อง ปฏิบัติการกลาง จำนวน 6 รายวิชา ย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564) มีจำนวน 1,147 คนในปี 2565 ลดลงเหลือ 820 คนในปี 2566 (ลดลงร้อยละ 28.51) และกลับเพิ่มขึ้นเป็น 1,007 คนในปี 2567 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 22.80) อย่างไรก็ตามยังพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนนิสิตในเกือบทุกรายวิชา โดยรายวิชา ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ รายวิชาการตรวจสอบและส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพิ่มขึ้นร้อยละ 85.7 รองลงมา คือรายวิชาเคมีอาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร รายวิชาการวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตรและรายวิชาเทคโนโลยี ิธัญพืช ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 65.0 มีเพียงรายวิชาปฐพีวิทยาสังแวดล้อมเท่านั้นที่มีจำนวนนิสิตลดลง โดยลดลงร้อยละ 19.4



การคาดการณ์แนวโน้มปริมาณของเสียในอนาคต (พ.ศ. 2568–2572) จะเพิ่มจาก 160.60 เป็น 162.00 กิโลกรัม สอดคล้องกับจำนวนนิสิตที่คาดว่าจะเพิ่มจาก 803 เป็น 810 คน-ครั้ง/ปี รวมถึงการประมาณการปริมาณของเสีย สารเคมีแบบแยกประเภท โดยคาดการณ์ได้ว่าในปีการศึกษา 2568 จะมีปริมาณของเสียรวม 160.60 กิโลกรัม จะประกอบด้วยของเสียประเภทของเหลว 152.79 กิโลกรัม และของแข็ง 7.81 กิโลกรัม จากนั้นในปีการศึกษา 2569 ปริมาณของเสียมีแนวโน้มลดลงเหลือ 153.80 กิโลกรัม แบ่งเป็นของเหลว 146.33 กิโลกรัม และของแข็ง 7.47 กิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ปีการศึกษา 2570 เป็นต้นไป ปริมาณของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2570 คาดว่าจะมีของเสียรวม 157.00 กิโลกรัม แบ่งเป็นของเหลว 149.37 กิโลกรัม และของแข็ง 7.63 กิโลกรัม ในปี 2571 เพิ่มขึ้นเป็น 158.80 กิโลกรัม ประกอบด้วยของเหลว 151.08 กิโลกรัม และของแข็ง 7.72 กิโลกรัม และในปี 2572 คาดการณ์ว่าจะมีของเสียสูงถึง 162.00 กิโลกรัม แบ่งเป็นของเหลว 154.13 กิโลกรัม และของแข็ง 7.87 กิโลกรัม ทั้งนี้การประมาณการดังกล่าวตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าสัดส่วนระหว่างของเสียประเภทของเหลว และของแข็งจะยังคงที่เช่นเดียวกับในช่วงปีการศึกษา 2565–2567 แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตร การปรับเปลี่ยนนโยบายการรับนิสิต และผลกระทบจากปัจจัยภายนอกต่าง ๆ การประมาณการดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

งานวิเคราะห์นี้จะเห็นได้ว่าห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำเป็นจะต้องมีการวางแผนการจัดการของเสียสารเคมีที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในอนาคต ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับองค์กร รวมถึงมีให้มีการจัดเก็บข้อมูลของเสียแยกภาคการศึกษา การติดตาม และประเมินผลการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง โดยการวางแผนดังกล่าวควรผนวกรวมมาตรฐาน และกรอบนโยบายสำคัญหลายประการ เช่น มาตรฐาน ESPReL Checklist แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ในประเด็นการจัดการมลพิษและการพัฒนาระบบการจัดการของเสียอันตราย รวมถึงแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร (พ.ศ. 2566–2570) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ และยั่งยืนทั้งในด้านการจัดสรรงบประมาณ และการพัฒนาระบบการจัดการของเสีย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหารของคณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นอย่างสูง ที่ให้การสนับสนุน และช่วยผลักดันให้เกิดงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ ดร.กฤษฎา ภาณุมนต์วาทิ อาจารย์ประจำภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เป็นที่ปรึกษา ช่วยอ่านผลงาน ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยในการสืบค้นข้อมูล รวมถึงการให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลในหลายมิติ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ และมีคุณค่าทางวิชาการคุณประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้



เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2566). รายงานประจำปี 2565. https://reg3.diw.go.th/diw_info/wp-content/uploads/รายงานประจำปีกรมโรงงาน-2565.pdf
- คณะกรรมการด้านมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2563). คู่มือการจัดแยกและจัดเก็บของเสียอันตราย. มหาวิทยาลัยนเรศวร. https://s3.citcoms.nu.ac.th/wordpress/uploads/Research-sohec-uploads/211403237620221121_155703.pdf
- พรณทิพย์ ธาณิรัตน์. (2565). แนวทางการจัดการของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร
- สิวรัตน์ นุชสาวท. (2566). การจัดประเภทสารเคมีและการจัดการของเสียเพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเคมี อาคาร A4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. ใน รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- เสาวนีย์ สัตยดิษฐ์. (2556). การจัดการของเสียชีวภาพและของเสียสารเคมีในห้องปฏิบัติการวิจัยวิทยาศาสตร์ทางสัตวแพทย์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. *Journal of Safety and Health*, 6(23), 15-23
- World Health Organization & International Labour Organization. (2021). *WHO/ILO joint estimates of work-related burden of disease and injury, 2000–2016: Global monitoring report*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034945>



การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชา วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์

ธนกร อีระวุฒิชัยกิจ^{1,*} และ ประภัสสร กลีบประทุม²

Problem Analysis of Human Research Ethics Certified Research Projects in Technology Sciences and Social Sciences and Humanities

Thanakorn Teerawuttichaikit^{1,*}, and Prapatsorn Kleebrathum²

¹กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²สาขาวิชานวัตกรรมและธุรกิจอาหาร คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 62000

¹Division of Research and Innovation, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Food Innovation and Business, Faculty of Management Science, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet, 62000

*Corresponding author. E-mail: E-mail: thanakorn@nu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของโครงการที่ยื่นขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และระบุปัญหาที่พบ
บ่งชี้จากผลการประเมินของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
โดยมุ่งเน้นการจำแนกลักษณะของโครงการ แนวโน้มของการพิจารณา และข้อบกพร่องที่นำไปสู่ข้อเสนอแนะให้ปรับปรุง การศึกษานี้เป็น
การวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) ใช้แบบบันทึกข้อความผลการประเมินโครงการที่ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการ
จริยธรรมฯ ในปี พ.ศ. 2567 จำนวนทั้งสิ้น 434 โครงการ เป็นแหล่งข้อมูลหลัก ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่
ความถี่และร้อยละ เพื่ออธิบายสภาพการณ์ของการพิจารณารับรอง และใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อจัดหมวดหมู่ปัญหาเชิงระบบที่พบ
ผลการวิจัยพบว่า โครงการส่วนใหญ่ได้รับการพิจารณาแบบเร่งรัด (Expedited Review) คิดเป็นร้อยละ 55.53 และมีเพียงร้อยละ 19.35
ที่ได้รับการรับรองในรอบแรก ขณะที่ร้อยละ 79.95 ได้รับข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงก่อนรับรอง ปัญหาหลักที่พบได้แก่ ความไม่
ชัดเจนในขั้นตอนการเก็บข้อมูล (54.15%) การระบุประชากรไม่ชัดเจน (46.13%) และรายละเอียดเครื่องมือวิจัยที่ไม่ครบถ้วน
(38.68%) นอกจากนี้ยังพบข้อบกพร่องด้านจริยธรรม เช่น การให้ข้อมูลและขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัย (44.13%) และ เกณฑ์
การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย (53.87%) ข้อค้นพบนี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางสนับสนุน เช่น การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ
การจัดทำคู่มือ และระบบให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับคุณภาพของข้อเสนอวิจัยให้ผ่านการรับรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การพิจารณารับรองจริยธรรม

Abstract

This research aimed to examine the characteristics of proposals submitted for human research ethics approval and to
identify common issues noted in the evaluation reports by the Human Research Ethics Committee in the field of humanities and
social sciences at Naresuan University. The study focused on classifying proposal types, reviewing trends in the ethics review
process, and analyzing recurring deficiencies that led to revision recommendations. This study employed a documentary research
approach, using 434 evaluation reports from proposals reviewed in 2024 as the primary data source. Descriptive statistics,
including frequency and percentage, were applied to describe the review outcomes, while content analysis was used to categorize
systemic problems. The findings revealed that most proposals underwent expedited review (55.53%), while only 19.35% were
approved in the first round. A significant portion (79.95%) received recommendations for revision before approval. The most
frequently cited methodological issues included unclear data collection procedures (54.15%), vague definition of study populations
(46.13%), and incomplete descriptions of research instruments (38.68%). Ethical concerns were also prevalent, particularly in



informed consent and participant information (44.13%) and participant selection criteria (53.87%). These findings highlight the need for institutional support mechanisms, such as practical workshops, writing guides, and continuous mentorship systems, to improve the quality of research proposals and increase the likelihood of ethics approval in the initial review.

Keywords: Human research ethics, Social sciences and humanities, Technology sciences, Ethics review process

บทนำ

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์เป็นกระบวนการที่ต้องให้ความสำคัญกับหลักจริยธรรมอย่างเคร่งครัด เพื่อคุ้มครองสิทธิ ศักดิ์ศรี และสวัสดิภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย กระบวนการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จึงเป็นกลไกสำคัญที่ทำหน้าที่ตรวจสอบความเหมาะสมของโครงการวิจัยก่อนดำเนินการจริงทั้งในด้านความถูกต้องของระเบียบวิธีวิจัย ความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย ตลอดจนความสมัครใจและการได้รับข้อมูลที่เพียงพอของผู้เข้าร่วม อย่างไรก็ตาม พบว่าโครงการจำนวนไม่น้อยยังมีข้อบกพร่องทั้งในด้านระเบียบวิธีวิจัยและการปฏิบัติตามหลักจริยธรรม ส่งผลให้ต้องมีการปรับแก้ไขหลายประเด็นก่อนการรับรอง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้าและเพิ่มภาระต่อกระบวนการวิจัยโดยรวม (สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2562; Huang et al., 2016)

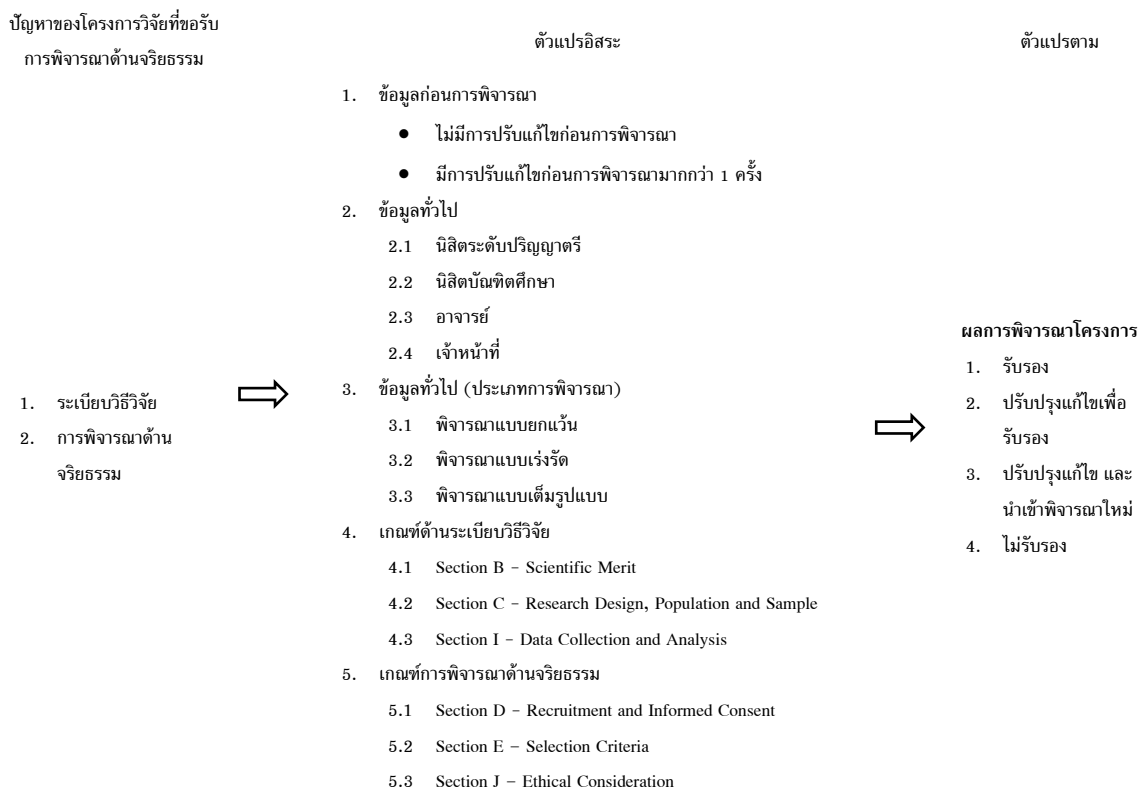
งานวิจัยที่วิเคราะห์ระบบการพิจารณาจริยธรรมในระดับนานาชาติ เช่น Gunsalus et al. (2007) พบว่าโครงการวิจัยจำนวนมากไม่ผ่านการรับรองในรอบแรกเนื่องจากข้อบกพร่องเชิงเทคนิค เช่น การระบุวัตถุประสงค์ที่คลุมเครือ การกำหนดกลุ่มตัวอย่างหรือผู้ให้ข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับคำถามวิจัย และการอธิบายกระบวนการขอความยินยอมที่ไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจน ข้อค้นพบเหล่านี้สะท้อนแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับบริบทในประเทศไทย โดยเฉพาะในกลุ่มนักวิจัยรุ่นใหม่ที่ยังขาดประสบการณ์ นอกจากนี้ งานวิจัยของ ดวงวิไล ไทยแท้ (2564) ยังพบว่า ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้แก่ ความไม่ชัดเจนในการออกแบบการวิจัย การเลือกกลุ่มตัวอย่าง และการขอความยินยอมจากอาสาสมัคร ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบในงานวิจัยนี้ และในบริบทของมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่ามีโครงการวิจัยจำนวนมากที่ต้องยื่นขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ทุกปี และมีสัดส่วนไม่น้อยที่ไม่สามารถผ่านการพิจารณาในรอบแรก ส่งผลต่อระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยโดยรวม ทั้งในแง่ของการจัดทำวิทยานิพนธ์ การวิจัยทุนภายใน และโครงการความร่วมมือกับภายนอก การศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาเพื่อศึกษาของปัญหา และลักษณะของปัญหาของโครงการที่พบบ่อยจากเอกสารประเมินโครงการวิจัยของคณะกรรมการจริยธรรมฯ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ โดยมุ่งหวังที่จะสังเคราะห์ประเด็นปัญหาเชิงระบบที่ส่งผลต่อการไม่ผ่านการพิจารณาในรอบแรก และระบุแนวทางสนับสนุนที่อาจช่วยลดข้อผิดพลาดเหล่านั้นได้อย่างเป็นรูปธรรม

จากการศึกษาข้อมูลย้อนหลังของบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ ครั้งที่ 1 ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2567 – 31 ธันวาคม 2567 คาดว่าผลการวิจัยจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแนวปฏิบัติที่เหมาะสม เช่น การจัดทำคู่มือแนะแนวสำหรับนักวิจัย การพัฒนาแบบฟอร์มที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย รวมถึงการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการที่เน้นการพัฒนาทักษะด้านระเบียบวิธีวิจัยและจริยธรรมการวิจัย ทั้งนี้ เพื่อยกระดับคุณภาพของข้อเสนอวิจัยให้สอดคล้องกับมาตรฐานจริยธรรมสากล และส่งเสริมให้กระบวนการวิจัยในมนุษย์ของสถาบันดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566)



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาของปัญหา และลักษณะของปัญหาของโครงการที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ ประจำปี 2567



รูปที่ 1 ภาพกรอบแนวคิดด้านการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลในการวิจัยนี้ มาจากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ ครั้งที่ 1 ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2567 – 31 ธันวาคม 2567 ซึ่งเป็นโครงการที่นักวิจัยยื่นให้คณะกรรมการพิจารณาเป็นครั้งแรก (Initial Review)

บันทึกข้อความการแจ้งผลการประเมินโครงการวิจัยมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้วิจัย อาทิ ชื่อนักวิจัยหลัก สถานภาพ สังกัด ชื่อโครงการ และประเภทของการพิจารณา ได้แก่ การวิจัยแบบยกเว้น (Exemption) แบบเร่งรัด (Expedited) และแบบเต็มรูปแบบ (Full Board) (2) ผลการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมฯ ซึ่งครอบคลุมประเด็นหลัก เช่น วัตถุประสงค์ กลุ่มประชากรและตัวอย่าง วิธีดำเนินการ มาตรการลดความเสี่ยง การรักษาความลับ และเอกสารประกอบอื่น ๆ โดยการประเมินในแต่ละหัวข้อจำแนกเป็น “เหมาะสม”, “ไม่เกี่ยวข้อง” หรือ “ปรับปรุงแก้ไข” และ (3) สรุปผลการประเมินฯ แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ “รับรอง”, “ปรับปรุงเพื่อรับรอง”, “ปรับปรุงและเสนอพิจารณาใหม่” และ “ไม่รับรอง”



การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในลักษณะพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (Routine to Research: R2R) โดยใช้การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) จากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ ครั้งที่ 1 ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2567 – 31 ธันวาคม 2567 จำนวนทั้งสิ้น 484 โครงการ มาแยกและสกัดข้อมูลได้แก่ 1) เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology) ได้แก่ Section B – Scientific Merit, Section C – Research Design, Population and Sample และ Section I – Data Collection and Analysis และ 2) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้แก่ Section D – Recruitment and Informed Consent Process, Section E – Selection Criteria และ Section J – Ethical Consideration ซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณาโครงการวิจัย และเกณฑ์ทั้ง 2 ที่ใช้ในการศึกษาเป็นเพียงบางส่วนของแนวทางพิจารณาโครงการวิจัย

สอดคล้องกับมาตรฐานสากล จากนั้นนำข้อมูลของบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการฯ ลงใน Case record Form ผ่านโปรแกรม Microsoft Excel และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนา จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหาและจัดหมวดหมู่ในแต่ละประเด็น และนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง และแผนภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อใช้ข้อมูลจาก “บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ” จำนวน 484 โครงการ อย่างไรก็ตาม มีโครงการที่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ได้แก่ (1) โครงการที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในมนุษย์ 37 โครงการ (2) โครงการที่นักวิจัยขอถอนออก 7 โครงการ และ (3) โครงการที่ย้ายไปยังกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ 6 โครงการ เนื่องจากการวิจัยทางคลินิก (Clinical Trial) ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางพิจารณา ส่งผลให้จำนวนโครงการที่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างสมบูรณ์คือ 434 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 89.67 โดยไม่มีการใช้หรือเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลตามเงื่อนไขที่ได้รับอนุญาต

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา ด้วยวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) และเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง (Retrospective) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูลในรูปแบบแบบบันทึกข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย และการนำเสนอข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้น ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ทางสถิติเชิงพรรณนา จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหาและจัดหมวดหมู่ในแต่ละประเด็น และนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง และแผนภูมิ

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1. ลักษณะของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และ 2. ปัญหาของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้



1. ลักษณะของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ในปี 2567 มีโครงการที่ยื่นขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ทั้งหมด 484 โครงการ หลังจากคัดกรอง พบว่า 37 โครงการไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในมนุษย์, 6 โครงการถูกย้ายกลุ่มสาขา และ 7 โครงการถูกถอนออกจากการพิจารณาโดยนักวิจัย ส่งผลให้จำนวนโครงการที่นำมาวิเคราะห์ได้อย่างครบถ้วนมีจำนวน 434 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 89.67 ของโครงการทั้งหมด

เมื่อพิจารณาประเภทของการพิจารณา พบว่า โครงการส่วนใหญ่ได้รับการพิจารณาแบบเร่งรัด (Expedited Review) จำนวน 241 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 55.53 รองลงมาคือโครงการที่เข้าข่ายการพิจารณาแบบยกเว้น (Exemption Review) จำนวน 186 โครงการ (ร้อยละ 42.86) และโครงการที่ได้รับการพิจารณาแบบเต็มรูปแบบ (Full Board Review) จำนวน 7 โครงการ (ร้อยละ 1.61) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มการเลือกใช้ประเภทการพิจารณาที่สอดคล้องกับระดับความเสี่ยงของการวิจัยในแต่ละโครงการ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2562; คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ลักษณะโครงการวิจัยที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมฯ

ตารางที่ 1 ลักษณะโครงการวิจัยที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมฯ

ประเภทการวิจัย	จำนวน	ร้อยละ
แบบเร่งรัด (Expedited)	241	55.53
แบบยกเว้น (Exemption)	186	42.86
แบบเต็มรูปแบบ (Full Board)	7	1.61
รวม	434	100

2. ความถี่ของการปรับแก้ไขโครงการก่อนการพิจารณา จำแนกตามประเภทของผู้วิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโครงการวิจัยจำนวน 434 โครงการ พบว่าผู้วิจัยส่วนใหญ่เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 215 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 49 รองลงมาคือ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา จำนวน 129 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 30 อาจารย์ จำนวน 77 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 18 และน้อยที่สุด คือ เจ้าหน้าที่ จำนวน 13 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 3 และเมื่อจำแนกตามข้อมูลก่อนการพิจารณา ได้แก่วงก่อนที่โครงการวิจัยจะเข้าสู่กระบวนการพิจารณาโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ พบว่าโครงการที่ไม่มีการปรับแก้ไขก่อนการพิจารณา มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 216 โครงการ ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่ผู้วิจัยยื่นเอกสารครั้งแรกเข้าสู่ระบบโดยไม่มีการส่งกลับเพื่อปรับแก้ไขเอกสารเบื้องต้นจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุน และโครงการที่มีการปรับแก้ไขมากกว่า 1 ครั้งก่อนการพิจารณา มีจำนวนเท่ากันคือ 218 โครงการ โดยมีการส่งกลับเพื่อให้ผู้วิจัยปรับแก้ไขเอกสารเบื้องต้นจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุน เนื่องจากผู้วิจัยระบุข้อมูลมาไม่ครบถ้วน เป็นต้น โดยคิดเป็นสัดส่วนที่เท่าๆ กัน

หากพิจารณาเฉพาะในแต่ละกลุ่ม พบว่าโครงการของ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มีแนวโน้มที่จะต้องปรับแก้ไขมากกว่า 1 ครั้งก่อนการพิจารณาในสัดส่วนที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 63.57 (82 จาก 129 โครงการ) ขณะที่กลุ่มเจ้าหน้าที่ และอาจารย์ไม่มีการปรับแก้ไขก่อนการพิจารณา (ร้อยละ 61.54 และ 58.44 ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มนิสิตระดับปริญญาตรี พบว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกันระหว่างโครงการที่มีและไม่มีการปรับแก้ไข ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 การปรับแก้ไขโครงการก่อนการพิจารณา จำแนกตามประเภทของผู้วิจัย



ตารางที่ 2: การปรับแก้ไขโครงการก่อนการพิจารณา จำแนกตามประเภทของผู้วิจัย

ประเภทผู้วิจัย	จำนวนโครงการทั้งหมด	ร้อยละ	ไม่มีการปรับแก้ไขก่อนการพิจารณา	ร้อยละ	มีการปรับแก้ไขมากกว่า 1 ครั้ง ก่อนการพิจารณา	ร้อยละ
นิสิตระดับปริญญาตรี	215	49	116	53.95	99	46.05
นิสิตบัณฑิตศึกษา	129	30	47	36.43	82	63.57
อาจารย์	77	18	48	58.44	32	41.56
เจ้าหน้าที่	13	3	8	61.54	5	38.46
รวม	434	100	216	49.77	218	50.23

3. ผลการพิจารณารับรองโครงการวิจัย จำแนกตามประเภทการพิจารณา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการพิจารณาโครงการวิจัยจำนวน 434 โครงการ โดยจำแนกตามประเภทของการพิจารณา ได้แก่ Exemption Review, Expedited Review และ Full Board Review พบว่าโครงการส่วนใหญ่ได้รับการพิจารณาในรูปแบบ Expedited Review จำนวน 241 โครงการ รองลงมาคือ Exemption Review จำนวน 186 โครงการ และ Full Board Review จำนวน 7 โครงการ

ผลการพิจารณาโดยรวมพบว่า โครงการที่ได้รับการรับรองโดยไม่มีแก้ไข มีจำนวนเพียง 84 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 19.35 ของโครงการทั้งหมด ส่วนโครงการที่ต้องปรับปรุงแก้ไขก่อนรับรอง มีจำนวนมากถึง 347 โครงการ หรือร้อยละ 79.95 ขณะที่เพียง 2 โครงการที่ต้อง ปรับปรุงและนำกลับเข้าพิจารณาใหม่ และ 1 โครงการที่ไม่ได้รับการรับรอง เนื่องจากผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโครงการวิจัยก่อนยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ผลการพิจารณารับรองโครงการวิจัย จำแนกตามประเภทการพิจารณา

ตารางที่ 3: ผลการพิจารณารับรองโครงการวิจัย จำแนกตามประเภทการพิจารณา

ประเภทโครงการ	จำนวน	รับรอง	ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง	ปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำเข้าพิจารณาใหม่	ไม่รับรอง
Exemption Review	186	79	107	0	0
Expedited Review	241	5	233	2	1
Full Board Review	7	0	7	0	0
รวม	434	84	347	2	1

4. ปัญหาปัญหาของโครงการวิจัยที่ถูกพิจารณาให้ปรับแก้ไข

จากการวิเคราะห์โครงการที่ได้รับผลการประเมินว่า “ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง” และ “ปรับปรุงแก้ไขและนำเข้าพิจารณาใหม่” จำนวน 349 โครงการ พบว่าปัญหาสำคัญที่คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ให้ข้อเสนอแนะอย่างชัดเจน ประกอบไปด้วย

4.1 ปัญหาด้านระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ ระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งถือเป็นหัวใจของการจัดทำข้อเสนอวิจัยที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการและจริยธรรม ปัญหาด้านระเบียบวิธีวิจัยสามารถจำแนกออกเป็น 3 หมวดใหญ่ ได้แก่ (1) Scientific Merit, (2) Research Design, Population and Sample, และ (3) Data Collection



and Analysis โดยมีรายละเอียดของปัญหาในแต่ละหมวด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ผลของปัญหาด้านระเบียบวิธีวิจัย ในโครงการที่ถูกพิจารณาให้ปรับแก้ไข ดังนี้

ในหมวด Section B – Scientific Merit พบว่าโครงการจำนวนหนึ่งยังมีข้อบกพร่องในการระบุ หลักการและเหตุผล ของการวิจัย (8.02%) และการ ทบทวนวรรณกรรม (6.88%) ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงบริบทและความสำคัญของปัญหาวิจัยที่ศึกษา นอกจากนี้ ยังพบว่าโครงการจำนวน 65 โครงการ (18.62%) มีการตั้ง คำถามวิจัย หรือวัตถุประสงค์ ที่ยังไม่ชัดเจนหรือไม่สอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานวิจัย

ในหมวด Section C – Research Design, Population and Sample มีการให้ข้อเสนอแนะเรื่องการระบุ ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ในสัดส่วนสูงถึง 46.13% ซึ่งอาจสะท้อนถึงความสับสนระหว่างประชากรกับกลุ่มตัวอย่าง หรือการกำหนดประชากรที่ไม่สัมพันธ์กับคำถามวิจัย นอกจากนี้ ยังพบปัญหาในการระบุ กลุ่มตัวอย่าง อย่างชัดเจนใน 29.23% และ สถานที่ทำวิจัย อีก 13.18% ซึ่งอาจแสดงถึงการออกแบบโครงสร้างการเก็บข้อมูลที่ไม่ครอบคลุม หรือไม่เหมาะสมกับบริบทของงานวิจัย

ในหมวด Section I – Data Collection and Analysis ซึ่งเป็นหมวดที่มีสัดส่วนของปัญหามากที่สุด พบว่าโครงการถึง 54.15% ต้องปรับปรุงในเรื่อง ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและการดำเนินการกับอาสาสมัคร ซึ่งเป็น กระบวนการหลักของการวิจัยเชิงประจักษ์ รองลงมาคือปัญหาในการอธิบายหรือเลือกใช้ เครื่องมือการเก็บข้อมูล (38.68%) และ การวิเคราะห์ข้อมูลหรือสถิติที่ใช้ (18.05%) ซึ่งเป็นประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของ ผลการวิจัยโดยตรง

ตารางที่ 4: ผลของปัญหาด้านระเบียบวิธีวิจัยในโครงการที่ถูกพิจารณาให้ปรับแก้ไข

เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย	จำนวนผลการปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง และปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่	ร้อยละ
Section B – Scientific Merit		
หลักการและเหตุผล	28	8.02
ทบทวนวรรณกรรม	24	6.88
คำถาม/วัตถุประสงค์	65	18.62
Section C – Research Design, Population and Sample		
สถานที่ทำวิจัย	46	13.18
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา	161	46.13
กลุ่มตัวอย่าง	102	29.23
Section I – Data Collection and Analysis		
ขั้นตอน/วิธีการเก็บข้อมูล/การดำเนินการกับอาสาสมัคร	189	54.15
เครื่องมือการเก็บข้อมูล	135	38.68
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์	63	18.05



4.2 ประเด็นด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เป็นอีกหนึ่งกลุ่มปัญหาสำคัญที่คณะกรรมการจริยธรรมฯ ให้ข้อเสนอแนะให้ปรับปรุง ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ 1) การคัดเลือกและการให้ข้อมูลแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย (Recruitment and Informed Consent) 2) เกณฑ์การคัดเลือกและคัดออก (Selection Criteria) และ 3) ข้อพิจารณาทางจริยธรรม (Ethical Consideration) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 ผลของปัญหาด้านจริยธรรมการวิจัยในโครงการที่ได้รับการพิจารณาให้ปรับแก้ไข ดังนี้

ในหมวด Section D – Recruitment and Informed Consent Process พบว่า โครงการจำนวนมากมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงเกี่ยวกับการให้ข้อมูลและขอความยินยอมจากอาสาสมัคร คิดเป็นร้อยละ 44.13 และการตั้งต้นติดต่อคัดเลือกอาสาสมัคร ร้อยละ 37.25 ในขณะที่ การชดเชยค่าใช้จ่ายหรือเวลา ให้แก่อาสาสมัครซึ่งเกิดจากการที่นักวิจัยไม่ระบุรายละเอียด หรือระบุไม่ครบถ้วนชัดเจนในเอกสารที่ยื่นขอรับรอง โดยพบในร้อยละ 11.17 ของโครงการที่ต้องปรับ

ในหมวด Section E – Selection Criteria พบว่า เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย มีปัญหาในสัดส่วนสูงถึง 53.87% และเกณฑ์การคัดผู้เข้าร่วมออก คิดเป็น 46.13% ซึ่งอาจสะท้อนถึงความไม่ชัดเจนหรือความไม่เหมาะสมในการกำหนดคุณสมบัติของผู้เข้าร่วมวิจัย ส่งผลต่อความเสี่ยงและการคุ้มครองสิทธิของอาสาสมัคร

ในหมวด Section J – Ethical Consideration พบว่า โครงการจำนวนมากที่ไม่ได้ระบุหรืออธิบายให้ชัดเจนเกี่ยวกับ ความเสี่ยงที่อาสาสมัครจะได้รับ (38.40%) และมาตรการป้องกันอันตรายหรือการดูแลผู้เข้าร่วมวิจัย (37.82%) รวมถึงการจัดการกับข้อมูลส่วนตัว ของผู้เข้าร่วมที่ยังไม่รัดกุมในหลายโครงการ (21.49%) ตารางที่ 5 ผลของปัญหาด้านจริยธรรมการวิจัยในโครงการที่ได้รับการพิจารณาให้ปรับแก้ไข

เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	จำนวนผลการปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง และปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่	ร้อยละ
Section D – Recruitment and Informed Consent Process		
การตั้งต้นติดต่อคัดเลือกอาสาสมัคร	130	37.25
การให้ข้อมูลและขอความยินยอมกับอาสาสมัคร	154	44.13
การชดเชยค่าเดินทางและเสียเวลาแก่อาสาสมัคร	39	11.17
Section E – Selection Criteria		
เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย	188	53.87
เกณฑ์การคัดผู้เข้าร่วมวิจัยออก	161	46.13
Section J – Ethical Consideration		
ความเสี่ยงที่อาสาสมัครจะได้รับ	134	38.40
มาตรการการป้องกันอันตราย หรือมาตรการดูแลอาสาสมัคร	132	37.82
การเก็บข้อมูลจะมีการเก็บข้อมูลส่วนตัว	75	21.49



อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า โครงการส่วนใหญ่ได้รับการพิจารณาแบบเร่งรัด (Expedited Review) คิดเป็นร้อยละ 55.53 รองลงมาคือโครงการที่เข้าข่ายการพิจารณาแบบยกเว้น (Exemption Review) คิดเป็นร้อยละ 42.86 และมีโครงการที่ได้รับการพิจารณาแบบเต็มรูปแบบ (Full Board Review) เพียงร้อยละ 1.61 เท่านั้น ลักษณะการกระจายตัวเช่นนี้สะท้อนให้เห็นว่า โครงการวิจัยในสถาบันมีแนวโน้มเป็นการวิจัยที่มีความเสี่ยงต่ำหรือปานกลางเป็นหลัก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลุ่มผู้วิจัยส่วนใหญ่เป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษาที่มักดำเนินการวิจัยในชั้นเรียนหรือภาคสนามทั่วไป โดยไม่ได้มีการแทรกแซง (Intervention) หรือวิธีการที่ซับซ้อนสูง

นอกจากนี้โครงการวิจัยจำนวนมากที่ได้รับผลการประเมินว่า “ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง” และ “ปรับปรุงแก้ไขและนำเข้าพิจารณาใหม่” มักประสบปัญหาใน 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ ด้านระเบียบวิธีวิจัย และด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของข้อเสนอการวิจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการฯ ดังนี้

1) ด้านระเบียบวิธีวิจัย พบว่าโครงการวิจัยจำนวนมากมีข้อบกพร่องในประเด็นด้านระเบียบวิธีวิจัย เช่น ความไม่ชัดเจนของขั้นตอนการเก็บข้อมูล การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงการจัดทำเครื่องมือวิจัย ซึ่งส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจวรรณ มิ่งมนต์ชัยกุล และคณะ (2560) ที่พบว่านักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษายังขาดทักษะและประสบการณ์ในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง ในระดับสากล Huang et al. (2016) รายงานว่านักวิจัยมือใหม่มักประสบปัญหาในการออกแบบการวิจัยให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย โดยเฉพาะกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็กและผู้สูงอายุ ขณะที่ Perrault and Nazione (2016) ระบุว่าแบบฟอร์มขอความยินยอมในการวิจัยด้านสังคมศาสตร์ยังสื่อสารข้อมูลสำคัญได้ไม่ครบถ้วนและเข้าใจยากสำหรับผู้เข้าร่วม

2) ด้านจริยธรรมการวิจัย พบว่าโครงการวิจัยจำนวนมากได้รับข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงในประเด็นสำคัญ ได้แก่ เกณฑ์การคัดเลือก/คัดออกอาสาสมัคร การขอความยินยอมโดยได้รับข้อมูลครบถ้วน การประเมินความเสี่ยงและมาตรการดูแลหรือป้องกันอันตราย ซึ่งล้วนเป็นหัวใจของการคุ้มครองสิทธิและสวัสดิภาพผู้เข้าร่วมวิจัย งานวิจัยของสุธรรม นันทมงคลชัย (2564) ระบุว่านักวิจัยหลายรายยังขาดความเข้าใจด้านการประเมินความเสี่ยงและการวางมาตรการรองรับอย่างเหมาะสม อันอาจนำไปสู่การประเมินว่าโครงการมีความเสี่ยงเกินระดับที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับ Yeater et al. (2012) ที่ชี้ว่าแม้โครงการจะมีระดับความเสี่ยงต่ำ หากขาดการอธิบายหรือควบคุมความเสี่ยงอย่างชัดเจน ก็อาจไม่ผ่านเกณฑ์จริยธรรมขั้นพื้นฐาน นอกจากนี้ Gunsalus et al. (2007) ยังตั้งข้อสังเกตว่าระบบพิจารณาด้านจริยธรรมในบางบริบทอาจเน้นการปฏิบัติตามแบบฟอร์มมากกว่าการคุ้มครองผู้เข้าร่วมอย่างแท้จริง ทำให้นักวิจัยมุ่งแก้ไขในเชิงเอกสารแทนที่จะปรับปรุงกระบวนการวิจัยโดยรวม

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของโครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ ตลอดปี พ.ศ. 2567 โดยวิเคราะห์จากข้อมูลโครงการที่ได้รับการประเมินจำนวน 434 โครงการ จำแนกตามประเภทของการพิจารณา ได้แก่ แบบยกเว้น (Exemption Review) แบบเร่งรัด (Expedited Review) และแบบเต็มรูปแบบ



(Full Board Review) พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับปรุงแก้ไขข้อเสนอวิจัยทั้งในเกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย และเกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ผลการศึกษาพบว่า โครงการส่วนใหญ่ (55.53%) ได้รับการพิจารณาในรูปแบบเร่งรัด โดยมีเพียงร้อยละ 19.35 ของโครงการทั้งหมดที่ได้รับการรับรองโดยไม่มีแก้ไข ขณะที่ร้อยละ 79.95 ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขก่อนรับรอง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโครงการวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่สามารถจัดทำเอกสารให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ของคณะกรรมการฯ ได้ตั้งแต่รอบแรกในประเด็นด้าน ระเบียบวิธีวิจัย พบว่าปัญหาที่พบมากที่สุด ได้แก่ การออกแบบขั้นตอนการเก็บข้อมูล (54.15%) การระบุประชากร (46.13%) และการอธิบายเครื่องมือวิจัย (38.68%) ขณะที่ในด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ปัญหาหลักที่พบได้แก่ การกำหนดเกณฑ์การคัดเลือก/คัดออกอาสาสมัคร การให้ข้อมูลและขอความยินยอมอย่างชัดเจน ตลอดจนมาตรการดูแลอาสาสมัคร ซึ่งมีสัดส่วนข้อเสนอแนะให้ปรับแก้สูงกว่า 40% ของโครงการที่ต้องปรับทั้งหมด

ผลการศึกษาโดยรวมชี้ให้เห็นว่า นักวิจัยจำนวนมากยังขาดทักษะในการออกแบบโครงการวิจัยให้มีความสอดคล้องทั้งในเชิงวิชาการและจริยธรรม จึงมีความจำเป็นในการพัฒนากลไกสนับสนุนภายในสถาบัน เช่น การให้คำปรึกษาเชิงเทคนิค การจัดอบรมเฉพาะประเด็น และการใช้เครื่องมือช่วยตรวจสอบความครบถ้วนของข้อเสนอวิจัยก่อนยื่นพิจารณา เพื่อส่งเสริมให้โครงการวิจัยสามารถผ่านการรับรองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าโครงการวิจัยจำนวนมากยังมีข้อจำกัดด้านระเบียบวิธีวิจัยและจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ แม้จะมีเครื่องมือช่วย เช่น แบบตรวจสอบ (Checklist) แล้วก็ตาม จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการส่งเสริมให้นักวิจัย โดยเฉพาะนิสิตและนักวิจัยรุ่นใหม่ ได้รับการพัฒนาทักษะด้านการวิเคราะห์วิจัย การตีความหลักจริยธรรมอย่างลึกซึ้ง และการสื่อสารข้อเสนอเชิงเอกสารอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น สถาบันควรจัดกิจกรรมเสริมสร้างศักยภาพอย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้กรณีศึกษาจริงร่วมกับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักวิจัยและคณะกรรมการจริยธรรม เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงระบบและลดข้อผิดพลาดซ้ำซ้อน ในระดับนโยบาย ควรมีการสนับสนุนจากผู้บริหาร เช่น การจัดสรรงบประมาณสนับสนุนโครงการต้นแบบ การบรรจุหลักจริยธรรมในระบบประกันคุณภาพ ตลอดจนการติดตามผลลัพธ์ของกิจกรรมสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลกลับมาพัฒนากลยุทธ์การส่งเสริมคุณภาพงานวิจัยให้เหมาะสมกับบริบทของสถาบันในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2566). *วิธีการดำเนินงานมาตรฐาน เวอร์ชัน 6.0* (Standard Operating Procedures Version 6.0). มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ดวงวิไล ไทยแท้. (2564). การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย: กรณีศึกษาสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. *วารสารการจัดการและพัฒนาท้องถิ่น. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 1(1), 22–31.
- เบญจวรรณ มิ่งมนต์ชัยกุล, กิตติวีรณ นิมิตขันธ์, และสิทธิพร ชูสิทธิ์. (2560). การประเมินความต้องการจำเป็นเกี่ยวกับกิจกรรมการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพด้านจริยธรรมการวิจัยของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา. *วารสารสังคมศาสตร์บูรณาการ*, 4(2), 108–132.



- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2562). *แนวทางจริยธรรมการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1)*. สำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน.
- สุธรรม นันทมงคลชัย. (2564). การพิจารณาความเสี่ยงและข้อระวัง: ประเด็นการเก็บข้อมูลกับจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์. *สำนักอนามัยการเจริญพันธุ์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข*. <https://hp.anamai.moph.go.th>
- Gunsalus, C. K., Bruner, E. M., Burbules, N. C., Dash, L., Finkin, M., Goldberg, J. P., & Pratt, M. G. (2007). Mission creep in the IRB world. *Science*, 312(5779), 1441. <https://doi.org/10.1126/science.1121479>
- Huang, X., O'Connor, M., Ke, L. S., & Lee, S. (2016). Ethical and methodological issues in qualitative health research involving children: A systematic review. *Nursing Ethics*, 23(3), 339–356. <https://doi.org/10.1177/0969733014564902>
- Perrault, E. K., & Nazione, S. A. (2016). Informed consent—Uninformed participants: Shortcomings of online social science consent forms and recommendations for improvement. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, 11(3), 274–280. <https://doi.org/10.1177/1556264616654610>
- Yeater, E. A., Miller, G. F., Rinehart, J. K., & Nason, E. E. (2012). Trauma and sex surveys meet minimal risk standards: Implications for institutional review boards. *Psychological Science*, 23(7), 780–787. <https://doi.org/10.1177/0956797611435131>



การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

นางสาวปรางทิพย์ แก้วประสิทธิ์^{1,*}, และ ธนกร อีระวุฒิชัยกิจ¹

The Analysis of Issues in Research Projects Submitted for Biosafety Certification

Prangtip Kaewprasit^{1,*}, and Thanakorn Teerawuttichaikit¹

¹กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Division of Research and Innovation, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: prangtipk@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะและปัญหาของโครงการที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 โดยเก็บข้อมูลจากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ จำนวน 72 โครงการ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ได้แก่ จำแนกตามประเภทผู้ยื่น ระยะเวลาในการรับรอง จำนวนครั้งที่ต้องแก้ไข และปัญหาที่พบในเอกสารแต่ละด้าน ทั้งนี้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่าโครงการวิจัยจำนวนมากไม่สามารถผ่านการรับรองได้ตั้งแต่รอบแรก โดยมีข้อบกพร่องทั้งในด้านการจัดทำเอกสาร เนื้อหาโครงการ และมาตรการจัดการความเสี่ยง ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการศึกษาเชิงระบบ เพื่อหาแนวทางสนับสนุนผู้วิจัยและพัฒนากระบวนการรับรองให้มีประสิทธิภาพ โดยกลุ่มผู้ยื่นขอรับรองส่วนใหญ่เป็นบุคลากรสายวิชาการ (ร้อยละ 66.7) โครงการส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86.1) ได้รับการรับรองหลังจากมีการปรับแก้ไข โดยเฉพาะในประเด็นสำคัญ 2 ด้าน ได้แก่ 1) การสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม ซึ่งมีข้อบกพร่องในเรื่องการระบุระดับความเสี่ยงของสิ่งมีชีวิต และการจัดจำแนกประเภทงานวิจัย อย่างถูกต้อง และ 2) มาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง ซึ่งพบว่าหลายโครงการยังไม่สามารถระบุแนวทางการควบคุมอันตราย การจัดการขยะชีวภาพ และการขนย้ายตัวอย่างได้อย่างครบถ้วนตามแนวปฏิบัติ ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้ ได้แก่ การจัดทำแบบฟอร์มตรวจสอบเบื้องต้น การอบรมแยกตามกลุ่มเป้าหมาย การพัฒนาระบบช่วยประเมินล่วงหน้า และการปรับปรุงแบบฟอร์มการเขียนเอกสาร ให้เข้าใจง่ายขึ้น เพื่อลดข้อผิดพลาดซ้ำซ้อน เพิ่มประสิทธิภาพในการประเมิน และส่งเสริมความปลอดภัยทางชีวภาพในระดับสถาบันอย่างเป็นระบบ

คำสำคัญ: ความปลอดภัยทางชีวภาพ โครงการวิจัย การประเมินความเสี่ยง

Abstract

This study aimed to analyze the characteristics and issues found in research projects submitted for biosafety certification at Naresuan University during the 2024 fiscal year. Data were collected from 72 official project evaluation memos and analyzed using descriptive statistics, including categorization by applicant type, approval duration, number of required revisions, and issues identified in project documentation. In recent years, a significant number of research projects have failed to receive immediate biosafety approval due to deficiencies in documentation, project content, and risk management measures. These persistent issues highlight the need for systematic study to support researchers and enhance the efficiency of the certification process. The findings revealed that most applicants were academic staff (66.7%) and that most projects (86.1%) were approved only after revisions. Two critical areas of concern were identified: 1) Project summary and description, particularly the incorrect identification of biosafety levels and improper classification of research types and 2) Risk assessment and management measures, where many proposals lacked comprehensive strategies for hazard control, biological waste disposal, and sample transportation in accordance with standard protocols. Recommendations include developing a preliminary checklist form, offering tailored training for different applicant groups, implementing a pre-assessment support system, and revising documentation templates to enhance clarity. These strategies aim to reduce recurrent errors, improve assessment efficiency, and systematically strengthen institutional biosafety practices.

Keywords: Biosafety, Research projects, Risk assessment



บทนำ

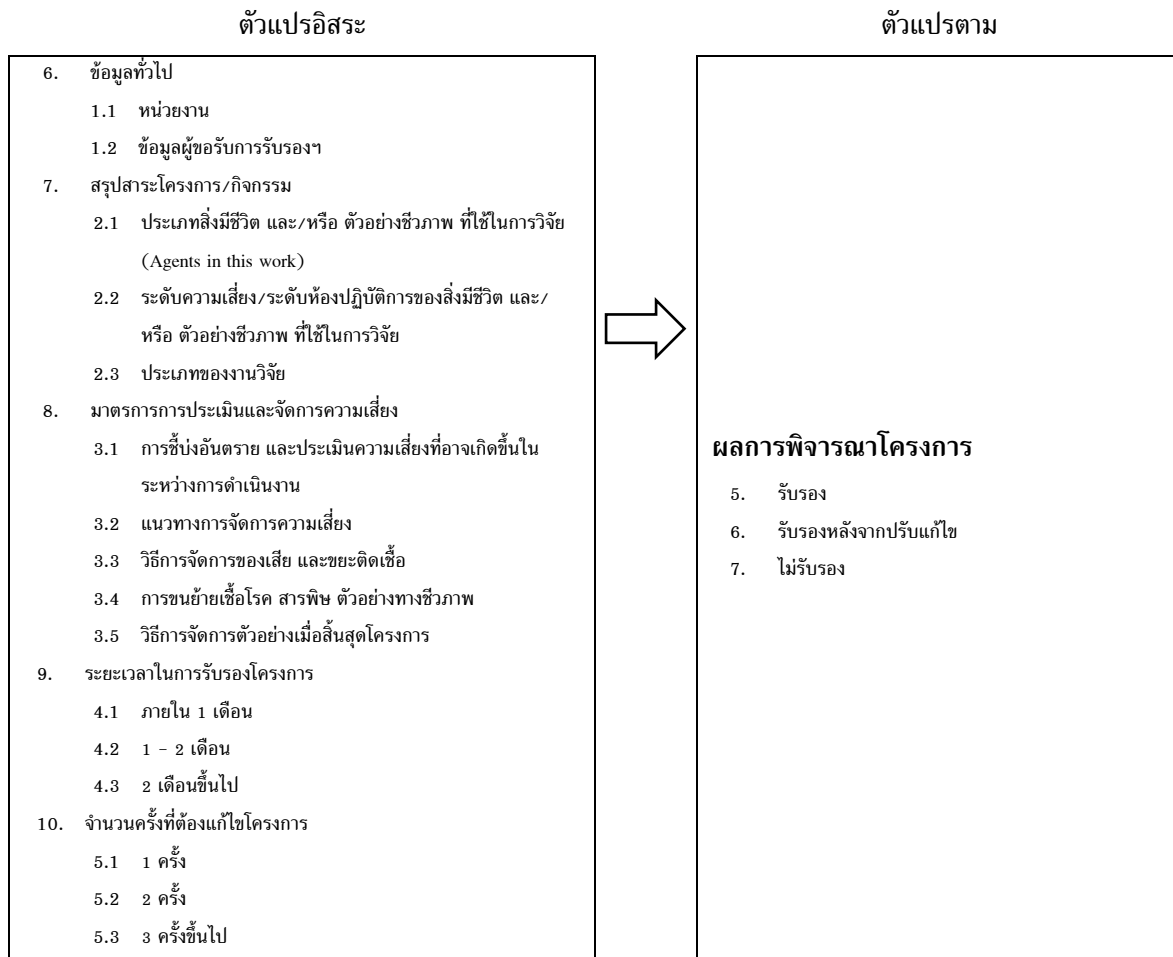
ในปัจจุบัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety) ที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน สิ่งแวดล้อม และชุมชน โดยรอบ ด้วยเหตุนี้ การจัดทำมีระบบการพิจารณาและรับรองความปลอดภัยทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นและยกระดับมาตรฐานงานวิจัยให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 (2558)

มหาวิทยาลัยนเรศวรได้จัดตั้งคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพขึ้นภายใต้กองการวิจัยและนวัตกรรม เพื่อพิจารณาโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างชีวภาพ เชื้อจุลินทรีย์ และเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มั่นใจว่าทุกโครงการมีมาตรการควบคุมความเสี่ยงที่เหมาะสม (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566) อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่าโครงการวิจัยจำนวนมากยังไม่สามารถผ่านการรับรองได้ตั้งแต่รอบแรก โดยมีข้อบกพร่องทั้งในด้านการจัดทำเอกสาร เนื้อหาโครงการ และมาตรการจัดการความเสี่ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญภรณ์ บุญเพชร (2567) ที่ศึกษากระบวนการประเมินประเภทของโครงการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่าปัญหาหลักเกิดจากความไม่ชัดเจนของเกณฑ์การจำแนกประเภท ความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้ยื่น และการขาดระบบช่วยเหลือเบื้องต้น ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการพิจารณาและความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่ไม่ถูกควบคุมอย่างเหมาะสม และงานของ Niemann and Benke (2016) ยังชี้ให้เห็นว่าระบบความปลอดภัยทางชีวภาพในสถาบันวิจัยจำนวนมากยังขาดความยืดหยุ่นในการสนับสนุนผู้วิจัย โดยเฉพาะในขั้นตอนต้นทาง เช่น การจัดทำแบบฟอร์ม การระบุระดับความเสี่ยง หรือการวางมาตรการจัดการชีววัตถุอย่างรัดกุม ซึ่งหากไม่มีระบบสนับสนุนที่ชัดเจน จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดซ้ำซ้อนและกระทบต่อภาพรวมของความปลอดภัยในระดับสถาบัน

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและลักษณะของโครงการที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในช่วงปีงบประมาณ 2566–2567 โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ รวมถึงการจำแนกตามประเภทผู้ยื่น ระยะเวลาในการรับรอง และจำนวนครั้งที่ต้องปรับแก้ไขก่อนการรับรอง เพื่อสังเคราะห์เป็นข้อเสนอแนะเชิงระบบสำหรับการพัฒนาแนวทางการพิจารณาให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใส และเป็นประโยชน์สูงสุดต่อผู้วิจัยในสถาบัน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงการ และปัญหาของโครงการที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ



รูปที่ 1 ภาพกรอบแนวคิดด้านการวิจัย

วัตถุประสงค์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการที่คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพ แจ้งแก่นักวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมิน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2567 – 31 ธันวาคม 2567

บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ มีข้อมูลสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้วิจัย ประกอบด้วย ชื่อนักวิจัยหลัก สถานภาพ สังกัด ชื่อโครงการวิจัย การพิจารณาประเมินโครงการวิจัยโดยคณะกรรมการฯ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 สรุปสาระโครงการ/กิจกรรม ส่วนที่ 3 ข้อมูลรายละเอียดโครงการ/กิจกรรม ส่วนที่ 4 มาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งผลการประเมินแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. รับรอง 2. รับรองหลังจากปรับแก้ไข และ 3. ไม่รับรอง

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในลักษณะพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (Routine to Research: R2R) โดยใช้การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) จากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินฯ ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2567 – 31 ธันวาคม 2567 จำนวน 72 โครงการ มาแยกและสกัดข้อมูลได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไป 2) ผลการพิจารณา 3) ด้านสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม 4) ด้านมาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง ประกอบไปด้วย 5) ด้านระยะเวลา



ในการรับรองโครงการ และ 6) จำนวนครั้งที่ต้องแก้ไขโครงการ จากนั้นนำข้อมูลของบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการฯ ลงใน Case record Form ผ่านโปรแกรม Microsoft Excel และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนา จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหาและจัดหมวดหมู่ในแต่ละประเด็น และนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง และแผนภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะขออนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก ประธานคณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพ เพื่อใช้ข้อมูล “บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ” จำนวน 72 โครงการ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นจำนวน 72 โครงการ ซึ่งเป็นอัตราร้อยละ 100% ในการวิเคราะห์ซึ่งได้รับอนุญาตให้ใช้ข้อมูลโดยมีเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูล และรายงานผลงานวิจัยจะไม่มีการเก็บข้อมูลส่วนตัวจากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา ด้วยวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) และเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง (Retrospective) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูลในรูปแบบแบบบันทึกข้อมูล

โครงการ ลำดับ	ข้อมูลทั่วไป		ผลการพิจารณา			ด้านสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม			ด้านมาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง ประกอบด้วย					ด้านระยะเวลาในการรับรองโครงการ			จำนวนครั้งที่ต้องแก้ไขโครงการ		
	หน่วยงาน	ผู้รับผิดชอบโครงการ	จำนวน	จำนวนครั้งที่แก้ไข	ไม่รับรอง	ประเภทที่มีชีวิตและ/หรือ ตัวอย่างชีวภาพ ที่ใช้ในการวิจัย (Agents in this world)	ระดับความเสี่ยง/ระดับ	ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด และ/หรือ ตัวอย่างชีวภาพ ที่ใช้ในการวิจัย	การประเมินความเสี่ยงและประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างดำเนินการ	แนวทางการจัดการความเสี่ยง	วิธีการจัดการของฝ่าย และระดับความเสี่ยง	การยืนยันชื่อโรคสารพิษ ตัวอย่างทางชีวภาพ	วิธีการจัดการตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดโครงการ	ภายใน 1 เดือน	1 - 2 เดือน	2 เดือนขึ้นไป	1 ครั้ง	2 ครั้ง	3 ครั้งขึ้นไป
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			

รูปที่ 2 แบบบันทึกข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย และการนำเสนอข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้น ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ทางสถิติเชิงพรรณนา จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหาและจัดหมวดหมู่ในแต่ละประเด็น และนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้ มีข้อมูลสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไป และ 2) ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

1. ข้อมูลทั่วไปของโครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

ในปี 2567 มีโครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ทั้งหมด 72 โครงการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่เป็นจำนวน 72 โครงการ ซึ่งเป็นอัตราร้อยละ 100.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจากการวิเคราะห์บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมิน จำนวน 72 โครงการ โดยจำแนกตามข้อมูลผู้ขอรับการรับรองฯ พบว่า ส่วนใหญ่เป็น บุคลากรสายวิชาการ จำนวน 48 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมาคือนิสิตปริญญาโท



จำนวน 14 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 19.4 รองลงมาคือ นิสิตปริญญาเอก จำนวน 6 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 8.3 รองลงมาคือ นิสิตปริญญาตรี จำนวน 3 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 4.2 และน้อยที่สุดคือเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน จำนวน 1 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 1.4

จากการศึกษาโดยรวม พบว่า โครงการที่ได้รับการรับรองทันที มีจำนวน 6 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 8.3 ของโครงการทั้งหมด ส่วนโครงการที่ รับรองหลังจากปรับแก้ไข มีจำนวน 62 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 86.1 ของโครงการทั้งหมด ขณะที่เพียง 2 โครงการที่ไม่รับรอง คิดเป็นร้อยละ 2.8 ของโครงการทั้งหมด และไม่เข้าข่ายโครงการที่ต้องขอการรับรอง มีจำนวน 2 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 2.8 ของโครงการทั้งหมด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1: ผลการพิจารณารับรองโครงการวิจัย จำแนกตามประเภทของข้อมูลผู้ขอรับการรับรองฯ และผลการพิจารณา

ตารางที่ 1: ผลการพิจารณารับรองโครงการวิจัย จำแนกตามประเภทของข้อมูลผู้ขอรับการรับรองฯ และผลการพิจารณา

ข้อมูลผู้ขอรับการรับรองฯ	จำนวน	ผลการพิจารณา			
		รับรอง	รับรอง หลังจากปรับแก้ไข	ไม่รับรอง	ไม่เข้าข่าย โครงการที่ต้องขอการรับรอง
นิสิตปริญญาตรี	3	0	1	0	2
นิสิตปริญญาโท	14	2	12	0	0
นิสิตปริญญาเอก	6	0	6	0	0
บุคลากรสายวิชาการ	48	4	42	2	0
เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน	1	0	1	0	0
รวม	72	6	62	2	2

จากการศึกษาโดยรวม ด้านระยะเวลาในการรับรองโครงการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพตามประเภทของผู้ขอรับการรับรอง โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจากมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 72 โครงการ แบ่งตามกลุ่มผู้ยื่น ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาตรี โท เอก บุคลากรสายวิชาการ และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน พบว่าในภาพรวม โครงการส่วนใหญ่ใช้เวลาในการรับรองมากกว่า 1 เดือน โดยเฉพาะกลุ่มบุคลากรสายวิชาการ ซึ่งยื่นขอมากที่สุด และมีสัดส่วนของโครงการที่ใช้เวลานานเกิน 2 เดือนถึง 26 โครงการ จาก 49 โครงการ (คิดเป็น 53.1%) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2: ระยะเวลาในการรับรองโครงการ

กลุ่มนิสิตระดับปริญญาเอก มีแนวโน้มที่จะใช้เวลานานที่สุดในกระบวนการรับรอง โดยไม่มีโครงการใดที่ได้รับการรับรองภายใน 2 เดือนแรกเลย และยังพบกรณี “ไม่ส่งแก้ไข” ซึ่งบ่งชี้ถึงความล่าช้าหรือปัญหาในการตอบสนองข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการ

กลุ่มบุคลากรสายวิชาการ เป็นกลุ่มที่ยื่นขอรับรองมากที่สุด (49 โครงการ) และมีสัดส่วนของโครงการที่ใช้เวลารับรองเกิน 2 เดือนถึง 53.1% ของกลุ่มนี้ โดยเฉพาะยังพบกรณี “ไม่ส่งแก้ไข” (5 โครงการ) และ “ไม่รับรอง” (2 โครงการ) มากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุที่ว่า โครงการได้เริ่มต้นหรือดำเนินการวิจัยไปแล้ว ก่อนที่จะยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ สถานการณ์นี้สะท้อนถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนต่อขั้นตอนการดำเนินการ หรืออาจมาจากความเร่งรีบในการวิจัยที่ทำให้ละเลยการขอรับรองอย่างถูกต้องล่วงหน้า ซึ่งถือเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไขเชิงระบบ



กลุ่มนิสิตปริญญาตรี มีผลลัพธ์ในทางตรงข้ามกับกลุ่มอื่น คือ ทุกโครงการผ่านการรับรองภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 เดือน และไม่มีกรณี “ไม่ส่งแก้ไข” หรือ “ไม่รับรอง” เลย แสดงให้เห็นถึงรูปแบบของโครงการที่อาจมีความเรียบง่ายกว่า หรือได้รับการกำกับดูแลอย่างใกล้ชิดจากอาจารย์ที่ปรึกษา

กลุ่มเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน มีจำนวนการยื่นขอรับรองเพียง 1 โครงการ ซึ่งผ่านการรับรองภายในช่วงเวลา 1–2 เดือน และ ไม่มีกรณี “ไม่ส่งแก้ไข” หรือ “ไม่รับรอง” สะท้อนให้เห็นถึงการดำเนินการที่มีความถูกต้องและเป็นระบบตั้งแต่ต้น

ตารางที่ 2: ระยะเวลาในการรับรองโครงการ

ข้อมูลผู้ขอรับการรับรอง	ด้านระยะเวลาในการรับรองโครงการ					รวม
	ภายใน 1 เดือน	1 – 2 เดือน	2 เดือนขึ้นไป	ไม่ส่งแก้ไข	ไม่รับรอง	
นิสิตปริญญาตรี	2	1	0	0	0	3
นิสิตปริญญาโท	3	4	6	0	0	13
นิสิตปริญญาเอก	0	0	5	1	0	6
บุคลากรสายวิชาการ	8	8	26	5	2	49
เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน	0	1	0	0	0	1
รวม	13	14	37	6	2	72

จากการศึกษาโดยรวม ด้านระยะเวลาในการรับรองโครงการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพตามประเภทของผู้ขอรับการรับรอง โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจากมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 72 โครงการ แบ่งตามกลุ่มผู้ยื่น ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก บุคลากรสายวิชาการ และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3: จำนวนครั้งที่ต้องแก้ไขโครงการก่อนการรับรอง พบว่า

กลุ่มบุคลากรสายวิชาการ พบว่าแม้จะมีสัดส่วนโครงการที่ผ่านการรับรองหลังจาก “การแก้ไขเพียง 1 ครั้ง” สูงที่สุด (23 โครงการ) แต่ก็ยังพบว่ามีโครงการ ต้องแก้ไข 2–3 ครั้ง รวมกันถึง 15 โครงการ (31.2%) และยังมีกรณียังไม่ได้รับการรับรอง 8 โครงการ และไม่รับรอง 2 โครงการ เนื่องจากเป็นโครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จสิ้นก่อนการขอรับรองซึ่งมากที่สุดในทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของความซับซ้อนและคุณภาพเอกสารที่ส่งเข้าประเมิน

กลุ่ม นิสิตระดับปริญญาโท มีแนวโน้มที่ดีในการได้รับการรับรองด้วยการแก้ไขเพียง 1 ครั้ง (8 โครงการจาก 14) โดย ไม่มีโครงการใดต้องแก้ไขมากกว่า 2 ครั้ง และไม่มีโครงการที่ยังไม่ได้รับการรับรอง และไม่รับรอง

กลุ่ม นิสิตระดับปริญญาเอก กลับพบว่ามีความจำเป็นต้องแก้ไขถึง 2–3 ครั้ง มากถึง 5 โครงการ จากทั้งหมด 6 (83.3%) ซึ่งอาจสะท้อนถึงความซับซ้อนของเนื้อหางานวิจัยระดับปริญญาเอก และความคาดหวังของคณะกรรมการที่สูงขึ้นตามระดับวิชาการ

กลุ่ม นิสิตระดับปริญญาตรี แม้จำนวนจะน้อย แต่กลับพบว่ามี 2 โครงการ (จาก 3) ที่ยังไม่ได้รับการรับรอง ซึ่งมีนัยสำคัญว่ากลุ่มนี้อาจยังขาดความเข้าใจในมาตรฐานด้านความปลอดภัย และจำเป็นต้องมีการสนับสนุนที่มากขึ้นจากอาจารย์ที่ปรึกษา

เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน เป็นกลุ่มเดียวที่โครงการได้รับการรับรองหลังจากการแก้ไขเพียง 1 ครั้ง และไม่มีโครงการที่ต้องแก้ไขซ้ำหรือตกหล่น



ตารางที่ 3: จำนวนครั้งที่ต้องแก้ไขโครงการก่อนการรับรอง

ข้อมูลผู้ขอรับการรับรองฯ	ด้านจำนวนครั้งที่ต้องแก้ไขโครงการก่อนการรับรอง					รวม
	1 ครั้ง	2 ครั้ง	3 ครั้งขึ้นไป	ยังไม่ได้รับ การรับรอง	ไม่รับรอง	
นิสิตปริญญาตรี	1	0	0	2	0	3
นิสิตปริญญาโท	8	3	0	3	0	14
นิสิตปริญญาเอก	0	3	2	1	0	6
บุคลากรสายวิชาการ	23	13	2	8	2	48
เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน	1	0	0	0	0	1
รวม	33	19	4	14	2	72

2) ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

ในปี 2567 มีโครงการที่ยื่นขอรับการพิจารณาความปลอดภัยทางชีวภาพมีทั้งหมด 72 โครงการ หลังจากคัดกรอง โครงการที่ได้รับการรับรองทันที มีจำนวน 6 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 8.3 ของโครงการทั้งหมด ส่วนโครงการที่ รับรองหลังจากปรับแก้ไข มีจำนวน 62 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 86.1 ของโครงการทั้งหมด โครงการที่ไม่รับรอง มีจำนวน 2 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 2.8 ของโครงการทั้งหมด เนื่องจากเป็นโครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จสิ้นก่อนการขอรับรอง และโครงการที่ไม่เข้าข่ายโครงการที่ต้องขอการรับรอง มีจำนวน 2 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 2.8 ของโครงการทั้งหมด ส่งผลให้จำนวนโครงการที่นำมาวิเคราะห์ได้อย่างครบถ้วนมีจำนวน 62 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 86.1 ของโครงการทั้งหมด

จากการวิเคราะห์โครงการได้รับผลประเมินว่า “รับรองหลังจากปรับแก้ไข” จำนวน 62 โครงการ พบว่า ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพในด้านสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม และด้านมาตรการประเมินและจัดการความเสี่ยง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4: ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

1) ในด้านสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม พบว่ามีข้อบกพร่องด้านเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับระดับความเสี่ยง/ระดับห้องปฏิบัติการของสิ่งมีชีวิต และ/หรือตัวอย่างชีวภาพ มากที่สุด จำนวน 20 โครงการ คิดเป็น 32.3% ตามด้วยประเภทของงานวิจัย จำนวน 15 โครงการ (24.2%) และประเภทสิ่งมีชีวิต และ/หรือ ตัวอย่างชีวภาพ ที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 6 โครงการ (9.7%) แสดงให้เห็นว่า นักวิจัยจำนวนมากยังขาดความเข้าใจหรือความชัดเจนในการจัดจำแนกประเภท และระดับความเสี่ยงของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการประเมินของคณะกรรมการในรอบแรก

2) ในด้านมาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง เป็นกลุ่มที่พบปัญหามากที่สุด โดยเฉพาะการชี้บ่งอันตราย และประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างดำเนินงาน และ แนวทางการจัดการความเสี่ยง ซึ่งพบเท่ากันที่ 37 โครงการ (59.7%) รองลงมา ได้แก่ วิธีการจัดการของเสีย และขยะติดเชื้อ จำนวน 36 โครงการ (58.1%) การขนย้ายเชื้อโรค สารพิษ ตัวอย่างชีวภาพ จำนวน 27 โครงการ (43.5%) และ วิธีการจัดการตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดโครงการ จำนวน 26 โครงการ (41.9%) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่า นักวิจัยยังไม่สามารถจัดทำรายละเอียดของมาตรการจัดการความเสี่ยงได้ครบถ้วนและเป็นไปตามมาตรฐานที่คณะกรรมการกำหนด ซึ่งอาจเกิดจากความเข้าใจไม่ลึกซึ้งต่อแนวปฏิบัติ หรือขาดประสบการณ์ในการเขียนข้อเสนอเชิงเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ



ตารางที่ 4: ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	จำนวนผลการรับรองหลังจากปรับแก้ไข	ร้อยละ
ด้านสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม		
ประเภทสิ่งมีชีวิต และ/หรือ ตัวอย่างชีวภาพ ที่ใช้ในการวิจัย (Agents in this work)	6	9.7
ระดับความเสี่ยง/ระดับห้องปฏิบัติการของสิ่งมีชีวิต และ/หรือ ตัวอย่างชีวภาพ ที่ใช้ในการวิจัย	20	32.3
ประเภทของงานวิจัย	15	24.2
ด้านมาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง		
การชั่งอันตราย และประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่าง การดำเนินงาน	37	59.7
แนวทางการจัดการความเสี่ยง	37	59.7
วิธีการจัดการของเสีย และขยะติดเชื้อ	36	58.1
การขนย้ายเชื้อโรค สารพิษ ตัวอย่างทางชีวภาพ	27	43.5
วิธีการจัดการตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดโครงการ	26	41.9

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า โครงการวิจัยที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2567 จำนวนทั้งสิ้น 72 โครงการ พบว่า กลุ่มผู้ยื่นขอรับรองส่วนใหญ่ เป็นบุคลากรสายวิชาการ คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมาคือ นิสิตระดับปริญญาโท ร้อยละ 19.4 และนิสิตระดับปริญญาเอก ร้อยละ 8.3 ส่วนกลุ่มนิสิตปริญญาตรีและเจ้าหน้าที่สายสนับสนุนมีสัดส่วนน้อย โดยโครงการวิจัยที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ส่วนใหญ่ต้องได้รับการปรับแก้ไขก่อนจึงจะผ่านการรับรอง โดยมีเพียงร้อยละ 8.3 ที่ได้รับการรับรองในครั้งแรก ในขณะที่ร้อยละ 86.1 ได้รับการรับรองภายหลังจากการปรับปรุงเอกสาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบการประเมินของคณะกรรมการฯ มีมาตรฐานที่ชัดเจนและเน้นความครบถ้วนของข้อมูลด้านความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษายังสะท้อนถึงปัญหาเชิงระบบที่ทำให้โครงการจำนวนมากไม่สามารถผ่านการรับรองได้ตั้งแต่รอบแรก โดยเฉพาะใน 2 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ (1) การสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม และ (2) มาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง ดังต่อไปนี้

(1) ปัญหาในด้านการสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม พบว่า โครงการจำนวนมากไม่สามารถจัดจำแนกประเภทของสิ่งมีชีวิต ระดับความเสี่ยง และประเภทของงานวิจัยได้อย่างถูกต้อง ปัญหานี้มีสาเหตุจาก ช่องว่างด้านความรู้พื้นฐานของผู้วิจัย โดยเฉพาะในกลุ่มนิสิตหรือบุคลากรสายวิชาการ จากสาขาที่ไม่ใช่ชีววิทยา หรือจุลชีววิทยา ทำให้ไม่เข้าใจแนวทางจำแนกระดับ Biosafety (Centers for Disease Control and Prevention, 2009) และขาดแบบฟอร์มที่เอื้อต่อการตีความ ข้อมูล เช่น ตัวอย่างรายการเชื้อที่จัดกลุ่มไว้วงหน้า หรือระบบช่วยระบุความเสี่ยงเบื้องต้นก่อนยื่นขอรับรอง

(2) ปัญหาในด้านมาตรการการประเมินและจัดการความเสี่ยง พบว่า กว่าร้อยละ 59.7 ของโครงการมีข้อบกพร่องในการระบุอันตราย แนวทางการจัดการความเสี่ยง และมาตรการควบคุมขยะชีวภาพ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินโครงการตามหลัก National Institutes of Health (2010) สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาด้านนี้ ได้แก่ ผู้วิจัยจำนวนมากไม่มีประสบการณ์ในการจัดทำเอกสารด้าน Biosafety นอกจากนี้ ยังพบปัญหาเชิงพฤติกรรมในบางโครงการที่เริ่มดำเนินการวิจัยก่อนการขอรับรอง ซึ่งอาจเกิดจาก ความเข้าใจผิดในกระบวนการ หรือความเร่งรีบ



จากเงื่อนไขของทุนวิจัย การเรียน หรือระยะเวลาของโครงการ ส่งผลให้ระบบความปลอดภัยทางชีวภาพขาดความต่อเนื่องและอาจมีความเสี่ยงในระดับสถาบัน ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจที่ยังไม่ชัดเจนในขั้นตอนของระบบการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพในระดับสถาบัน ซึ่งเป็นประเด็นที่เคยถูกระบุไว้ในงานของ (Niemann & Benke, 2016) ซึ่งศึกษาผลกระทบของข้อกำหนดด้าน Biosafety ต่อการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ พบว่าปัญหาความล่าช้าและความผิดพลาดในการประเมินมักเกิดจากการขาดคู่มือ แนวทางการวิเคราะห์เชิงบริบท และระบบช่วยเหลือสำหรับผู้ยื่นขอรับรอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้โดยตรง และในส่วนขอระยะเวลาในการขอรับรอง พบว่าโครงการกว่า 71.2% ใช้เวลามากกว่า 1 เดือน โดยเฉพาะในกลุ่มบุคลากรสายวิชาการ ที่มีถึง 53.1% ของโครงการใช้เวลานานเกิน 2 เดือน สถานการณ์นี้สะท้อนปัญหาเชิงระบบที่คล้ายคลึงกับงานของ ัญญาภรณ์ บุญเพชร (2567) ซึ่งศึกษาการปรับปรุงกระบวนการประเมินประเภทของโครงการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพในคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยพบว่า กระบวนการที่ไม่ระบุเกณฑ์ชัดเจนในขั้นตอนต้นทาง เช่น การแยกประเภทของโครงการ และการตรวจสอบเบื้องต้นจากผู้วิจัย ส่งผลให้ระยะเวลาในการพิจารณาขยายตัวโดยไม่จำเป็น และเกิดความล่าช้าในการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดแข็งสำคัญคือ การใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จริงที่ครอบคลุมโครงการทั้งหมดที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพในรอบปีงบประมาณ ซึ่งสะท้อนสภาพปัญหาได้อย่างรอบด้านและน่าเชื่อถือ รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามกลุ่มผู้ยื่นขอรับรอง ช่วยให้สามารถชี้เป้าเชิงนโยบายและออกแบบแนวทางสนับสนุนได้อย่างตรงจุด อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังมีข้อจำกัด ได้แก่ การวิเคราะห์ที่อิงจากเอกสารเท่านั้น โดยไม่ได้เก็บข้อมูลเชิงลึกจากผู้ยื่นขอรับรอง ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถเข้าใจต้นเหตุของปัญหาในระดับพฤติกรรมหรือทัศนคติได้อย่างแท้จริง และยังไม่สามารถอธิบายพลวัตของกระบวนการประเมินหรือผลกระทบจากบริบทระหว่างปีได้อย่างครอบคลุม

แม้ระบบการรับรองของมหาวิทยาลัยจะมีแนวทางที่ชัดเจนและยึดหลักความปลอดภัยตามมาตรฐานสากล แต่การที่ผู้ยื่นขอรับรองจำนวนมากยังต้องปรับแก้ไขเอกสาร แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมี การยกระดับความสามารถเชิงเทคนิคของผู้วิจัย ผ่านการอบรมเฉพาะกลุ่ม และควรมี การปรับแบบฟอร์มหรือสร้างระบบสนับสนุนดิจิทัล ที่ช่วยตรวจสอบความสมบูรณ์ของเอกสารก่อนยื่น ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดซ้ำซ้อน เพิ่มความรวดเร็วในการรับรอง และเสริมสร้างวัฒนธรรม Biosafety อย่างเป็นระบบในระดับสถาบัน

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มุ่งวิเคราะห์ปัญหาและลักษณะของโครงการวิจัยที่ยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 โดยใช้ข้อมูลจากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินจำนวนทั้งสิ้น 72 โครงการ ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. สถานะของผู้ยื่นขอรับรองพบว่า กลุ่มบุคลากรสายวิชาการ เป็นผู้ยื่นขอรับรองมากที่สุด คิดเป็น 66.7% ของโครงการทั้งหมด รองลงมาคือ นิสิตระดับปริญญาโท (19.4%) นิสิตปริญญาเอก (8.3%) นิสิตปริญญาตรี (4.2%) และ เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน (1.4%) สะท้อนถึงบทบาทของบุคลากรสายวิชาการในฐานะแกนนำการวิจัยในมหาวิทยาลัย

2. ระยะเวลาในการรับรองโครงการโครงการส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.2) ใช้เวลาการรับรองเกิน 1 เดือน โดยเฉพาะกลุ่มบุคลากรสายวิชาการ ซึ่งมีถึง 53.1% ที่ใช้เวลานานกว่า 2 เดือน และยังพบกรณี “ไม่ส่งแก้ไข”



(10.2%) และ “ไม่รับรอง” (2.8%) โดยสาเหตุหลักเกิดจากการที่โครงการเริ่มดำเนินการวิจัยไปแล้วก่อนการยื่นขอรับรอง อันเป็นผลจากความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในกระบวนการและลำดับขั้นตอนของการประเมิน

3. จำนวนครั้งที่ต้องแก้ไขก่อนการรับรองกว่า 72% ของโครงการทั้งหมด ต้องมีการแก้ไขก่อนจึงจะได้รับการรับรอง โดยเฉพาะในกลุ่มบุคลากรสายวิชาการ และนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา พบว่ามีแนวโน้มต้องแก้ไขมากกว่า 1 ครั้ง ขณะที่กลุ่มนิสิตปริญญาตรีและเจ้าหน้าที่สายสนับสนุนมีจำนวนครั้งในการแก้ไขน้อยและไม่มีกรณีที่ถูกปฏิเสธ

4. ประเด็นปัญหาหลักของโครงการจากการวิเคราะห์โครงการที่ได้รับการรับรอง “หลังการแก้ไข” จำนวน 62 โครงการ พบปัญหาใน 2 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ด้านสรุปสาระโครงการ/กิจกรรม: พบข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่อง “ระดับความเสี่ยงของสิ่งมีชีวิต” (32.3%) และ “ประเภทของงานวิจัย” (24.2%) 2) ด้านมาตรการจัดการความเสี่ยง: ปัญหาสำคัญ ได้แก่ การชั่งอันตรัยและแนวทางจัดการความเสี่ยง (59.7%), การจัดการของเสียติดเชื้อ (58.1%), การขนย้ายชีววัตถุ (43.5%) และการจัดการเมื่อสิ้นสุดโครงการ (41.9%)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แม้มหาวิทยาลัยจะมีระบบการรับรองที่ชัดเจนแต่ยังคงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถเชิงเทคนิค ให้กับผู้นยื่นขอรับรอง โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมาตรการควบคุมความเสี่ยง และการจัดทำเอกสารด้านความปลอดภัยทางชีวภาพที่ต้องครบถ้วนและเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่า โครงการวิจัยจำนวนมากต้องปรับแก้ไขก่อนจะได้รับการรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ และมีบางโครงการไม่ได้รับการรับรอง เนื่องจากขาดความเข้าใจในขั้นตอนและมาตรการด้านความปลอดภัย ดังนั้น ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางเพื่อช่วยให้นักวิจัยสามารถเตรียมเอกสารและดำเนินการขอรับรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. สร้างแบบฟอร์มตรวจสอบเบื้องต้นควรจัดทำ “แบบฟอร์มเช็คลิสต์” ที่ช่วยให้นักวิจัยสามารถตรวจสอบความครบถ้วนของเอกสารก่อนยื่น เช่น มีการระบุระดับความเสี่ยงของเชื้อโรคหรือไม่ มีแนวทางจัดการขยะชีวภาพครบถ้วนหรือไม่
2. จัดทำคู่มือและตัวอย่างประกอบจัดทำเอกสารคู่มือและตัวอย่างโครงการที่ผ่านการรับรอง พร้อมแสดงข้อผิดพลาดที่พบได้บ่อย เพื่อให้นักวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการเขียนเอกสารของตนเอง
3. อบรมแยกตามกลุ่มเป้าหมายจัดอบรมเชิงปฏิบัติการที่เหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม เช่น นิสิตปริญญาตรีที่มีโครงการความเสี่ยงต่ำ (BSL-1) นิสิตบัณฑิตศึกษาที่มีโครงการใช้ตัวอย่างชีวภาพที่ซับซ้อน และบุคลากรสายวิชาการที่มีโครงการวิจัยระดับสูงหรือเชิงคลินิก
4. กำหนดระยะเวลาการประเมินให้ชัดเจนมหาวิทยาลัยควรกำหนด “ระยะเวลาเฉลี่ย” สำหรับขั้นตอนการพิจารณา เช่น ภายใน 30 วัน และแจ้งความคืบหน้าให้ผู้นยื่นโครงการทราบ เพื่อสร้างความเชื่อมั่น
5. พัฒนาระบบช่วยประเมินล่วงหน้าสร้างระบบออนไลน์ที่ให้นักวิจัยสามารถ “ประเมินเบื้องต้น” ได้ด้วยตนเองว่าต้องขอรับรองหรือไม่ และควรแนบเอกสารใดบ้างก่อนเข้าสู่การประเมินจริง
6. ควรกำหนดให้นักวิจัยยื่นขอรับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพพร้อมกับข้อเสนอโครงการวิจัย



เอกสารอ้างอิง

- ธัญญาภรณ์ บุญเพ็ชร. (2567). การปรับปรุงกระบวนการประเมินประเภทของโครงการวิจัยด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. *วารสารวิชาการ ปชมท.*, 13(2), 143–153.
- พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558. (2558, 26 สิงหาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 132 ตอนที่ 80 ก. หน้า 9–31
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2566). *แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณารับรองด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ (ปรับปรุงวันที่ 1 มิถุนายน 2566)* [เอกสารไม่ตีพิมพ์].
- Centers for Disease Control and Prevention. (2009). *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories* (5th ed.). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- National Institutes of Health, Office of Biotechnology Activities. (2010). *Guidelines for research involving recombinant or synthetic nucleic acid molecules (NIH guidelines)*. <https://osp.od.nih.gov/biotechnology/nih-guidelines/>
- Niemann, S., & Benke, K. (2016). The impact of biosafety regulations on laboratory practices. *Journal of Biosafety Research*, 12(3), 145–162.



การศึกษาความตระหนัก ทักษะ และพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุวดี มีมาก¹ และ วิภาดา บุญสงฆ์^{2,*}

An Investigation into Laboratory Safety Awareness, Attitudes, and Practices among Laboratory Users in Chemical Laboratories at Naresuan University

Suwadee Meemark¹ and Wiphada Boonsongthae^{2,*}

¹สำนักงานเลขานุการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²กองการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Secretary's office, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

²Division of Research and Innovations, Office of the President, Naresuan University Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: wiphadab@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความตระหนัก ทักษะ และพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับสารเคมีในห้องปฏิบัติการของนิสิตและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการป้องกันอุบัติเหตุและการส่งเสริมสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย การมีความตระหนักเกี่ยวกับความเสี่ยงต่างๆ การมีทัศนคติเชิงบวกต่อความปลอดภัย และการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมที่ปลอดภัย ล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานและลดความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโดยสมัครใจ ซึ่งประกอบด้วยนิสิตร้อยละ 67.72 และบุคลากรร้อยละ 32.58 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความตระหนักและทัศนคติด้านความปลอดภัยในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบกับประเภทของอาสาสมัคร พบว่านิสิตมีแนวโน้มที่จะขาดประสบการณ์ตรง จึงยังไม่สามารถแปลเจตคติสู่พฤติกรรมที่มั่นคงได้ ในขณะที่บุคลากรมีทัศนคติและพฤติกรรมที่สอดคล้องกับประสบการณ์และบทบาทในการกำกับดูแลความปลอดภัยมากกว่า ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยคือ การจัดอบรมด้านความปลอดภัยควรมีความต่อเนื่อง แยกตามบริบทของกลุ่มเป้าหมาย และควรส่งเสริมการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยที่มีส่วนร่วมจากทุกระดับภายในองค์กร เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรมอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ทักษะ พฤติกรรม ความตระหนัก สารเคมี

Abstract

This study aimed to investigate the awareness, attitudes, and safety behaviors related to chemical handling in laboratories among students and personnel at Naresuan University. These factors are critically important for preventing accidents and fostering a safe working environment. Awareness of potential risks, positive safety attitudes, and the demonstration of safe behaviors are essential components that contribute to reducing hazards and protecting lives and property. Data were collected through a structured questionnaire administered to voluntary participants, consisting of 67.72% students and 32.58% university personnel. Descriptive statistics were employed for data analysis. The findings revealed that overall safety awareness and attitudes among respondents were at a high level. When comparing between groups, students tended to lack practical experience, which may hinder the translation of attitudes into consistent safety behaviors. In contrast, university personnel demonstrated attitudes and behaviors more aligned with their experience and supervisory roles in laboratory safety. Based on the findings, it is recommended that safety training programs



be conducted regularly and tailored to the specific contexts of different target groups. Moreover, fostering a participatory safety culture at all organizational levels is crucial to achieving sustainable behavioral change.

Keywords: Laboratory safety, attitudes, behavior, awareness, chemicals

บทนำ

โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (2558) จัดตั้งขึ้นตามพันธกิจของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เพื่อส่งเสริมการวิจัยที่มีคุณภาพควบคู่กับความปลอดภัยของนักวิจัยและการรักษาสังแวดล้อม โดยมุ่งพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการผ่านนโยบายและแนวปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม, Nasrallah et al, (2022) มีการศึกษาพบว่าอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีอัตราการเกิดสูงถึง 45% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า 47% ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเคมีประสบอุบัติเหตุจากอันตรายต่างๆ และ พัชร ศรีเจริญ และคณะ (2563) มีการศึกษาที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ พบว่าเจ้าหน้าที่ที่สัมผัสสารเคมีอันตรายมีความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสในเซลล์เม็ดเลือดขาวสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง ในส่วนของมหาวิทยาลัยนเรศวร การดำเนินการเพื่อเป็นต้นแบบด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีในเขตภาคเหนือตอนล่าง มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเครือข่ายความร่วมมือด้านความปลอดภัยเชิงระบบ และสามารถขยายผลไปยังสถาบันอื่นในภูมิภาคได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ความปลอดภัยถือเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งต้องอาศัยการบูรณาการองค์ความรู้จากหลากหลายศาสตร์ อย่างไรก็ตาม แนวทางการเรียนรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในอดีตมักเน้นเพียงการให้ข้อมูล ทำให้ขาดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างแท้จริง Khamjan et al., (2021); Gao and Deeprasert (2025) มีงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศชี้ให้เห็นว่าความรู้ความตระหนัก ทักษะ ทักษะการเป็นลำดับเหตุผลที่สนับสนุนกัน การฝึกอบรม สื่อช่วยสอน และสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมความปลอดภัย มีผลสำคัญต่อการพัฒนาพฤติกรรมที่ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความตระหนัก ทักษะ และพฤติกรรมด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดหลักสูตรอบรมความปลอดภัยที่มุ่งเปลี่ยนแปลงทัศนคติและเสริมสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัยตั้งแต่ระดับบุคคลไปจนถึงระดับองค์กร เพื่อให้เกิดการปฏิบัติที่ยั่งยืนโดยไม่ต้องพึ่งพาการควบคุมจากภายนอก แต่ขับเคลื่อนจากจิตสำนึกและความรับผิดชอบร่วมกันของคนในสังคม

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความตระหนัก ทักษะและพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ



วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการศึกษาความตระหนัก ทศนคติและพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในห้วงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีของผู้ที่ปฏิบัติงานในห้วงปฏิบัติการ โดยการแสดงความคิดเห็นในแบบสอบถาม มีให้เลือก 5 ระดับ โดยมีการประชาสัมพันธ์รับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการผ่านสื่อออนไลน์ต่าง ๆ ทีมผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดทางวาจาให้อาสาสมัครทราบรายละเอียดของโครงการ สามารถตัดสินใจเข้าร่วมหรือออกจากโครงการได้อย่างอิสระ และลงนามเป็นลายลักษณ์อักษร การให้ข้อมูลต่าง ๆ ของอาสาสมัครนั้น อาสาสมัครจะทำการตอบแบบสอบถามอย่างอิสระ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ นิสิตระดับปริญญาตรี ระดับบัณฑิตศึกษา และบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุนที่ใช้ห้วงปฏิบัติการภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร กลุ่มตัวอย่าง คือนิสิตระดับปริญญาตรี ระดับบัณฑิตศึกษา และบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุนของที่ใช้ห้วงปฏิบัติการภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีประกาศรับสมัครด้วยความสมัครใจ ร้อยละ 100

การพิทักษ์สิทธิ์ของผู้ให้ข้อมูล

การวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยให้ข้อมูลผู้วิจัย อธิบายวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงสิทธิในการถอนตัวจากโครงการ การรักษาความลับของข้อมูลและการนำเสนอผลการวิจัยเป็นภาพรวม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามจากทฤษฎี แนวคิดและวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน ผ่านการตรวจพิจารณาโดยใช้หลักเกณฑ์การตรวจสอบค่า IOC ของการวิเคราะห์เครื่องมือจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน และมีค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม หรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC: Index of item objective congruence) มีค่าเท่ากับ 0.91 แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การประเมินเชิงคุณภาพ โดยใช้แบบสอบถามที่ให้อาสาสมัครกรอกข้อมูลส่วนตัวที่ไม่ระบุตัวตนของอาสาสมัคร ข้อมูลส่วนตัวได้แก่ ตำแหน่งของอาสาสมัคร โดยแบ่งกลุ่ม ดังนี้ นิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร และบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร

ตอนที่ 2 การประเมินทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการปฏิบัติตนด้านความปลอดภัยในห้วงปฏิบัติการ ด้านความสำคัญของความปลอดภัยและการประเมินความเสี่ยง ประกอบด้วยคำถามจำนวน 6 ข้อ ทศนคติและพฤติกรรมต่อความปลอดภัย ประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ในห้วงปฏิบัติการ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ บทบาทและความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ และความตระหนักทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ โดยมีข้อความเชิงนิเสธ 21 ข้อ และข้อความเชิงบวก 7 ข้อ



เกณฑ์การให้คะแนนและแปลความหมายดังนี้

ระดับความคิดเห็น	ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ
ไม่เห็นด้วย (0%)	1	5
เห็นด้วยเล็กน้อย (1-33%)	2	4
เห็นด้วยปานกลาง (34-67%)	3	3
เห็นด้วยมาก (68-99%)	4	2
เห็นด้วยมากที่สุด (100%)	5	1

เกณฑ์การแปลคะแนน จะแบ่งระดับของทัศนคติออกเป็น 5 ระดับ โดยเกณฑ์คะแนนตามกลุ่ม ตามแนวคิดของ เบสท์ (Best & Kahn, 1997) ดังนี้

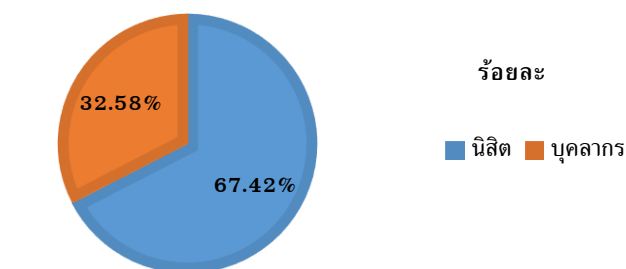
- ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.50- 5.00 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับมากที่สุด
- ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50- 4.49 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับมาก
- ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.50- 3.49 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับปานกลาง
- ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.50- 2.49 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับน้อย
- ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00- 1.49 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ในการวิเคราะห์ ข้อมูลส่วนตัวและ ข้อมูลเกี่ยวกับ ทัศนคติ และพฤติกรรม โดยใช้จำนวนและร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย เลขคณิต (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

ผลการศึกษา

การวิจัยความตระหนัก ทัศนคติและพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี ของผู้ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการตามแผนการวิจัย จากการที่ได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งข้อมูลที่ได้จะ นำมาทำการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนตัว ทัศนคติและพฤติกรรม ข้อมูลทั่วไปของผู้ปฏิบัติงานใน ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีส่วนใหญ่เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร (ร้อยละ 67.42) และเป็นบุคลากร มหาวิทยาลัยนเรศวร (ร้อยละ 32.58) ดังรูปที่ 1 ภาพแผนภูมิแสดงจำนวนร้อยละของอาสาสมัคร และผลการตอบ แบบสอบถาม ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ดังตารางที่ 1-4



รูปที่ 1 ภาพแผนภูมิแสดงจำนวนร้อยละของอาสาสมัคร



ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการปฏิบัติตนด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการกับนโยบาย โครงสร้างและการจัดการ

ประเด็นคำถาม	$\bar{X}$	SD
คู่มือหรือวิธีปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีการระบุและชี้แจงข้อมูลหรือขั้นตอนด้านความปลอดภัยและเราควรปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด	4.73	0.78
เนื่องจากความไม่ปลอดภัย อันตรายหรือโรคภัยเกิดขึ้นกับเฉพาะบุคคล ดังนั้นนโยบาย ระเบียบข้อกำหนดของคณะ ภาควิชาและห้องปฏิบัติการจึงมีความสำคัญมาก ในการที่จะทำให้กิจกรรมการทำงานวิจัยหรือการเรียนการสอนดำเนินการได้อย่างปลอดภัย	3.85	1.54
ทุกคนที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยที่เหมาะสมตามความเสี่ยงกับกิจกรรมนั้น ๆ ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	4.72	0.74
อาจารย์หรือผู้บังคับบัญชาควรที่จะให้นิสิตหรือผู้ปฏิบัติงานมีสิทธิในการปฏิเสธต่อการปฏิบัติกิจกรรมที่เห็นว่ากิจกรรมในงานนั้นมีความเสี่ยงที่อาจเกิดความปลอดภัยได้	4.49	0.98
นิสิตหรือผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องรายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทุกครั้งต่ออาจารย์หรือผู้บังคับบัญชาทราบ และสอบสวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น แม้ว่าตนเองจะไม่มีบาดเจ็บกับเหตุการณ์นั้น เพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและหาแนวทางการป้องกัน	4.61	0.86
คณะ ภาควิชาและห้องปฏิบัติการ ควรมีการจัดสรรงบประมาณด้านความปลอดภัย แต่ต้องจัดสรรงบประมาณโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานจะได้รับการประเมินแล้วว่าอยู่ในระดับที่สูงก่อนโครงการหรือกิจกรรมที่เป็นตัวชี้วัดของงานประจำที่จำเป็นก่อน	3.08	1.70
คณะ ภาควิชาและห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีคณะกรรมการความปลอดภัย เพื่อให้เกิดการกำกับและดูแลงานด้านความปลอดภัยให้เป็นไปอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง	4.59	0.81
ไฟส่องสว่างในบริเวณของการทำงานของห้องปฏิบัติการควรเปิดให้เพียงพอต่อการใช้	4.59	1.00

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าประเด็นที่มีระดับความเห็นด้วยมากที่สุดมี 2 ประเด็น คือ ความสำคัญของการอบรมก่อนปฏิบัติงาน ($\bar{X} = 4.72$) และการมีคู่มือความปลอดภัยที่ชัดเจน ($\bar{X} = 4.73$) สะท้อนถึงการรับรู้ความสำคัญของแนวทางและข้อกำหนด อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยเรื่อง “การจัดสรรงบประมาณด้านความปลอดภัยต้องพิจารณาจากความเสี่ยงสูงก่อน” อยู่ในระดับกลาง ($\bar{X} = 3.08$) ซึ่งอาจชี้ว่าการจัดลำดับความสำคัญทางนโยบายยังไม่ชัดเจน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของและพฤติกรรมเกี่ยวกับการปฏิบัติตนด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการกับผลกระทบต่อบุคคล

ประเด็นคำถาม	$\bar{X}$	SD
อุบัติเหตุหรือการเจ็บป่วยที่มีสาเหตุมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยและ/หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยนั้น เป็นเรื่องเกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือไม่เจตนา โดยที่เราสามารถที่จะป้องกันหรือลดผลกระทบนั้นได้	3.86	1.44
การกระทำที่เราละเลยกฎหรือระเบียบด้านความปลอดภัยเพียงแค่อะเลินๆ จะส่งผลต่อการเกิดอันตราย โดยจะทำให้เกิดเป็นอุบัติเหตุหรือเกิดผลเสียที่ร้ายแรงได้	4.22	1.29
ท่านคิดว่าความคุ้นชินทำให้ท่านรู้จักสารเคมีที่ท่านทำงานอยู่ประจำ แต่ท่านจำเป็นต้องอ่านข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติและความปลอดภัยของสารเคมีนั้นเพิ่มเติมอีก	4.44	1.04
ความไม่ปลอดภัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุหรือการเจ็บป่วย เช่น โรคเมะเร็งนั้น ส่งผลกระทบต่อผู้ที่ประสบอุบัติเหตุหรือผู้ที่เจ็บป่วย รวมไปถึงผู้คนที่เกี่ยวข้องทั้งหมด	4.25	1.24



ประเด็นคำถาม	$\bar{x}$	SD
สารเคมีที่ท่านทำงานอยู่ประจำและไม่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ จากการปฏิบัติงานกับสารเคมีนั้นที่ผ่าน มา ทำให้ท่านจะต้องมีการประเมินความเสี่ยง จะทำให้ท่านมั่นใจว่าจะทำงานได้อย่างปลอดภัยต่อไป	4.18	1.16
เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีความบกพร่องเพียงเล็กน้อย แต่ยังให้ผลการวิเคราะห์หรือเดินเครื่องโดยที่ ทำให้งานสำเร็จลุล่วงได้ และจะไม่สามารถใช้ในการปฏิบัติงานกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ได้อย่าง ปลอดภัยด้วย	4.27	1.08
การทำกิจกรรมหรือการปฏิบัติงานในสถานที่ที่มีกลิ่นของสารเคมีเพียงเล็กน้อย แต่ต้องทำงานอยู่ในที่ นั้นเป็นประจำ จะส่งผลต่อการเกิดอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพได้	4.58	0.99
การได้กลิ่นหรือรับสัมผัสสารเคมีในห้องปฏิบัติการเพียงเล็กน้อย จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและ ก่อให้เกิดอันตรายได้ เพราะท่านได้กลิ่นจากการที่ท่านมาใช้ห้องปฏิบัติการนี้เป็นประจำ	4.52	1.08

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาพบว่าประเด็นที่มีระดับความเห็นด้วยมากที่สุดมี 2 ประเด็น คือ การรับรู้กลิ่นของสารเคมีจากสภาพแวดล้อมและการปฏิบัติงานกับสารเคมี คือ 4.58 และ 4.52 สะท้อนให้เห็นว่ามีความตระหนักดี แต่ในเรื่องที่เกี่ยวกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ชำรุดเล็กน้อยนั้น ($\bar{x} = 4.27$) ผู้ตอบอาจเห็นด้วยกับประโยคแรกว่า อุปกรณ์บกพร่องแต่ยังคงสามารถใช้งานได้ หรืออาจเห็นด้วยกับประโยคหลังว่า ไม่สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการปฏิบัติด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการกับการให้ความสำคัญ

ประเด็นคำถาม	$\bar{x}$	SD
การปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูง เช่น สารก่อมะเร็งในระยะเวลาเพียงชั่วครู่ ท่านจำเป็นต้องมีการ ประเมินและจัดการกับความเสี่ยงนั้นก่อน	4.66	0.93
ท่านคิดว่าการปฏิบัติตามกฎ ระเบียบด้านความปลอดภัยที่กำหนด ทำให้ท่านเกิดความรู้สึกสบายใจ และไม่ส่งผลให้การทำงานของ ท่าน	4.35	1.08
ท่านเชื่อมั่นว่าความชำนาญในการปฏิบัติงานที่ทำอยู่เป็นประจำของท่าน ท่านสามารถลดหรือเพิ่ม ขั้นตอนในกิจกรรมการปฏิบัติงาน โดยจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงก่อน	4.44	0.97
การได้รับการฝึกอบรมในหลักสูตรด้านความปลอดภัย จะช่วยทำให้ท่านมีความรู้และสามารถป้องกัน อุบัติเหตุหรือการเจ็บป่วยได้ โดยการอบรมเพียงครั้งเดียวไม่สามารถครอบคลุมในทุกการปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน	3.75	1.37
ท่านรู้สึกว่าการ ระเบียบและข้อบังคับด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่กำหนดไว้มีความจำเป็น และสะดวกในการที่จะปฏิบัติตาม	4.14	1.14
ท่านคิดว่ากฎ ระเบียบด้านความปลอดภัยของคณะ ภาควิชาและห้องปฏิบัติการ ท่านสามารถปฏิบัติ ได้ทุกข้อ	4.02	1.35
ความปลอดภัยมีความสำคัญมากกว่าผลผลิตหรือผลงานวิจัยหรือการเรียนการสอน	4.25	1.31
การประเมินความเสี่ยงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในทุก ๆ กิจกรรมของการทำงานวิจัยหรือการเรียนการ สอน	4.57	0.94
ความปลอดภัยไม่ใช่หน้าที่ของคณะ ภาควิชาและห้องปฏิบัติการเท่านั้น	4.61	0.90
ท่านเป็นส่วนที่สำคัญมากต่อการทำให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานในห้องปฏิบัติการทั้งต่อตนเอง เพื่อนร่วมงานและสิ่งแวดล้อม	4.45	0.98



จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าประเด็นที่มีระดับความเห็นด้วยมากที่สุดมี 2 ประเด็น คือ หัวข้อ “การปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายสูง” ($\bar{X} = 4.66$) และ “ความปลอดภัยไม่ใช่หน้าที่ของคณะเท่านั้น” ($\bar{X} = 4.61$) บ่งชี้ถึงจิตสำนึกที่ดี อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยเรื่อง “อบรมครั้งเดียวไม่เพียงพอ” อยู่ในระดับกลาง ($\bar{X} = 3.75$) แสดงว่ายังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความต่อเนื่องของการฝึกอบรม

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการปฏิบัติด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ประเด็นคำถาม	$\bar{X}$	SD
ท่านรู้สึกไม่สบายใจ หากท่านทราบว่าถัง หอย ปู ปลาที่ท่านกำลังกินนั้น จับมาจากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนจากของเสียจากห้องปฏิบัติการหรือโรงงานที่ไม่มีการแยกทิ้งหรือบำบัดก่อน	4.72	0.85
ท่านคิดว่าขยะจำพวกพลาสติกเป็นขยะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การลดการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวันนั้นเป็นเรื่องที่สามารถทำได้	2.80	1.39
เมื่อท่านเห็นหรือรู้ว่าแหล่งน้ำหนึ่งเกิดการปนเปื้อนขยะพลาสติกหรือสารพิษ ท่านมักจะมีความรู้สึกเห็นใจและสงสารสัตว์ที่กำลังอาศัยในแหล่งน้ำนั้น เช่น กุ้ง หอย ปู และปลา	4.36	1.01

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาพบว่าประเด็นที่มีระดับความเห็นด้วยมากที่สุดมี คือ ไม่สบายใจเมื่อบริโภคสัตว์น้ำจากแหล่งปนเปื้อน แสดงถึงความตระหนักทางสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม มีค่าเฉลี่ยต่ำในความสามารถในการลดการใช้พลาสติก ($\bar{X} = 2.80$) ซึ่งแสดงถึง “ช่องว่างระหว่างความรู้สึกกับพฤติกรรมจริง”

จากการศึกษาการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มนิสิตและบุคลากร สะท้อนให้เห็นความแตกต่างเชิงพฤติกรรมและทัศนคติบางประการ ดังนี้:

1. กลุ่มนิสิต (67.42%) ความตระหนักด้านความปลอดภัย: มีระดับความตื่นตัวต่อแนวทางการความปลอดภัยที่ดี แต่มีแนวโน้มที่จะขาดประสบการณ์ตรงจากสถานการณ์จริง ทำให้พฤติกรรมบางประการ เช่น การประเมินความเสี่ยงหรือการรายงานเหตุการณ์ อาจอยู่ในระดับ “เชิงทฤษฎี” มากกว่า “เชิงปฏิบัติ” การอบรมและการรับรู้: มีความเห็นด้วยต่อความจำเป็นของการอบรม ($\bar{X}$ สูง) แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความเพียงพอของการอบรมครั้งเดียว ซึ่งอาจมาจากการที่ยังไม่เคยเผชิญเหตุการณ์ฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุจริงในห้องปฏิบัติการ พฤติกรรมเชิงสิ่งแวดล้อม: ตระหนักถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในระดับที่ดี แต่ยังมีพฤติกรรมจริงที่ไม่สอดคล้อง เช่น การลดใช้พลาสติกในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจเป็นเพราะความเคยชินหรือขาดแรงจูงใจจากระบบสนับสนุน

2. กลุ่มบุคลากร (32.58%) ทัศนคติและการปฏิบัติ: มีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมตามแนวทางการปลอดภัยได้ดีกว่า อาจเนื่องมาจากประสบการณ์ทำงานและการอบรมต่อเนื่องในช่วงเวลานานกว่า การประเมินความเสี่ยง: แสดงความเข้าใจถึงความจำเป็นของการประเมินความเสี่ยงอย่างชัดเจน และอาจเป็นผู้กำหนดหรือควบคุมกิจกรรมในห้องปฏิบัติการด้วย จึงแสดงทัศนคติที่สอดคล้องกับความรับผิดชอบเชิงโครงสร้าง จิตสำนึกองค์กร: แสดงความเชื่อมั่นในบทบาทของตนเองที่มีต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ สะท้อนถึงการมีส่วนร่วมแบบ Active Role จิตสำนึกองค์กร: แสดงความเชื่อมั่นในบทบาทของตนเองที่มีต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ (เช่น ค่าเฉลี่ยสูงในประเด็น “ความปลอดภัยไม่ใช่หน้าที่ของคณะฯ เท่านั้น” และ “ความปลอดภัยขึ้นอยู่กับตัวเรา”) สะท้อนถึงการมีส่วนร่วมแบบ Active Role



อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาความตระหนัก ทักษะ และพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในท้องปฏิบัติการของผู้ปฏิบัติงานภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มนิสิตร้อยละ 67.42 และบุคลากรร้อยละ 32.58 พบว่าทั้งสองกลุ่มมีระดับความคิดเห็นที่สูงต่อความสำคัญของการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัย โดยเฉพาะในประเด็นเกี่ยวกับการอบรมก่อนปฏิบัติงานและการมีคู่มือแนวทางความปลอดภัย ($\bar{X} > 4.70$) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผลการศึกษาไปวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบความแตกต่างในด้านประสบการณ์การปฏิบัติงานและการแปลเจตคติไปสู่พฤติกรรมที่ชัดเจน ในกลุ่มนิสิต ซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงต้นของเส้นทางวิชาชีพ มีระดับความตระหนักที่ดีต่ออันตรายจากการปฏิบัติงานกับสารเคมี แต่ยังพบพฤติกรรมที่อาจสะท้อนถึงความเข้าใจที่ไม่ครอบคลุม เช่น การมองว่าการอบรมเพียงครั้งเดียวเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน หรือการไม่สามารถลดการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวันได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากข้อจำกัดด้านประสบการณ์หรือการไม่เคยประสบเหตุการณ์เสี่ยงโดยตรง ในขณะที่กลุ่มบุคลากร ซึ่งมีบทบาทเป็นทั้งผู้ใช้ท้องปฏิบัติการและผู้ควบคุมดูแลด้านความปลอดภัย แสดงทัศนคติที่สอดคล้องกับประสบการณ์จริงมากกว่า โดยมีความเห็นในระดับสูงเกี่ยวกับความสำคัญของการประเมินความเสี่ยง การปฏิบัติตามกฎระเบียบ และการรับผิดชอบร่วมกันในองค์กร Gao et al., (2022) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด “วัฒนธรรมความปลอดภัย” (safety culture) ที่เน้นการมีส่วนร่วมจากทุกระดับขององค์กร อย่างไรก็ตาม ยังมีประเด็นที่ทั้งสองกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในต่างประเทศ เช่น Leung, (2021) ที่พบว่าความเคยชินและความมั่นใจส่วนบุคคลสามารถนำไปสู่การละเลยข้อปฏิบัติด้านความปลอดภัยได้ นอกจากนี้ ความไม่สอดคล้องระหว่างความรู้สึกด้านสิ่งแวดล้อมกับพฤติกรรมเชิงปฏิบัติ เช่น การเห็นด้วยต่อประเด็น “ไม่สบายใจหากบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อน” ($\bar{X} = 4.72$) แต่ไม่สามารถลดการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวัน ($\bar{X} = 2.80$) สะท้อนให้เห็นถึง “ช่องว่างระหว่างเจตคติกับพฤติกรรม”

โดยสรุป แม้ว่าทั้งนิสิตและบุคลากรจะมีระดับความตระหนักและทัศนคติด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ แต่ยังมี ความแตกต่างตามบริบทของประสบการณ์ และความเข้าใจที่ยังไม่ครอบคลุมในบางมิติ ดังนั้น การพัฒนาแนวทางส่งเสริมความปลอดภัยควรดำเนินไปในลักษณะจำเพาะเจาะจง ต่อกลุ่มเป้าหมาย และควรมีการจัดอบรมอย่างต่อเนื่อง ควบคู่กับการประเมินผลพฤติกรรมและการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกระดับ เพื่อส่งเสริมให้เกิดวัฒนธรรมความปลอดภัยอย่างยั่งยืนในระดับองค์กร

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความตระหนัก ทักษะ และพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับสารเคมีในท้องปฏิบัติการของนิสิตและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม แสดงให้เห็นถึงประเด็นสำคัญใน 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านนโยบาย โครงสร้าง และการจัดการ

ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีความเห็นในระดับสูงเกี่ยวกับความจำเป็นของการจัดให้มีคู่มือแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยที่ชัดเจน ($\bar{X} = 4.73$) และการอบรมก่อนการปฏิบัติงาน ($\bar{X} = 4.72$) ซึ่งสะท้อนถึงการตระหนักถึงโครงสร้างพื้นฐานด้านความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรงบประมาณตามระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.08$) บ่งชี้ถึงความไม่ชัดเจนในกระบวนการจัดลำดับความสำคัญเชิงนโยบายขององค์กร



2. ด้านผลกระทบต่อบุคคล

ผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ตระหนักถึงความเสี่ยงจากพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย เช่น การละเลยกฎระเบียบหรือความเคยชินในการใช้สารเคมี ($\bar{X} = 4.44$) รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมี แม้ในปริมาณเล็กน้อย ($\bar{X} = 4.58$) อย่างไรก็ตาม ทัศนคติที่ยังยอมรับการใช้อุปกรณ์ที่มีความบกพร่องเพียงเล็กน้อย ($\bar{X} = 4.27$) สะท้อนถึงช่องว่างในการประเมินความเสี่ยงที่ควรได้รับการเสริมสร้างความเข้าใจเพิ่มเติม

3. ด้านการให้ความสำคัญและทัศนคติ

ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงระดับความคิดเห็นในระดับสูงเกี่ยวกับความสำคัญของการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีอันตราย ($\bar{X} = 4.66$) และการมีส่วนร่วมของบุคคลในองค์กรต่อความปลอดภัย ($\bar{X} = 4.61$) แสดงถึงระดับจิตสำนึกด้านความปลอดภัยที่ดี อย่างไรก็ตาม การประเมินความเพียงพอของการอบรมเพียงครั้งเดียว ($\bar{X} = 3.75$) อยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนถึงความเข้าใจที่ยังไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับความจำเป็นของการอบรมอย่างต่อเนื่อง

4. ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความตระหนักสูงเกี่ยวกับผลกระทบจากของเสียทางเคมีต่อสิ่งแวดล้อม ($\bar{X} = 4.72$) อย่างไรก็ตาม ความคิดเห็นเกี่ยวกับความสามารถในการลดการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวันมีค่าเฉลี่ยต่ำ ($\bar{X} = 2.80$) บ่งชี้ถึงความไม่สอดคล้องระหว่างความตระหนักกับพฤติกรรมเชิงปฏิบัติจริง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ ทัศนคติ และพฤติกรรมที่หลากหลายของผู้ปฏิบัติงานในห้วงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี จึงมีข้อเสนอแนะที่ควรนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายและแนวปฏิบัติ ดังนี้:

1. การออกแบบโปรแกรมอบรมที่แยกกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้สอดคล้องกับระดับประสบการณ์และบริบทของแต่ละกลุ่ม ควรออกแบบหลักสูตรอบรมเฉพาะสำหรับนิสิต/บุคลากร และจัดให้มีการอบรมความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง
2. ส่งเสริมพฤติกรรมที่สะท้อนจริยธรรมด้านสิ่งแวดล้อมควรมีการณรงค์และสื่อสารให้ผู้ปฏิบัติงานตระหนักถึงผลของการเกิดจากกิจกรรมในห้วงปฏิบัติการต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความรู้สึกการมีส่วนร่วมและรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น
3. สร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมในองค์กรควรส่งเสริมให้บุคลากรทุกระดับมีบทบาทในการดูแลและกำกับความปลอดภัย ไม่ใช่จำกัดไว้เฉพาะฝ่ายบริหารหรือหน่วยงานเฉพาะทางเท่านั้น การเปิดโอกาสให้นิสิตได้มีบทบาทร่วมกับบุคลากรในการดูแลความปลอดภัยของห้วงปฏิบัติการ ซึ่งจะช่วยลดช่องว่างด้านทัศนคติและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างรุ่นพี่-รุ่นน้อง เพื่อให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกันและสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยที่ยั่งยืนภายในองค์กร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปด้วยดี คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ คณะสหเวชศาสตร์ กองการวิจัยและนวัตกรรม และคณะกรรมการความปลอดภัยด้านสารเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนการทำงานด้านความปลอดภัยในห้วงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี



เอกสารอ้างอิง

- โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย. (2558). *คู่มือการประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ: ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 2*. กองมาตรฐานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- พัชร ศรีเจริญ, กรรณิกา เชียงกา, และกฤษณะ พลอยบุษย์. (2563). การตรวจสอบไมโครนิวเคลียสในเม็ดเลือดขาวของเจ้าหน้าที่ที่สัมผัสสารเคมีในห้องปฏิบัติการ. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, 62(3), 195–203.
<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/dmsc/article/view/241771>
- Best, J. W., & Kahn, J. V. (1997). *Research in Education*. Allyn and Bacon.
- Gao, S., Chang, C., Ren, F., & Yu, F. (2022). Safety culture measurement among Chinese undergraduates at a private university: Development and validation. *Frontiers in Public Health*, 10, 825106.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.825106>
- Gao, X., & Deeprasert, J. (2025). The impact of safety culture on safety behavior in university chemistry laboratories. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(7s), Article 850.
- Khamjan, J., Yusuk, W., & Puttanont, N. (2021). The relationship between knowledge, attitude, and behavior in hazardous waste separation in laboratory among students of Ubon Ratchathani University. *Journal of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University*, 4(3), 166–175.
- Leung, A. H.-H. (2021). Laboratory safety awareness, practice, attitude, and perception of tertiary laboratory workers in Hong Kong: A pilot study. *ACS Chemical Health & Safety*, 28(4), 250–259.
<https://doi.org/10.1021/acs.chas.0c00122>
- Nasrallah, I. M., El Kak, A. K., Ismail, L. A., Nasr, R. R., & Bawab, W. T. (2022). Prevalence of accident occurrence among scientific laboratory workers of the public university in Lebanon and the impact of safety measures. *Safety and Health at Work*, 13(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2022.02.001>



ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567

ศิริพร บัวอัน^{1,*}

The Student's Satisfaction on Academic Services Section of the Faculty of Dentistry Naresuan University Academic Year 2024

Siriporn Buaon^{1,*}

¹คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Dentistry, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: siripomb@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 2) เปรียบเทียบความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา โดยศึกษาความคิดเห็น 5 ด้าน คือ ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ด้านขั้นตอนการให้บริการ ด้านคุณภาพของการให้บริการ ด้านสภาพแวดล้อมของสำนักงาน ด้านการประชาสัมพันธ์ ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ นิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ จำนวน 358 คน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า นิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา ค่าเฉลี่ย 4.62 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นิสิตมีความพึงพอใจด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ มากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.68 รองมา คือ ด้านคุณภาพของการให้บริการ ค่าเฉลี่ย 4.65 ด้านขั้นตอนการให้บริการ ค่าเฉลี่ย 4.62 ด้านสภาพแวดล้อมของสำนักงาน ค่าเฉลี่ย 4.60 ตามลำดับ และนิสิตมีความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ด้านการประชาสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ย 4.56 ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา สรุปได้ว่า นิสิตเพศชายและเพศหญิง มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา ไม่แตกต่างกัน แต่นิสิตในชั้นปีและหลักสูตรที่ต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา แตกต่างกัน โดยนิสิตชั้นปีที่ 3 มีความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.85 และนิสิตหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต วิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก มีความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.72

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ นิสิต งานการศึกษา

Abstract

This study was a survey research conducted with the following objectives: 1) to examine the level of student satisfaction with the academic services provided by the Faculty of Dentistry, Naresuan University, in the academic year 2024. 2) to compare student satisfaction with academic services across five aspects: service personnel, service procedures, service quality, office environment, and public relations. The population of this study consisted of 358 students from the Faculty of Dentistry. A questionnaire was used as the research instrument to collect data. The statistical methods used for analysis included percentage, mean, and standard deviation. The research findings revealed that: The students of the Faculty of Dentistry expressed a very high level of satisfaction, with an overall mean score of 4.62. When considered by aspect: the results found that the highest satisfaction was with service staff (mean = 4.68). Next, it was followed by service quality (mean = 4.65), service process (mean = 4.62), office environment (mean = 4.60) respectively. For the lowest satisfaction, it was the public relations (mean = 4.56). Regarding satisfaction comparisons: there was no significant difference in overall satisfaction or in each aspect between male and female students. However, students in different academic years and programs showed significant differences in satisfaction, both overall



and in each aspect. Third-year students were most satisfied, with an average score of 4.85, and students in the Graduate Diploma Program in Clinical Medical Science were most satisfied, with an average score of 4.72.

Keywords: Satisfaction, Students, Academic Services

บทนำ

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นคณะที่จัดการเรียนการสอนในระดับประกาศนียบัตร (ต่ำกว่าปริญญาตรี) ระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา นิสิตที่เข้าศึกษา ประจำปีการศึกษา 2567 จำนวน 441 คน จึงต้องมีบุคลากรสายสนับสนุนเพื่อให้บริการแก่คณาจารย์ นิสิต และบุคคลทั่วไป โดยบุคลากรสายสนับสนุนจะต้องมีภาระหลักในการให้บริการ เช่น การให้ข้อมูลข่าวสาร การประชาสัมพันธ์ และการต้อนรับ เป็นต้น ดังนั้นการให้บริการของบุคลากรสายสนับสนุน ควรมีความถูกต้อง เชื่อถือได้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการมากที่สุด สอดคล้องกับแนวความคิดของ (สมวงศ์ พงศ์สถาพร, 2550) กล่าวว่า คุณภาพการให้บริการเป็นทัศนคติที่ผู้รับบริการสะสมข้อมูลความคาดหวังไว้ว่าจะได้รับจากบริการ ซึ่งหากอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Tolerance Zone) ผู้รับบริการก็จะมีคามพึงพอใจในการให้บริการ ซึ่งจะมีระดับแตกต่างกันออกไปตามความคาดหวังของแต่ละบุคคล และความพอใจนี้ เป็นผลมาจากการประเมินผลที่ได้รับจากบริการนั้น ณ ขณะเวลาหนึ่ง

ดังนั้น คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงต้องมีบุคลากรที่มีหน้าที่ให้บริการนิสิต โดยให้คำแนะนำ อธิบาย ตอบข้อคำถามต่างๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอนของแต่ละหลักสูตร ด้านห้องเรียน สิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียนการสอน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการนิสิต และสิ่งที่นิสิตคาดหวังมากที่สุด สำหรับการทำงานของบุคลากรคือการให้การบริการอย่างเป็นกันเองและเสมอภาค การดูแลเอาใจใส่นิสิต และสนองความต้องการด้วยความเป็นมิตร ความสะดวก รวดเร็ว การมีกิริยาจาสุภาพ ทั้งนี้ การให้บริการนิสิตของคณะทันตแพทยศาสตร์ที่ผ่านมาพบปัญหาจากการร้องเรียนของนิสิตที่มาใช้บริการ ด้านของการบริการ หรือขั้นตอนการให้บริการที่ซ้ำซ้อนมีหลายขั้นตอน ด้านบุคลากรที่ให้บริการมีการให้คำแนะนำไม่ชัดเจน หรือไม่มีความสัมพันธ์ในการให้บริการ ด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกไม่ได้รับความสะดวกในการให้บริการ ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อการรับบริการของนิสิตด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เกิดช่องว่างต่อการให้บริการระหว่างบุคลากรและนิสิต ซึ่งเป็นผลสะท้อนกลับและเป็นตัวชี้วัดระดับความพึงพอใจที่บอกถึงคุณภาพและมาตรฐานการให้บริการของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จากเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเรื่องความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ว่านิสิตมีความพึงพอใจต่อการให้บริการอยู่ในระดับใด และเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของนิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ ใน 5 ด้าน คือ ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ด้านขั้นตอนการให้บริการ ด้านคุณภาพการให้บริการ ด้านสภาพแวดล้อมของสำนักงาน และด้านการประชาสัมพันธ์ ทั้งนี้ เพื่อนำผลการวิจัยและผลการวิเคราะห์เสนอผู้บริหารคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการบริการให้มีคุณภาพ สามารถสนองความต้องการ และสร้างความพึงพอใจแก่ผู้ให้บริการให้มากที่สุดทั้งในปัจจุบันและอนาคตต่อไป



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567
2. เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยรวมและในแต่ละด้าน จำแนกตาม เพศ ชั้นปี และหลักสูตร

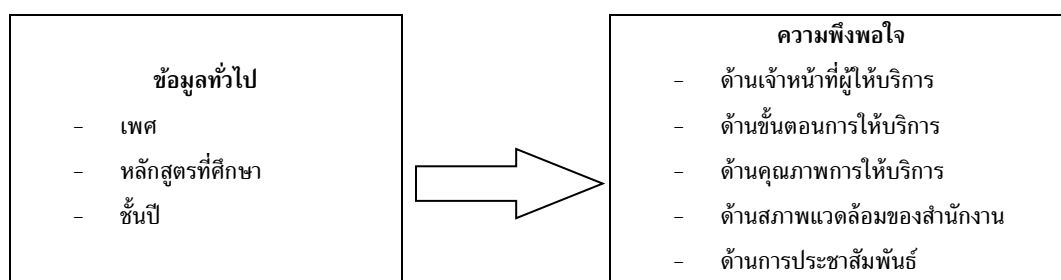
สมมติฐานการวิจัย

1. นิสิตเพศชายและเพศหญิง มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรโดยรวมและในแต่ละด้านแตกต่างกัน
2. นิสิตในชั้นปีที่ต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรโดยรวมและในแต่ละด้านแตกต่างกัน
3. นิสิตในหลักสูตรที่ต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรโดยรวมและในแต่ละด้านแตกต่างกัน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

พันธกิจของคณะทันตแพทยศาสตร์ได้กำหนดยุทธศาสตร์เพื่อขับเคลื่อนตามวิสัยทัศน์ ปีงบประมาณ 2567 – 2570 ยุทธศาสตร์ที่ 3 การให้บริการวิชาการและบริการสุขภาพช่องปากสมรรถนะสูง SO3-5 พัฒนาบริหารจัดการสู่องค์กรแห่งความเชื่อมั่นประทับใจ พร้อมให้บริการ (เชิงพัฒนา & เชิงรับ) AP3-5.1 พัฒนาบุคลากรสายสนับสนุนให้มีศักยภาพพร้อมให้บริการ (มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะทันตแพทยศาสตร์. 2567) ดังนั้น ความพึงพอใจแต่ละด้าน ควรยึดตามกรอบยุทธศาสตร์ของคณะ ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านคุณภาพการบริการ, สมรรถนะของบุคลากร, กระบวนการบริการ, และสิ่งอำนวยความสะดวก กรอบแนวคิดในการศึกษา ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ คือ ข้อมูลทั่วไปที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) เพศ 2) หลักสูตรที่ศึกษา 3) ชั้นปี
2. ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประกอบด้วย 1) ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ 2) ด้านขั้นตอนการให้บริการ 3) ด้านคุณภาพการให้บริการ 4) ด้านสภาพแวดล้อมของสำนักงาน 5) ด้านการประชาสัมพันธ์ ดังภาพที่ 1 ภาพกรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 ภาพกรอบแนวคิดในการวิจัย



วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การสร้างเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 โดยมีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567

ขั้นตอนที่ 2 เขียนข้อคำถามเพื่อวัดความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 ให้สอดคล้องและครอบคลุมกับโครงสร้างของนิยามเชิงปฏิบัติการตามจำนวนข้อแต่ละด้าน

ขั้นตอนที่ 3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อความ ความชัดเจนของข้อความไม่ได้ข้อคำถามซ้ำในความหมายเดียวกัน ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดและความสอดคล้องตามนิยามเชิงปฏิบัติ ได้ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) เท่ากับ 0.955

ขั้นตอนที่ 4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 ที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้ (try out) กับผู้ใช้บริการที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย พบว่า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.82

ขั้นตอนที่ 5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 ที่มีคุณภาพเหมาะสมไปสร้างแบบสอบถามโดยใช้ Google Form เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

เก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของนิสิตต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 จากนิสิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 441 คน แบบสอบถามโดยใช้ Google Form ที่มีคำชี้แจงคำอธิบายรายละเอียดของวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้กับนิสิต นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามด้วย Google Form มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS Statistics 17.0) เพื่อคำนวณหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาแปลความหมายของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ได้แบบสอบถามตอบกลับจากนิสิต จำนวน 358 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 81.18

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

- 3.1 สถิติพื้นฐาน หาค่าร้อยละ (Percentage) และ หาค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ($\bar{X}$)
- 3.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
- 3.3 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน ใช้ t-test และ ใช้ ANOVA



ผลการศึกษา

สรุปผลความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย

นเรศวร

ตารางที่ 1 สรุปผลความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยภาพรวม

ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	ลำดับที่
ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ	4.68	0.48	มากที่สุด	1
ด้านขั้นตอนการให้บริการ	4.61	0.54	มากที่สุด	3
ด้านคุณภาพของการให้บริการ	4.65	0.53	มากที่สุด	2
ด้านสภาพแวดล้อมของสำนักงาน	4.60	0.56	มากที่สุด	4
ด้านการประชาสัมพันธ์	4.56	0.63	มากที่สุด	5
ค่าเฉลี่ยรวม	4.62	0.54	มากที่สุด	

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยพบว่า นิสิตมีความพึงพอใจด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ มากที่สุด และมีความพึงพอใจด้านการประชาสัมพันธ์ น้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศ โดยภาพรวม จำแนกตามเพศ

เพศ	ความพึงพอใจ			ลำดับ	(t-test)	สถิติ นัยสำคัญ(Sig.)
	จำนวนคน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)			
ชาย	119	4.61	0.49	2	0.144	0.839
หญิง	239	4.62	0.49	1		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 2 แสดงความแตกต่างระหว่างเพศ ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ จำแนกตามเพศ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.144 และมีค่า Sig. เท่ากับ 0.839 สามารถสรุปได้ว่า เพศ มีความพึงพอใจโดยภาพรวม ไม่แตกต่างกัน จึงปฏิเสธสมมติฐานการวิจัย โดยนิสิตเพศหญิงมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา มากกว่านิสิตเพศชาย

ตารางที่ 3 การทดสอบความแตกต่างระหว่าง นิสิตที่มีระดับชั้นต่างกันมีระดับความพึงพอใจ โดยภาพรวม

ระดับชั้น	ความพึงพอใจ			ลำดับ	(F)	สถิติ นัยสำคัญ(Sig.)
	จำนวนคน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)			
ชั้นปีที่ 1	88	4.53	0.54	5	3.898	<0.001
ชั้นปีที่ 2	62	4.63	0.50	3		
ชั้นปีที่ 3	56	4.85	0.27	1		
ชั้นปีที่ 4	58	4.69	0.45	2		
ชั้นปีที่ 5	40	4.56	0.52	4		
ชั้นปีที่ 6	46	4.47	0.48	6		
ชั้นปีอื่น ๆ	8	4.46	0.55	7		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05



จากตารางที่ 3 แสดงความแตกต่างระหว่างระดับชั้นปี มีความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา โดยภาพรวมจำแนกระดับชั้น พบว่ามีค่าเท่ากับ 3.898 และมีค่า Sig. เท่ากับ <0.001 สรุปได้ว่า นิสิตระดับชั้นแตกต่างกัน มีความพึงพอใจโดยภาพรวม แตกต่างกัน จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัย โดยนิสิตชั้นปีที่ 3 มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษามากที่สุด และนิสิตชั้นปีอื่นๆ มีความพึงพอใจน้อยที่สุด ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนิสิตที่มีชั้นปีแตกต่างกันโดยภาพรวม

ระหว่างชั้นปี		Sig.
ชั้นปีที่ 1	ชั้นปีที่ 2	.196
ชั้นปีที่ 1	ชั้นปีที่ 3	.001*
ชั้นปีที่ 1	ชั้นปีที่ 4	.042*
ชั้นปีที่ 1	ชั้นปีที่ 5	.709
ชั้นปีที่ 1	ชั้นปีที่ 6	.490
ชั้นปีที่ 1	ชั้นปีอื่นๆ	.683
ชั้นปีที่ 2	ชั้นปีที่ 3	.015*
ชั้นปีที่ 2	ชั้นปีที่ 4	.478
ชั้นปีที่ 2	ชั้นปีที่ 5	.479
ชั้นปีที่ 2	ชั้นปีที่ 6	.081
ชั้นปีที่ 2	ชั้นปีอื่นๆ	.331
ชั้นปีที่ 3	ชั้นปีที่ 4	0.87
ชั้นปีที่ 3	ชั้นปีที่ 5	.004*
ชั้นปีที่ 3	ชั้นปีที่ 6	.001*
ชั้นปีที่ 3	ชั้นปีอื่นๆ	.031*
ชั้นปีที่ 4	ชั้นปีที่ 5	.184
ชั้นปีที่ 4	ชั้นปีที่ 6	.018*
ชั้นปีที่ 4	ชั้นปีอื่นๆ	.190
ชั้นปีที่ 5	ชั้นปีที่ 6	.363
ชั้นปีที่ 5	ชั้นปีอื่นๆ	.566
ชั้นปีที่ 6	ชั้นปีอื่นๆ	.947

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความพึงพอใจของนิสิตที่มีชั้นปีแตกต่างกัน สรุปได้ว่า นิสิตมีความพึงพอใจโดยภาพรวม แตกต่างกัน



ตารางที่ 5 การทดสอบความแตกต่างระหว่าง นิสิตที่มีหลักสูตรต่างกันมีระดับความพึงพอใจ โดยภาพรวม

หลักสูตร	ความพึงพอใจ				(F)	สถิติ นัยสำคัญ(Sig.)
	จำนวนคน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ลำดับ		
ประกาศนียบัตรผู้ช่วยทันตแพทย์	24	4.27	0.67	4	4.449	0.004
ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	302	4.64	0.47	3		
ประกาศนียบัตรบัณฑิต	11	4.72	0.41	1		
วิทยาศาสตรการแพทย์คลินิก						
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	21	4.67	0.44	2		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 5 แสดงความแตกต่างระหว่างหลักสูตร มีความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงาน การศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ โดยภาพรวม จำแนกหลักสูตร ด้วยสถิติ (ANOVA) พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.449 และมีค่า Sig. เท่ากับ 0.004 สามารถสรุปได้ว่า นิสิตที่ศึกษาหลักสูตรต่างกัน มีความพึงพอใจโดยแตกต่างกัน จึงยอมรับ สมมติฐานการวิจัย โดยพบว่า นิสิตหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต วิทยาศาสตรการแพทย์คลินิก มีความพึงพอใจต่อ การให้บริการของงานการศึกษามากที่สุด นิสิตประกาศนียบัตรผู้ช่วยทันตแพทย์ มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนิสิตที่มีหลักสูตรแตกต่างกัน โดยภาพรวม

ระหว่างหลักสูตร		Sig.
ประกาศนียบัตรผู้ช่วยฯ	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	.001*
ประกาศนียบัตรผู้ช่วยฯ	ประกาศนียบัตรบัณฑิต	.013*
ประกาศนียบัตรผู้ช่วยฯ	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	.006*
ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	ประกาศนียบัตรบัณฑิต	.603
ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	.757
ประกาศนียบัตรบัณฑิต	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	.809

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบความพึงพอใจของนิสิตที่มีชั้นปีแตกต่างกัน สรุปได้ว่า นิสิตมีความพึงพอใจโดยภาพรวม แตกต่างกัน

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการวิจัย เรื่อง ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากผลการวิจัย พบว่า นิสิตมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และรายด้านที่ผลการประเมินมากที่สุด ลำดับแรก ได้แก่ ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจากการศึกษาได้จัดให้มีการประชุมบุคลากร อย่างสม่ำเสมอ และสนับสนุนให้บุคลากรเข้ารับการอบรมอย่างต่อเนื่อง ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เพื่อปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการบริการให้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับชานาญ นิศารัตน์ได้กล่าวว่า การประชุม คือ การที่ บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมาพบปะปรึกษาหารือกันเพื่ออภิปราย แลกเปลี่ยน แสดงความคิดเห็นลงเป็นมติ เพื่อนำมติ ไปบริหารหรือปฏิบัติต่อไป (สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, สถาบันดำรงราชานุภาพ 2553) การเปรียบเทียบ



ความพึงพอใจของนิสิตมีต่อการให้บริการของงานการศึกษา พบว่า จากผลการวิจัย พบว่าระดับความพึงพอใจของนิสิตแตกต่างกันตามชั้นปี ซึ่งสามารถอธิบายได้จากพัฒนาการทางด้านอารมณ์ ความรู้ และประสบการณ์ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นปี นิสิตทันตแพทย์ ชั้นปีที่ 3 มีความพึงพอใจสูงที่สุด เนื่องมาจากอยู่ในช่วงของการเรียนพรีคลินิก ซึ่งแม้จะมีภาระทางวิชาการอยู่บ้าง แต่ยังไม่มีความกดดันจากการปฏิบัติงานจริงทางคลินิก จึงยังคงรักษาความรู้สึกภาคภูมิใจ ความกระตือรือร้น และแรงจูงใจในการเรียนได้ดี สำหรับนิสิตทันตแพทย์ ชั้นปีที่ 4 – 6 มีระดับความพึงพอใจลดลง เนื่องจากเผชิญกับความเครียดจากการปฏิบัติงานคลินิก ความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้น ทั้งในเรื่องการสอบใบประกอบวิชาชีพ การเลือกสถานที่ปฏิบัติงานขอใช้ทุน ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยกดดันที่ส่งผลต่ออารมณ์และความพึงพอใจโดยรวม สอดคล้องกับทฤษฎีแรงจูงใจของ (Maslow, 1943) ความพึงพอใจในการเรียนรู้สัมพันธ์กับระดับความต้องการพื้นฐานของผู้เรียน หากหลักสูตรสามารถตอบสนองต่อความต้องการระดับสูง เช่น การรู้คุณค่าในตนเอง (esteem) และ การบรรลุศักยภาพตนเอง (self-actualization) ได้ ก็จะทำให้เกิดความพึงพอใจมากขึ้น และจากการศึกษาพบว่า นิสิตหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต วิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก มีความพึงพอใจมากกว่าที่สุดสะท้อนว่า เนื้อหา การจัดการเรียนการสอน หรือกิจกรรมในหลักสูตร ตอบสนองกับความต้องการของผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ศิริพร ชัยชาญ, 2563) รายงานว่า ความชัดเจนของวัตถุประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผลที่สอดคล้องกัน มีผลต่อความพึงพอใจของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิจัยความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และ ความแตกต่างระหว่างชั้นปีและหลักสูตรมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ามีความจำเป็นต้องวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับความพึงพอใจในแต่ละกลุ่มย่อย เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงและพัฒนาให้ตรงตามความต้องการของนิสิตมากยิ่งขึ้น ในนิสิตชั้นปีสูง ควรเพิ่มช่องทางด่วนหรือการบริการแบบ One Stop Service เพื่ออำนวยความสะดวกในขั้นตอนที่ซับซ้อน ด้านประชาสัมพันธ์ (ได้คะแนนต่ำสุด) ควรปรับปรุงช่องทางประชาสัมพันธ์ให้เข้าถึงง่าย เช่น เว็บไซต์, ไลน์กลุ่ม, Facebook page พร้อมอัปเดตข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาระดับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 ผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 358 คน คิดเป็นร้อยละ 81.18 พบว่า ส่วนใหญ่ 1) เป็นเพศหญิง 2) เป็นผู้ศึกษาหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต และ 3) เป็นผู้ศึกษาชั้นปีที่ 1

ระดับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 พบว่า ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับผลประเมินจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ด้านคุณภาพของการให้บริการ ด้านขั้นตอนการให้บริการ ด้านสภาพแวดล้อมของสำนักงาน และลำดับสุดท้ายด้านการประชาสัมพันธ์ การเปรียบเทียบความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยรวมและในแต่ละด้าน จำแนกตาม เพศ ชั้นปี และหลักสูตร พบว่า ความแตกต่างระหว่างเพศ ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน แต่ความแตกต่างระหว่างชั้นปี และหลักสูตร ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ โดยภาพรวม แตกต่างกัน โดยนิสิตทันตแพทย์



ระดับพรีคลินิกมีความพึงพอใจในระดับที่สูง เพราะยังไม่ได้ประสบกับงานระบบหรือการจัดการที่ซับซ้อน นิสิตระดับชั้นคลินิกมีความพึงพอใจที่ต่ำกว่า เนื่องจากต้องติดต่อกับหน่วยงานมากขึ้น และอาจพบปัญหาเกี่ยวกับเอกสารการจัดการเวลา หรือความชัดเจนของข้อมูล งานวิจัยแสดงให้เห็นว่าระดับความพึงพอใจมีแนวโน้มลดลงเมื่อชั้นปีสูงขึ้น และแตกต่างกันตามลักษณะของหลักสูตรที่เรียน โดยกลุ่มนิสิตที่มีการติดต่อกับหน่วยงานหรือระบบการจัดการมากขึ้นจะมีโอกาสพบเจอปัญหาและความไม่พึงพอใจมากขึ้น ทั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการ พัฒนาระบบสื่อสาร การประสานงาน และความชัดเจนของกระบวนการให้บริการ เพื่อรองรับความซับซ้อนของการเรียนในระดับคลินิกและความหลากหลายของหลักสูตร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษา ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 พบว่า ความพึงพอใจด้านประชาสัมพันธ์ เป็นด้านที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุด ดังนั้น ควรพัฒนารูปแบบการสื่อสารให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย กำหนดระยะเวลาและความถี่ในการประชาสัมพันธ์ เพิ่มช่องทางการสื่อสารแบบสองทาง จัดอบรมหรือพัฒนาเจ้าหน้าที่ด้านประชาสัมพันธ์

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ผลการวิจัยที่ระบุว่าการที่นิสิตมีชั้นปีที่แตกต่างกัน และหลักสูตรที่ศึกษาที่แตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2567 แตกต่างกัน ดังนั้น ควรทำการวิจัยเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลให้นิสิตที่ต่างชั้นปีและต่างหลักสูตรมีความพึงพอใจแตกต่างกัน
2. ควรมีการทำวิจัยศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร กับกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่หลากหลาย เช่น อาจารย์ บุคลากร และบุคคลภายนอกที่มาติดต่อ และควรทำวิจัยเชิงคุณภาพ ทำการวิจัยเกี่ยวกับสภาพปัญหาการบริการของงานการศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

- มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะทันตแพทยศาสตร์. (2567). แผนยุทธศาสตร์คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2567 – 2570 (ฉบับปรับปรุง ปีงบประมาณ2568).
https://www.dent.nu.ac.th/wp-content/uploads/2025/05/Dent_strategicplan67-70_May68.pdf
- ศิริพร ชัยชาญ. (2563). ความชัดเจนของวัตถุประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผลที่สอดคล้องกันมีผลต่อความพึงพอใจของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ [ต้นฉบับที่ยังไม่ได้เผยแพร่].
- สมวงศ์ พงศ์สภาพ. (2550). เคล็ดลับการตลาดบริการ. พีซี พรินท์เทค.
- สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, สถาบันดำรงราชานุภาพ. (2553). การประชุมที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล.
<http://www.stabundamrong.go.th/web/book53.html>
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396.
<https://doi.org/10.1037/h0054346>



สภาพแวดล้อมในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากร

คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รจเรช แก้วพฤษ^{1,*}

Workplace Environment and Organizational Commitment of Personnel

in the Faculty of Humanities, Naresuan University

Rotcharek Kaewpruek^{1,*}

¹สำนักงานเลขานุการ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹The Secretariat Office, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: rotchareks@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความคิดเห็นของบุคลากรที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน 2) ศึกษาระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากร 3) เปรียบเทียบความคิดเห็นของบุคลากรที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน จำแนกตามประเภทบุคลากร และ 4) เปรียบเทียบระดับความผูกพันต่อองค์กร จำแนกตามประเภทบุคลากร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ บุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 106 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เท่ากับ 0.90 และค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา) เท่ากับ 0.957 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test) การทดสอบค่าเอฟ (F-test) และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ผลการวิจัยพบว่า 1) โดยรวมบุคลากรมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพอยู่ในระดับมาก โดยที่บุคลากรสายวิชาการมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพ และด้านความมั่นคงและความก้าวหน้าอยู่ในระดับมากเท่ากัน ขณะที่บุคลากรสายสนับสนุนมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานสูงสุด ทั้งสองกลุ่มให้คะแนนด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการต่ำที่สุด 2) ระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการดำรงสมาชิกภาพและการเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร และด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กรตามลำดับ 3) บุคลากรสายสนับสนุนมีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำงานสูงกว่าบุคลากรสายวิชาการ ($t = 1.120$) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) บุคลากรสายสนับสนุนมีระดับความผูกพันต่อองค์กรสูงกว่าบุคลากรสายวิชาการ ($t = 1.623$) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: สภาพแวดล้อมในการทำงาน ความผูกพันต่อองค์กร

Abstract

This research study aimed to 1) examine personnel opinions regarding the workplace environment, 2) examine personnel opinions regarding organizational commitment, 3) compare workplace environment perceptions classified by types of personnel and 4) compare organizational commitment levels classified by types of personnel. Data were collected using questionnaires distributed to 106 personnel from the Faculty of Humanities, Naresuan University. The overall Item-Objective Congruence (IOC) index of the questionnaire was 0.90, and its reliability, as measured by Cronbach's alpha coefficient, was 0.957. Statistical methods used for data analysis included frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, F-test, and Pearson's correlation coefficient. The findings revealed that 1) Personnel overall rated the physical work environment at a high level. Specifically, academic staff rated both the physical environment and job security and advancement equally high, while support staff emphasized relationships



with colleagues; both groups rated compensation and benefits the lowest. 2) Organizational commitment was also rated at a high level overall, with the strongest aspect being job performance toward achieving organizational goals, followed by organizational membership, and pride and loyalty. 3) Support staff reported a higher mean score for the work environment than academic staff, with a t-value of 1.120, however, this difference was not statistically significant at the 0.05 level. 4) Similarly, organizational commitment was slightly higher among support staff than academic staff, with a t-value of 1.623, but the difference was not statistically significant.

Keywords: Workplace Environment, The Organizational Commitment

บทนำ

ปัจจุบันสถาบันอุดมศึกษากำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างพลิกผัน ต้องมีการปรับเปลี่ยนแปลงทั้งองค์กร เพื่อให้ทันต่อสถานการณ์ ต้องรับมือกับความท้าทายที่ซับซ้อนในการรักษาคุณภาพทางวิชาการและความยั่งยืนขององค์กร ท่ามกลางการแข่งขันที่รุนแรง บุคลากร ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพันธกิจของสถาบัน บุคลากรกำลังเผชิญปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานและเสถียรภาพขององค์กร นั่นคือ ปรากฏการณ์การลดทอนความพึงพอใจในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กร (เพชรรัตน์ ลือสันเทียะ และคณะ, 2568) บุคลากร เป็นกลไกหลักสำคัญในการดำเนินการตามหลักสูตรและบริการ ทรัพยากรบุคคล จัดเป็นทรัพยากรที่สำคัญและมีคุณค่าที่สุดขององค์กร ความร่วมมือของบุคลากรทุกคนในองค์กรช่วยให้การดำเนินงานตามพันธกิจให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ บุคลากรควรมีความรู้ ความสามารถ มีสมรรถนะสอดคล้องตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์องค์กร ตลอดจนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์และมีทัศนคติที่ดีต่อองค์กร ระบบการบริหารทรัพยากรบุคคลที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะทำให้องค์กรเจริญก้าวหน้าและเกิดการพัฒนาดังต่อเนื่อง นอกจากนั้นการเตรียมความพร้อมของบุคลากรให้สามารถรองรับและเป็นผู้ดำเนินการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตก็เป็นเรื่องที่สำคัญมากด้วยเช่นกัน (มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะมนุษยศาสตร์, 2566) สภาพแวดล้อมในการทำงาน เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่จะทำให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ สภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดีจะทำให้บุคลากรเกิดความสบายใจ และสามารถปฏิบัติงานโดยใช้ความรู้ความสามารถที่มีได้อย่างเต็มที่ และทำให้บุคลากรเกิดความผูกพันต่อองค์กร ซึ่งจะนำไปสู่ผลการดำเนินการที่เป็นเลิศ เมื่อบุคลากรเกิดความผูกพันต่อองค์กรก็จะส่งผลให้งานสำเร็จ บรรลุพันธกิจและวิสัยทัศน์ของสถาบัน สถาบันที่บุคลากรมีระดับความผูกพันต่อองค์กรอยู่ในระดับสูง มักจะมีบรรยากาศการทำงานที่ส่งผลให้เกิดผลการปฏิบัติงานที่โดดเด่น ทำให้บุคลากรมีแรงจูงใจที่จะปฏิบัติงานอย่างเต็มที่ ทำให้เกิดบรรยากาศความไว้วางใจซึ่งกันและกัน สภาพแวดล้อมที่มีความปลอดภัยและให้ความร่วมมือซึ่งกันและกัน การสื่อสารและแลกเปลี่ยนสารสนเทศที่ดี การเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจ และการมีภาระรับผิดชอบต่อผลการดำเนินการของตน (สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กองยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษา, 2567) ลักษณะของสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงาน 10 ด้าน คือ 1) ความมั่นคงปลอดภัย (Security) ได้แก่ ความมั่นคงในการทำงาน การที่ได้รับความเป็นธรรมจากผู้บังคับบัญชา ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความอบอุ่นใจ และปลอดภัยที่จะได้ทำงานในองค์กร 2) โอกาสก้าวหน้าในการทำงาน (Opportunity for Advancement) ได้แก่ การมีโอกาสดำรงตำแหน่งสูงขึ้น องค์กรสนับสนุนให้พนักงานมีความก้าวหน้าในการทำงาน โดยพิจารณาเลื่อนขั้นเงินเดือนอย่างเป็นธรรม พิจารณาเลื่อนตำแหน่งอย่างเหมาะสม ให้บำเหน็จรางวัลแก่ผู้ปฏิบัติงานดี ยอมรับและยกย่องชมเชยพนักงานเมื่อปฏิบัติงานดี 3) องค์กรและการจัดการ



(Company and Management) ได้แก่ ลักษณะการจัดโครงสร้างขององค์กร การวางนโยบาย แนวทางวิธีปฏิบัติภายในองค์กร ชื่อเสียงและการดำเนินการขององค์กร 4) ค่าจ้าง (Wages) ได้แก่ เงินเดือน ซึ่งเป็นค่าตอบแทนการทำงาน 5) คุณลักษณะเฉพาะของงาน (Intrinsic Aspects of the Jobs) ได้แก่ เรื่องของงานที่ทำอยู่ว่ามีคุณค่า มีความภาคภูมิใจ มีสถานภาพ มีศักดิ์ศรี ได้รับการยอมรับนับถือ เป็นงานที่ตรงกับความสามารถ 6) การนิเทศงาน (Supervision) ได้แก่ การได้รับความเอาใจใส่ ได้รับการตรวจและนำงานอย่างใกล้ชิด และได้รับการทำงานที่ถูกต้องจากผู้บังคับบัญชาหรือหัวหน้างาน การนิเทศงานไม่ดีอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตัดสินใจย้ายงานหรือลาออกจากงาน 7) คุณลักษณะทางสังคมของงาน (Social Aspects of the Jobs) ได้แก่ การได้ทำงานอยู่ในกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกับตน ได้รับการยอมรับและเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มทำงาน 8) การติดต่อสื่อสาร (Communication) ได้แก่ การให้ข่าวสารในองค์กร ข่าวสารเกี่ยวกับการพัฒนาและความก้าวหน้าขององค์กร 9) สภาพการทำงาน (Working Conditions) ได้แก่ สภาพที่มีความสะอาด มีระเบียบ มีความปลอดภัย เครื่องมืออุปกรณ์เหมาะสม พร้อมใช้งาน อากาศถ่ายเทดี แสงสว่างพอเหมาะ ระยะเวลาทำงานเหมาะสม มีสถานที่จอดรถ 10) สวัสดิการหรือผลประโยชน์อื่น ๆ ที่ได้รับ (Benefits) ได้แก่ สิทธิประโยชน์และสวัสดิการอื่น ๆ นอกเหนือไปจากค่าจ้างที่บุคคลได้รับ (Gilmer อ้างถึงใน ชนิตดา ยังสี, 2549) นอกจากนี้ ความผูกพันต่อองค์กร ตามทฤษฎี Side-Bet ของ Becker (1960) สรุปได้ว่า บุคคลใดก็ตามที่มีความผูกพันต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดก็เนื่องจากเขาได้ลงทุนในสิ่งนั้น ๆ ไว้ เช่น การที่คนเราเข้าไปทำงานอยู่ในองค์กร ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะก่อให้เกิดการลงทุน ซึ่ง Becker เรียกการลงทุนนั้นว่า “Side bet” อาจเป็นการลงทุนในรูปของเวลา แรงกายแรงใจ กำลังสติปัญญา ตลอดจนการยอมเสียโอกาสบางอย่าง ความผูกพันต่อองค์กร คือ ความรู้สึกที่ดีต่อองค์กร มีความรักความภาคภูมิใจ ความเอาใจใส่ต่อองค์กร รู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่ง มีความเชื่อมั่น ยอมรับเป้าหมายและค่านิยมขององค์กร เต็มใจและเสียสละความสุขส่วนตัวเพื่อเป้าหมายและต้องการที่จะดำรงไว้ซึ่งการเป็นสมาชิกขององค์กรนั้นตลอดไป

คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ (สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565) ที่ก่อตั้งมาว่า 35 ปี กำลังเผชิญกับความท้าทายในการรักษาคุณภาพการศึกษาและความอยู่รอดขององค์กรท่ามกลางการแข่งขันที่เข้มข้นเช่นเดียวกับสถาบันอุดมศึกษาอื่น ๆ การรักษามูลค่าที่มีคุณภาพเป็นเรื่องที่ยากลำบากมากขึ้น คณะมนุษยศาสตร์มีบุคลากรทั้งหมดจำนวน 184 คน จัดการเรียนการสอนทั้งหมด 18 หลักสูตร ประกอบด้วย ระดับปริญญาตรี 9 หลักสูตร ระดับปริญญาโท 5 หลักสูตร และระดับปริญญาเอก 4 หลักสูตร (มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะมนุษยศาสตร์, 2567) ประกอบกับคณะได้กำหนดนโยบายการจัดสรรพื้นที่และทรัพยากรของคณะให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของบุคลากรแต่ละประเภท นอกจากนั้นจากปัญหาการลาออกและการจัดหาอัตราทดแทนของบุคลากรสายวิชาการที่ต้องขึ้นอยู่กับนโยบายอัตราค่าจ้างของมหาวิทยาลัย หน่วยงานจึงควรจะต้องรักษามูลค่าที่มีคุณภาพให้คงอยู่ปฏิบัติงานจนเกษียณอายุราชการ จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กร เพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นของบุคลากรที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน และระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เอื้อต่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพของบุคลากร และปรับปรุงกระบวนการส่งเสริมให้บุคลากรที่มีคุณภาพมีความผูกพันต่อคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไป และส่งผลให้แผนยุทธศาสตร์ของคณะบรรลุตามเป้าหมายและวิสัยทัศน์ที่ตั้งไว้ นอกจากนั้นจะทำให้คณะมนุษยศาสตร์มีข้อมูล



สารสนเทศสำหรับการประเมินคุณภาพการศึกษาตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEX) ที่ครบถ้วนและมีประสิทธิภาพอีกด้วย

วัตถุประสงค์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของบุคลากรที่มีสภาพแวดล้อมในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากรายงานผลการประเมินตนเองตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (Education Criteria for Performance Excellence: EdPEX) ของคณะมนุษยศาสตร์ และจากผลดำเนินงานด้านการจัดการสภาพแวดล้อม และผลการดำเนินงานด้านการบริหารทรัพยากรบุคคลของคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. จัดทำกรอบแนวคิดการวิจัย

3. ออกแบบและจัดทำเครื่องมือการวิจัย โดยนำข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่ตามขอบเขตเนื้อหา มาปรับปรุงให้สอดคล้องกับหัวข้อและวัตถุประสงค์ มีทั้งหมด 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ หน่วยงานที่สังกัด ประเภทบุคลากร ประเภทตำแหน่ง ระดับการศึกษา อัตราเงินเดือน และระยะเวลาการทำงาน ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน แบ่งเป็น 6 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านเพื่อนร่วมงาน ด้านผู้บังคับบัญชา ด้านลักษณะงานที่ทำ ด้านความมั่นคงและความก้าวหน้า และด้านการเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทน และสวัสดิการ ตอนที่ 3 ระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร ความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร และการดำรงสมาชิกภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร ตอนที่ 4 สิ่งที่ทำให้รู้สึกอยากปฏิบัติงานที่คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และนำไปตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ

4. รวบรวมข้อมูล โดยการสอบถามกลุ่มตัวอย่าง

5. รวบรวม สรุปและวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที สถิติทดสอบเอฟ และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

6. นำเสนอรายงานการวิจัย

ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และวิธีการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นบุคลากรสังกัดคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งแบ่งประเภทของบุคลากรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสายวิชาการ จำนวน 128 คน (ไม่รวมผู้บริหารและบุคลากรสายวิชาการที่ลาศึกษาต่อ) และกลุ่มสายสนับสนุน จำนวน 43 คน (ไม่รวมผู้วิจัย) รวมทั้งสิ้น 171 คน ข้อมูลจากหน่วยบริหารงานบุคคล ณ ธันวาคม 2567 กลุ่มตัวอย่าง ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) เป็นจำนวน 56 คน แบ่งเป็น บุคลากรสายวิชาการ จำนวน 42 คน และบุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 14 คน กำหนดตัวแปรต้น คือ เพศ อายุ หน่วยงานที่สังกัด ประเภทบุคลากร ประเภทตำแหน่ง ระดับการศึกษา อัตราเงินเดือน และระยะเวลาการทำงาน มีตัวแปรตาม คือ สภาพแวดล้อมในการทำงาน และความผูกพันต่อองค์กร



เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือ และการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน ตอนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรสังกัดคณะมนุษยศาสตร์ และตอนที่ 4 เป็นคำถามแบบให้เลือกตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ทำให้รู้สึกอยากปฏิบัติงานที่คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยการนำเสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาความตรงของเนื้อหาตามนิยามในแต่ละข้อคำถาม โดยการวัดดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมของภาษาในแต่ละข้อคำถาม (Item Objective Congruence: IOC)

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือขอเก็บข้อมูลการวิจัยจากบุคลากรผู้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการให้ข้อมูล จำนวน 171 คน และได้รับคืนจำนวน 106 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 61.99 แบ่งเป็นบุคลากรสายวิชาการ จำนวน 76 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 71.70 และบุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 30 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 28.30 ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของแบบสอบถาม และนำข้อมูลไปวิเคราะห์และประมวลผล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูลที่ ได้โดยแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที สถิติทดสอบเอฟ และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

สมมติฐานการวิจัย

1. ความคิดเห็นที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานของบุคลากรแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน
2. ระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน

ผลการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 66.70 และเป็นเพศชายร้อยละ 31.40 ไม่ระบุเพศร้อยละ 1.90 มีอายุมากที่สุดอยู่ระหว่าง 27-44 ปี ร้อยละ 51.40 รองลงมา อายุ 45-59 ปี ร้อยละ 45.70 อายุต่ำกว่า 26 ปี ร้อยละ 1.90 และอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 1.00 มีวุฒิการศึกษาปริญญาโทมากที่สุด ร้อยละ 49.10 รองลงมาระดับปริญญาเอก ร้อยละ 41.50 และระดับปริญญาตรี ร้อยละ 9.40 กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรสายวิชาการร้อยละ 71.70 และบุคลากรสายสนับสนุน ร้อยละ 28.30 มีอัตราเงินเดือนอยู่ระหว่าง 40,001-50,000 บาท มากที่สุด ร้อยละ 29.53 รองลงมาคือ 50,001-60,000 บาท ร้อยละ 20.00 และระหว่าง 60,001-70,000 บาท ระหว่าง 30,001-40,000 บาท เท่ากัน ร้อยละ 15.24 ระหว่าง 20,000-30,000 บาท ร้อยละ 14.29 และ 70,001 บาทขึ้นไป ร้อยละ 5.70 มีระยะเวลาการทำงานระหว่าง 16-25 ปี มากที่สุด ร้อยละ 45.30 รองลงมาคือ ระหว่าง 6-15 ปี ร้อยละ 28.30 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี ร้อยละ 15.10 และมากกว่า 25 ปี ร้อยละ 11.30

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพแวดล้อมในการทำงาน

สภาพแวดล้อม ^๑	บุคลากรสายวิชาการ		บุคลากรสายสนับสนุน		ภาพรวม	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ด้านกายภาพ	4.33	0.47	4.46	0.48	4.37	0.47
ด้านเพื่อนร่วมงาน	4.24	0.53	4.47	0.55	4.31	0.54
ด้านผู้บังคับบัญชา	4.19	0.60	4.34	0.61	4.23	0.60
ด้านลักษณะงานที่ทำ	4.10	0.57	4.21	0.67	4.13	0.60



สภาพแวดล้อม	บุคลากรสายวิชาการ		บุคลากรสายสนับสนุน		ภาพรวม	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ด้านความมั่นคงและความก้าวหน้า	4.33	0.50	4.29	0.64	4.31	0.54
ด้านการเสริมสร้างแรงจูงใจ	4.00	0.50	4.12	0.61	4.04	0.53
ค่าตอบแทนและสวัสดิการ						
รวม	4.20	0.41	4.31	0.51	4.23	0.44

การสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำงานของบุคลากรสังกัดคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ๆ ละ 5 ข้อคำถาม ประกอบด้วย ด้านกายภาพ ด้านเพื่อนร่วมงาน ด้านผู้บังคับบัญชา ด้านลักษณะงานที่ทำงาน ด้านความมั่นคงและความก้าวหน้า และด้านเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทนและสวัสดิการ จากตารางที่ 1 บุคลากรมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 รองลงมาคือด้านเพื่อนร่วมงาน และด้านความมั่นคงและความก้าวหน้าเท่ากัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 แต่ด้านการเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทนและสวัสดิการน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04

เมื่อพิจารณาแยกประเภทของบุคลากรพบว่า บุคลากรสายวิชาการ มีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพ และด้านความมั่นคงและความก้าวหน้ามากที่สุดเท่ากัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 บุคลากรสายสนับสนุนมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านเพื่อนร่วมงานมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 แต่สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านการเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทนและสวัสดิการนั้น เป็นด้านที่บุคลากรทั้งสายวิชาการและสายสนับสนุนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุดเท่ากัน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความผูกพันต่อองค์กร

ความผูกพัน	บุคลากรสายวิชาการ		บุคลากรสายสนับสนุน		ภาพรวม	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
การปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร	4.55	0.43	4.58	0.48	4.56	0.44
ความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร	4.21	0.42	4.40	0.44	4.26	0.43
การดำรงสมาธิภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร	4.28	0.45	4.50	0.51	4.34	0.48
รวม	4.35	0.38	4.49	0.42	4.39	0.39

การสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรสังกัดคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ๆ ละ 8 ข้อคำถาม ประกอบด้วย การปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร ความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร และการดำรงสมาธิภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร จากตารางที่ 2 พบว่า บุคลากรมีระดับความผูกพันต่อองค์กรอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 รองลงมาคือ ด้านการดำรงสมาธิภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26

เมื่อพิจารณาแยกประเภทของบุคลากรพบว่า ระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรสายสนับสนุน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ซึ่งมากกว่าบุคลากรสายวิชาการที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 โดยบุคลากรสายวิชาการมีระดับความผูกพันต่อองค์กรด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55



รองลงมาคือ ด้านการดำรงสมาชิกภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และ ด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 บุคลากรสายสนับสนุน มีระดับความผูกพันต่อองค์กรด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 รองลงมาคือ ด้านการดำรงสมาชิกภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และ ด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความคิดเห็นที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน จำแนกตามประเภทบุคลากร

ประเภทบุคลากร	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig (2-tailed)
บุคลากรสายวิชาการ	4.20	0.41	1.120	0.269*
บุคลากรสายสนับสนุน	4.31	0.51		

* ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน จำแนกตามประเภทบุคลากร พบว่า บุคลากรสายวิชาการ มีค่าเฉลี่ย 4.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 ส่วนบุคลากรสายสนับสนุน มีค่าเฉลี่ย 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพบว่า กลุ่มบุคลากรสายสนับสนุนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มบุคลากรสายวิชาการ และมีค่าสถิติ t-test มีค่าเท่ากับ 1.120 ซึ่งไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระดับความผูกพันต่อองค์กร จำแนกตามประเภทบุคลากร

ประเภทบุคลากร	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig (2-tailed)
บุคลากรสายวิชาการ	4.35	0.38	1.623	0.111*
บุคลากรสายสนับสนุน	4.49	0.42		

* ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระดับความผูกพันต่อองค์กร จำแนกตามประเภทบุคลากร พบว่า บุคลากรสายวิชาการ มีค่าเฉลี่ย 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38 ส่วนบุคลากรสายสนับสนุน มีค่าเฉลี่ย 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพบว่า กลุ่มบุคลากรสายสนับสนุนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มบุคลากรสายวิชาการ และมีค่าสถิติ t-test เท่ากับ 1.623 ซึ่งไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาสภาพแวดล้อมในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากสรุปผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพ เช่น ความเป็นสัดส่วน ความสะอาดของสถานที่ทำงาน แสงสว่าง อากาศถ่ายเทสะดวก ความปลอดภัย การจัดสรรวัสดุอุปกรณ์ ครุภัณฑ์เกี่ยวกับการปฏิบัติงาน ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และการจัดบริการสิ่งอำนวยความสะดวก ทำให้บุคลากรมีความสุขสบายใจในการปฏิบัติงาน บุคลากรส่วนใหญ่รู้สึกว่าการจัดเตรียมสถานที่ทำงานที่มีความสะอาดสบายและปลอดภัย เช่น การมีพื้นที่ทำงานที่เหมาะสม เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานที่ทันสมัย ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและลดความเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อการทำงาน โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ เพชรรัตน์ วิริยะสืบพงศ์ (2565) ที่กล่าวว่า ความเป็นอยู่ที่ดี (Well-being) ที่



ประกอบด้วยปัจจัยพื้นฐานและความเจริญยุคปัจจุบัน อาทิ ระบบเชื่อมต่อเครือข่ายสัญญาณเพื่อการติดต่อสื่อสาร ความเป็นอยู่ที่เพียบพร้อมทางกายภาพ คุณภาพชีวิตและสุขภาพที่ดี จะนำมาซึ่งความสุขในการทำงาน เป็นคุณค่าที่องค์การสามารถสร้าง สะสม ถ่ายทอด สืบสานเป็นวัฒนธรรมองค์การที่มีค่า เป็นกระบวนการสร้างคุณค่าจนเกิดเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของหน่วยงาน หาได้ยากจากที่ทำงานทั่วไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัชชัย รัชสมบัติ และ กัญญาณัฐ รัตนประภาธรรม (2565) ที่ได้ดำเนินการวิจัย เรื่อง สภาพแวดล้อมการทำงานที่ส่งผลต่อคุณภาพการปฏิบัติงานของพนักงานสายสนับสนุนในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมการทำงานที่ส่งผลต่อคุณภาพการปฏิบัติงานของพนักงานสายสนับสนุนในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลการวิจัยพบว่า

1) สภาพแวดล้อมการทำงานด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ มีความสัมพันธ์และผลกระทบเชิงบวกกับคุณภาพการปฏิบัติงานโดยรวมด้านปริมาณ ด้านเวลา และด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 2) สภาพแวดล้อมการทำงานด้านสภาพแวดล้อมทางจิตใจ มีความสัมพันธ์และผลกระทบเชิงบวกกับคุณภาพการปฏิบัติงานโดยรวมด้านปริมาณ ด้านเวลา และด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 3) สภาพแวดล้อมการทำงานด้านสภาพแวดล้อมทางความมั่นคงและปลอดภัย มีความสัมพันธ์และผลกระทบเชิงบวกกับคุณภาพการปฏิบัติงานโดยรวมด้านปริมาณ ด้านเวลา และด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามในด้านของการเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทน และสวัสดิการ ผลการวิจัยพบว่า ถึงแม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่มาก แต่ก็ยังเป็นด้านที่ได้ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า บุคลากรอาจรู้สึกว่าการค่าตอบแทนและสวัสดิการที่ได้รับจากหน่วยงานไม่เพียงพอต่อความคาดหวัง หรืออาจรู้สึกว่าการค่าตอบแทนได้ให้ความสำคัญเพียงพอต่อการเสริมสร้างแรงจูงใจผ่านการจ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสม หรือการมอบสิทธิประโยชน์ที่ตรงกับความต้องการของบุคลากร หรืออาจมีความไม่แน่ใจเกี่ยวกับโอกาสในการเติบโตหรือความมั่นคงในอาชีพภายในองค์กร นอกจากนี้ อาจสะท้อนถึงปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อความรู้สึกของบุคลากร เช่น การเปรียบเทียบกับสถาบันการศึกษาหรือองค์กรอื่น ๆ ที่มีการจ่ายค่าตอบแทนและสวัสดิการที่ดีกว่า หรือองค์กรอาจขาดการสื่อสารที่ชัดเจนเกี่ยวกับสิทธิประโยชน์ที่บุคลากรสามารถเข้าถึงได้ การปรับปรุงด้านนี้อาจช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจและเพิ่มความผูกพันของบุคลากรในองค์กรได้มากขึ้น การที่ค่าเฉลี่ยในด้านนี้น้อย อาจทำให้เกิดความรู้สึกของการขาดแรงจูงใจในการทำงาน รวมถึงอาจมีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรในระยะยาว จากผลการศึกษาครั้งนี้ หน่วยงานจึงควรพิจารณานโยบายและแนวทางการบริหารที่ตอบสนองความต้องการเฉพาะกลุ่มของบุคลากร เช่น การส่งเสริมให้บุคลากรสายวิชาการได้มีโอกาสเลือกงานที่ตรงกับความถนัด และการสร้างเส้นทางก้าวหน้าในวิชาชีพ ขณะที่บุคลากรสายสนับสนุนควรได้รับการส่งเสริมสภาพแวดล้อมการทำงานที่เอื้อต่อความสัมพันธ์ที่ดีและมีระบบค่าตอบแทนที่เป็นธรรม

2. ผลการวิจัยด้านระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรสะท้อนให้เห็นว่า บุคลากรทั้งสายวิชาการและสายสนับสนุนของคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีระดับความผูกพันต่อองค์กรในด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรอยู่ในระดับสูง แสดงถึงความรับผิดชอบ ความตั้งใจของบุคลากรในการทำหน้าที่ของตนอย่างเต็มความสามารถ เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ แสดงถึงความมีจิตสำนึกในหน้าที่ ความรับผิดชอบ และความรู้สึกผูกพันต่อความสำเร็จขององค์กร บุคลากรส่วนใหญ่มีเจตคติที่ดีในการทำงาน ยึดมั่นในบทบาทหน้าที่ของตน ตระหนักถึงความสำคัญของผลสัมฤทธิ์ขององค์กร ทุกคนทำงานร่วมกันเพื่อตอบสนองต่อวิสัยทัศน์และพันธกิจขององค์กร ซึ่งสอดคล้องกับ อนุดิษฐ์ ฐานไชยกร (2562) ที่กล่าวถึงความผูกพันในองค์กรว่าคือ ความรู้สึกที่ดีต่อองค์กร มีความรัก ความภาคภูมิใจ ความเอาใจใส่ต่อองค์กร รู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่ง มีความเชื่อมั่น ยอมรับเป้าหมายและค่านิยมขององค์กร เต็มใจและเสียสละความสุขส่วนตัวเพื่อเป้าหมายและต้องการที่จะดำรงไว้ซึ่งการเป็นสมาชิกขององค์กรนั้นตลอดไป ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพชรรัตน์ ลือสันเทียะ และคณะ (2568)



ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความผูกพันของบุคลากรสายสนับสนุนในสถาบันอุดมศึกษาเอกชน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า โดยภาพรวมบุคลากรมีความผูกพันต่อมหาวิทยาลัยในระดับสูง คือ มีความรู้สึกว่ามีคุณค่าและมีบทบาทสำคัญในมหาวิทยาลัย บุคลากรมีความภาคภูมิใจในมหาวิทยาลัยเป็นอย่างมาก โดยมองว่าเป็นที่ที่ให้โอกาสในการพัฒนาตนเองและมีวัฒนธรรมส่งเสริมการทำงานเป็นทีม

3. จากผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน จำแนกตามประเภทบุคลากร สะท้อนให้เห็นว่าบุคลากรทั้งสายวิชาการและสายสนับสนุนมีความคิดเห็นว่า หน่วยงานมีการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมให้กับบุคลากรอย่างเท่าเทียมและเหมาะสมกับงานที่ปฏิบัติ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาสภาพแวดล้อมในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ภาพรวมของบุคลากรมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 โดยสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.37 และสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทนและสวัสดิการน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.04 บุคลากรสายวิชาการมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพ และด้านความมั่นคงและความก้าวหน้ามากที่สุดทั้งสองประเด็น เท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.33 บุคลากรสายสนับสนุนมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านเพื่อนร่วมงานมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านเสริมสร้างแรงจูงใจ ค่าตอบแทนและสวัสดิการนั้น บุคลากรทั้งสายวิชาการและสายสนับสนุนน้อยที่สุดเท่ากัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และ 4.12

2. ระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 โดยด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 รองลงมาคือ ด้านการดำรงสมาชิกภาพและเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแยกประเภทของบุคลากรพบว่า บุคลากรสายวิชาการมีระดับความผูกพันต่อองค์กรด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 ส่วนด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กรน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 บุคลากรสายสนับสนุนมีระดับความผูกพันต่อองค์กรด้านการปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ส่วนด้านความภาคภูมิใจและจงรักภักดีต่อองค์กร น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40

3. การเปรียบเทียบความคิดเห็นที่มีต่อสภาพแวดล้อมในการทำงาน จำแนกตามประเภทบุคลากร พบว่า บุคลากรสายวิชาการ มีค่าเฉลี่ย 4.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 ส่วนบุคลากรสายสนับสนุน มีค่าเฉลี่ย 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพบว่า กลุ่มบุคลากรสายสนับสนุนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มบุคลากรสายวิชาการ และมีค่าสถิติ t-test มีค่าเท่ากับ 1.120 ซึ่งไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4. การเปรียบเทียบระดับความผูกพันต่อองค์กร จำแนกตามประเภทบุคลากรพบว่า บุคลากรสายวิชาการ มีค่าเฉลี่ย 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38 ส่วนบุคลากรสายสนับสนุน มีค่าเฉลี่ย 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพบว่า กลุ่มบุคลากรสายสนับสนุนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มบุคลากรสายวิชาการ และมีค่าสถิติ t-test มีค่าเท่ากับ 1.623 ซึ่งไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05



ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการศึกษาที่บุคลากรมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านกายภาพมากที่สุดนั้น หน่วยงานควรรักษามาตรฐาน และควรมีการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความต้องการของบุคลากร
2. หน่วยงานอาจพิจารณาจัดกิจกรรมเสริมสร้างความสัมพันธ์ เช่น กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ (Team Building) หรือการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างหน่วยงาน เพื่อส่งเสริมบรรยากาศการทำงานแบบมีส่วนร่วม ช่วยสร้างเครือข่ายการทำงานที่แข็งแกร่ง และลดความขัดแย้งในอนาคต กิจกรรมสันทนาการ งานเลี้ยงสังสรรค์ หรือกิจกรรมแลกเปลี่ยนความรู้ เพื่อส่งเสริมบรรยากาศการทำงานที่เป็นมิตร
3. เนื่องจากบุคลากรเห็นว่าความมั่นคงและความก้าวหน้าเป็นสิ่งที่สำคัญ หน่วยงานควร จัดทำ/วางแผนเส้นทางความก้าวหน้าในอาชีพ (Career Path) ให้ชัดเจน เปิดโอกาสในการฝึกอบรมหรือพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับการขึ้นสู่ตำแหน่งที่สูงขึ้น และสร้างระบบประเมินผลที่เป็นธรรมและโปร่งใส เพื่อให้บุคลากรมั่นใจในเส้นทาง การเติบโตภายในองค์กร
4. หน่วยงานอาจพิจารณากำหนดนโยบายและแนวทางส่งเสริมความผูกพันต่อองค์กร โดยคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มบุคลากร สำหรับบุคลากรสายวิชาการ ควรเน้นการจัดสรรงานที่ตรงกับความสามารถ ความถนัด และเปิดโอกาสให้เลือกหรือมีส่วนร่วมในการกิจที่สอดคล้องกับความสนใจ เพื่อส่งเสริมความรู้สึก ภาคภูมิใจและการมีส่วนร่วมในองค์กร สำหรับบุคลากรสายสนับสนุน ควรเน้นการสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อ สัมพันธภาพที่ดีภายในหน่วยงาน และมีระบบค่าตอบแทน/สวัสดิการที่เหมาะสม ชัดเจน และเป็นธรรม
5. เนื่องจากมหาวิทยาลัยนเรศวรยังเป็นมหาวิทยาลัยของรัฐ จึงทำให้มีข้อจำกัดด้านระเบียบการเบิกจ่าย งบประมาณ หน่วยงานไม่สามารถดำเนินการปรับปรุงระบบค่าตอบแทน เงินเดือน และสวัสดิการ เพื่อให้เหมาะสมกับ บทบาทหน้าที่ และสภาพเศรษฐกิจ เพื่อเพิ่มความพึงพอใจ และลดแรงจูงใจในการเปลี่ยนงานของบุคลากรได้เอง แต่ อย่างไรก็ตามอาจพิจารณาจัดสรรสวัสดิการหรือค่าตอบแทนในลักษณะอื่นที่ไม่ขัดต่อระเบียบของทางราชการได้ รวมถึงจัดสวัสดิการเพิ่มเติม เช่น การประกันสุขภาพ,ทุนการศึกษา, หรือรางวัลตอบแทนตามผลงาน เพื่อเพิ่มขวัญ กำลังใจและลดการลาออกของบุคลากร หรืออาจมีการจัดแรงจูงใจที่ไม่ใช่ตัวเงิน เช่น การประกาศยกย่องผลงาน การ มอบรางวัลยกย่อง เพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจและแรงบันดาลใจของบุคลากร
6. เพื่อส่งเสริมให้บุคลากรมีความภาคภูมิใจในองค์กร อาจพิจารณาการประชาสัมพันธ์ภาพลักษณ์องค์กรภายใน สำหรับบุคลากรสายวิชาการที่ให้ความสำคัญกับความภาคภูมิใจในองค์กร ควรมีการสื่อสารข้อมูลความสำเร็จของ องค์กร หรือความสำเร็จของบุคลากรเอง ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ภายในหน่วยงาน ช่องทางออนไลน์ของ หน่วยงาน หรือกิจกรรมภายในองค์กร เพื่อสร้างความภาคภูมิใจและแรงบันดาลใจร่วมกัน

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กองยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา
ระดับอุดมศึกษา. (2567). *เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ ฉบับปี 2567-2570*.
ชนิดดา ยังสี. (2549). *การรับรู้สภาพแวดล้อมในการทำงานและความเหนื่อยหน่ายกับการตั้งใจลาออกจากงานของ
พนักงาน*. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



- มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะมนุษยศาสตร์. (2566). แผนกลยุทธ์การบริหารทรัพยากรบุคคล คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ระยะ 5 ปี (พ.ศ.2566-2570). งานนโยบายและแผน สำนักงานเลขานุการ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะมนุษยศาสตร์. (2567, สิงหาคม). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. <https://mis.human.nu.ac.th/index.php>
- ธวัชชัย รัชสมบัติ, และกัญญาณัฐ รัตนประภาธรรม. (2565). สภาพแวดล้อมการทำงานที่ส่งผลต่อคุณภาพการปฏิบัติงานของพนักงานสายสนับสนุนในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 4(4), 31–43. <https://so08.tci-thaijo.org/index.php/MSJournal/article/view/2830>
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.
- เพชรรัตน์ ลือสันเทียะ, วีรวิทย์ เลิศรัตน์อำรุงกุล, โกวิทย์ แสนพงษ์, และวิดา พันธโน. (2568). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความผูกพันของบุคลากรสายสนับสนุนในสถาบันอุดมศึกษาเอกชน กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 15(1), 131–145. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/neuarj/article/view/275065>
- เพชรรัตน์ วิริยะสืบพงศ์. (2565). ความเป็นอยู่ที่ดี เอกลักษณ์ของสถานที่ทำงาน : กลยุทธ์การจัดการองค์การสู่ภาวะแบบองค์รวม. คณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2565, 31 ธันวาคม). รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาของรัฐในสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันอุดมศึกษาเอกชน. https://info.mhesi.go.th/homestat_academy.php
- อนุดิษฐ์ ฐานไชยกร. (2562). ความผูกพันในองค์กร. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 4(1), 32–45. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/246209>

NARESUAN21ST

RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21

กองบรรณาธิการ

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21

ศาสตราจารย์ ดร.กรนก อิงคินันท์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ลำเลิศธน

ดร.ยุทธพงษ์ ทองพบ

นางเจนจิต นาคปรีชา

นายธนกร ธีระวุฒิชัยกิจ

นางสาวสุภัชญา เครือออน

นางกฤษฎีพิชชา เกตุจ้อย

นางสาวศิริพร ชติยะ

นางสาววานิชญา บุตรมางกุล

นางสาววรัญญา แก้วแจ้ง

ที่ปรึกษา

ประธานกรรมการ

รองประธานกรรมการ

กรรมการและเลขานุการ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ผู้ช่วยเลขานุการ

ผู้ช่วยเลขานุการ

ผู้ช่วยเลขานุการ

ผู้ช่วยเลขานุการ

ประสานงานและจัดรูปเล่ม

จัดพิมพ์โดย

กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร
ชั้น4 โซนA อาคารมหาธรรมราชา 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์
อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

<https://sites.google.com/nu.ac.th/nric21/home>

โทร. 0 5596 8641

NARESUAN21ST

RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความตีพิมพ์

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21

ดร.ขวัญภัส สรโชติ

ดร.ฟ้า เชื้อหงษ์ทอง

ดร.มนัสวี พานิชนอก

ดร.สิทธิรักษ์ รอยตระกูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมขวัญ สิงห์วี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภิส วรรณิสสร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลทิพย์ คำใจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวิทย์ ไชยสุ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา ภาณุมนต์วาท

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญดา ตันติกำธน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ ชัดชุมแสง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชไม โอวาทพารพร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตั้งปณิธาน อารีย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพร ศรีนพคุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัตร ภูระธีรานรัชต์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระยุทธ เตียนธนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นทีลักษณ์ กุลเทศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ยิ้มแย้ม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤพนธ์ พนาวงค์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดินันท์ เอี่ยมสะอาด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา รัตนเสนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ เม่นสิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ วงศ์สวัสดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนทรัพย์ ผลาจรศักดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิดา มหาวงค์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมินทร์ ตันอุตม์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑา หมีไพรพฤกษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา จันทรงษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพิน ภูวก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่ง วงศ์วัฒน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วงศ์สันต์ วสันตสุริย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา วอนสวัสดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วภากร ศิริวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณกร พรประเสริฐ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ อินทร์ชม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา หอมหวล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช วงศ์ภินันท์วัฒนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์ เพียรการค้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริประภา ดีประดิษฐ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรเสริญ หุ่นแสน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.सानิตย์ดา เตียวต้อย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร สุวรรณมิตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกส์ลิล บุระทรัพย์ขจร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ ประสานพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิวรรธน์ ลิ้มปชัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งฤทัย สุพรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จุมวงษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา ยศบุญเรือง

/ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์...

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความตีพิมพ์

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โพธิ์ศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาพัทธ์ เตียวตระกูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ เจริญรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุไรวรรณ ชัยชนะวิโรจน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร ศิริคง

รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิง ดร.กุลธิดา เวทีวุฒาจารย์

รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรรค์ สโมสรสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.กนกกาญจน์ เสน่ห์ นมะหุต

รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา

รองศาสตราจารย์ ดร.กวี สุจิตฺติ

รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญฤดี พรชัยทิวัด

รองศาสตราจารย์ ดร.คำรพ รัตนสุด

รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ สุภาพพร้อม

รองศาสตราจารย์ ดร.จรินทร์ บุญญานุภาพ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานา ชลธนานารถ

รองศาสตราจารย์ ดร.จิตาภรณ์ คงดี

รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ บุญกุล

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์

รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัช สุริวงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญ์ณลิน วิญญูประสิทธิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวีรัตน์

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระภัทรา เอกผาชัยสวัสดิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพันท์ กังวาล

รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวุฒิ นิยมวงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ชัย นรากรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ปัทมาวดี ชาญสุวรรณ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะรัตน์ ศรีสว่าง

รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เผ่าสวัสดิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.พฤกษา หล้าวงษา

รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.มัสลิน นาคไพจิตร

รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ยะบุญธง

รองศาสตราจารย์ ดร.รักษิต สุทธิพงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วาริรัตน์ แก้วอุไร

รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลพรรณ รุ่งพรหม

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย หอวิมานพร

รองศาสตราจารย์ ดร.สนิท ปิ่นสกุล

รองศาสตราจารย์ ดร.สาโรช พูลเทพ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ ประสงค์ทัน

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ผลประเสริฐ

รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณนี สังกา

รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณมัย จันทมาลา

ศาสตราจารย์ ดร.ข้ามคม พรประสิทธิ์

อาจารย์สุชา นุ่มเกลี้ยง

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความตีพิมพ์

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 21

จำนวนทั้งสิ้น 94 ท่าน

THE 21ST NARESUAN NATIONAL ACADEMIC CONFERENCE

NARESUAN21ST

RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE

The NRIC 21st Collaborative Journal

Asian Health, Science and Technology Reports

- Editor-in-Chief: Prof. Dr. Sutisa Thanoi

Journal of Community Development Research

- Editor in Chief: Assoc. Prof. Dr. Watana Padgate

Mekong-Salween Civilization Studies Journal

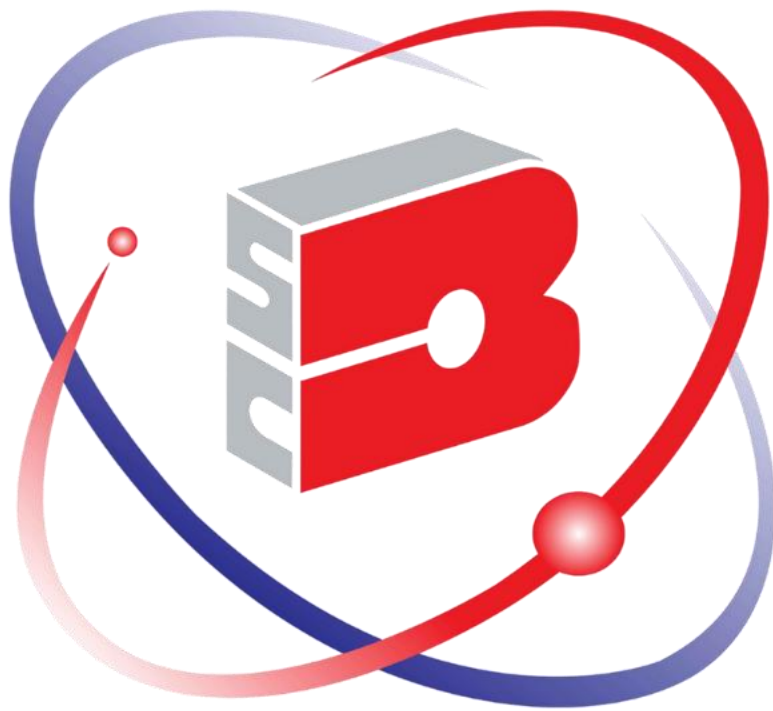
- Editor-in-Chief: Dr. Jaruwan Daengbuppha

Journal of Business, Innovation and Sustainability

- Editor-in-Chief: Assoc. Prof. Dr. Vichayanan Rattanawiboonsom

Journal of Renewable Energy and Smart Grid Technology

- Editor-in-Chief: Assoc. Prof. Dr. Nipon Ketjoy
-



Bara Scientific

Solution of Success



S.K.POWERABLE



**HARIKUL
SCIENCE**



**CHEMICAL HOUSE & LAB
INSTRUMENT CO., LTD.**

บริษัท เคมีเคิลเฮ้าส์ แอนด์ แล็บอินสตรูमेंท์ จำกัด



PUDITEC

FLEXLAB[®]
Advanced Laboratory Solution







กองการวิจัยและนวัตกรรม
DIVISION OF RESEARCH AND INNOVATION
NARESUAN UNIVERSITY



[SITES.GOOGLE.COM/NU.AC.TH/NRIC21](https://sites.google.com/nu.ac.th/nric21)



[DRI NARESUAN UNIVERSITY](#)



NRIC@NU.AC.TH



[055-968-641](tel:055-968-641)



[@DRI_NU](#)