



วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

PHRANAKHON RAJABHAT
RESEARCH JOURNAL

Science and Technology



วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

Vol. 20 No.1 January - June 2025

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ISSN : 3027-821X (Online)

วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการและงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาคณิตศาสตร์ สถิติ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ชีวเคมี จุลชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์การอาหาร คหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ การพยาบาล การสาธารณสุข คอมพิวเตอร์ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.เป็รื่อง กิจรัตน์ภร

อธิการบดี

รองศาสตราจารย์ประกาศิต โสไกร

รองอธิการบดี

อาจารย์ ดร.วฤชา ประจักษ์ดี

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภลักษณ์ ใจเรือง

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์กุล อินทรผดุง

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายดาว ยิ่งสง่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.เรณูมาศ มาอุ่น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.สัลยุทธ์ สว่างวรรณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศาสตราจารย์ ดร.พวงเพ็ญ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.โอการ วนิชาชีวะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

รองศาสตราจารย์ ดร.มนทลี ศาสนันนันทน์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568 เป็นวารสารวิชาการระดับชาติที่อยู่ในฐานข้อมูลของ TCI ได้รับรวมบทความเพื่อเผยแพร่ แลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการและการวิจัยของคณาจารย์ นักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เนื้อหาสาระในวารสารฉบับนี้มีบทความเกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ คอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล และวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการอาหารซึ่งทุกเรื่องมีความน่าสนใจ ซึ่งบทความทุกบทความได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ในนามของกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ทางวิชาการสำหรับนักวิชาการ นักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา และผู้ที่สนใจต่อไป การจัดทำวารสารฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งจาก ผู้เขียนบทความ ผู้ทรงคุณวุฒิ กองบรรณาธิการ ตลอดจนบุคคลท่านอื่น ๆ ในการประเมินบทความรวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ ส่งผลให้บทความในวารสารมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายดาว ยิ่งสง่า
บรรณาธิการวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Readers)

ประจำวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

พันตำรวจโท ดร.วงศ์ยศ เกิดศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา ไม้สนธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุสุมา ศรียากุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงผกา ตันกิจจานนท์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สราวุฒิ แนนเนียร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกชัย จงเสรีเจริญ

อาจารย์ ดร.นิรุช ล้าเลิศ

อาจารย์ ดร.จิราพร สงศรี

อาจารย์ ดร.กัลยาลักษณ์ โพธิ์คง

ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ

ดร.มลธิดา ภัทรนันท์กุล

โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

สารบัญ	
บทบรรณาธิการ	หน้า D
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Readers) ประจำวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)	E
สารบัญ	F
บทความวิจัย	
ผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพของชาสมุนไพร อินทรา ลิจินทร์พร* นันทชนก นันทะไชย ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ภูรินทร์ อัครกุลธร	1
การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลาด้วยเทอร์โมสแตท อาทิตย์ สารสมบูรณ์ เสาวลักษณ์ ขาญชัยฤกษ์* ประธาน ประจวบโชค ธิตติพงศ์ ภูมิศาสตร์ และ สมเจตน์ ภัทรพานิชชัย	15
ผลการฝึกหัดโยคะต่อระดับความเครียดและฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย พิชญ์ทิศา พัทธมนอดิสร์ ไกรสร อัมมวรรณ และ มนฤดี กীরติพรานนท์*	30
การวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลของแอปพลิเคชันหาตู้ในประเทศไทยบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้แบบจำลองการสืบสวนของการประชุมเชิงปฏิบัติการวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล 2001 ประวิณ ไม่เกตุ และ กัญญ์ณัฐ สุริยันต์*	45
ภาคผนวก	58
รายละเอียดการเตรียมบทความ	59
ขั้นตอนการพิจารณาบทความ	63
รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์	64
จริยธรรมในการตีพิมพ์	68

ผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพของชาสมุนไพร EFFECTS OF WATER LILY AND HERBAL POWDER RATIO ON QUALITY OF HERBAL TEA

อินทิรา ลิจันทรพร^{1*}, นันทชนก นันทะไชย¹, ปาลิดา ตังอนุรัตน์¹, อัญชลินทร์ สิงห์คำ¹ และ ภูรินทร์ อัครกุลธร²
¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
²พิพิธภัณฑ์บัว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

Intira Lichanporn^{1*}, Nanchanok Nanthachai¹, Palida Tanganurat¹, Aunchalin Singkhum¹
and Purin Akkarakultron²

¹Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology
Thanyaburi, Pathumthani 12110

² Lotus Museum, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110

*E-mail: intira_l@rmutt.ac.th

Received: 2024-11-11

Revised: 2025-03-24

Accepted: 2025-04-03

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพของชาสมุนไพร จากผลการทดลองพบว่าผงดอกบัวสายอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่า L* a* และ b* เท่ากับร้อยละ 3.92 0.57 53.40 9.86 และ -2.91 ตามลำดับ ผงดอกบัวสายมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการสารต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานินเท่ากับ 74.42 mg GAE/g sample 273.24 mg TEAC/g sample และ 18.46 µg cyanidin-3- glucoside/g sample ตามลำดับ จากการศึกษาผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพของชาสมุนไพร โดยใช้ผงบัวสายผสมผงสมุนไพร (ใบเตยหอม หล่อฮังก้วย เก๊กฮวย กระเจี๊ยบแดง) เท่ากับอัตราส่วนร้อยละ 50:50 และบัวสายผงร้อยละ 100 เป็นชุดควบคุมในการผลิตชาสมุนไพรพบว่าผงดอกบัวสายผสมเก๊กฮวยได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุดทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม นอกจากนี้ชาผงดอกบัวสายผสมเก๊กฮวยมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมากกว่าชาสมุนไพรอื่น ส่วนชาผงดอกบัวสายและชาผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงแต่ได้รับคะแนนด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมน้อย ชาสมุนไพรและชาผงดอกบัวสายไม่มีความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินรวม ดังนั้นบัวสายผงและสมุนไพรสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้

คำสำคัญ: บัวสาย สารต้านอนุมูลอิสระ แอนโทไซยานิน

ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of water lily powder and herb powder on the quality of herbal tea. The results showed that the water lily dried at 45°C had moisture, water activity contents, L^* , a^* , and b^* of 3.92%, 0.57, 53.40, 9.86, and -2.91, respectively. The water lily powder had total phenolic content, antioxidant activity, and total anthocyanin content of 74.42 mg GAE/g sample, 273.24 mg TEAC/g sample, and 18.46 μ g cyanidin-3-glucoside/g sample, respectively. The effect of water lily powder and herb powder on the quality of herb tea was analyzed. The ratio of the water lily powder to the herb powder (pandan, luohau guo, chrysanthemum, and roselle) was equal to 50:50 (%) and 100% of the water lily powder in the control of the herb tea formulation. The water lily powder tea mixed with chrysanthemum had the highest overall score in appearance, color, odor, and taste compared to the other herb teas. The water lily powder tea mixed with chrysanthemum had a higher total phenolic content than the other herb teas. The water lily powder tea and water lily powder mixed with rosella had high antioxidant activity, but the odors, taste, and the overall score was rather low. The total anthocyanin content of water lily powder tea and herbal tea treatments was not significant in the total anthocyanin content. Therefore, the water lily powder and herb powder can be potentially developed as a natural phenolic content material.

Keywords: Water lily, Antioxidant activity, Anthocyanin

บทนำ

บัวเป็นหนึ่งในพืชที่สำคัญ และมีการใช้ประโยชน์หลากหลายในทวีปเอเชีย และประเทศในอาเซียนมาอย่างยาวนานทั้งในด้านการใช้เป็นพืชอาหาร และอุตสาหกรรมยาโรค (Debbarma et al., 2022) ตลอดจนการใช้งานเพื่อเป็นไม้ดอกไม้ประดับ มีรายงานว่าเมล็ด ใบ ลำต้น หรือเหง้าของดอกบัวนั้นบริโภคได้ในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย (Singthong & Meesit, 2017) องค์ประกอบทางเคมีของดอกบัวสายพันธุ์สีแดงที่ปลูกในประเทศไทยประกอบด้วยใยอาหารร้อยละ 16.24 $\pm$ 1.05 ใยร้อยละ 18.52 $\pm$ 1.01 ความชื้นร้อยละ 12.64 $\pm$ 1.07 โปรตีนร้อยละ 8.46 $\pm$ 0.72 ไขมันร้อยละ 1.55 $\pm$ 0.25 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 42.79 $\pm$ 1.11 และยังพบปริมาณฟีนอลทั้งหมด 15.48 $\pm$ 0.2 mg GAE/g ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 7.846 $\pm$ 0.1 mg QE/g ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ค่า IC₅₀ 28.48 $\pm$ 0.12 μ g/mL (Khan et al., 2022) ขาสมนไพรเป็นเครื่องดื่มที่ผลิตจากสารธรรมชาติมาจากส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ใบ ลำต้น ราก ผล ดอกตูม และดอก (Skrajda-Brdak, 2018) ขาสมนไพรไม่ว่าจะมาจากสมุนไพรชนิดเดียวหรือรวมกันอาจเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี เช่น ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอล แครโธทีนอยด์ กลูโคซิโนเลต อัลคาลอยด์ โพลีอะเซทิลีน คูมาริน ซาโปนิน เทอร์ปีนอยด์ และสารอื่นๆ ที่มีส่วนประกอบของอัลเฟอร (Shaik et al., 2023) ขาสมนไพร เช่น ชาเขียวได้รับการพิสูจน์แล้วว่าประกอบด้วยสารแทนนิน ซาโปนิน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ เทอร์ปีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ การดื่มชาเขียวที่ผสมผลพลอยได้ของบรอกโคลีช่วยเพิ่มรสชาติ และยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น กลูโคซิโนเลต คาเทชิน กรดไฮดรอกซีซินนามิก และฟลาโวนอยด์ (Shaik et al., 2023) สมุนไพรต่าง ๆ เช่น ขาสมนไพรกระเจียวแดง

มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา เช่น ด้านเชื้อแบคทีเรียฤทธิ์ด้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และป้องกันมะเร็ง (Singh et al., 2017; Nguyen & Chuyen, 2020) ส่วนเก็กฮวยดอกเหลืองประกอบด้วยฟลาโวนอยด์ (Quercetin และ Myricetin) อันเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) จัดสารพิษ ดูดซับสารก่อมะเร็ง และต้านจุลชีพ (Wu et al., 2010) เเตย หรือเตยหอมประกอบด้วย Chlorophyll และ Xanthophyll เป็นรงควัตถุที่สำคัญ ใบเตยมีกลิ่นหอมและมีสีเขียวสด จึงนิยมนำมาประกอบอาหาร ของหวาน หรือเครื่องดื่มต่าง ๆ เพื่อแต่งกลิ่นและสี ให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น (Natprapa, 2001) เเตยหอมประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ สารแอนติออกซิแดนท์ ได้แก่ เบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากสามารถหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระได้ นอกจากนั้นแล้ว เเตยหอมยังมีน้ำมันหอมระเหยประกอบไปด้วยสารหลายชนิด เช่น โลนาลิลอะซิเตต (Linalyl acetate) เบนซิลอะซิเตต (Benzyl acetate) โลนาโลอล (Linalool) และเจอราเนียม (Geraniol) กลิ่นหอมของเตยหอม ประกอบด้วย สารคูมาริน (Coumarin) และเอทิลวานิลลิน (Ethyl vanillin) (Ooi et al., 2004) หล่อฮังก้วย เป็นผลไม้ที่ประกอบด้วยไตรเทอร์พีนกลูโคไซด์เป็นหลัก (Su et al., 2002; Song et al., 2013; Matsumoto et al., 1990) หล่อฮังก้วยได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในสารให้ความหวานจากธรรมชาติที่ใช้น้อยอย่างแพร่หลาย ในเครื่องดื่ม (Kim & Kinghorn, 2002) และใบชาแปดตำปึง (*Gynura procumbens*) (San & Sadek, 2024) และได้รับความสนใจมากขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องดื่มฟังก์ชันหรืออาหารเสริม (Biswas & Dwivedi, 2019) มีรายงานว่าสารละลายหล่อฮังก้วยเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีความหวานถึง 400 เท่า มากกว่า สารละลายซูโครสที่ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Liu et al., 2004) นอกจากนี้หล่อฮังก้วยยังมีคุณสมบัติต้านทานต่อออกซิเดชัน เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และชะลอการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหอมระเหย (Dai et al., 2019) ส่วนกระเจี๊ยบแดงแห้ง (*Hibiscus sabdariffa* L.) มีการนำมาใช้กันทั่วไปในเครื่องดื่มร้อนและเย็น องค์ประกอบทางเคมีของดอกกระเจี๊ยบแดงพบว่ามีค่าขึ้น โปรตีน 11.00 7.88 13.20 0.16 10.60 และ 57.16 ตามลำดับ และยังพบวิตามินซี แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ 11.00 60.00 และ 25.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Mohamed et al., 2012) นักวิจัยค้นพบว่ากระเจี๊ยบแดง มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสารป้องกันเคมีบำบัดในมะเร็งซึ่งสารแอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบแดงมีผลต่อการตายของเซลล์มะเร็งบางส่วน โดยเฉพาะมะเร็งกระเพาะอาหาร และมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Tsai et al., 2014) ดังนั้นการนำสมุนไพรดังกล่าวมาผสมกับผงบัวสายเพื่อเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรจึงส่งผลดีต่อสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพของชาสมุนไพรเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

วิธีการ

1. การเตรียมผงดอกบัวสาย

บัวสายพันธุ์สีชมพูที่ปลูกในตำบลบึงชำอ้อ อำเภอนองเสือ จังหวัดปทุมธานี โดยคัดเลือกดอกบัวที่ ขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 4 x 8 เซนติเมตร ไม่มีตำหนิ หรือบาดแผล จากนั้นนำมาห่อกระดาษและบรรจุในถุงพลาสติก ที่มีการป้องกันการกระแทก ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำดอกบัวสายมาเด็ดเป็นกลีบดังภาพที่ 1A และล้างทำความสะอาดเพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 100 ส่วน ในล้านส่วน เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้ง เกลี่ยกลีบดอกบัวสายบนตะแกรงให้ทั่ว และอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 6 โดยใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 16 ชั่วโมง นำกลีบบัวสายที่ อบแห้งแล้วไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช บรรจุในถุงสุญญากาศ และ

วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี L^* a^* b^* สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานินรวม จากนั้นนำผงกลับบวสไปใช้ในการศึกษาผลของผงดอกบวสและสมุนไพรเพื่อพัฒนาเป็นชาสมุนไพรเพื่อสุขภาพต่อไป

2. การเตรียมสมุนไพร

สมุนไพรสำเร็จรูป ได้แก่ ผงใบเตย (ตราที่อีเอ) ผงหล่อฮังทวย (ตราโมคิ) ผงเก็กฮวย (ตราโกเฟรช) ทั้ง 3 ชนิดซื้อจากศูนย์จำหน่ายสินค้าแม่โคร และผงกระเจียบ (ตราฟัก้าไลฟ์) ซื้อจากร้านเลมอนฟาร์ม นำสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช บรรจุในถุงสุญญากาศ และวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี L^* a^* และ b^* จากนั้นนำผงสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดไปใช้ในการศึกษาผลของผงดอกบวสและสมุนไพรเพื่อพัฒนาเป็นชาสมุนไพรเพื่อสุขภาพ

3. การศึกษาผลของผงดอกบวสและสมุนไพรต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

3.1 การผสมชาสมุนไพร

นำผงดอกบวส ผงใบเตย ผงหล่อฮังทวย ผงเก็กฮวย และผงกระเจียบมาผสมกัน จากการทดลองเบื้องต้นได้ดำเนินการผสมผงดอกบวสและน้ำร้อนในอัตราส่วนร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 พบว่าการใช้ผงดอกบวสร้อยละ 75 และ 100 มีรสขม จึงใช้ผงดอกบวสความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 50 และใช้สมุนไพรมาช่วยกลบรสขม และเพิ่มกลิ่นหอม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งเป็น 5 สิ่งทดลอง จำนวน 3 ซ้ำต่อสิ่งทดลอง ผสมชาสมุนไพรดังนี้ สิ่งทดลอง 1 ผงดอกบวส (ชุดควบคุม) สิ่งทดลอง 2 ผงดอกบวสผสมใบเตยหอม สิ่งทดลอง 3 ผงดอกบวสผสมหล่อฮังทวย สิ่งทดลอง 4 ผงดอกบวสผสมเก็กฮวย และสิ่งทดลอง 5 ผงดอกบวสผสมผงกระเจียบ โดยสิ่งทดลอง 1 ใช้ผงดอกบวสร้อยละ 100 และสิ่งทดลองที่ 2-5 ใช้ผงดอกบวสร้อยละ 50 ผสมสมุนไพรร้อยละ 50

3.2 วิธีการการผลิตชาสมุนไพร

นำตัวอย่างแต่ละสิ่งทดลองมาตัวอย่างละ 2 กรัม บรรจุในถุงชาขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 5x7 เซนติเมตร จุ่มในน้ำร้อนปริมาณ 120 มิลลิลิตร (อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาในการแช่เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำชาสมุนไพรไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* a^* b^* สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แอนโทไซยานินรวม และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี L^* a^* และ b^* ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสีแบบอินเตอร์ รุ่น mini scan XE plus (Hunter) โดยค่า L^* บ่งบอกถึง ความสว่าง (Lightness) ค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว ค่า a^* แสดงสีเขียว ($-a^*$) จนถึงสีแดง ($+a^*$) ส่วน b^* แสดงสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง ($+b^*$)

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.2.1 ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000) และปริมาณน้ำอิสระของผงบวสและสมุนไพรด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ รุ่น Aqualab 4TEV ผลิตภัณฑ์จาก Meter Group ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.2.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging

activity) และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สำหรับผงดอกบัวสายและผงสมุนไพรรักษาการสกัดสารตามข้อ 4.2.2.1 ส่วนตัวอย่างน้ำชาสมุนไพรรักษาให้วิเคราะห์ตามข้อ 4.2.2.2 และ 4.2.2.3

4.2.2.1 การสกัดผงดอกบัวสายและผงสมุนไพรรักษา ดัดแปลงวิธีการของ Złotek et al. (2016) โดยชั่งตัวอย่างจำนวน 5 กรัม เติมน้ำเมทานอล 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าสารด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ทำการสกัดด้วยวิธีเดิมอีกครั้ง แล้วนำสารสกัดที่ได้ทั้ง 2 ครั้งมารวมกัน ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล นำไปบรรจุในขวดที่ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปวิเคราะห์ดังนี้

4.2.2.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงวิธีการของ Shimada et al. (1992) นำตัวอย่างของสารสกัดจากข้อ 4.2.2.1 หรือตัวอย่างน้ำชาสมุนไพรรักษา โดยปิเปตสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอลมา 2.9 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมตัวอย่างสารสกัดหรือน้ำชาสมุนไพรรักษาไป 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที พร้อมกันนี้ เตรียมตัวอย่างควบคุม (Control) หรือสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่างโดยใช้เอทานอล จำนวน 0.1 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง วิเคราะห์ตามวิธีการเดียวกัน เมื่อครบ 30 นาที นำตัวอย่างและตัวอย่างควบคุมไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน Trolox (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity; TEAC) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมของ Trolox ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg TEAC/g sample)

4.2.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีการของ Tsai et al. (2005) โดยนำตัวอย่างของสารสกัดจากข้อ 4.2.2.1 หรือน้ำชาสมุนไพรรักษา 2 มิลลิลิตร เติมน้ำสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent เข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ลงไป 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นเติมน้ำสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยมวลต่อปริมาตร ลงไป 2 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg GAE/g sample)

4.2.3 ปริมาณแอนโทไซยานินรวม โดยใช้วิธี pH differential method ดัดแปลงวิธีการของ Shafazila et al. (2010) เตรียมการสกัดผงดอกบัวสาย หรือผงสมุนไพรรักษาโดยนำผงแห้งน้ำหนัก 2.5 กรัม บรรจุในหลอดพลาสติกขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำ acidified methanol ความเข้มข้น ร้อยละ 70 จำนวน 24 มิลลิลิตร ลงในหลอด (Centrifuge tube) แล้วนำไปเขย่าด้วยความเร็ว 2,500-3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที ด้วยเครื่องเขย่าสาร จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองสารลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำ acidified methanol ความเข้มข้นร้อยละ 70 นำสารตัวอย่างที่ได้จากการกรองมาปิเปตลงในขวดปรับปริมาตรที่ 1 และ 2 จำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำสารละลาย KCl buffer (0.025 โมลาร์ pH 1.0) และสารละลาย CH_3COONa buffer (0.4 โมลาร์ pH 4.5) ลงในขวดปรับปริมาตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ นำสารละลายที่เตรียมไว้ไปเขย่าจากนั้นทำการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ตามลำดับ เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้ว นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินในรูปของมิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัมตัวอย่าง (mg cyanidin-3-glucoside/g sample) จากสมการ

$$A = (A_{510} - A_{700}) \text{ pH } 1.0 - (A_{510} - A_{700}) \text{ pH } 4.5$$

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = (A \times \text{Mw} \times \text{dilution factor} \times 1000) / (\epsilon)$$

โดยที่ ;

$$\text{Mw} = \text{มวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (449.2 g mol)}$$

$$\epsilon = \text{ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสงของสารละลายเข้มข้น 1 mol/L (26900)}$$

$$\text{Dilution factor} = 1$$

4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำชาสมุนไพรได้แก่ ผงดอกบัวสาย และผงดอกบัวสายผสมผงใบเตย ผงหล่อฮังทวย ผงเก็กฮวย และผงกระเจี๊ยบ บรรจุปริมาณ 2 กรัมในถุงชา จากนั้นจุ่มในน้ำร้อนปริมาตร 120 มิลลิลิตร (อุณหภูมิ น้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาในการแช่เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำน้ำชาสมุนไพรไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คนที่ไม่ผ่านการฝึกฝน และใช้แบบทดสอบ 9 – Hedonic scaling โดยการให้คะแนนความชอบ 1-9 (1= ไม่ชอบ 9 = ชอบมาก)

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

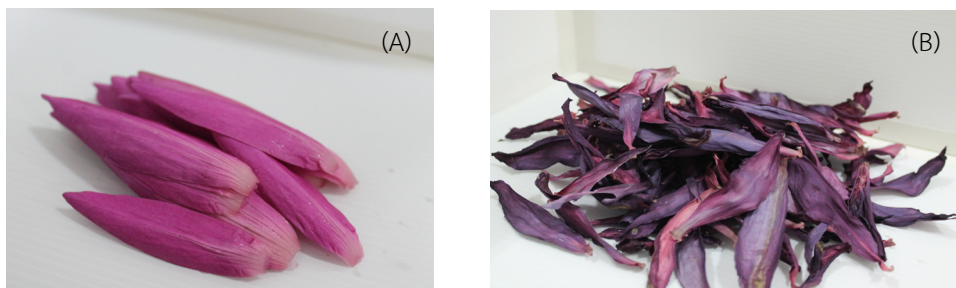
สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของเครื่องดื่มบัวสายผสมสมุนไพร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean + SD) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของผงดอกบัวสาย

ลักษณะของกลีบดอกบัวสายก่อนและหลังการอบแห้ง (ภาพที่ 1) สีของกลีบดอกเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีม่วงเข้ม ดอกบัวสายที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่ามีความชื้นร้อยละ 3.92 อย่างไรก็ตาม ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 สำหรับสมุนไพรแห้งขงดื่ม (Thai Community Product Standard Institute, 2013) ซึ่งการใช้อุณหภูมิต่ำความชื้นยังอยู่ในมาตรฐานดังกล่าว ปริมาณน้ำอิสระในดอกบัวสายอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.27 (ตารางที่ 1) การทำแห้งด้วยลมร้อนเป็นการกำจัดความชื้นออกจากตัวอย่างโดยอากาศร้อนจะถูกใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังตัวอย่างที่กำลังอบแห้ง และรับการถ่ายเทมวลจากตัวอย่างนั้น ๆ โดยการถ่ายเทความร้อนและมวลนี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ในช่วงแรกความชื้นที่ผิวของวัสดุจะระเหยออกไปก่อน โดยอุณหภูมิของวัสดุจะยังไม่เพิ่มขึ้น จนเมื่อความชื้นที่ผิวของวัสดุระเหยหมดแล้ว อุณหภูมิของวัสดุจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทำให้น้ำในผลผลิตค่อย ๆ เคลื่อนตัวมาที่ผิวแล้วจึงจะเคลื่อนตัวออกสู่ลมร้อน (Wadsworth et al., 1990) ปริมาณน้ำอิสระเป็นน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ในการเจริญเติบโต มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร ส่วนปริมาณความชื้น เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร แนวทางการแปรรูปให้อาหารมีอายุ

การเก็บได้นานและลดโอกาสการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่พึงประสงค์ คือการลดปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ โดยทั่วไปอาหารควรมีปริมาณความชื้นต่ำแต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดอาหารด้วย (Wisitudonkan, 1997) และปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์จะสามารถเติบโตได้ดีในช่วงเท่ากับ 0.88 – 0.96 (Luengsakul, 1992)



ภาพที่ 1 กลีบดอกบัวก่อน (A) และหลังการอบแห้ง (B)

ดอกบัวสายที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 53.40 9.06 และ -2.91 ตามลำดับ ในการอบแห้งมีผลให้สีของกลีบบัวสายออกไปทางสีแดงและน้ำเงิน (ภาพที่ 1B) อาจเนื่องมาจากปริมาณแอนโทไซยานินที่อยู่ในกลีบดอกบัวสายมีการสลายไปจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้ง เช่น อุณหภูมิ แสง และเวลา สารประกอบฟีนอลทั้งหมดในดอกบัวสายอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 74.42 mg GAE/g sample ตามลำดับ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในดอกบัวสายอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เท่ากับ 273.24 mg TEAC/g sample จากการทดลองนี้พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระจะสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เนื่องจากสารประกอบฟีนอลทั้งหมดส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงทำให้มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย ดอกบัวสายอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินรวมเท่ากับ 18.46 μg cyanidin-3- glucoside/g sample (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของดอกบัวสายอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	3.92±0.06
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.27±0.0010
L^*	53.40±0.09
a^*	9.86±1.09
b^*	-2.91±0.15
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample)	74.42±2.26
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (mg TEAC/g sample)	273.24±32.33
แอนโทไซยานินรวม (μg cyanidin-3- glucoside/g sample)	18.46±2.77

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

จากการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบในการผลิตชาสมุนไพรพบว่าความชื้นของวัตถุดิบ ได้แก่ ผงดอกบัวสาย ผงใบเตยหอม และผงหล่อฮังทกกีวมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.84-3.51 ซึ่งมีความชื้นน้อยกว่าผงเก็กฮวย และผงกระเจี๊ยบแดงโดยมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.87 และ 6.74 ตามลำดับ ปริมาณน้ำอิสระของผงดอกบัวสาย ผงหล่อฮังทกกีว และผงเก็กฮวยมีปริมาณเท่ากันคือ 0.28 ส่วนผงใบเตยหอมมีปริมาณน้ำอิสระน้อยสุดเท่ากับ 0.23 และผงกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณน้ำอิสระสูงสุดเท่ากับ 0.29 (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามทั้งความชื้น และปริมาณน้ำอิสระเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 996/2556 สมุนไพรรวมแห้งซึ่งดื่มที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (Thai Community Product Standard Institute, 2013) จากงานวิจัยของ Ascharyaphotha et al. (2022) พบว่าการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรไทยและใบหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ชาขงดื่ม โดยใช้ดอกบัวหลวง กะเพรา ตะไคร้ และผักชีลาวในรูปแบบผงและน้ำสมุนไพรสมุนไพรรูปแบบผงทั้ง 4 ชนิด มีค่ากิจกรรมของน้ำ (Water Activity, a_w) อยู่ในระหว่าง 0.30-0.44 ปริมาณความชื้นอยู่ในระหว่างร้อยละ 5.34 – 8.38 โดยน้ำหนัก จากการวัดค่าสีพบว่าผงดอกบัวสายมีค่าสี L^* น้อยกว่า ผงใบเตยหอม ผงหล่อฮังทกกีว ผงเก็กฮวย และผงกระเจี๊ยบแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีค่า L^* เท่ากับ 52.38 53.50 53.54 53.68 และ 53.38 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผงดอกบัวสายมีความสว่างน้อยที่สุด สอดคล้องกับค่าสี b^* ที่มีค่าเท่ากับ -4.44 ซึ่งมีแนวโน้มของสีไปทางสีน้ำเงิน ค่า a^* ของผงกระเจี๊ยบแดงมีค่าสูงสุดซึ่งเป็นผลมาจากกลีบดอกกระเจี๊ยบที่มีลักษณะทางสัณฐานเป็นสีแดง ร่องลงมาคือ ผงดอกบัวสาย ผงหล่อฮังทกกีว ผงเก็กฮวย และผงใบเตยหอม โดยมีค่าเท่ากับ 9.42 8.20 8.18 8.15 และ 5.48 ตามลำดับ ส่วนค่า b^* ของผงใบเตยหอมมีค่าสูงสุดรองลงมาคือ ผงเก็กฮวย ผงหล่อฮังทกกีว ผงกระเจี๊ยบแดง และผงดอกบัวสาย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86 -1.79 -2.51 -3.57 และ -4.44 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น น้ำอิสระ ค่าสี L^* a^* และ b^* ในผงดอกบัวสาย ผงใบเตยหอม ผงหล่อฮังทกกีว ผงเก็กฮวย และผงกระเจี๊ยบแดง

ผงดอกบัวสาย และผงสมุนไพร	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ค่าสี		
			L^*	a^*	b^*
ผงดอกบัวสาย	3.51±0.70 ^{bc}	0.28±0.0010 ^b	52.38±0.09 ^c	8.20±0.18 ^b	-4.44±0.33 ^d
ผงใบเตยหอม	2.62±0.27 ^c	0.23±0.0015 ^c	53.50±0.05 ^{ab}	5.48±0.09 ^c	0.86±0.05 ^a
ผงหล่อฮังทกกีว	2.84±1.15 ^c	0.28±0.0005 ^b	53.54±0.08 ^{ab}	8.18±0.59 ^b	-2.51±0.59 ^{bc}
ผงเก็กฮวย	4.87±1.01 ^b	0.28±0.0012 ^b	53.68±0.14 ^a	8.15±0.38 ^b	-1.79±1.38 ^b
ผงกระเจี๊ยบแดง	6.74±0.00 ^a	0.29±0.0008 ^a	53.38±0.11 ^b	9.42±0.09 ^a	-3.57±0.28 ^{cd}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-d หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพของชาสมุนไพรพบว่าค่าสี L^* ของชาผงดอกบัวสาย ชาผงดอกบัวสายผสมกับใบเตยหอม และชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยมีความสว่างมากกว่าชาผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังถั่ว และกระเจี๊ยบแดง ซึ่งสัมพันธ์กับค่า a^* และ b^* โดยชาผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดง และชาผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังถั่วมีสีคล้ำกว่าชาชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยชาผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดงมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 3.87 5.67 และ -7.92 ตามลำดับ ชาผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังถั่วมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 3.67 3.94 และ -9.55 ชาผงดอกบัวสายมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 4.69 2.53 และ -8.16 ชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 4.55 1.57 และ -8.18 ส่วนชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวย มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 4.64 2.55 และ -6.98 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากค่าสี L^* a^* และ b^* มีแนวโน้มของสีเป็นไปตามเฉดสีของวัตถุดิบที่ผสมลงในชาสมุนไพร ดังเช่นชาผงดอกบัวสายที่ผสมเก็กฮวยมีสีเหลืองจึงมีค่าความสว่างหรือ L^* มากที่สุด เช่นเดียวกับชาผงดอกบัวสายผสมดอกกระเจี๊ยบมีสีแดงหรือ a^* มากที่สุด จากงานวิจัยไม่ได้แสดงข้อมูลปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชาผงดอกบัวสายผสมสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าความละเอียดของเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) ตรวจวัดได้

ตารางที่ 3 ค่าสีของชาผงดอกบัวสายและชาผงดอกบัวสายผสมสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ ใบเตยหอม หล่อฮังถั่ว เก็กฮวย และกระเจี๊ยบ

ชาผงดอกบัวสายและสมุนไพร	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^* ^{ns}
ผงดอกบัวสาย	4.69±0.25 ^a	2.53±1.12 ^b	-8.16±2.37
ผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม	4.55±0.14 ^a	1.57±0.20 ^b	-8.18±1.64
ผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังถั่ว	3.67±0.21 ^b	3.94±1.17 ^{ab}	-9.55±0.38
ผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวย	4.64±0.31 ^a	2.55±0.43 ^b	-6.98±1.64
ผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดง	3.87±0.45 ^b	5.67±3.03 ^a	-7.92±3.30

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ชาผงดอกบัวสายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.27 mg TEAC/g sample ชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.23 mg TEAC/g sample ชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยและหล่อฮังถั่วมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดเท่ากับ 0.22 mg TEAC /g sample ในขณะที่ชาผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 0.28 mg TEAC /g sample ทั้งนี้อาจมาจากวิตามินซีที่มีอยู่ในกระเจี๊ยบแดง (Mohamed et al., 2012) ชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด เนื่องจากมีสารฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นกลุ่มของสารฟีนอล (Wu et al., 2010) รองลงมาคือชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม ชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม ชาผงดอกบัวสาย ชาผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังถั่วและกระเจี๊ยบแดง ตามลำดับ โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.06 0.04 0.03 0.02 และ 0.02 mg GAE/g sample ตามลำดับ ชาผงดอกบัวสายผสมสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณแอนโทไซยานินรวมไม่แตกต่างจากเครื่องดื่มผงดอกบัวสาย อย่างไรก็ตามชาผงดอกบัวสาย

ผสมกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมสูงสุด รองลงมาคือชาผงดอกบัวสาย ชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอมและเก็กฮวย และสุดท้ายคือ ชาผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังก้วย โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมเท่ากับ 0.8015 0.7348 0.6346 0.6012 และ 0.5344 $\mu\text{g cyanidin-3- glucoside/g sample}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด และแอนโทไซยานินรวมของชาผงดอกบัวสายและชาผงดอกบัวสายผสมสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ ใบเตยหอม หล่อฮังก้วย เก็กฮวย และกระเจี๊ยบ

ชาผงดอกบัวสายและสมุนไพร	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (mg TAEC/g sample)	ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g sample)	แอนโทไซยานินรวม ($\mu\text{g cyanidin-3- glucoside/g sample}$) ^{ns}
ผงดอกบัวสาย	0.27 $\pm$ 0.0023 ^b	0.03 $\pm$ 0.0035 ^{bc}	0.7348 $\pm$ 0.2521
ผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม	0.23 $\pm$ 0.0360 ^c	0.04 $\pm$ 0.0147 ^b	0.6346 $\pm$ 0.2314
ผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังก้วย	0.22 $\pm$ 0.0156 ^d	0.02 $\pm$ 0.0007 ^d	0.5344 $\pm$ 0.1530
ผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวย	0.22 $\pm$ 0.0560 ^d	0.06 $\pm$ 0.0065 ^a	0.6012 $\pm$ 0.1002
ผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดง	0.28 $\pm$ 0.0199 ^a	0.02 $\pm$ 0.0010 ^d	0.8015 $\pm$ 0.2651

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 การประเมินทางประสาทสัมผัสของชาผงดอกบัวสายและชาผงดอกบัวสายผสมสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ ใบเตยหอม หล่อฮังก้วย เก็กฮวย และกระเจี๊ยบ

ชาผงดอกบัวสายและสมุนไพร	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ผงดอกบัวสาย	6.20 $\pm$ 1.32 ^a	6.18 $\pm$ 1.24 ^a	4.86 $\pm$ 1.82 ^b	5.30 $\pm$ 1.58 ^{bc}	5.56 $\pm$ 1.50 ^b
ผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม	6.26 $\pm$ 1.31 ^a	6.30 $\pm$ 1.27 ^a	6.62 $\pm$ 1.61 ^a	5.84 $\pm$ 1.48 ^{ab}	6.08 $\pm$ 1.54 ^a
ผงดอกบัวสายผสมหล่อฮังก้วย	6.44 $\pm$ 1.26 ^a	6.16 $\pm$ 1.30 ^a	4.94 $\pm$ 1.46 ^b	5.22 $\pm$ 1.13 ^c	5.58 $\pm$ 1.20 ^b
ผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวย	6.48 $\pm$ 1.36 ^a	6.22 $\pm$ 1.31 ^a	6.86 $\pm$ 1.47 ^a	6.12 $\pm$ 1.45 ^a	6.62 $\pm$ 1.29 ^a
ผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดง	4.24 $\pm$ 1.49 ^b	4.88 $\pm$ 1.72 ^b	4.32 $\pm$ 1.57 ^b	4.78 $\pm$ 1.40 ^c	4.60 $\pm$ 1.14 ^c

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-c ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ และสีของชาผงดอกบัวสาย ชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม หล่ออังก้วย และเก็กฮวยอยู่ในช่วง 6.16-6.48 คะแนน (ตารางที่ 5) ในขณะที่ชาผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดงผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏและสีน้อยอยู่ในช่วง 4.24-4.88 คะแนน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า a^* สูงที่สุด และค่า L^* ต่ำสุด ซึ่งแสดงถึงสีแดงของชาผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดง เมื่อทดสอบทางด้านกลิ่นพบว่าผู้ทดสอบไม่ชอบกลิ่นผงดอกบัวสาย หล่ออังก้วย และกระเจี๊ยบแดง จึงให้คะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่าชาที่มีส่วนผสมของใบเตยหอมและเก็กฮวย ซึ่งสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดอาจไปช่วยกลบกลิ่นของผงดอกบัวสายได้ ส่วนรสชาติ ผู้ทดสอบให้คะแนนชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยมากกว่าชาสมุนไพรชนิดอื่นโดยมีคะแนนเท่ากับ 6.12 คะแนน ส่วนคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดในชาดอกบัวสายผสมใบเตยหอม และเก็กฮวย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทั้งลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมแล้วผู้ทดสอบให้คะแนนชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยสูงกว่าชาผงดอกบัวสาย และชาผงดอกบัวสายผสมใบเตยหอม หล่ออังก้วย และกระเจี๊ยบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.48 6.22 6.86 6.12 และ 6.62 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่เครื่องดื่มผงดอกบัวสายผสมกระเจี๊ยบแดงได้รับการประเมินทางประสาทสัมผัสมีคะแนนต่ำสุด โดยมีคะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.24 4.88 4.32 4.78 และ 4.60 คะแนน ตามลำดับ

สรุป

จากการศึกษาผลของผงดอกบัวสายและสมุนไพรต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยมากที่สุดเท่ากับ 6.48 6.22 6.86 6.12 และ 6.62 คะแนน ตามลำดับ มีค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 4.64 2.55 -6.98 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และแอนโทไซยานินรวมเท่ากับ 0.22 mg TEAC/g sample 0.06 mg GAE/g sample และ 0.6012 μ g cyanidin-3- glucoside/g sample ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่ากลิ่นของชาสมุนไพรมีผลต่อความชอบโดยรวมนั้นการผลิตชาจากผงดอกบัวสายและเก็กฮวยช่วยกลบกลิ่นได้ อีกทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าชาสมุนไพรอื่น อย่างไรก็ตามผลผลิตภัณฑ์ชาผงดอกบัวสายผสมเก็กฮวยยังได้รับคะแนนการประเมินโดยรวมน้อย จึงควรปรับปรุงลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ให้ดีขึ้นโดยอาจลดปริมาณของผงดอกบัวสาย หรือเปลี่ยนเป็นบัวที่มีกลิ่นหอม เช่น บัวพันธุ์ฉลองขวัญแทนบัวสาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ประจำปี 2562 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Aschariyaphotha, B., Canana, C., & Kaensuk, N. (2022). Beneficial use from dried thai herbs and stevia leaves for tea infusion production. *Journal of Research and Innovation in Science and Technology*, 3(2), 1–16. (In Thai)

- Association of Official Analytical Chemists. (2000). **Official methods of analysis of AOAC** (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Biswas, T., & Dwivedi, U. N. (2019). Plant triterpenoid saponins: Biosynthesis, in vitro production, and pharmacological relevance. **Protoplasma**, **256**(6), 1463–1486.
- Dai, Z. R., Liang, D. P., Qin, H. Q., Zhang, X. C., & Wang, P. (2019). Antioxidation and stability of compound beverage of *Momordica grosvenori* and carambola fruit. **Food Research and Development**, **40**(20), 31–35. (In Chinese).
- Debbarma, J., Viji, P., Rao, B. M., & Ravishankar, C. N. (2022). **Seaweeds: Potential applications of the aquatic vegetables to augment nutritional composition, texture, and health benefits of food and food products**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Khan, A. H., Hossain, A., Haque, M. M., Yeasmin, N., Matin, A., & Islam, D. (2022). Nutraceutical prospects and antioxidant activity of white and red water lily stem available in Bangladesh. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, **10**(3), 1196–1204.
- Kim, N. C., & Kinghorn, A. D. (2002). Highly sweet compounds of plant origin. **Archives of Pharmacal Research**, **25**(6), 725–746.
- Liu, X., Ma, Z., Xing, J., & Liu, H. (2004). Preparation and characterization of amino-silane modified superparamagnetic silica nanospheres. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, **270**(1–2), 1–6.
- Luengsakul, S. (1992). **Food microbiology**. (2nd Eds.). Bangkok: Srinakarinwirot University.
- Matsumoto, K., Kasai, R., Ohtani, K., & Tanaka, O. (1990). Minor cucurbitane glycosides from fruits of *Siraitia grosvenori* (Cucurbitaceae). **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, **38**(7), 2030–2032.
- Mohamed, B. B., Sulaiman, A. A., & Dahab, A. A. (2012). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan, cultivation and their uses. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**, **1**(6), 48–54.
- Natprapa, S. (2001). **Development of pandal flavored fragrance rice beverage**. (Master of Science). Kasetsart University, Bangkok. (In Thai).
- Nguyen, Q. V., & Chuyen, H. V. (2020). Processing of herbal tea from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of drying temperature and brewing conditions on total soluble solid, phenolic content, antioxidant capacity and sensory quality. **Beverages**, **6**(1), 1–11.
- Ooi, L. S., Sun, S. S., & Ooi, V. E. (2004). Purification and characterization of a new antiviral protein from the leaves of *Pandanus amaryllifolius* (Pandanaceae). **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, **36**(8), 1440–1446.

- San, V. Y., & Sadek, N. F. (2024). The effect of various sweeteners on the antioxidant and sensory characteristics of *Gynura procumbens* leaf tea. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, **1413**(1), 012067.
- Shafazila, T. S., Pat, M. L., & Lee, K. H. (2010). **Radical scavenging activities of extract and solvent-solvent partition fractions from *Dendrobium Sonia* ‘Red Bom’ flower.** In M. K. Hamzah (Ed.), *International Conference on Science and Social Research* (762-765). Kuala Lumpur, Malaysia: Institute of Electrical and Electronics Engineers Press.
- Shaik, M. I., Hamdi, I. H., & Sarbon, N. M. (2023). A comprehensive review on traditional herbal drinks: Physicochemical, phytochemicals and pharmacology properties. **Food Chemistry Advances**, **3**, 1-13.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthans on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **40**(6), 945–948.
- Singh, P., Khan, M., & Hailemariam, H. (2017). Nutritional and health importance of *Hibiscus sabdariffa*: A review and indication for research needs. **Journal of Nutritional Health & Food Engineering**, **6**(5), 125–128.
- Singthong, J., & Meesit, U. (2017). Characteristic and functional properties of Thai lotus seed (*Nelumbo nucifera*) flours. **International Food Research Journal**, **24**(4), 1414–1421.
- Skrajda-Brdak, M. N. (2018). Health benefits of herbal extracts and beverages. **Journal of Education, Health and Sport**, **8**(9), 1270–1281.
- Song, H., Yu, W., Gao, M., Liu, X., & Ma, X. (2013). Microencapsulated probiotics using emulsification technique coupled with internal or external gelation process. **Carbohydrate Polymers**, **96**(1), 181–189.
- Su, B., Chang, L., Park, E., Cuendet, M., Santarsiero, B., Mesecar, M., Mehta, R., & Fong, H. (2002). Bioactive constituents of the seeds of *Brucea javanica*. **Planta Medica**, **68**(8), 730–733.
- Thai Community Product Standard Institute. (2013). **Dried mixed herbs for infusion.** Ministry of Industry. Thailand. (In Thai)
- Tsai, T. C., Huang, H. P., Chang, Y. C., & Wang, C. J. (2014). An anthocyanin-rich extract from *Hibiscus sabdariffa* linnaeus inhibits n-nitrosomethylurea-induced leukemia in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **62**(7), 1572–1580.
- Tsai, T. H., Tsai, P. J., & Ho, S. C. (2005). Antioxidant and anti-Inflammatory activities of several commonly used species. **Journal of Food Science**, **70**(1), 93–97.
- Wadsworth, J. I., Velupillai, L., & Verma, L. R. (1990). Microwave-vacuum drying of parboiled rice. **Transactions of the ASAE**, **33**(1), 199–210.

- Wisitudonkan, R. (1997). **Shelf Life Evaluation on of Foods**. Bangkok: Kasetsart University. (In Thai)
- Wu, L. Y., Gao, H. Z., Wang, X. L., Ye, J. H., Lu, J. L. & Liang, Y. R. (2010). Analysis of chemical composition of *Chrysanthemum indicum* flowers by GC/ MS and HPLC. **Journal of Medicinal Plants Research**, 4(5), 421–426.
- Złotek, U., Mikulska, S., Nagajek, M., & Swieca, M. (2016). The effect of different solvents and number of extraction steps on the polyphenol content and antioxidant capacity of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.) extracts. **Saudi Journal of Biological Science**, 23(5), 628–633.

การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา ด้วยเทอร์โมสตัท

STUDY OF TEMPERATURE CONTROL INSIDE A PARABOLIC SOLAR DRYER USING A THERMOSTAT

อาทิตย์ สารสมบุญ¹ เสาวลักษณ์ ชาญชัยฤกษ์^{1*} ประธาน ประจวบโชค² ธิติพงศ์ วุฒิสาสตร์³
และ สมเจตน์ ภัทรพานิชชัย⁴

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

²วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

³คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600

⁴ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000

Arthit Sansomboon¹, Saowaluck Chanchairoek^{1*}, Prathan Prachopchok²,
Thitipong Wutisart³ and Somjet Pattarapanitchai⁴

¹Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220

²College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220

³Faculty of Education Dhonburi Rajabhat University, Bangkok 10600

⁴Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000

*E-mail: saowaluck_bh@yahoo.com

Received: 2025-03-17

Revised: 2025-06-05

Accepted: 2025-06-09

บทคัดย่อ

การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีข้อดีหลายประการ ทั้งการรักษาผลผลิตให้อยู่ได้ยาวนานมากขึ้น สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้นทั้งในแง่ของความสะดวกและสุขอนามัย นอกจากนี้ยังลดต้นทุนด้านพลังงานในการอบแห้งทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ปัจจุบันมีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หลากหลายประเภทตามความเหมาะสมตามผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรแต่ละชนิด ทั้งนี้ การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศในช่วงที่มีความเข้มข้นรังสีดวงอาทิตย์สูงอาจทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงถึง 70 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่เหมาะสมกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงเกินไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เทอร์โมสตัทเพื่อควบคุมความเร็วการหมุนของพัดลมระบายอากาศในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลาขนาด 1.5 x 2.0 ตารางเมตร ระบบควบคุมมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่เทอร์โมสตัท พัดลมจะหมุนด้วยกำลังสูงสุดเพื่อระบายอากาศร้อนออกไป และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีค่าลดลงต่ำกว่าค่าอุณหภูมิ

ที่ตั้งไว้ที่เทอร์โมสแตท พัฒลจะหมุนด้วยความเร็วต่ำลง การศึกษานี้ดำเนินการทดสอบในช่วงวันที่ 7 ถึง 19 มกราคม พ.ศ. 2568 โดยตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสแตทไว้ที่ 30 35 40 และ 45 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในได้ดีที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสแตทนี้สามารถนำไปใช้ในการผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไม่ต้องการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจนเกินไปได้ เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะในการอบแห้งผลิตภัณฑ์นั้น นอกจากนี้ยังช่วยให้กระบวนการอบแห้งมีความสม่ำเสมอมากขึ้นด้วย

คำสำคัญ: อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์ เทอร์โมสแตท

ABSTRACT

The use of solar drying equipment for agricultural products offers several advantages, including prolonging product shelf life, better control of product quality in terms of cleanliness and hygiene, and reducing energy costs, thereby increasing farmers' income. Currently, various types of solar dryers are available to suit different agricultural products. However, the use of solar dryers without climate temperature control systems during periods of high solar radiation can cause internal temperatures to reach up to 70°C, which may be unsuitable for drying certain products that do not require high temperatures. This research aims to study the use of thermostats to control the speed of the exhaust fan in a parabolic-shaped solar dryer measuring 1.5 x 2.0 square meters. The control system operates on the following principle: when the internal temperature exceeds the set thermostat temperature, the fan operates at maximum speed to expel hot air. And when the internal temperature drops below the set point, the fan will slow down. The study was conducted from January 7 to January 19, 2025, with thermostat settings at 30, 35, 40, and 45°C. The results showed that the dryer could effectively control the internal temperature at 40 and 45°C. Therefore, solar dryers equipped with thermostat-based temperature control can be suitable for drying certain products that do not require excessive temperatures while maintaining optimal drying conditions. This control method also ensures more uniform drying processes.

Keywords: Air temperature inside the drying chamber, Solar dryer, Solar energy, Thermostat

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม บางครั้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีปริมาณมากตามฤดูกาลเพาะปลูก เกิดภาวะสินค้าล้นตลาด ดังนั้นการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรด้วยการอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความนิยม ทำให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ได้รับการแปรรูปเก็บรักษาได้นานขึ้น และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอีกด้วย แม้ว่าการทำให้แห้งโดยการนำผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรไปตากกับแสงอาทิตย์โดยตรงจะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด แต่ก็จะมีปัญหาเรื่องความสะดวก ฝุ่นละออง แมลงและสัตว์ต่าง ๆ มารบกวน นอกจากนี้สภาพอากาศที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ฝนที่ตกอย่างกะทันหันก็อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้นเสียหายไปทั้งหมดได้

ดังนั้นเกษตรกรจึงใช้การอบแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้าเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งตู้อบไฟฟ้านี้มีประโยชน์หลายด้าน เช่น การควบคุมอัตราการแห้งของผลิตภัณฑ์ ความสะอาด รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่แน่นอน ปัจจุบันต่าง ๆ เหล่านี้มีผลอย่างมากในเชิงธุรกิจ แต่ข้อเสียคือตู้อบแห้งไฟฟ้ามีราคาสูงและต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้ง และราคาพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูง การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงได้รับความสนใจจากนักวิจัยมายาวนาน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นมีหลายรูปแบบตามการใช้งานของเกษตรกรหรืออุตสาหกรรมในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้ยังขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำมาอบแห้งด้วย (Janjai et al., 2009; Janjai et al., 2012; Janjai, 2017)

ในประเทศไทยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน เช่น ระบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (แบบ พพ.) มีพื้นที่อบแห้ง 3 ขนาด คือ 6x8 8x12 และ 8x20 ตารางเมตร โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยเป็นระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรในเชิงการค้าทั้งในระดับวิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมไปจนถึงผู้ประกอบการขนาดใหญ่ (Mahayothee & Boonrod, 2019) ซึ่งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8x20 ตารางเมตร สามารถอบแห้งกล้วยได้มากถึง 1,000 กิโลกรัมต่อการอบหนึ่งครั้ง (Janjai et al., 2011, Maisont et al., 2022)

จากการลงพื้นที่ชุมชนที่อยู่ในความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร หลายครั้งพบว่าเกษตรกรในพื้นที่บางครัวเรือนมีความต้องการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดเล็กที่สามารถอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรในจำนวนไม่มากได้ (Maisont et al., 2023) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์บางชนิดไม่ต้องการอุณหภูมิสูงจนเกินไป จากการศึกษาการอบแห้งกระเทียมหลังเก็บเกี่ยวพบว่าเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 45°C กลีบกระเทียมบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีเหลือง นิ่ม และเหนียว การอบแห้งกระเทียมที่อุณหภูมิ 35°C เป็นวิธีที่ดีที่สุด ช่วยรักษาคุณภาพลดการสูญเสียน้ำหนัก และลดการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bayat et al., 2010) ในการอบแห้งจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง (Wattanasri et al., 2022)

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและศึกษาการใช้เทอร์โมสแตท (Thermostat) เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาด 1.5 x 2.0 ตารางเมตร ซึ่งเป็นเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมในระดับครัวเรือน โดยเทอร์โมสแตทจะทำหน้าที่ควบคุมความเร็วการหมุนของพัดลมระบายอากาศในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเทอร์โมสแตทนั้นเป็นอุปกรณ์ที่หาง่าย ราคาถูก และมีความทนทาน ดังนั้นการศึกษากการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทอร์โมสแตทจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้ดีขึ้น และทำให้การอบแห้งมีความสม่ำเสมอตามหลักการของการอบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองนี้ แสดงได้ดังภาพที่ 1 ฐานทำจากแผ่นหลังคาโลหะสีดำที่มีฉนวนสำเร็จรูป (Metal sheet) มีความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร โครงสร้างทำด้วยเหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว

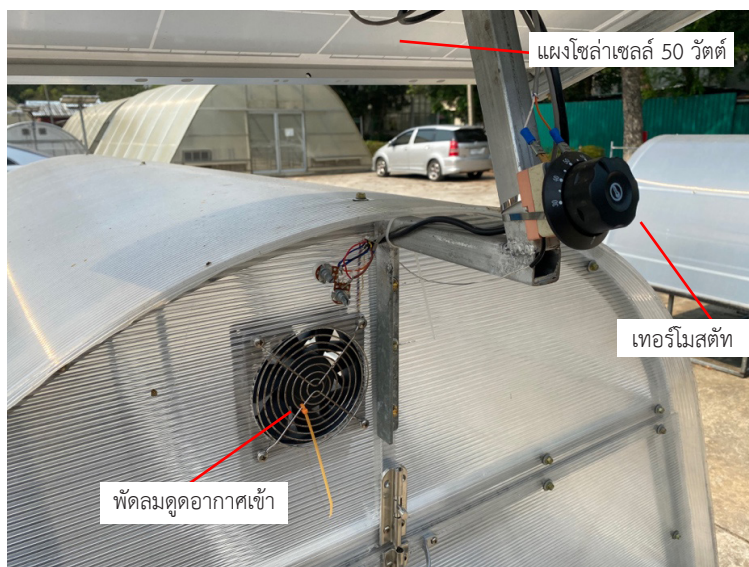
ดัดขึ้นรูปเป็นทรงพาราโบลา (Parabola shape) ปิดคลุมทุกด้านด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate sheet) ด้านหนึ่งมีช่องอากาศไหลออก อีกด้านหนึ่งมีพัดลมขนาด 30 วัตต์ ซึ่งใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซล่าเซลล์ 50 วัตต์ เพื่อดูดอากาศเข้า มีการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบด้วยเทอร์โมสแตท (Thermostat) แสดงได้ดังภาพที่ 2 ภายในมีถาดและราวแขวนสำหรับวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง เครื่องอบแห้งที่ได้นี้มีน้ำหนักไม่มาก จึงเคลื่อนย้ายได้ง่าย สามารถนำไปวางบนโต๊ะหรือวางกับพื้นที่สะอาด เมื่อไม่ได้ใช้งานแล้วสามารถนำไปเก็บในพื้นที่จัดเก็บที่ต้องการได้ แสงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้าไปในเครื่องอบแห้งได้ดีเนื่องจากรูปทรงพาราโบลา ที่ช่วยให้การรับแสงอาทิตย์ทำได้ตลอดวัน นอกจากนี้ รูปทรงพาราโบลา ยังมีความสวยงามและช่วยลดแรงปะทะจากลมได้ การใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตนอกจากสามารถดัดให้โค้งงอได้ง่ายแล้วยังมีความทนทาน รวมทั้งมีการเคลือบสารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่ได้มีสีสันทนสวยงาม



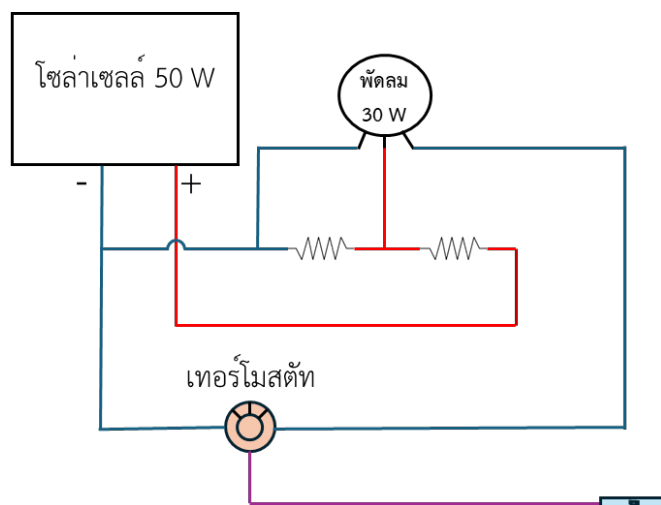
ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานอาทิตย์ขนาด 1.5 x 2.0 ตารางเมตร
ที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศด้วยเทอร์โมสแตท

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ แสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้าไปในเครื่องอบแห้งจะถูกดูดกลืนด้วยวัสดุต่าง ๆ ภายในเครื่องอบแห้ง แล้ววัสดุเหล่านั้นจึงคายความร้อนออกมาทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งสูงขึ้น ในขณะเดียวกันนี้เซ็นเซอร์ของเทอร์โมสแตทจะตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ

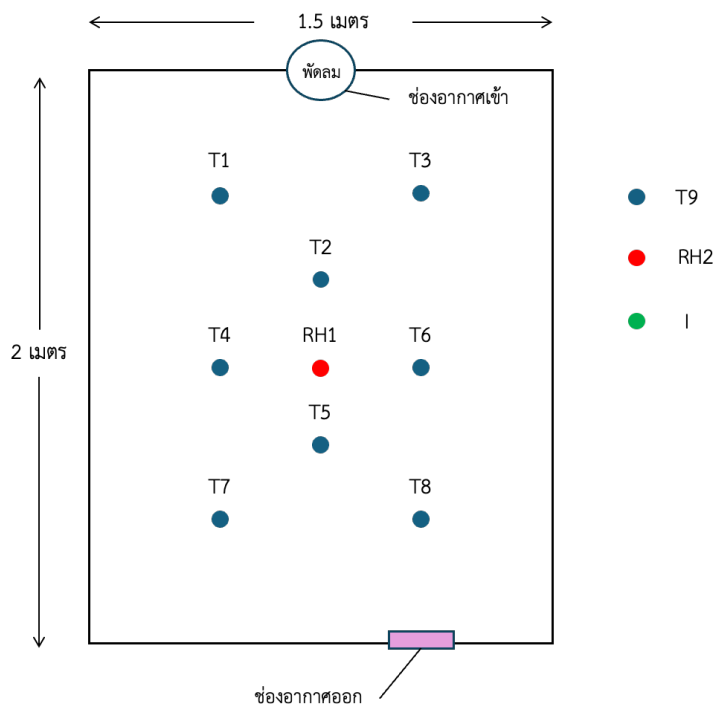
ภายในเครื่องอบแห้ง ซึ่งเทอร์โมสแตทจะควบคุมการหมุนของพัดลมที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากแผงโซลาร์เซลล์ หากอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง (Drying chamber) ต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้พัดลมจะหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ และหากอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้พัดลมจะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุดตามกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ในขณะนั้นเพื่อระบายอากาศร้อนและความชื้นที่ระเหยจากผลิตภัณฑ์ให้ออกนอกเครื่องอบแห้งไป โดยผังวงจรไฟฟ้าของการทำงานของเทอร์โมสแตทแสดงได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แสดงเทอร์โมสแตทที่ใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของการหมุนของพัดลมตามอุณหภูมิภายในของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3 แผนภาพวงจรไฟฟ้าแสดงการทำงานของเทอร์โมสแตทที่ควบคุมความเร็วการหมุนของพัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งของการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ในเครื่องอบแห้ง กำหนดให้ T เป็นตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ RH เป็นตำแหน่งของการวัดความชื้นสัมพัทธ์ และ I เป็นตำแหน่งการวัดความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์

2. การประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น โดยทั่วไปจะวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องอบแห้ง ในการศึกษาครั้งนี้จะสนใจผลของการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งด้วยเทอร์โมสแตท จึงไม่มีการวัดการแห้งของผลิตภัณฑ์ การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งแสดงรายละเอียดของตัวแปรดังภาพที่ 4

2.1 รังสีดวงอาทิตย์

รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนส่วนรับรังสีหรือบนวัสดุที่ต้องการอบแห้งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับใช้ประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้ประโยชน์จากรังสีตรงและรังสีกระจาย หรือรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (0.3 - 3.0 μm) ดังนั้นในการประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง จะทำการวัดรังสีรวมโดยใช้ไพราโนมิเตอร์ที่มีช่วงการตอบสนองต่อสเปกตรัมรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นกว้าง ในงานวิจัยนี้จะใช้ไพราโนมิเตอร์ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CM 11 แสดงได้ดังภาพที่ 5 (ก)

2.2 อุณหภูมิอากาศ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน การใช้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) วัดอุณหภูมิของอากาศตามจุดต่าง ๆ ภายในเครื่องอบแห้งนั้นมีความสะดวกมาก

เทอร์โมคัปเปิลประกอบด้วยเส้นลวดโลหะ 2 ชนิด ที่พันปลายด้านหนึ่งติดกันเป็นตัววัดอุณหภูมิ เมื่อนำไปสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นนี้สามารถแปลงเป็นค่าอุณหภูมิได้ในการทดลองนี้จะใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ดังแสดงได้ดังภาพที่ 5 (ข) อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในเครื่องอบแห้งจะถูกวัดที่ตำแหน่ง T1 ถึง T9 โดยตำแหน่ง T9 จะเป็นอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T9 (Ambient)) จากนั้นจะนำข้อมูล T1 ถึง T8 มาเฉลี่ยเป็นข้อมูลตัวแทนอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้ง (Tin)

2.3 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative humidity) จะถูกวัดสองตำแหน่งคือภายในเครื่องอบแห้ง และภายนอกเครื่องอบแห้ง (อากาศแวดล้อม) โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ไฮโกรมิเตอร์ยี่ห้อ ZTS-3002-WS-V05 แสดงดังภาพที่ 5 (ค) ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกรวบรวมและบันทึกไว้ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลข (Data logger)

ข้อมูลทั้งหมดจากเครื่องบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลข (Data logger) ประกอบด้วย รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อยอดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เครื่องบันทึกข้อมูลควรจะต้องมีช่องรับสัญญาณเหมาะสมกับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ มีช่องที่สามารถรับสัญญาณศักย์ไฟฟ้าจากเทอร์โมคัปเปิลได้โดยตรง และมีจำนวนช่องรับสัญญาณเพียงพอกับเครื่องวัดที่ใช้ งาน สำหรับเครื่องบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลขที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลข ยี่ห้อ EURO THERM CHESSELL รุ่น 6100A แสดงในภาพที่ 5 (ง) โดยข้อมูลจากหัววัดจะถูกบันทึกทุก 10 วินาที จากนั้นจะทำการเฉลี่ยเป็นข้อมูลราย 10 นาที เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทดสอบในรูปแบบกราฟการแปรค่าของข้อมูล



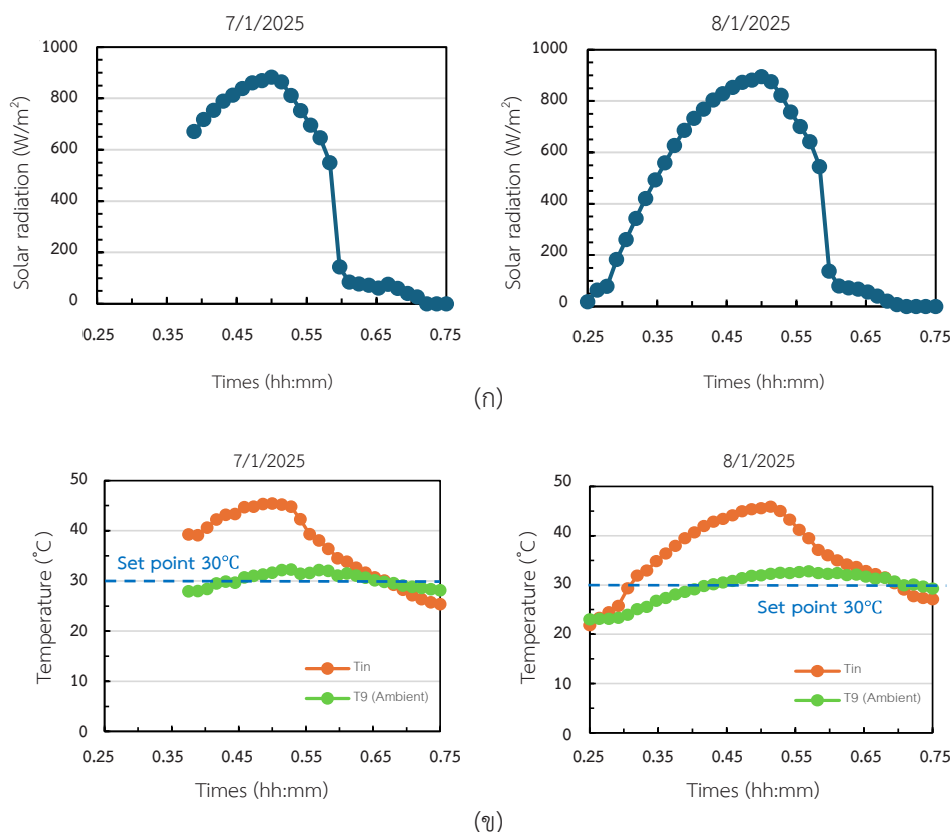
ภาพที่ 5 แสดงเครื่องมือวัด (ก) ไพราโนมิเตอร์ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CM 11 (ข) เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K (ค) ไฮโกรมิเตอร์ยี่ห้อ ZTS-3002-WS-V05 (ง) เครื่องบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลข ยี่ห้อ EURO THERM CHESSELL รุ่น 6100A

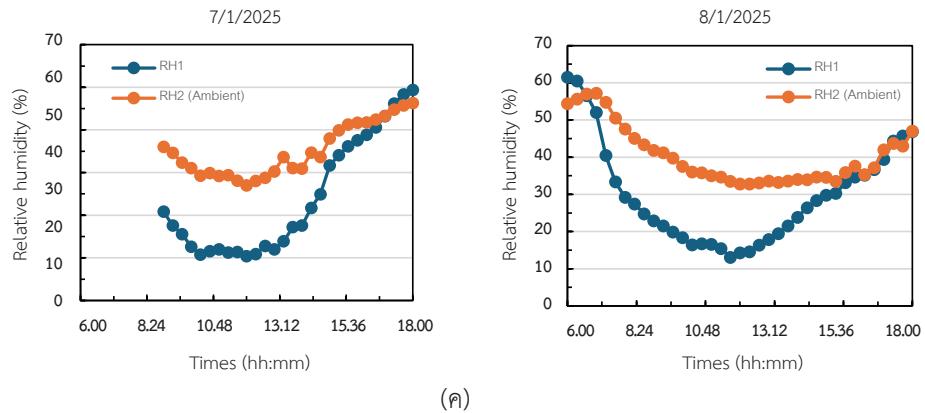
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองในช่วงวันที่ 7-19 มกราคม พ.ศ. 2568 โดยได้ตั้งค่าอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัท (Set point temperature) ดังรายละเอียดต่อไปนี้ ตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 30 องศาเซลเซียส ในวันที่ 7 และ 8 มกราคม พ.ศ. 2568 ตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 35 องศาเซลเซียส ในวันที่ 9 10 15 และ 16 มกราคม พ.ศ. 2568 ตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 40 องศาเซลเซียส ในวันที่ 11 17 18 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2568 และตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 45 องศาเซลเซียส ในวันที่ 12 และ 13 มกราคม พ.ศ. 2568

1. ผลการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 30 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 6 (ก) พบว่าในวันที่ 7 และ 8 มกราคม พ.ศ. 2568 บริเวณเครื่องอบแห้งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดทั้งวัน ประกอบกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าสูงประมาณ 33 องศาเซลเซียส แม้จะทำการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 30 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้ง (Tin) ก็ขึ้นไปสูงสุดที่ 45 องศาเซลเซียส ในช่วงกลางวัน แสดงได้ดังภาพที่ 6 (ข) จะเห็นว่าระบบจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T9 (Ambient)) สูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่เทอร์โมสตัท ภาพที่ 6 (ค) แสดงความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในเครื่องอบแห้ง (RH1) และแสดงความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม (RH2) เนื่องจากอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งที่สูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในเครื่องอบแห้งลดลงเป็นอย่างมาก จุดต่ำสุดอยู่ในช่วงร้อยละ 11-12 ในช่วงเที่ยงวัน อากาศที่แห้งระดับนี้เหมาะสมอย่างมากที่จะใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Janjai, 2012)

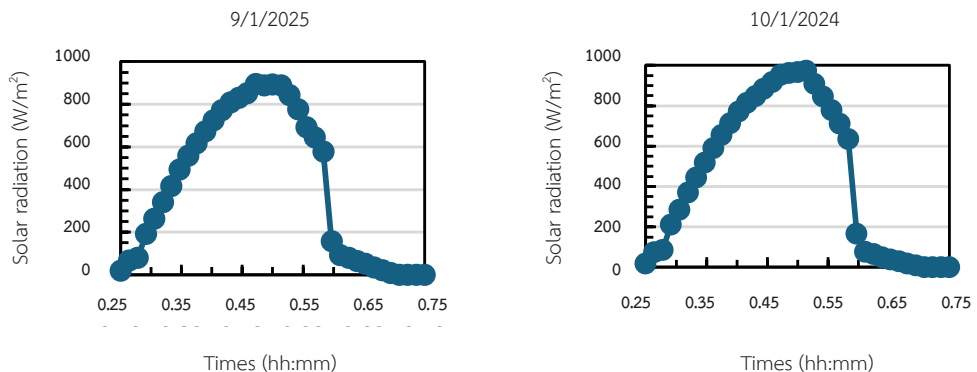


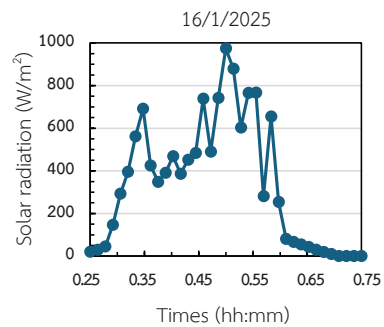
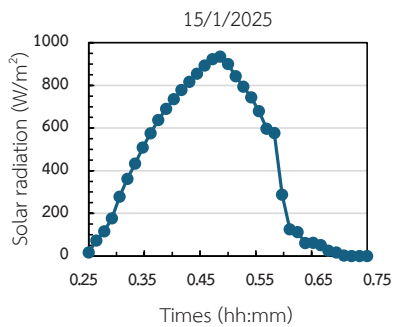


ภาพที่ 6 แสดงการแปรค่าของตัวแปรต่าง ๆ ในวันที่ 7 และ 8 มกราคม พ.ศ. 2568 (ก) ความเข้มแสงอาทิตย์
(ข) อุณหภูมิอากาศ (ค) ความชื้นสัมพัทธ์

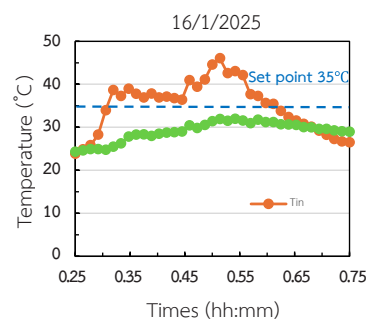
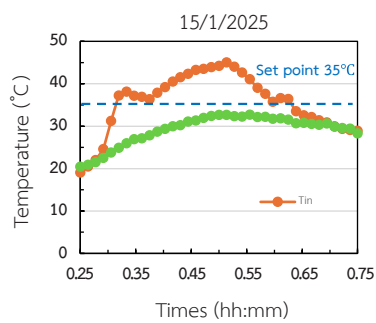
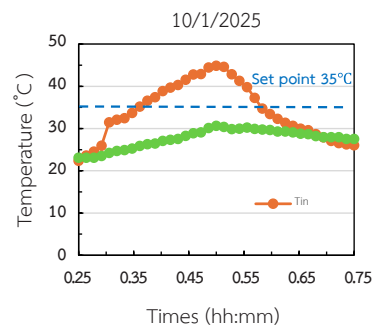
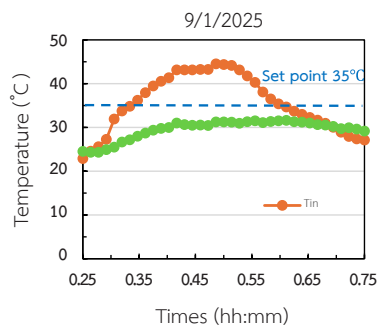
2. ผลการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 35 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัทที่ 35 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 4 วัน ได้แก่วันที่ 9 10 15 และ 16 มกราคม พ.ศ. 2568 เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งพบว่าสามารถควบคุมได้ในระดับ 37 องศาเซลเซียส ได้ในช่วงเช้าเท่านั้น จะมีเพียงวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2568 ที่ควบคุมได้ถึงเวลาประมาณ 11 นาฬิกา จากนั้นในช่วงเที่ยงวันอุณหภูมิอากาศจะขึ้นไปอยู่ในระดับ 42-43 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ จากภาพที่ 7 (ก) พบว่ามี 3 วันที่ท้องฟ้าไม่มีเมฆ ยกเว้นวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2568 บางช่วงเวลาของวันที่ท้องฟ้ามีเมฆบดบังดวงอาทิตย์ทำให้บริเวณอบแห้งไม่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากนัก จากนั้นอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งจึงค่อยๆ ลดลงในช่วงหลัง 14 นาฬิกา เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งที่ไม่มีการควบคุมการหมุนของพัดลมอุณหภูมิอากาศภายในจะสูงไปได้ถึง 60 องศาเซลเซียส (Maison, 2023) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในห้องอบแห้งในตอนเช้ามีค่าประมาณร้อยละ 50 และลดลงเหลือ 20-25 ในช่วงกลางวัน ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมภายนอกเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 50 ดังนั้นสภาวะอากาศในเครื่องอบแห้งจึงเหมาะสมสำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมากกว่า

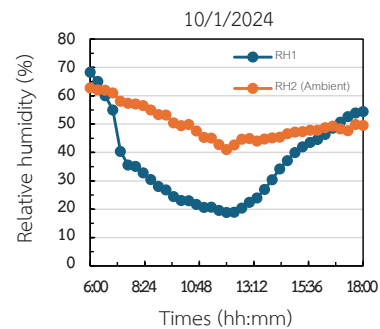
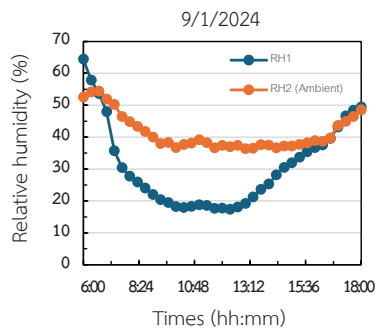


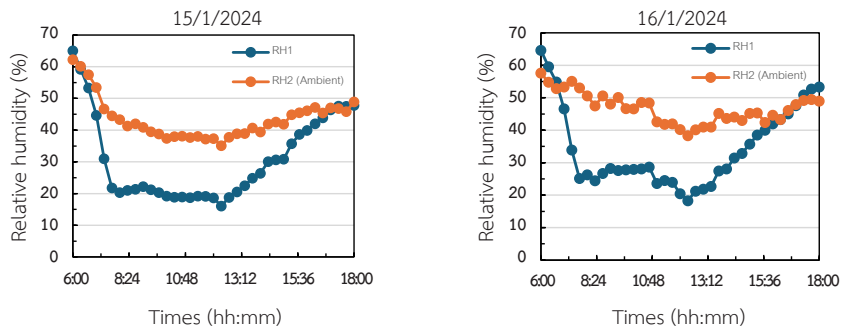


(n)



(u)





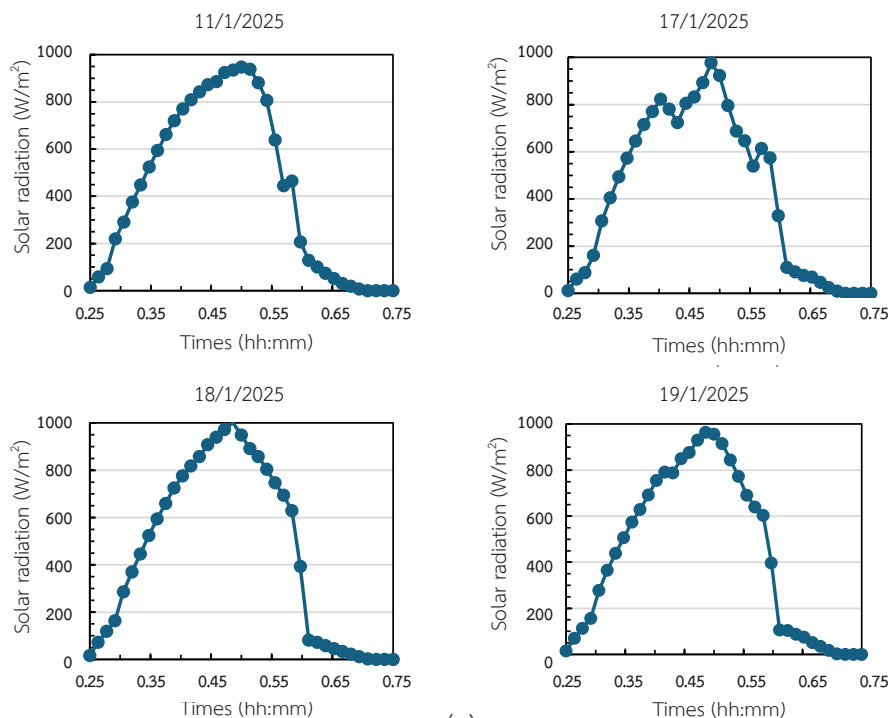
(ค)

ภาพที่ 7 แสดงการแปรค่าของตัวแปรต่าง ๆ ในวันที่ 9 10 15 และ 16 มกราคม พ.ศ. 2568

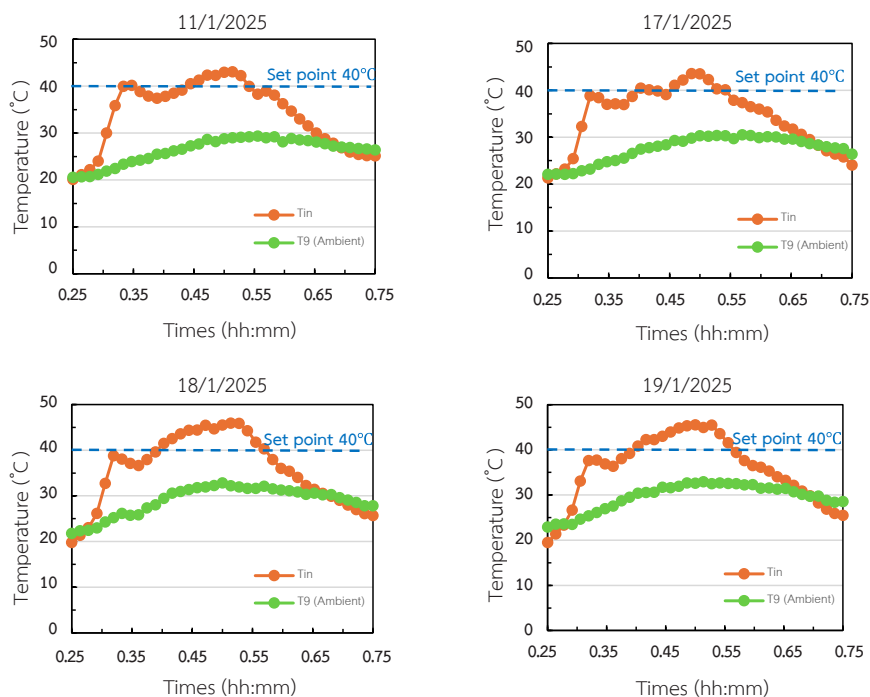
(ก) ความเข้มแสงอาทิตย์ (ข) อุณหภูมิอากาศ (ค) ความชื้นสัมพัทธ์

3. ผลการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 40 องศาเซลเซียส

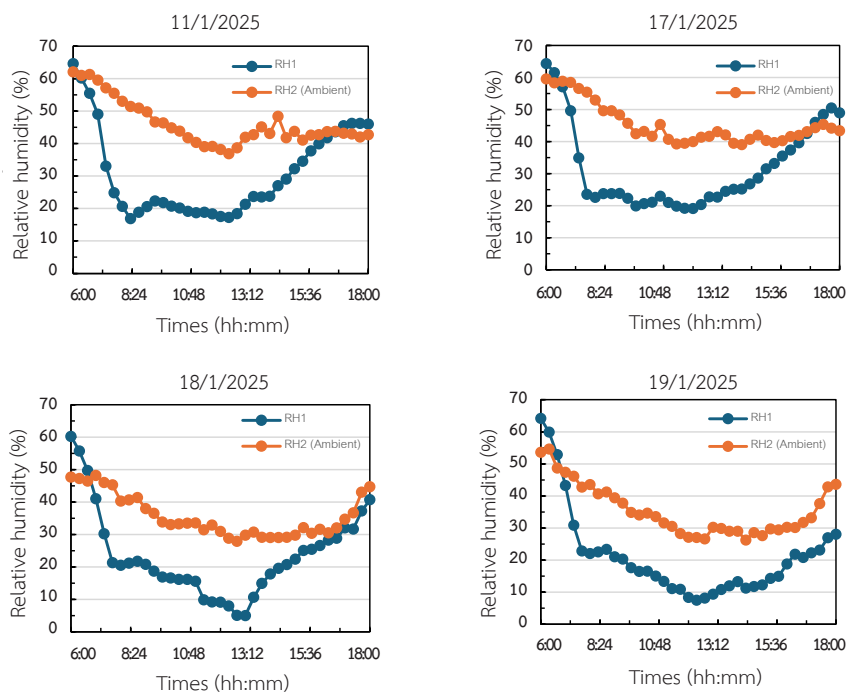
ผลการทดลองวันที่ 11 17 18 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2568 จากภาพที่ 8 (ก) พบว่าทั้ง 4 วันที่ทำการทดสอบเครื่องอบแห้งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สม่ำเสมอ ทำให้พัดลมได้รับพลังงานมากพอเมื่อต้องการความเร็วรอบสูงสุด ส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพมาก แสดงได้ดังภาพที่ 8 (ข) อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าไม่สูงมากต่ำสุดอยู่ที่ 20 องศาเซลเซียส สูงสุดอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส สองปัจจัยนี้ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งได้ในระดับ 40 องศาเซลเซียส ได้เกือบตลอดทั้งวันยกเว้นช่วงเที่ยงวันจะขึ้นไป 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในห้องอบแห้งยังคงมีค่าประมาณร้อยละ 20 ในช่วงกลางวัน



(ก)



(ข)

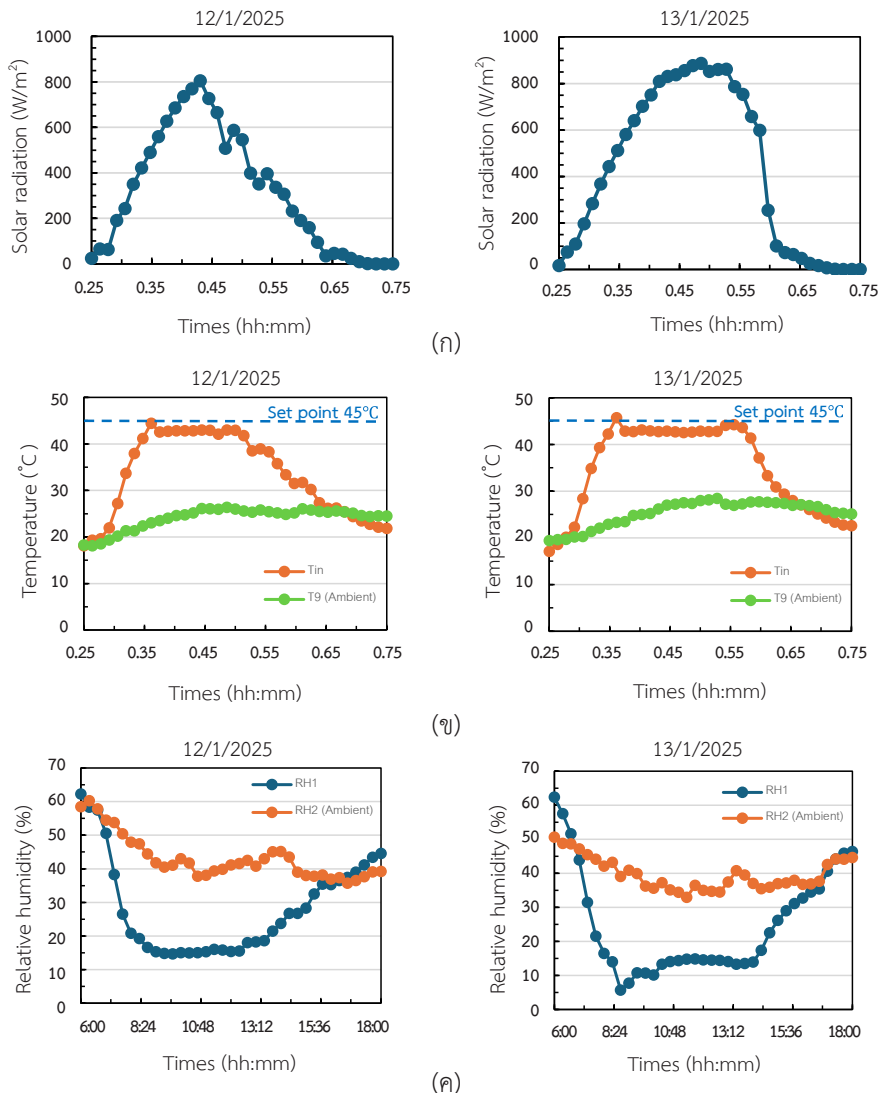


(ค)

ภาพที่ 8 แสดงการแปรค่าของตัวแปรต่างๆ ในวันที่ 11 17 18 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2568 (ก) ความเข้มแสงอาทิตย์
(ข) อุณหภูมิอากาศ (ค) ความชื้นสัมพัทธ์

4. ผลการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 45 องศาเซลเซียส

ในวันที่ 12 และ 13 มกราคม พ.ศ. 2568 ได้ทำการตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมสตัทไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 9 (ก) และ (ข) พบว่า ตลอดทั้งวันบริเวณอบแห้งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สม่ำเสมอทั้งวัน และด้วยอุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่อยู่ในช่วง 20-27 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งได้ในระดับ 43 องศาเซลเซียส ในตอนกลางวันความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในเครื่องอบแห้งลดลงอยู่ในระดับร้อยละ 15 ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อมมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35-40 ดังภาพที่ 9 (ค) ด้วยการควบคุมสภาวะอากาศที่ดีนี้ทำให้สามารถใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้อบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ต้องการอุณหภูมิอบแห้งในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส ยกตัวอย่างเช่น นำไปใช้การอบแห้งกระเทียมที่เพิ่งเก็บเกี่ยวต้นกระเทียมยังมีสีเขียว เมื่ออบแห้งแล้วเกษตรกรสามารถนำไปขายได้เร็วมากขึ้นโดยที่หัวกระเทียมยังไม่เสียหายจากการอบแห้ง



ภาพที่ 9 แสดงการแปรค่าของตัวแปรต่าง ๆ ในวันที่ 12 และ 13 มกราคม พ.ศ. 2568 (ก) ความเข้มแสงอาทิตย์ (ข) อุณหภูมิอากาศ (ค) ความชื้นสัมพัทธ์

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการที่เทอร์โมสตัท 30 35 40 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าในช่วงเดือนมกราคมที่ทำการทดสอบสามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดีที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส การควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามค่าที่ต้องการยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศแวดล้อมด้วย หากอุณหภูมิแวดล้อมสูงจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งสูงขึ้นมากจนไม่เป็นไปตามอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ที่เทอร์โมสตัท สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลาชนิดนี้เหมาะกับเกษตรกรในระดับครัวเรือน เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งที่ตั้งได้ง่าย และทำให้กระบวนการอบแห้งที่มีความสม่ำเสมอด้วย อย่างไรก็ตามการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้งให้อยู่ในช่วงต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส นั้นอาจจะต้องศึกษาการปรับปรุงความเร็วของการระบายอากาศโดยการเพิ่มกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์และพัดลมระบายอากาศซึ่งจะเป็นหัวข้อสำหรับการศึกษาในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (ทุนวิจัยเลขที่ 01.23/2566)

เอกสารอ้างอิง

- Bayat, F., Rezvani, S. & Nosrati, A.E. (2010). Effect of harvesting time and curing temperature on some properties of Iranian white garlic. *Acta Horticulturae*, **877**, 869–875.
- Janjai, S. (2012). A greenhouse type solar dryer for small-scale dried food industries: Development and dissemination. *International Journal of Energy and Environment*, **3**(3), 383–398.
- Janjai, S. (2017). *Solar Drying Technology*. Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University. (In Thai)
- Janjai, S. & Bala, B.K. (2012). Solar drying technology. *Food Engineering Review*, **4**, 16–54.
- Janjai, S., Intawee, P., Kaewkiew, J., Sritus, C. & Khamvongsa, V. (2011). A large-scale solar greenhouse dryer using polycarbonate cover: Modeling and testing in a tropical environment of Lao People's Democratic Republic. *Renewable Energy*, **36**(3), 1053–1062.
- Janjai, S., Lamlert N., Intawee, P., Mahayothee, B., Bala, B.K., Nagle, N. & Müller, J. (2009). Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying peeled longan and banana. *Solar Energy*, **83**, 1550–1565.
- Mahayothee, B. & Yuttasak, B. (2019). *Manual for the Solar Energy Drying System Installation Investment Support Project 2019*. (Report) Department of Food Technology, Silpakorn University. (In Thai)

- Maisont, S., Samutsri, W. & Sansomboon, A. (2023). Drying medical plants in Chai Badan, Lopburi by solar dryer for producing Thai herb products. **Phranakhon Rajabhat Research Journal**, **18**(2), 41-50.
- Maisont, S., Samutsri, W., Sansomboon, A. & Limsuwan, P. (2022). Drying edible jellyfish (*Lobonema smithii*) using a parabolic greenhouse solar dryer. **Food Research**, **6**(6), 165-173
- Wattanasri, S., Jaroentia, P., Wannasopa, N., Khiewbanyang, N., Wutisart, T., Phadungchob, B. & Kruawan, S.(2022). Development of automatic control system for solar drying cabinet. **Suan Sunandha Science and Technology Journal**, **9**(1), 1-4.

ผลการฝึกหฐโยคะต่อระดับความเครียดและฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย EFFECT OF HATHA YOGA ON STRESS AND SALIVARY CORTISOL LEVEL

พิชญ์พิชา พิพัฒน์อดิสร ไกรสร อัมมวรรณ และ มนฤดี กীরติพรานนท์*

สาขาวิชาการแพทย์บูรณาการ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10210

Pithpicha Pipattadeasorn, Kraisorn Ammawat and Monruadee Keeratipranon*

Department of Integrative Medicine, College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University, Bangkok 10210

*E-mail: monruadee.kee@dpu.ac.th

Received: 2025-02-01

Revised: 2025-06-05

Accepted: 2025-06-09

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกหฐโยคะต่อระดับความเครียดและฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลายในผู้หญิงอายุ 20 – 50 ปี ที่มีความเครียดระดับปานกลางถึงสูง โดยตั้งสมมุติฐานว่าการฝึกหฐโยคะสามารถลดความเครียดและระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลได้หรือไม่ การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียว โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทดลอง ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวน 28 คน ฝึกหฐโยคะเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 07.30 – 08.30 น. จำนวน 1 วัน ในวันเวลาและสถานที่เดียวกัน การเก็บข้อมูลใช้แบบสอบถามความเครียด SPST-20 และชุดตรวจฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ t-test แบบจับคู่ผลการศึกษาพบว่า ระดับความเครียดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระดับความเครียดเฉลี่ยก่อนการฝึกหฐโยคะอยู่ที่ 52.29 (SD = 13.55) และลดลงเหลือ 33.57 (SD = 11.13) หลังการฝึกหฐโยคะ ($p < 0.05$) ขณะที่ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลายลดลงเล็กน้อย อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยก่อนการฝึกโยคะอยู่ที่ 5.37 nmol/dL (SD = 2.81) และลดลงเหลือ 4.75 nmol/dL (SD = 4.15) อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มที่มีความเครียดสูง พบว่า ทั้งระดับความเครียดและระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการฝึกหฐโยคะ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: หฐโยคะ ความเครียด ฮอร์โมนคอร์ติซอล ฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย

ABSTRACT

This study aimed to examine the effects of Hatha yoga practice on stress levels and salivary cortisol in women aged 20–50 years with moderate to high stress levels. The hypothesis was to analyze whether Hatha yoga practice could reduce stress and cortisol levels. This research employed a one-group pretest-posttest experimental design. The sample consisted of 28 participants who practiced Hatha yoga for 1 hour from 7:30 to 8:30 a.m. on a single day at the same place. Data

were collected using the SPST-20 stress questionnaire and a salivary cortisol test kit. Data analysis included frequency, percentage, mean, standard deviation, paired t-test, and correlation analysis. The results showed a statistically significant reduction in stress levels, with the average stress score decreasing from 52.29 (SD = 13.55) before Hatha yoga practice to 33.57 (SD = 11.13) after Hatha yoga practice ($p < 0.05$). Salivary cortisol levels showed a slight but non-significant reduction, with an average of 5.37 nmol/dL (SD = 2.81) before Hatha yoga practice and 4.75 nmol/dL (SD = 4.15) after Hatha yoga practice. However, among participants with high stress levels, both stress and cortisol levels significantly decreased after Hatha yoga practice ($p < 0.05$).

Keywords: Hatha yoga, Stress, Cortisol hormone, Salivary cortisol.

บทนำ

ความเครียดเป็นปัญหาสำคัญทางสุขภาพจิตที่มีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและการแข่งขันที่สูงขึ้น ซึ่งทำให้หลายคนต้องเผชิญกับความเครียดในระดับที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การจัดการกับความเครียดจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาสุขภาพจิตให้ดีและป้องกันปัญหาสุขภาพที่ตามมา ความเครียดที่ไม่สามารถจัดการได้อาจนำไปสู่ภาวะโรคซึมเศร้าและการฆ่าตัวตาย ซึ่งเป็นปัญหาสุขภาพจิตที่พบมากขึ้นในสังคมไทย โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) รายงานในปี 2565 ว่า ภาวะซึมเศร้าและอัตราการฆ่าตัวตายยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากกรมสุขภาพจิตระบุว่า จำนวนผู้ป่วยโรคซึมเศร้าเพิ่มขึ้นจาก 355,537 คน ในปี 2563 เป็น 358,267 คน ในปี 2564 ขณะที่อัตราการฆ่าตัวตายในปี 2564 อยู่ที่ 7.38 รายต่อประชากรแสนคน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากช่วงปี 2547-2563 ที่มีอัตราการฆ่าตัวตายอยู่ที่ 5-6 รายต่อประชากรแสนคน (Hfocus, 2023)

การเพิ่มขึ้นของภาวะซึมเศร้าและอัตราการฆ่าตัวตายจากปัญหาสุขภาพจิตจึงสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการกับความเครียดในชีวิตประจำวัน และการหาแนวทางเพื่อช่วยลดและบรรเทาผลกระทบจากความเครียดในสังคม โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรที่เผชิญกับปัญหาความเครียดในระดับสูง ความเครียดไม่เพียงส่งผลต่อจิตใจ แต่ยังมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบร่างกาย โดยเฉพาะการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกและการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอลจากต่อมหมวกไต ซึ่งเป็นกลไกของร่างกายในการเตรียมพร้อมต่อสถานการณ์คุกคาม แม้ว่ากลไกดังกล่าวจะมีประโยชน์ในระยะสั้น แต่หากร่างกายต้องอยู่ในภาวะเครียดอย่างต่อเนื่อง อาจนำไปสู่ผลเสียที่รุนแรง เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และความผิดปกติทางจิตใจในระยะยาว หนึ่งในวิธีการจัดการกับความเครียดที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายคือการฝึกโยคะ ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ผสมผสานระหว่างสมาธิ การหายใจ และการเคลื่อนไหวอย่างช้าๆ โยคะมีหลากหลายรูปแบบ โดย “หฐโยคะ” ถือเป็นรูปแบบขั้นพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้น เน้นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การบริหารสมดุล และการควบคุมการหายใจ เพื่อสร้างความผ่อนคลายและพัฒนาความแข็งแรงของร่างกาย

โยคะเป็นการฝึกสมาธิและการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้ในการดูแลสุขภาพอย่างแพร่หลาย โดยได้รับการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญและองค์กรด้านสุขภาพในหลากหลายระดับ การฝึกโยคะไม่เพียงแต่ช่วยส่งเสริมความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของร่างกายเท่านั้น แต่ยังมียุทธศาสตร์

ในการลดความเครียด ซึ่งได้รับการศึกษาจากหลายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการบำบัดความเครียด ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Thanisorn (2021) ที่ศึกษาผลของการฝึกโยคะต่อการลดความเครียดในกลุ่มตัวอย่างที่มีอาการเครียด งานวิจัยของ Sullivan (2019) ซึ่งมุ่งเน้นการประเมินผลการฝึกโยคะในผู้ที่มีอาการเครียดสูง รวมถึงงานวิจัยของ Thirthalli (2013) และ Meier (2021) ที่ได้ศึกษาผลของโยคะต่อการปรับสมดุลของระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเครียดในร่างกาย ทั้ง 4 งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงผลการลดระดับคอร์ติซอลและการปรับปรุงสภาวะทางจิตใจของผู้เข้าร่วมการฝึกโยคะนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Anon (2019) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของโยคะต่อการลดความเครียดในระดับจิตใจและอารมณ์ ซึ่งได้แสดงผลในทิศทางเดียวกัน โดยผลการศึกษาทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการฝึกโยคะในการเป็นเครื่องมือในการจัดการกับความเครียดที่ได้ผลทั้งทางร่างกายและจิตใจเนื่องจากโยคะมีหลากหลายประเภทและมีระดับการฝึกตั้งแต่เบื้องต้นไปจนถึงระดับเชี่ยวชาญซึ่งใช้ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อลักษณะการทรงตัวที่มั่นคง ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกหฐโยคะหรือโยคะระดับพื้นฐานซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นฝึกโยคะทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีท่าเรียบง่ายและใช้ความยืดหยุ่นของข้อต่อและแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางที่น้อยกว่า

หฐโยคะ (Hatha Yoga) เป็นหนึ่งในรูปแบบของโยคะที่เน้นการฝึกฝนร่างกายผ่านอาสนะ (ท่าทาง) ปรานายามะ (การควบคุมลมหายใจ), และสมาธิ เพื่อปรับสมดุลระหว่างร่างกายและจิตใจ และเตรียมความพร้อมสำหรับการเข้าสู่สมาธิในระดับที่สูงขึ้น (Iyengar, 2001; Saraswati, 1996) หฐโยคะถือเป็นโยคะพื้นฐานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น เนื่องจากให้ความสำคัญกับการเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ ควบคู่กับลมหายใจ เพื่อเสริมสร้างความยืดหยุ่น ความแข็งแรง และความผ่อนคลาย หฐโยคะมีความแตกต่างจากโยคะประเภทอื่น เช่น วินยาสะโยคะ (Vinyasa Yoga) หรืออัษฎางคโยคะ (Ashtanga Yoga) ซึ่งมักเน้นความต่อเนื่องของท่วงท่าที่เคลื่อนไหวรวดเร็วมากกว่า และต้องใช้แรงและความแข็งแรงของร่างกายมากขึ้น ขณะที่หฐโยคะเน้นการคงท่าทางไว้ในระยะเวลาหนึ่ง พร้อมการควบคุมลมหายใจอย่างมีสติ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการผ่อนคลาย ลดความเครียด หรือฝึกสมาธิงานวิจัยจำนวนมากได้ยืนยันประโยชน์ของการฝึกโยคะในการลดความเครียดและควบคุมระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล การศึกษาของ Smith et al. (2007) แสดงให้เห็นว่าการฝึกโยคะอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 12 สัปดาห์สามารถลดระดับคอร์ติซอลและเพิ่มความรู้สึกผ่อนคลายในกลุ่มผู้ที่มีความเครียดสูงได้อย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกัน Ross และ Thomas (2010) พบว่าโยคะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการจัดการกับความเครียดในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยเพิ่มเติมจาก Hartig et al. (2014) และ Cramer et al. (2013) ยังสนับสนุนผลการศึกษานี้ โดยระบุว่าโยคะมีผลในการลดระดับคอร์ติซอลในผู้ที่มีความเครียดสูง

ความสำคัญของคอร์ติซอลในการประเมินความเครียดได้รับการยืนยันจากงานวิจัยของ Hellhammer, Wüst และ Kudielka (2009) ซึ่งระบุว่าคอร์ติซอลในน้ำลายเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่เชื่อถือได้สำหรับความเครียดทางจิตใจ โดยทำงานผ่านกลไกทางจิตวิทยาของแกน hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA) อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Degering et al. (2023) ชี้ให้เห็นมิติที่ซับซ้อนของการประเมินความเครียดผ่านฮอร์โมนคอร์ติซอล โดยระบุว่าแม้การฟื้นตัวจากความเครียดของฮอร์โมนคอร์ติซอลอาจไม่สามารถทดแทนการประเมินปฏิกิริยาตอบสนองซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเครียดระยะยาวหรือผลกระทบต่อสุขภาพได้ทั้งหมด แต่ทั้งการฟื้นตัวและปฏิกิริยาตอบสนองต่างมีคุณค่าในการอธิบายภาวะอัลโลสแตติก (allostatic state) ของแต่ละบุคคลในแง่ที่แตกต่างกัน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกหฐโยคะต่อระดับความเครียดและฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายในผู้หญิอายุ 20–50 ปี ที่มีความเครียดระดับปานกลางถึงสูง โดยออกแบบการทดลองให้ผู้เข้าร่วมฝึกหฐโยคะเป็นเวลา 1 ชั่วโมงระหว่าง 07.30 - 08.30 น. ในวันและสถานที่เดียวกัน และวัดระดับความเครียดและคอร์ติซอลก่อนและหลังการฝึกหฐโยคะ การควบคุมปัจจัยแวดล้อม เช่น เวลา ผู้สอน และรูปแบบการฝึก เป็นไปอย่างเข้มงวด เพื่อให้ผลการวิจัยมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการดูแลสุขภาพจิตและร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป และเพื่อให้การศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้วิธีการฝึกโยคะเป็นแบบเดียวกันสำหรับผู้เข้าร่วมทุกคน โดยจะมีการสอนโดยผู้สอนที่ได้รับมาตรฐาน ผ่านการฝึกอบรมมาในแนวทางเดียวกัน และดำเนินการฝึกสอนในช่วงเวลาเดียวกัน คือเริ่มเตรียมความพร้อมจัดเตรียมเอกสารและเตรียมตัวฝึกหฐโยคะในเวลา 7.00 น. และฝึกหฐโยคะในเวลา 07.30 - 08.30 น. โดยทำการตรวจวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลายก่อนการฝึกหฐโยคะ เวลา 07.30 น. จากนั้นผู้เข้าร่วมทำการฝึกหฐโยคะเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการฝึกหฐโยคะในเวลา 08.30 น. จึงทำการตรวจวัดระดับคอร์ติซอลทางน้ำลายอีกครั้ง เพื่อประเมินระดับฮอร์โมนหลังการฝึกหฐโยคะ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำลายจะให้ผู้เข้าร่วมจะทำการเคี้ยวสำลีจากชุดตรวจประมาณ 2 นาที แล้วนำตัวอย่างส่งตรวจในห้องปฏิบัติการต่อไป โดยเป็นการดำเนินการภายใน 1 วัน ซึ่งตัวอย่างในการศึกษารั้งนี้ มีจำนวน 28 คน ฝึกหฐโยคะเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 7.30–8.30 น. จำนวน 1 วันในวันและเวลาเดียวกัน ทั้งนี้ ฮอร์โมนคอร์ติซอลเป็นฮอร์โมนกลุ่มตอบสนองในกรณีฉุกเฉินทำให้ร่างกายเกิดการกระตุ้นและตอบสนองกับสิ่งเร้าอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับฮอร์โมนในกลุ่มนี้ตัวอื่นๆ เช่น ฮอร์โมนอดินาลีน ร่างกายจะสร้างฮอร์โมนตัวนี้เก็บสะสมในรูปไม่ออกฤทธิ์ (inactive form) และจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ออกฤทธิ์ (active form) เมื่อจำเป็น

การวัดฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลายเป็นการวัดฮอร์โมนในรูปที่ออกฤทธิ์ (active form) ซึ่งผ่านทางกระแสเลือดสู่ต่อมน้ำลาย ซึ่งเป็นการวัดที่ได้ค่าจริงจากฮอร์โมนในรูปที่ออกฤทธิ์ ในกรณีการศึกษาทดลองทั้งในสัตว์และมนุษย์อาจทดสอบได้จากหลายสิ่งส่งตรวจ เช่น เลือด น้ำลาย ปัสสาวะและขน ซึ่งการเก็บสิ่งส่งตรวจแต่ละชนิดอาจมีตัวแปรบกวนเช่น การเจาะเลือดอาจเพิ่มการกระตุ้นจากความเจ็บปวดทำให้ระดับฮอร์โมนที่เจาะหลังการให้ตัวแปรในการทดลองสูงขึ้น การเก็บน้ำลายอาจมีปัจจัยรบกวน เช่น การสูบบุหรี่ การกินอาหารหรือน้ำก่อนเก็บสิ่งส่งตรวจทำให้ระดับฮอร์โมนเปลี่ยนแปลง การตรวจจากปัสสาวะการปัสสาวะในเวลาที่แตกต่างกันจะทำให้ระดับฮอร์โมนคลาดเคลื่อน จากเส้นขนการบาดเจ็บบริเวณผิวหนังโดยรอบอาจทำให้ระดับฮอร์โมนเปลี่ยนแปลง Jöhr et al. (2023) ศึกษาเปรียบเทียบระดับคอร์ติซอลในเลือดและน้ำลายของผู้ป่วยบาดเจ็บทางสมอง พบว่าทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กัน โดยระดับคอร์ติซอลในกระแสเลือดจะสูงขึ้นภายใน 30 นาทีหลังจากการกระตุ้น และค่อย ๆ ลดลงภายใน 60–90 นาทีหลังจากได้รับการพักผ่อน นอกจากนี้ Meier (2021) ศึกษาเปรียบเทียบผลของโยคะหัวเราะ การหายใจแบบโยคะ และกลุ่มควบคุม พบว่าการฝึกโยคะหัวเราะและการหายใจแบบโยคะสามารถลดระดับความเครียดและคอร์ติซอลในน้ำลายได้อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า การวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลายมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ เป็นวิธีที่ไม่รุกราน (non-invasive) สะดวก ปลอดภัย และสะท้อนระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในรูปที่ออกฤทธิ์ (active form) ได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายจะสะท้อนระดับฮอร์โมนอิสระ (free cortisol) ในพลาสมา ซึ่งเป็นรูปที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Kirschbaum & Hellhammer, 1994; Gatti & De Palo, 2011) โดยการเก็บตัวอย่าง

น้ำลายเพียงหนึ่งครั้งต่อช่วงเวลา (ก่อนและหลังการฝึก) ถือว่าเพียงพอในการประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับคอร์ติซอลได้อย่างมีนัยสำคัญในบริบทของการทดลองระยะสั้น (short-term intervention) (Hellhammer et al., 2009)

สำหรับตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-50 ปี ที่มีระดับความเครียดปานกลางขึ้นไป หรือมีคะแนน SPST-20 ตั้งแต่ 24 คะแนนขึ้นไป นอกจากนี้ ตัวอย่างต้องไม่มีโรคประจำตัวที่อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ของการศึกษา เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคหอบหืด รวมถึงต้องไม่มีการใช้ยา วิตามิน หรือสารเสพติดที่อาจมีผลต่อระดับความเครียด ผู้เข้าร่วมต้องไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อีกทั้งต้องไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ร้ายแรงที่ส่งผลกระทบต่อจิตใจในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา และไม่อยู่ระหว่างการตั้งครรภ์ด้วยเงื่อนไขที่กำหนดไว้อย่างเข้มงวดนี้ ผู้วิจัยคาดหวังว่างานวิจัยจะสามารถให้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือ เพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การฝึกโยคะสามารถช่วยลดระดับความเครียดได้จริง ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อแนวทางการดูแลสุขภาพจิตและการพัฒนาโปรแกรมบำบัดความเครียดต่อไปในอนาคต

วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบบกลุ่มเดียวที่เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest - posttest design) โดยใช้หลักการคัดเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) เฉพาะเพศหญิงที่มีอายุ 20-50 ปี และมีระดับความเครียดในระดับปานกลางหรือมีคะแนนจากการทดสอบ SPST-20 ตั้งแต่ 24 คะแนนขึ้นไป โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะต้องไม่มีโรคประจำตัว และได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (COA020/67, DPUHREC043/66FB)

ประชากรและตัวอย่าง: ประชากรในการศึกษาครั้งนี้คือผู้หญิงที่มีอายุ 20-50 ปี ที่มีความเครียดในระดับปานกลางหรือมีคะแนน SPST-20 ตั้งแต่ 24 คะแนนขึ้นไป อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และไม่มีโรคประจำตัว ตัวอย่างถูกคัดเลือกโดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Dork-Aor (2016) ที่พบว่า ผู้หญิงมีความสนใจในการฝึกโยคะมากกว่าผู้ชายถึง 77% ของผู้ฝึกโยคะ

ขนาดตัวอย่างได้ถูกคำนวณโดยใช้หลักการ Paired sample ตามผลจากงานวิจัยของ Thanisorn (2021) ที่ศึกษาผลของวินยาสะโยคะต่อความเครียดในวัยทำงาน ซึ่งระบุค่าฮอโมโนคอร์ติซอลในน้ำลายเฉลี่ยก่อนการทดลองเท่ากับ 0.40 (SD = 0.19) และหลังการทดลองเท่ากับ 0.28 (SD = 0.19) โดยการคำนวณกำหนดค่า $P = 0.05$, $Z = 0.05$, power 90% และอัตราการหลุดกลุ่มตัวอย่าง (Dropout rate) 25% ส่งผลให้จำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ทั้งหมดคือ 28 คน

การคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้การคำนวณแบบ Paired sample

การทดสอบทางเดียว $\alpha = 0.05$, $Z_{0.05} = 1.645$, power 90% , $Z_{\beta(0.1)} = 1.28$

$$\begin{aligned} n &= (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 \sigma^2 / (\mu_1 - \mu_2)^2 & \text{Dropout rate 25\%} \\ &= (1.645 + 1.28)^2 \times 0.19^2 / (0.12)^2 & n_{\text{adj}} = 21 / (1 - 0.25) \\ &= 8.5264 \times 0.0361 / 0.0144 & = 28 \\ &= 21.37 \end{aligned}$$

เกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่ ผู้หญิงอายุ 20-50 ปี ที่ฝึกโยคะในเขตกรุงเทพมหานคร มีคะแนน SPST-20 ตั้งแต่ 24 คะแนนขึ้นไป และยินดีเข้าร่วมการวิจัย ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง หรือหอบหืด ไม่ใช้ยาหรือสารที่มีผลลดความเครียด ไม่สูบบุหรี่หรือดื่มแอลกอฮอล์ ไม่เคยประสบเหตุการณ์ร้ายแรงในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา ไม่อยู่ในระหว่างตั้งครรภ์

เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ ไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ตามกำหนด มีอาการเจ็บป่วยจนไม่สามารถร่วมกิจกรรมต่อได้

เกณฑ์การถอนตัว กำหนดให้ผู้ที่มีประสพคดียุติการเข้าร่วมการวิจัยสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา สำหรับการบริโภคกาแฟ ไม่พบว่าส่งผลต่อการตรวจวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล โดยสามารถดื่มได้ก่อนการตรวจอย่างน้อย 30 นาที

เครื่องมือวิจัย : การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือ 3 ประเภท ได้แก่

1. แบบวัดความเครียดสวนปรง (SPST-20) ซึ่งเป็นแบบประเมินมาตรฐานที่พัฒนาโดยกรมสุขภาพจิต สำหรับวัดระดับความเครียดในตัวอย่าง

2. อุปกรณ์วัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลาย เพื่อประเมินระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับความเครียด

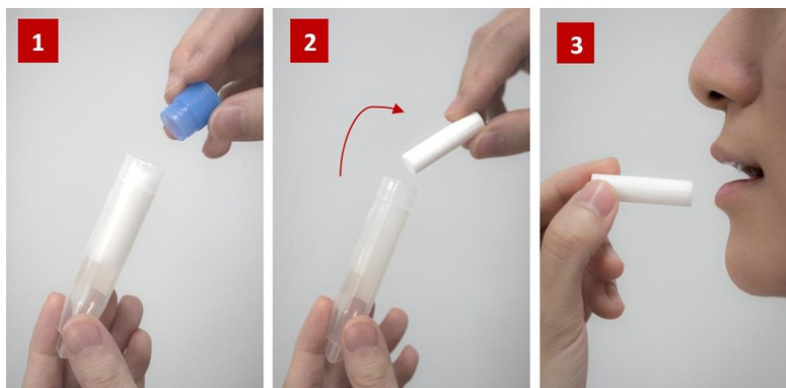
2.1 การวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายและการตรวจทางห้องปฏิบัติการ

ข้อปฏิบัติในการเก็บน้ำลายและการเตรียมตัวสำหรับการตรวจ Salivary cortisol

- 1) เก็บน้ำลายระหว่างเวลา 07.30 น. ก่อนการฝึกโยคะ และ 08.30 น. หลังการฝึกโยคะ 1 ชั่วโมง ลงในหลอดเก็บน้ำลาย Salivette
- 2) ห้ามทานลิปสติกหรือลิปมันที่ปากและครีมบำรุงผิวที่มีมือก่อนการเก็บน้ำลาย
- 3) ห้ามสูบบุหรี่ในวันที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจากการสูบบุหรี่อาจทำให้ค่าสูงกว่าความเป็นจริง
- 4) ห้ามกินอาหารหรือดื่มน้ำอย่างน้อย 30 นาที ก่อนการเก็บน้ำลาย
- 5) สามารถแปรงฟันก่อนการเก็บน้ำลายอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- 6) 15 นาทีก่อนการเก็บน้ำลายให้บ้วนปากด้วยน้ำเปล่าเพื่อทำความสะอาดในช่องปาก

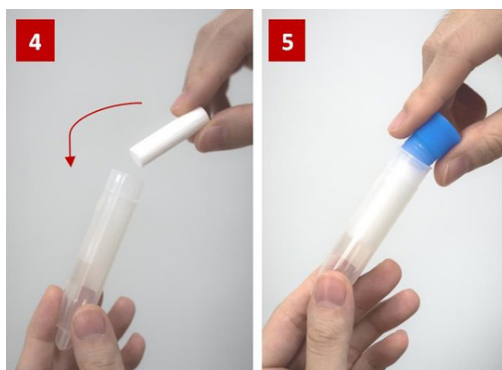
2.2 ขั้นตอนการเก็บน้ำลายเพื่อตรวจหา Cortisol

- 1) เริ่มจากเปิดฝาและหยิบสำลีภายในหลอด Salivette เข้าปาก ดังภาพที่ 1(1-3)



ภาพที่ 1 ภาพวิธีการเก็บน้ำลายเพื่อส่งตรวจฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย

2) จากนั้นเคี้ยวสำลีนาน 2 นาทีเพื่อกระตุ้นน้ำลาย และเก็บสำลีที่ชุ่มด้วยน้ำลายใส่ในหลอด Salivette ตามเดิม แล้วปิดฝาให้แน่น ดังภาพที่ 2(4-5)



ภาพที่ 2 ภาพวิธีการเก็บน้ำลายเพื่อส่งตรวจฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย

3) บันทึกชื่อ สกุล วันที่และเวลาที่เก็บน้ำลายลงบนหลอด Salivette (ห้ามมีเลือดปนในสำลี หากมีเลือดปนให้ระบุบนหลอด Salivette ให้แพทย์ทราบ)

4) นำหลอด Salivette ที่เก็บน้ำลายแช่ไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ

- ไม่ควรใช้หลอด Salivette ในเด็กอายุต่ำกว่า 3 ปี หรือผู้ป่วยที่เสี่ยงต่อการกลืน
- การปนเปื้อนหลอด Salivette จากโลชั่นหรือเจลทาปากที่มีส่วนผสมของสเตียรอยด์ (steroid) อาจทำให้ค่าสูงกว่าความเป็นจริง (False positive result)

2.3 การรายงานผลระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (report)

รายงานเป็นหน่วย $\mu\text{g/dL}$ หรือ nmol/dL โดยใช้ค่าอ้างอิง (reference value) 5 - 95th percentile

การตรวจทางน้ำลาย

- midnight $\pm$ 30 minutes < 0.274 μ g/dL or <7.96 nmol/dL
- morning hours 6-10a.m. <0.736 μ g/dL or <20.03 nmol/dL
- afternoon hours 4-8 p.m. <0.252 μ g/dL or <6.94 nmol/dL

การเก็บรวบรวมข้อมูล : การวิจัยเริ่มจากการขออนุมัติด้านจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (COA020/67, DPUHREC043/66FB) จากนั้นทำการประกาศรับสมัครอาสาสมัครและคัดกรองตามเกณฑ์การคัดเลือก อาสาสมัครที่ผ่านการคัดเลือกจะเข้าร่วมการฝึกหัดโยคะ 1 ชั่วโมง โดยอาสาสมัครทุกคนฝึกพร้อมกัน ในวันเวลาและสถานที่เดียวกัน ช่วงเวลา 07.00 - 09.00 น. และเก็บข้อมูลก่อนและหลังการฝึกหัดโยคะด้วยแบบสอบถาม SPST-20 และอุปกรณ์วัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลาย ข้อมูลจะถูกรวบรวมและวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล : การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS โดยมีรายละเอียดดังนี้:

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) เพื่อสรุปลักษณะข้อมูลของตัวอย่าง
2. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเครียดและระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายก่อนและหลังการทดลอง ด้วยการทดสอบทางสถิติ Paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์เพื่อประเมินความเชื่อมโยงระหว่างระดับความเครียดก่อนและหลังการฝึกหัดโยคะ และระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายก่อนและหลังการฝึกหัดโยคะ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของตัวอย่าง

มีกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 28 คน โดยมีอายุเฉลี่ย 33.57 ปี (SD = 8.58) ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท และอาชีพอื่น ๆ เช่น อาชีพอิสระ นักศึกษา ว่างาน ร้อยละ 35.71 โดยพบว่า กลุ่มตัวอย่างทุกคนไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 100 ไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 100 ซึ่งส่วนใหญ่ฝึกโยคะ 1 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 89.21 และออกกำลังกายครั้งละไม่เกิน 30 นาที ร้อยละ 64.29 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน และร้อยละตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะทางประชากรศาสตร์

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ค่าเฉลี่ย	SD	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวน	ร้อยละ
อายุ	33.57	8.58	การมีโรคประจำตัว		
น้ำหนัก	56.25	8.44	ไม่มีโรคประจำตัว	28	100.00
ส่วนสูง	160.39	6.60	การสูบบุหรี่		
BMI	21.95	3.52	ไม่สูบบุหรี่	28	100.00
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวนวันที่ฝึกโยคะต่อสัปดาห์		
<18.5 ต่ำกว่ามาตรฐาน	5	17.86	1	25	89.29
18.5-22.9 ปกติ	12	42.86	2	2	7.14
23-24.9 อ้วนระดับ 1	8	28.57	3	0	0.00
25-29.9 อ้วนระดับ 2	1	3.57	4	1	3.57
มากกว่าหรือเท่ากับ 30 อ้วนระดับ 3	2	7.14	ระยะเวลาในการออกกำลังกายในแต่ละครั้ง		
อาชีพ			ไม่เกิน 30 นาที	18	64.29
พนักงานบริษัท	10	35.71	31 - 60 นาที	9	32.14
กิจการส่วนตัว	8	28.57	มากกว่า 60 นาที	1	3.57
อื่นๆ เช่น อาชีพอิสระ นักศึกษา ว่างาน	10	35.71	รวม	28	

2. ผลการวิเคราะห์ระดับความเครียด

การวิเคราะห์ระดับความเครียดทำโดยใช้แบบวัดความเครียด กรมสุขภาพจิต (SPST-20) ซึ่งประกอบด้วย 20 ข้อคำถาม โดยการแปลผลแบ่งระดับความเครียดออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ **ระดับความเครียดน้อย** (คะแนน 0-23) ซึ่งหมายถึง ความเครียดที่เกิดจากชีวิตประจำวันหรือความเครียดที่สามารถลดลงได้เองโดยอัตโนมัติ และไม่คุกคามต่อการดำรงชีวิต **ระดับความเครียดปานกลาง** (คะแนน 24-41) คือความเครียดที่เกิดจากสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ที่บุคคลรู้สึกถูกคุกคามและสามารถจัดการได้ โดยอาจใช้เวลาหลายชั่วโมง และ**ระดับความเครียดสูงถึงรุนแรง** (คะแนน 42 ขึ้นไป) ซึ่งเกิดจากสถานการณ์ที่ทำให้บุคคลรู้สึกถูกคุกคามจนทำให้เกิดความเครียดยาวนาน และไม่สามารถปรับตัวให้ลดลงได้ในระยะเวลานั้น ๆ

จากผลการศึกษาด้วยแบบวัดความเครียด กรมสุขภาพจิต (SPST-20) พบว่า ความเครียดก่อนและหลังการทดลองมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในระดับต่ำ (Hinkle, 1988 อ้างใน Yaibua, Laoraksawong, & Sitakalin, 2022) โดย $r = 0.414$, $p\text{-value} = 0.029$ อย่างไรก็ตามก่อนการทดลอง พบว่า มีกลุ่มตัวอย่างถึงร้อยละ 82 ที่มีความเครียดในระดับสูงถึงรุนแรง และร้อยละ 18 มีความเครียดในระดับปานกลาง แต่หลังจากการฝึกโยคะ 1 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีความเครียดในระดับสูงถึงรุนแรงลดลงจากร้อยละ 82 เป็นร้อยละ 21 หลังจากการฝึกโยคะ (ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2)

การเปรียบเทียบคะแนนรวมของระดับความเครียดเฉลี่ย (SRST-20) ก่อนและหลังการฝึกโยคะ พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 28 คน พบว่า ในภาพรวม มีระดับความเครียดเฉลี่ยเท่ากับ 52.29 และหลังจาก

การฝึกหฐโยคะ 1 ชั่วโมง ระดับความเครียดเฉลี่ยลดลงเหลือ 33.57 โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์จำแนกตามระดับความเครียด ก่อนการทดลอง พบว่า กลุ่มที่มีความเครียดสูงถึงรุนแรง มีระดับความเครียดเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกหฐโยคะไป 1 ชั่วโมง ขณะที่กลุ่มที่มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลาง พบว่า ระดับความเครียดลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากขนาดตัวอย่างที่น้อย (ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละระดับความเครียดก่อนและหลัง และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วย Spearman's Rho

ระดับความเครียด	ก่อน		หลัง		Spearman's Rho	p-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
เครียดน้อย	0	0.00	3	10.71	0.414	0.029*
เครียดปานกลาง	5	17.86	19	67.86		
ความเครียดสูงถึงรุนแรง	23	82.14	6	21.43		
รวม	28	100.00	28	100.00		

* $p < 0.05$

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบระดับความเครียดเฉลี่ย (SRST-20) ก่อนและหลัง ด้วย pair t-test

ระดับความเครียด	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลต่าง (หลัง-ก่อน)	t	p-value
เครียดปานกลาง						
ก่อน	5	33.20	6.38	-8.400	-2.439	0.071
หลัง	5	24.80	4.55			
เครียดสูงถึงรุนแรง						
ก่อน	23	56.43	10.82	-20.957	-10.012	0.000*
หลัง	23	35.48	11.27			
ภาพรวม						
ก่อน	28	52.29	13.55	-18.714	-9.239	0.000*
หลัง	28	33.57	11.13			

* $p < 0.05$

3. ผลการวิเคราะห์ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย

การศึกษาระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลาย พบว่าในภาพรวมระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายก่อนการทดลองอยู่ที่ 5.37 และหลังจากการฝึกโยคะ 1 ชั่วโมงลดลงเหลือ 4.75 เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองด้วยการวิเคราะห์ pair t-test พบว่า ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตามรายละเอียดในตารางที่ 4)

อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวิเคราะห์จำแนกตามระดับความเครียด จะพบว่า กลุ่มที่ก่อนการทดลองมีความเครียดในระดับสูงถึงรุนแรง มีระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากการฝึกหัตถุโยคะ 1 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาใน กลุ่มที่ก่อนการทดลองมีความเครียดในระดับปานกลาง กลับพบว่าระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลเฉลี่ยในน้ำลายเพิ่มสูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตามรายละเอียดในตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลเฉลี่ยในน้ำลายก่อนและหลัง ด้วย pair t-test

ระดับความเครียด	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลต่าง (หลัง-ก่อน)	t	p-value
เครียดปานกลาง						
ก่อน	5	5.14	0.59	3.28	0.777	0.481
หลัง	5	8.42	8.90			
เครียดสูงถึงรุนแรง						
ก่อน	23	5.43	3.10	-1.47	-3.119	0.005
หลัง	23	3.96	1.72			
ภาพรวม						
ก่อน	28	5.37	2.81	-0.62	-0.720	0.477
หลัง	28	4.75	4.15			

* $p < 0.05$

จากผลการศึกษากล่าวได้ว่า ความเครียดก่อนและหลังการฝึกหัตถุโยคะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยสัดส่วนของผู้ที่มีความเครียดสูงถึงรุนแรง ลดลงหลังจากการฝึกหัตถุโยคะ ขณะที่ระดับความเครียดเฉลี่ย ก่อนการทดลองอยู่ที่ 52.29 และหลังการทดลองลดลงเหลือ 33.57 ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ขณะที่ ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลาย โดยรวมลดลงหลังจากการฝึกหัตถุโยคะอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ยกเว้นในกลุ่มที่มีความเครียดสูงถึงรุนแรง ซึ่งระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการฝึกหัตถุโยคะช่วยลดระดับความเครียดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีความเครียดสูงถึงรุนแรง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการฝึกหัตถุโยคะ สามารถใช้เป็นทางเลือกในการบำบัดความเครียดและเป็นเครื่องมือในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อให้ความเครียดลดลงในระยะเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Sullivan (2019) Anon (2019) และ Thanisorn (2021) ที่ชี้ชัดว่าการฝึกหัตถุโยคะเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้เป็นคำแนะนำให้กลุ่มผู้มีความเครียดปานกลางถึงผู้มีความเครียดสูงให้เป็นทางเลือกในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อช่วยในการลดความเครียด

นอกจากนี้ ผลของระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลทางน้ำลายของงานวิจัยนี้ก็สอดคล้องกับงานวิจัย Sullivan (2019) และ Thanisorn (2021) ที่บ่งชี้ ว่าระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลก่อนและหลังการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเพราะการฝึกหัตถุโยคะอาจมีผลต่อระบบฮอร์โมนอย่างซับซ้อน ซึ่งต้องอาศัย

การศึกษาวิจัยที่ละเอียดมากขึ้น

การศึกษานี้ยังชี้ให้เห็นถึงผลการฝึกหัตถุโยคะมีความสำคัญในการช่วยลดระดับความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งในกลุ่มผู้มีความเครียดระดับปานกลางและระดับสูงถึงรุนแรง กล่าวคือในกลุ่มผู้มีความเครียดปานกลางหรือระดับความเครียดที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเนื่องจากสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ที่บุคคลรับรู้ว่าคุณค่าจรรยาบรรณมีปฏิริยาตอบสนองต่อการคุกคามนั้น แต่สามารถจัดการกับความเครียดที่เกิดขึ้นให้ลดลงไปได้ เพียงแต่ต้องใช้เวลาหลายชั่วโมง ถือว่าเป็นระดับความเครียดในเกณฑ์ปกติทั่วไป ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่จะทำให้เกิดการกระตุ้นหรือรบกวนมากขึ้น การฝึกหัตถุโยคะสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการลดความเครียดจากเดิมคือหลายชั่วโมงได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ การที่กลุ่มผู้มีความเครียดสูงถึงรุนแรงไม่สามารถปรับตัวให้ความเครียดลดลงในระยะสั้นได้ และมีการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เห็นได้ชัด เช่น ความก้าวร้าว ความหงุดหงิด หรือการต่อต้าน นับว่าเป็นสัญญาณของความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อทั้งทางจิตใจและพฤติกรรม ซึ่งหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม อาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพจิตที่รุนแรงยิ่งขึ้น เช่น ความสามารถในการควบคุมตัวเองเสื่อมถอยหรือการเกิดภาวะซึมเศร้า ในกรณีนี้การฝึกหัตถุโยคะอาจเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบำบัดความเครียดที่เกิดจากสถานการณ์คุกคามในระดับนี้ เนื่องจากผลการศึกษา พบว่า การฝึกหัตถุโยคะสามารถลดความเครียดและระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินทั้งด้านพฤติกรรมและทางชีวภาพของร่างกาย การฝึกหัตถุโยคะในกรณีของผู้ที่มีความเครียดสูงถึงรุนแรงอาจช่วยให้ผู้ฝึกได้สัมผัสกับการผ่อนคลายทั้งทางร่างกายและจิตใจ ซึ่งมีผลช่วยลดการกระตุ้นของระบบประสาทซิมพาเทติก (ระบบประสาทที่ทำให้เกิดการตอบสนองต่อความเครียด) และส่งผลให้ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลลดลง การที่ระดับคอร์ติซอลลดลงเป็นการสะท้อนถึงการฟื้นตัวของร่างกายจากความเครียดที่สะสมมาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเป็นการสร้างสมดุลในร่างกายและจิตใจ และสามารถช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาสุขภาพจิตที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

ดังนั้น การแนะนำการฝึกหัตถุโยคะเป็นส่วนหนึ่งของการบำบัดความเครียดจึงมีศักยภาพในการบำบัดและรักษากลุ่มผู้มีความเครียดสูงอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกรณีที่ความเครียดนำไปสู่การเกิดภาวะความล้มเหลวในการปรับตัวหรือความเสี่ยงในการควบคุมพฤติกรรม ซึ่งการฝึกหัตถุโยคะไม่เพียงแต่ช่วยบรรเทาความเครียดในระดับจิตใจ แต่ยังสามารถปรับสภาพร่างกายให้พร้อมรับมือกับความเครียดในอนาคตได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

และจากผลการวิจัย พบว่า การฝึกหัตถุโยคะสามารถลดระดับความเครียดได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นควรนำหัตถุโยคะหรือโยคะพื้นฐานมาเป็นทางเลือกในการส่งเสริมการออกกำลังกายและการผ่อนคลายความเครียดเพื่อช่วยลดการใช้ยาและผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ยา การฝึกหัตถุโยคะเป็นการออกกำลังกายประเภทยืดเหยียดและการทรงตัวที่เข้าถึงได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง ซึ่งทำให้สามารถส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ประโยชน์ของการฝึกโยคะในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาติดตามผลของการฝึกหัตถุโยคะอย่างต่อเนื่อง เพื่อประเมินประสิทธิผลของการฝึกหัตถุโยคะในการลดระดับความเครียดอย่างแท้จริงและยังควรมีการศึกษาการฝึกหัตถุโยคะในกลุ่มประชากรอื่น ๆ เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีปัญหาด้านสุขภาพจิต เช่น โรคซึมเศร้า เพื่อประเมินประโยชน์เพิ่มเติมจากการฝึกโยคะในกลุ่มเหล่านี้

สรุป

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าการฝึกหฐโยคะส่งผลในการลดระดับความเครียดและระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะในกลุ่มที่มีระดับความเครียดสูงถึงรุนแรงโดยผลการเปรียบเทียบระดับความเครียดก่อนและหลังการฝึกหฐโยคะพบว่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความเครียดก่อนการฝึกอยู่ที่ 52.29 หน่วยและลดลงเป็น 33.57 หน่วยหลังการฝึก ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการฝึกหฐโยคะในการลดระดับความเครียดอย่างชัดเจน ในส่วนของระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในน้ำลาย เมื่อพิจารณาภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์เฉพาะในกลุ่มที่มีระดับความเครียดสูงถึงรุนแรง พบว่าระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฝึกหฐโยคะ

ผลการศึกษานี้สะท้อนว่าการฝึกหฐโยคะสามารถเป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการบรรเทาความเครียดในระยะสั้น และส่งเสริมการปรับตัวทั้งด้านร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ประสบภาวะความเครียดในระดับสูงถึงรุนแรง อีกทั้งยังอาจมีส่วนช่วยในการปรับสมดุลของระบบต่อมไร้ท่อ ผ่านการลดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลซึ่งเกี่ยวข้องกับความเครียด ดังนั้นจึงควรพิจารณาให้การฝึกหฐโยคะเป็นหนึ่งในแนวทางการส่งเสริมสุขภาพจิตและการดูแลตนเองอย่างยั่งยืนในประชากรที่มีความเสี่ยงต่อภาวะเครียด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์นายแพทย์ไกรสร อัมมวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และดร.มนฤดี กิรติพรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการทำวิจัย รวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการศึกษา และขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พลภัทร โรจน์นครินทร์ หัวหน้าศูนย์ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อำนวยความสะดวกและให้การสนับสนุนด้านห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำให้นิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้

เอกสารอ้างอิง

- Anon, U. (2019). A study on the effects of yoga practice on reducing stress in mental and emotional levels. *Journal of Education and Health*, 10(1), 65-78.
- Cramer, H., Lauche, R., Haller, H., Dobos, G., & Langhorst, J. (2013). Yoga for anxiety: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Depression and Anxiety*, 30(11), 1068-1078. <https://doi.org/10.1002/da.22192>
- Degering, M., Linz, R., Puhlmann, L. M. C., Singer, T., & Engert, V. (2023). Revisiting the stress recovery hypothesis: Differential associations of cortisol stress reactivity and recovery after acute psychosocial stress with markers of long-term stress and health. *Brain, behavior, & immunity - health*, 28, 100598. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2023.100598>
- Dork-Aor, M. (2016). A study on interest in yoga practice among women and men. *Journal of*

- Health Research**, 20(4), 112-119.
- Gatti, R., & De Palo, E. F. (2011). An update: salivary hormones and physical exercise. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 21(2), 157–169. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01252.x>
- Hartig, T., Mang, M., & Evans, G. W. (2014). Restorative environments. **Journal of Environmental Psychology**, 29(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.09.001>
- Hellhammer, D. H., Wüst, S., & Kudielka, B. M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. **Psychoneuroendocrinology**, 34(2), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.10.026>.
- Hfocus. (2023, January 15). **Report on the social situation in Q4 and the overall picture of 2022 : The increase in depression and suicide rates**. Retrieved from <https://www.hfocus.org/content/2023/03/27358>
- Iyengar, B. K. S. (2001). **Light on yoga**. New York: Schocken Books.
- Jöhr, J., Martinez, T., Marquis, R., Bruce, S., Binz, P. A., Rey, S., Hafner, G., Attwell, C., & Diserens, K. (2023). Measuring Salivary Cortisol to Assess the Effect of Natural Environments on Stress Level in Acute Patients with Severe Brain Injuries: An Exploratory Study. **Cureus**, 15(9), e44878. <https://doi.org/10.7759/cureus.44878>
- Kirschbaum, C., & Hellhammer, D. H. (1994). Salivary cortisol in psychobiological research: An overview. **Neuropsychobiology**, 22(3), 150–169. <https://doi.org/10.1159/000119722>
- Meier, M. (2021). Impact of yoga on cortisol levels: A clinical trial. **International Journal of Yoga Therapy**, 28(1), 99-110.
- Ross, A., & Thomas, S. (2010). The health benefits of yoga and exercise: A review of comparison studies. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, 16(3), 3-12. Retrieved from: <https://doi.org/10.1089/acm.2009.0404>
- Saraswati, S. S. (1996). **Asana Pranayama Mudra Bandha** (4th ed.). Munger, Bihar, India: Yoga Publications Trust.
- Smith, C., Hancock, H., Blake-Mortimer, J., & Eckert, K. (2007). A randomized comparative trial of yoga and exercise for relieving depression and anxiety in women. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, 13(10), 111-118. <https://doi.org/10.1089/acm.2007.6429>
- Sullivan, M. (2019). The effects of yoga on stress reduction: A study on high-stress individuals. **Journal of Mental Health and Wellness**, 8(3), 45-59.
- Thanisorn, S. (2021). The effect of yoga practice on stress reduction in a sample group with stress symptoms. **Journal of Mental Health Research**, 15(2), 123-135.
- Thirthalli, J. (2013). Yoga practice and cortisol reduction: A study of its benefits on stress

management. **Journal of Clinical Psychology**, 21(4), 47-60.

Yaibua, W., Laoraksawong, P., & Sitakalin, P. (2022). Factors relating to the quality of work-life among service support staffs in Yasothon hospital. **Journal of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University**, 5(2), 73–83. Retrieved from <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/jmpubu/article/download/254163/172343/972942>

การวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลของแอปพลิเคชันหาคู่ในประเทศไทย
บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยใช้แบบจำลองการสืบสวนของการประชุมเชิงปฏิบัติการวิจัย
ทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล 2001
DIGITAL FORENSIC ANALYSIS OF DATING APPLICATIONS IN THAILAND
ON ANDROID USING THE INVESTIGATION MODEL OF DIGITAL FORENSIC
RESEARCH WORKSHOP 2001

ประวิณ ไม้เกตุ และ กัญญ์ณัฐ สุริยันต์*

สาขาวิชาธุรกิจดิจิทัล คณะดิจิทัล วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม กรุงเทพมหานคร 10600

Praveen Maigate and Kanyanut Suriyan*

Digital Business Program, Faculty of Digital, Siam Technology College, Bangkok 10600

*E-mail: kunyanuts@siamtechno.ac.th

Received: 2024-11-03

Revised: 2025-05-29

Accepted: 2025-06-09

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลของแอปพลิเคชันหาคู่ ThaiFriendly และ ThaiCupid บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้แบบจำลองการสืบสวนของการประชุมเชิงปฏิบัติการวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล 2001 (DFRWS 2001) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการระบุตัวตน การเก็บรักษา การรวบรวม การตรวจสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอ เครื่องมือที่ใช้สืบสวนดิจิทัลคือโมบิลิเดิต (MOBILedit) และ ออกซิเจน (Oxygen) การวิจัยนี้จำลองการทดสอบ 4 สถานการณ์ คือ ข้อมูลไม่ถูกลบ ลบข้อความ ลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชที่ไม่ได้ถูกล้างทั้งหมด และลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชถูกล้างทั้งหมด เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือในการเก็บหลักฐานดิจิทัล ผลการวิจัยพบว่า MOBILedit มีความแม่นยำสูงกว่า Oxygen โดยมีค่าเฉลี่ยความแม่นยำที่ร้อยละ 100 ในสถานการณ์ที่ข้อมูลไม่ถูกลบ และร้อยละ 83.33 เมื่อมีการลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชที่ไม่ได้ถูกล้างทั้งหมด ขณะที่ Oxygen มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำร้อยละ 100 ในสถานการณ์ที่ข้อมูลไม่ถูกลบเช่นเดียวกันแต่ลดลงเหลือร้อยละ 66.66 และร้อยละ 50.00 ในสถานการณ์ที่ลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชที่ไม่ได้ถูกล้างทั้งหมด อย่างไรก็ตามเมื่อมีการลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชถูกล้างทั้งหมด ค่าความแม่นยำของทั้งสองเครื่องมือลดลงเหลือร้อยละ 0 แสดงถึงข้อจำกัดของเครื่องมือ ในสถานการณ์ที่ซับซ้อน ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงการปรับปรุงเทคนิคการกู้คืนข้อมูลเพื่อให้การสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลมีความครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: นิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล แอปพลิเคชันหาคู่ แบบจำลองการประชุมเชิงปฏิบัติการวิจัยทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล 2001 โมบิลิเดิต ออกซิเจน

ABSTRACT

This research aims to analyze digital forensic evidence obtained from the dating applications ThaiFriendly and ThaiCupid operating on the Android platform using the investigation model of DFRW2001. The model consists of six phases: identification, preservation, collection, examination, analysis, and presentation. The digital forensic tools utilized were MOBILedit and Oxygen. The study simulated four scenarios data including non-deleted data, messages deleted, data deleted with uncleared cache, and data deleted with cleared cache. This approach aimed to evaluate the effective of the tools. The findings revealed that MOBILedit demonstrated higher accuracy than Oxygen, achieving an average accuracy of 100% when data was not deleted and 83.33% when data was deleted but the cache remained uncleared. In comparison, Oxygen also achieved 100% accuracy when data was not deleted but dropped to 66.66% and 50% in scenarios where data was deleted with an uncleared cache. However, when data and cache were fully cleared, the accuracy of both tools dropped to 0%, highlighting their limitations in complex scenarios. This study highlights the imperative need for the development of more robust tools and the enhancement of data recovery techniques to enhance the comprehensiveness and accuracy of digital forensic investigations in the future.

Keywords: Digital Forensics, Dating Applications, DFRWS 2001 Model, MOBILedit, Oxygen

บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน การหาคู่ออนไลน์เติบโตอย่างรวดเร็ว โดยคาดว่ามูลค่าตลาดทั่วโลกจะถึง 3,500 ล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี 2025 และภายในปี 2031 กว่าร้อยละ 50 ของคู่รักจะเริ่มต้นความสัมพันธ์จากบริการหาคู่ออนไลน์ เช่น eHarmony ซึ่งได้รับการยกย่องในปี 2020 ว่าเป็นแอปที่น่าเชื่อถือที่สุด (True Digital, 2024) โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีการใช้แอปพลิเคชันหาคู่ออนไลน์ถึงแม้ยังไม่แพร่หลายเท่ากับในต่างประเทศแต่ก็มีแนวโน้มว่าคนไทยจะเปิดรับวัฒนธรรมการสร้างความสัมพันธ์ผ่านแอปพลิเคชันเหล่านี้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมและการใช้ชีวิตที่ทำให้คนไทยในวัยเจริญพันธุ์มีอัตราการโสดสูงถึงร้อยละ 40.50 ตามข้อมูลจากสภาพัฒน์ (Post today, 2024) แอปพลิเคชันหาคู่ ThaiFriendly และ ThaiCupid เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อกันผ่านโลกออนไลน์ ทั้งในเรื่องการส่งข้อความ การแลกเปลี่ยนรูปภาพ และการแชตตำแหน่ง ซึ่งช่วยสร้างโอกาสในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลจากหลากหลาย อย่างไรก็ตาม Krishnamurthy & Wills (2008) ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ลักษณะความเป็นส่วนตัวในเครือข่ายสังคมออนไลน์ การวิจัยชี้ให้เห็นถึงปัญหาด้านความเป็นส่วนตัวในเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยเฉพาะการรั่วไหลของข้อมูลส่วนบุคคลไปยังโดเมนของบุคคลที่สาม พบว่าเครือข่ายสังคมออนไลน์ยอดนิยมมักมีการแบ่งปันข้อมูลของผู้ใช้โดยไม่ได้ตั้งใจกับหน่วยงานภายนอก ส่งผลให้เกิดความจำเป็นในการสืบสวนและวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลเพื่อปกป้องความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

นิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล (Digital Forensics) คือการใช้เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ดิจิทัลในการรวบรวม ตรวจสอบ และรักษาหลักฐานดิจิทัลจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปใช้ในการสืบสวนสอบสวนหรือกระบวนการทางกฎหมาย มุ่งเน้นการตรวจสอบอาชญากรรมไซเบอร์หรือกิจกรรมที่ไม่ได้รับอนุญาตในสภาพแวดล้อมดิจิทัลอย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ (Kebande & Awad, 2024) การวิเคราะห์หลักฐานทางดิจิทัล เช่น ข้อมูลจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครือข่าย ช่วยระบุตัวผู้กระทำผิดหรือพฤติกรรมผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางดิจิทัลที่เป็นไปอย่างมีระบบและทำให้หลักฐานมีความน่าเชื่อถือเมื่อนำไปใช้ในการพิจารณาคดีในชั้นศาล (Inthama & Keardsri, 2021) ระบุว่า กระบวนการตรวจพิสูจน์ที่แม่นยำและสนับสนุนกระบวนการยุติธรรม เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในคดีอาชญากรรม

สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลของแอปพลิเคชันหาคู่ Thai Friendly และ Thai Cupid บนระบบ Android โดยใช้แนวทางการสืบสวน DFRWS 2001 ซึ่งได้รับการยอมรับในระดับสากล เพื่อให้สามารถตรวจสอบและรวบรวมหลักฐานทางดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับคดีอาชญากรรมทางดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mahendra & Khairunnisa, 2023) อย่างไรก็ตาม พบว่าแอปพลิเคชันดังกล่าวมีข้อจำกัดที่สำคัญ เช่น การจัดเก็บข้อมูลสำคัญไว้ในระบบฐานข้อมูลที่เข้ารหัส เช่น SQLite หรือ Realm ทำให้การเข้าถึงข้อมูลเชิงลึก เช่น บันทึกแชท ไฟล์ภาพ ตำแหน่งพิกัด และไฟล์ที่ถูกลบ มีความซับซ้อนสูง (Marturana & Tacconi, 2013) รวมถึงการกระจายข้อมูลในหลายโพลเดอร์และรูปแบบไฟล์ที่แตกต่างกัน ทำให้ผู้ตรวจสอบต้องใช้ความรู้เฉพาะทางและเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงในการสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประเด็นเชิงเทคนิคที่เป็นอุปสรรคในการสืบสวนพยานหลักฐานในแอปพลิเคชันหาคู่ออนไลน์ โดยเน้นการระบุจุดอ่อนที่สำคัญ และนำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลอย่างเป็นระบบ

วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้มีกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 1) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ขั้นตอนการวิจัยนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล และการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 นิติวิทยาศาสตร์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Forensics) เป็นสาขาย่อยของนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลที่เน้นการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และนำเสนอหลักฐานจากอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เก็บข้อมูลส่วนตัวจำนวนมากของผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลการสื่อสาร ข้อความ รูปภาพ การโทร รวมถึงข้อมูลตำแหน่ง (GPS) Alsulami (2024) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเมตาโมเดลการอนุรักษ์ขั้นพื้นฐานของเทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อการอนุรักษ์หลักฐานมือถือ โดยกล่าวว่า กระบวนการนิติวิทยาศาสตร์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่สามารถกู้คืนหลักฐานดิจิทัลจากอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้โดยใช้เทคนิคการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการตรวจสอบข้อมูลในอุปกรณ์เคลื่อนที่มักมีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกับนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลทั่วไป แต่มีความท้าทายเพิ่มขึ้นในเรื่องของการเข้าถึงและการดึงข้อมูลจากอุปกรณ์ เนื่องจากระบบปฏิบัติการมือถือมีการอัปเดตและการเข้ารหัสข้อมูลที่ซับซ้อนมากขึ้น (Sunde, 2021).

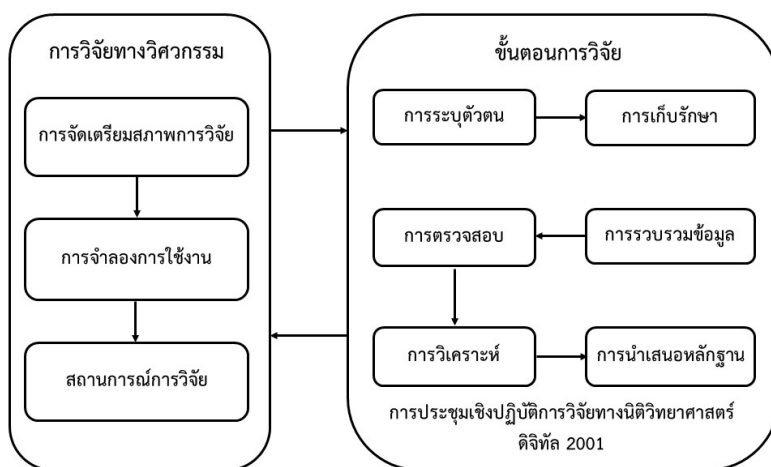
1.2 เครื่องมือที่นิยมใช้ เช่น MOBILedit Forensic และ Oxygen Forensic ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการกู้คืนข้อมูลที่ถูกลบและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกบนอุปกรณ์มือถือ ทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูล

สำคัญ เช่น ข้อมูลในแอปพลิเคชัน รูปภาพ การโทร และตำแหน่ง GPS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Prayogo & Riadi, 2022; Pambayun & Riadi, 2020)

1.3 หลักฐานดิจิทัล (Digital Evidence) คือข้อมูลที่ถูก เก็บรวบรวมจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือระบบดิจิทัลเช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นหลักฐานในกระบวนการทางกฎหมายได้ (Casey, 2021) หลักฐานดิจิทัลมีลักษณะพิเศษคือสามารถบันทึกการกระทำของผู้ใช้ได้อย่างละเอียด เช่น ข้อความที่ส่ง รูปภาพ การโทร หรือแม้แต่ตำแหน่ง GPS ทำให้มีความสำคัญอย่างยิ่งในคดีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการกระทำผิดทางดิจิทัล

1.4 DFRWS 2001 Investigation Model แบบจำลองการตรวจพิสูจน์ DFRWS 2001 (Digital Forensic Research Workshop) ถูกนำเสนอในปี 2001 แม้ว่าแบบจำลอง DFRWS 2001 จะเป็นแนวทางที่นำเสนอมากกว่า 20 ปีแล้ว แต่ยังคงได้รับการอ้างอิงและประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล โดยเฉพาะในกรณีศึกษาที่เน้นการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างของกระบวนการตรวจพิสูจน์แบบเป็นลำดับขั้น ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ที่มุ่งวิเคราะห์การจัดเก็บและตรวจสอบข้อมูลจากแอปพลิเคชันเฉพาะด้าน (Mahendra & Khairunnisa, 2023) นอกจากนี้ แม้ในแนวทางใหม่บางแนว เช่น NIST หรือ ISO/IEC 27037 จะสรุปเพียง 5 ขั้นตอนหลัก แต่โครงสร้างพื้นฐานของ DFRWS 2001 ยังคงครอบคลุมสาระสำคัญของกระบวนการตรวจพิสูจน์ และสามารถปรับประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นแนวทางการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการสืบสวนคดีอาชญากรรมทางดิจิทัล (Mahendra & Khairunnisa, 2023) โดยแบบจำลองนี้แบ่งขั้นตอนการสืบสวนเป็น 6 ระดับหลัก ได้แก่ การระบุตัวตน (Identification), การเก็บรักษา (Preservation), การรวบรวมหลักฐาน (Collection) การตรวจสอบ (Examination) การวิเคราะห์ (Analysis) และ การนำเสนอหลักฐาน (Presentation) (Mahendra & Khairunnisa, 2023)

2. ขั้นตอนการวิจัยนิตยวิทยาศาสตร์ดิจิทัลและการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมการวิจัย



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัยนิเวศวิทยาาสตร์ดิจิทัลและการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมการวิจัย

ตารางที่ 1 ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์นิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล

ซอฟต์แวร์/ฮาร์ดแวร์	ฟังก์ชัน	คำอธิบาย
ASUS TUF GAMING A19	อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	Windows Version: 11 64-bit Processor: intel COREi5 RAM: 16 GB
Samsung Galaxy	ThaiFriendly และ ThaiCupid	Galaxy A15 5G (RAM 8GB) Android V.14
แอปพลิเคชัน ThaiFriendly	เป้าหมายในการวิเคราะห์ข้อมูล	แอปพลิเคชันหาคู่
แอปพลิเคชัน ThaiCupid	เป้าหมายในการวิเคราะห์ข้อมูล	แอปพลิเคชันหาคู่
USB Cable	สายเชื่อมต่อสำหรับอุปกรณ์บนพีซี	สายเชื่อมต่อ USB C
MOBILedit Forensic, Oxygen Forensic	เครื่องมือการได้มาซึ่งหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์	MOBILedit Enterprise 10.1.0.25985 Oxygen ForensicsExtractor v.13.3.0.65

2.1 การวิจัยทางวิศวกรรม

การวิจัยทางวิศวกรรม (Research Engineering) ในการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีและวิธีการที่ใช้ในการรวบรวม วิเคราะห์ และนำเสนอหลักฐานจากอุปกรณ์ดิจิทัล โดยเฉพาะในกรณีที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น Thai Friendly และ Thai Cupid การวิจัยทางวิศวกรรมช่วยสร้างแนวทางและเครื่องมือที่สามารถใช้ในการจำลองสถานการณ์และทดสอบเทคนิคที่เหมาะสม

2.1.1 การจัดเตรียมสภาพแวดล้อมในการวิจัย ได้จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แล็ปท็อป ASUS TUF GAMING A19 ซึ่งติดตั้งเครื่องมือ MOBILedit Forensic และ Oxygen Forensic เพื่อใช้ในการดึงข้อมูลจากอุปกรณ์เป้าหมาย เครื่องมือทั้งสองนี้แม้จะไม่ใช้โปรแกรมประเภท Freeware หรือ Open Source แต่เป็นเครื่องมือเชิงพาณิชย์ที่มีฟังก์ชันครบถ้วน รองรับการตรวจสอบข้อมูลจากอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำและครอบคลุม เช่น การดึงข้อมูลรายชื่อผู้ติดต่อ ข้อความ รูปภาพ ประวัติการใช้งาน แอปพลิเคชัน และข้อมูลที่ถูกลบ ซึ่งเหมาะสมกับการตรวจพิสูจน์เชิงลึกในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังได้จัดเตรียมสมาร์ตโฟน Samsung Galaxy A15 เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ทดสอบในการติดตั้งแอปพลิเคชัน Thai Friendly และ Thai Cupid สำหรับการดำเนินการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2.1.2 จำลองสถานการณ์ของแอปพลิเคชันเริ่มกระบวนการจำลองสถานการณ์โดยในแต่ละรายการกระทำผิดดังนี้ 1) ส่งและรับข้อความตัวอักษร 2) ส่งและรับข้อความรูปภาพ 3) ส่งและรับข้อความเสียง 4) ส่งและรับตำแหน่งผ่าน Google Maps 5) โทรออก 6) จับคู่เพื่อน หลังจากนั้นทำการค้นหาและจับคู่ผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน ThaiFriendly และ ThaiCupid และนำมารวมกันเพื่อให้สามารถเรียกใช้สถานการณ์ต่าง ๆ ได้ หลังจากที่ได้ผู้ใช้งานทั้งสองสามารถส่งข้อความถึงกันได้ ข้อความดังกล่าวจะถูกส่งโดยผู้ใช้ทั้งสองตามสถานการณ์ข้อความใน ภาพที่ 2



ผู้กระทำความผิด



เหยื่อ

ภาพที่ 2 การจำลองสถานการณ์การสนทนาในแอปพลิเคชันหาคู่ระหว่างผู้กระทำความผิดและเหยื่อ

2.1.3 การจำลองสถานการณ์วิจัยประกอบด้วย 4 สถานการณ์ เพื่อให้การทดลองมีความครอบคลุมโดยพิจารณาจากพฤติกรรมการใช้งานจริง ได้แก่ การรับส่งข้อความ การแนบรูปภาพ การโทรเข้า-โทรออก และการลบข้อมูล โดยในแต่ละสถานการณ์จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับของข้อมูลที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐาน โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สถานการณ์การวิจัยและเงื่อนไขในการเก็บหลักฐาน (เป็นการใช้ข้อมูลจำลองที่สร้างสถานการณ์ขึ้น)

ชื่อสถานการณ์	เงื่อนไข
สถานการณ์ที่ 1	ข้อมูลไม่ถูกลบ (มีการรับส่งข้อความทั่วไปโดยไม่ลบข้อมูล)
สถานการณ์ที่ 2	การลบข้อความ (รับส่งข้อความ พร้อมแนบรูปภาพ และทำการลบข้อความบางส่วน)
สถานการณ์ที่ 3	ลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชที่ไม่ได้ถูกล้างทั้งหมด (ลบข้อมูลการแชต การโทรเข้า-ออก และข้อมูลจากอุปกรณ์โดยไม่ล้างแคชทั้งหมด)
สถานการณ์ที่ 4	ลบข้อมูลจากอุปกรณ์และแคชถูกล้างทั้งหมด (ลบข้อมูลทั้งหมดจากอุปกรณ์ รวมถึงแคช และประวัติการใช้งานของแอปพลิเคชันทั้งหมด)

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

2.2.1 การระบุตัวตน

ขั้นตอนการระบุตัวตน (Identification) เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล โดยมีเป้าหมายในการระบุ และเลือกข้อมูลหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสืบสวน ซึ่งอาจรวมถึงสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ หรือเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้จัดเก็บข้อมูลในแอปพลิเคชันหาคู่ เช่น ThaiFriendly และ ThaiCupid ขั้นตอนนี้สำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการระบุตัวอุปกรณ์หรือข้อมูลอย่างถูกต้องเป็นพื้นฐานในการรวบรวมหลักฐานดิจิทัลที่มีคุณภาพและครอบคลุม การระบุตัวตนจะเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์และข้อมูล เช่นเลขอุปกรณ์ (Device ID), ระบบปฏิบัติการ, และเครือข่ายที่ใช้งาน เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมีความเกี่ยวข้องกับคดีที่กำลังสืบสวน การวิเคราะห์ ข้อมูลอภิปันธุ์ (metadata) เช่นวันและเวลาที่มีการเข้าถึง การส่งข้อความหรือการเปลี่ยนแปลงข้อมูล จะช่วยให้สามารถระบุตัวบุคคลที่เกี่ยวข้องและลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้

2.2.2 การเก็บหลักฐาน

การเก็บรักษาหลักฐาน (Preservation) เป็นขั้นตอนสำคัญที่มุ่งเน้นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงหรือการสูญเสียข้อมูลดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับการสืบสวน เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมยังคงมีความสมบูรณ์ และถูกต้อง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการนำเสนอในกระบวนการทางกฎหมาย การเก็บรักษาหลักฐานในกรณีนี้รวมถึงการสร้างสำเนาของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบที่ป้องกันการแก้ไข โดยอาจใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การทำสำเนาดิจิทัล (Digital Imaging) การถ่ายภาพหน้าจอ หรือการเก็บรวบรวมข้อมูลในระบบที่ปิด ในขั้นตอนการเก็บรักษาหลักฐาน และการรวบรวมหลักฐานควรเพิ่มกระบวนการคำนวณค่า Hash เพื่อยืนยันว่า ก่อนพยานหลักฐานที่จะใช้ในการตรวจสอบพิสูจน์ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือมีการปนเปื้อน

ในขั้นตอนนี้จะทำการปิดการเชื่อมต่อเครือข่าย และเปิดโหมดเครื่องบินในอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันไม่ให้มีการรับส่งข้อมูลใหม่หรือการอัปเดตที่อาจส่งผลกระทบต่อหลักฐาน นอกจากนี้ ยังมีการจัดเก็บอุปกรณ์ในพื้นที่ที่ปลอดภัย และสามารถเข้าถึงได้เฉพาะบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น เพื่อรักษาความปลอดภัยและลดความเสี่ยงของการสูญเสียหรือการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต

2.2.3 การรวบรวมหลักฐาน

ในขั้นตอนการรวบรวมหลักฐาน (Collection) ผู้วิจัยจะดึงข้อมูลดิจิทัลที่เกี่ยวข้องจากอุปกรณ์หรือแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสืบสวน เพื่อให้ได้หลักฐานที่มีความสมบูรณ์ และพร้อมสำหรับการตรวจสอบ และวิเคราะห์การรวบรวมข้อมูลนี้จะใช้ MOBILedit Forensic และ Oxygen Forensic ดึงข้อมูลที่ถูกลบหรือถูกซ่อนอยู่ในอุปกรณ์มือถือ รวมถึงการรวบรวมข้อมูลจากแอปพลิเคชันหาคู่ ThaiFriendly และ ThaiCupid ที่บันทึกข้อมูลส่วนตัว ข้อความ รูปภาพ และตำแหน่ง GPS ของผู้ใช้งาน

หลังจากรวบรวมหลักฐาน ผู้วิจัยจะทำการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น วันที่ เวลา ตำแหน่ง และประเภทของข้อมูล เพื่อให้สามารถอ้างอิงได้ในภายหลัง และมั่นใจว่าหลักฐานที่เก็บมาเป็นไปตามมาตรฐานที่สามารถใช้ในกระบวนการทางกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ สมาร์ทโฟนจะเชื่อมต่อในขณะที่เปิดเครื่อง และอยู่ในโหมดเครื่องบิน ขั้นตอนนี้จะสร้างข้อมูล 8 ชุดซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 4 ชุดจาก แอปพลิเคชัน ThaiFriendly และ 4 ชุดจากแอปพลิเคชัน ThaiCupid ดังที่แสดงในภาพที่ 3

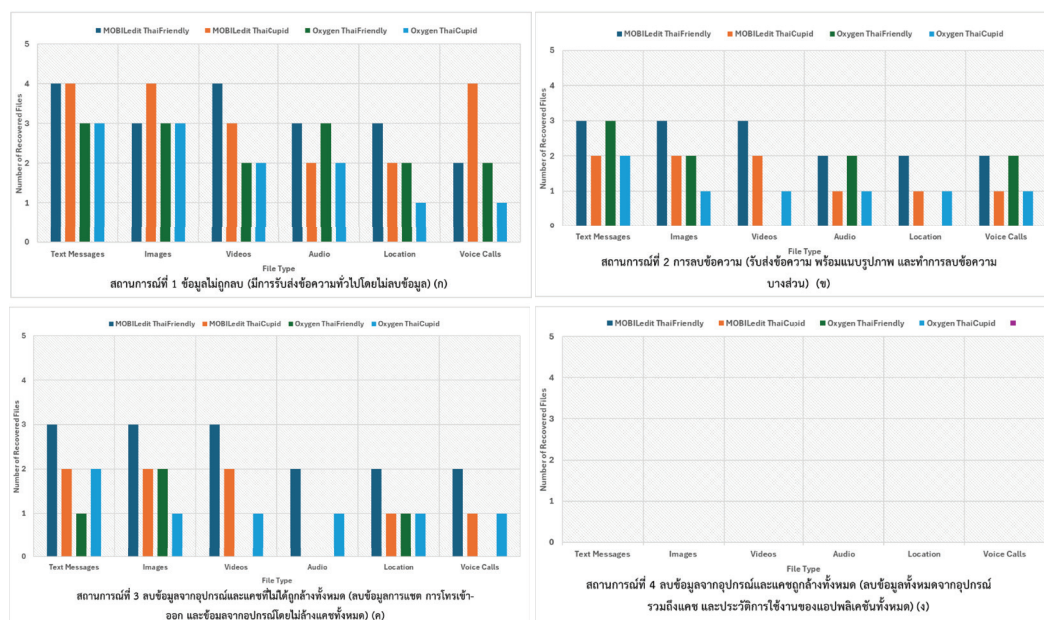
Name	Date modified	Type
📁 สถานการณ์ 1 ThaiCupid	31/10/2567 21:58	File folder
📁 สถานการณ์ 1 ThaiFriendly	31/10/2567 21:57	File folder
📁 สถานการณ์ 2 ThaiCupid	31/10/2567 21:59	File folder
📁 สถานการณ์ 2 ThaiFriendly	31/10/2567 21:59	File folder
📁 สถานการณ์ 3 ThaiCupid	31/10/2567 22:00	File folder
📁 สถานการณ์ 3 ThaiFriendly	31/10/2567 22:00	File folder
📁 สถานการณ์ 4 ThaiCupid	31/10/2567 22:03	File folder
📁 สถานการณ์ 4 ThaiFriendly	31/10/2567 22:03	File folder

ภาพที่ 3 ไฟล์ที่จัดเก็บหลักฐานจากการจำลองสถานการณ์ในแอปพลิเคชัน ThaiFriendly และ ThaiCupid

2.2.4 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ขั้นตอนการตรวจสอบ (Examination) เป็นกระบวนการที่ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมหลักฐาน โดยมีเป้าหมายในการค้นหาหลักฐานดิจิทัลที่มีความเกี่ยวข้องกับคดีและสามารถใช้การสืบสวนได้ในขั้นตอนนี้จะรวมถึงการค้นหาข้อมูลที่ถูกซ่อนอยู่ เช่น ข้อความที่ถูกลบ รูปภาพวิดีโอ ข้อมูลลอจิกแพนธ์ (metadata) และข้อมูล GPS ซึ่งสามารถใช้ในการระบุตัวผู้ใช้งาน และลำดับเหตุการณ์ซึ่งจากผลการตรวจสอบทั้ง 4 สถานการณ์จะแสดงดังภาพกราฟแท่งที่ 4 ซึ่งจะอธิบายผลการวิเคราะห์แต่ละสถานการณ์ไว้ในหัวข้อที่

2.2.5 การวิเคราะห์



ภาพที่ 4 ผลการตรวจสอบข้อมูลจากแอปพลิเคชัน ทั้ง 4 สถานการณ์

2.2.5 การวิเคราะห์

จากผลการตรวจสอบที่นำเสนอในหัวข้อ 2.2.4 Examination แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือ MOBILedit และ Oxygen Forensic ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากแอปพลิเคชันหาคู่อย่าง Thai Friendly และ Thai Cupid ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

2.2.5.1 สถานการณ์ที่มีการรับส่งข้อความทั่วไปโดยไม่ลบข้อมูล (สถานการณ์ที่ 1) เครื่องมือ MOBILedit และ Oxygen ความแม่นยำสูงร้อยละ 100 ในการดึงข้อมูลหลักฐาน เช่น ข้อความ รูปภาพ วิดีโอ และข้อมูลตำแหน่ง GPS อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำจะลดลงเมื่อ การรับส่งข้อความ พร้อมแนบรูปภาพ และทำการลบข้อความบางส่วน และลบข้อมูลการแชต การโทรเข้า-ออก และข้อมูลจากอุปกรณ์โดยไม่ล้างแคชทั้งหมด (สถานการณ์ที่ 2 และ 3) โดย MOBILedit แสดงประสิทธิภาพที่ดีกว่า Oxygen ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความแม่นยำที่ลดลงในบางประเภทของข้อมูล เช่น ข้อความ และวิดีโอ

2.2.5.2 ลบข้อมูลทั้งหมดจากอุปกรณ์ รวมถึงแคช และประวัติการใช้งานของแอปพลิเคชันทั้งหมด (สถานการณ์ที่ 4) พบว่าเครื่องมือทั้งสองไม่สามารถกู้คืนข้อมูลได้เลย (ค่าความแม่นยำ = 0%) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของทั้ง MOBILedit และ Oxygen ในการดึงข้อมูลที่ถูกลบอย่างสิ้นเชิง เนื่องจากอาจมีข้อจำกัดในเทคนิคการกู้คืนข้อมูลในสถานการณ์ที่มีการลบข้อมูลเชิงลึก

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสรุปผลการวิเคราะห์จะแสดงผลตามการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ดำเนินการในขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลในหัวข้อที่ 2.2.4 โดยผู้ก่อเหตุและเหยื่อตามพารามิเตอร์ ซึ่งการสรุปผลการวิเคราะห์ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น รุ่นของโทรศัพท์มือถือซึ่งอาจได้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน สามารถสรุปผลได้โดยแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเครื่องมือในการรวบรวมหลักฐานจากแอปพลิเคชันหาคู่ ThaiFriendly และ ThaiCupid

Evidence	Tool	Scenario ThaiFriendly				Scenario ThaiCupid			
		1	2	3	4	1	2	3	4
ไฟล์ข้อความตัวอักษร	MOBILedit	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
	Oxygen	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
ไฟล์รูปภาพ	MOBILedit	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
	Oxygen	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
ไฟล์วิดีโอ	MOBILedit	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
	Oxygen	✓	X	X	X	✓	✓	✓	X
ไฟล์เสียงโทร	MOBILedit	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	X
	Oxygen	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Evidence	Tool	Scenario ThaiFriendly				Scenario ThaiCupid			
		1	2	3	4	1	2	3	4
ไฟล์ตำแหน่ง(meta-data ฝังอยู่ในรูปภาพหรือวิดีโอที่ส่งผ่านแอปพลิเคชัน	MOBILedit	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
	Oxygen	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗
ไฟล์การโทรด้วยเสียง (การโทรเข้า-โทรออก ภายในแอป)	MOBILedit	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
	Oxygen	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗

จากตารางที่ 3 สรุปผลการเปรียบเทียบเครื่องมือในการรวบรวมหลักฐานจากแอปพลิเคชันหาคู่ ThaiFriendly และ ThaiCupid สามารถนำมาคำนวณดัชนีหาความแม่นยำของเครื่องมือ MOBILedit และ Oxygen ซึ่งได้หลักฐานดิจิทัลที่ได้จากแต่ละสถานการณ์ (4 สถานการณ์) จะดำเนินการโดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรคำนวณที่ใช้สำหรับคำนวณหาค่าความแม่นยำ (Mahendra & Khairunnisa, 2023) ดังนี้

$$\text{Par} = \frac{\sum \text{ar0}}{\sum \text{arT}} \times 100\% \quad (1)$$

Dec :

Par = Percentage of The scenario

$\sum \text{ar0}$ = Digital evidence found

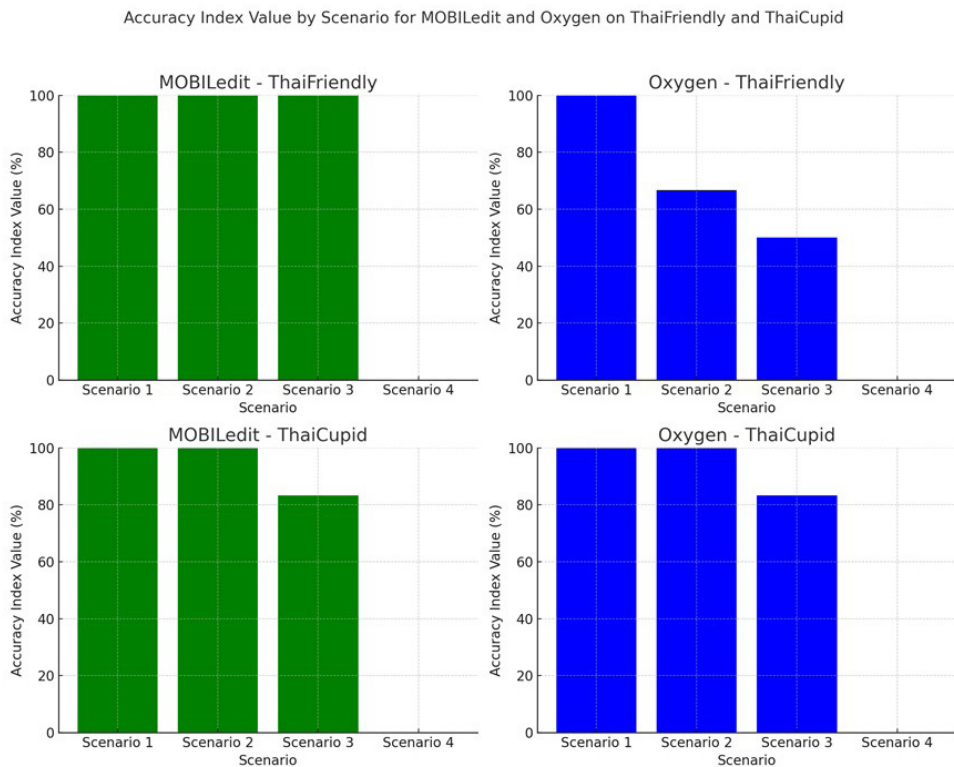
$\sum \text{arT}$ = Digital evidence total

ตัวอย่างการคำนวณจากสูตร ในสถานการณ์ที่ 3 ของเครื่องมือ Oxygen ในแอปพลิเคชัน ThaiCupid ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความแม่นยำ} &= (\text{หลักฐานที่กู้คืนได้} / \text{จำนวนของหลัก}) \times 100 \\ &= (5/6) \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{ความแม่นยำ} = 83.33\%$$

จากการคำนวณความแม่นยำของสถานการณ์ทางนิติเวชแต่ละสถานการณ์โดยใช้เครื่องมือ MOBILedit และ Oxygen สามารถสรุปค่าความแม่นยำโดยแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำของเครื่องมือ MOBILedit และOxygen ในการประมวลผลข้อมูลจาก ThaiFriendly และ ThaiCupid

จากภาพที่ 5 แสดงค่าดัชนีความแม่นยำในการเก็บหลักฐานของเครื่องมือ MOBILedit และ Oxygen จากแอปพลิเคชัน ThaiFriendly และ ThaiCupid ในแต่ละสถานการณ์ โดยผลการทดลองใช้เครื่องมือทั้งสองนั้น อยู่ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมที่รัดกุม และใช้เวอร์ชันที่ได้รับสิทธิ์ใช้งานอย่างถูกต้อง (Licensed Software) เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือทำงานเต็มประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์พบว่า MOBILedit แสดงค่าความแม่นยำสูงกว่าสำหรับสถานการณ์ที่ 1-3 ทั้งใน ThaiFriendly และ ThaiCupid ส่วนในสถานการณ์ที่ 4 ซึ่งข้อมูลและแคชถูกลบทั้งหมด เครื่องมือทั้งสองไม่สามารถดึงข้อมูลได้ ค่าความแม่นยำจึงลดลงเป็นร้อยละ 0 ทั้งนี้ ผลลัพธ์สะท้อนถึงความสามารถเชิงเปรียบเทียบของเครื่องมือภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมแล้ว ไม่ใช่อุปสรรคผลโดยทั่วไปกับทุกบริบทของการใช้งานจริง

สรุป

แอปพลิเคชัน ThaiFriendly และ ThaiCupid ถูกเลือกเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มหาคู่ที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในประเทศไทย โดย ThaiFriendly ได้รับการจัดอันดับว่าเป็นแอปหาคู่ที่มีผู้ใช้งานมากที่สุดในไทย (มีโปรไฟล์ใหม่เพิ่มกว่า 1,000 โปรไฟล์ต่อวัน) ThaiFriendly (2024) ขณะที่ ThaiCupid ก็เป็นบริการหาคู่ชั้นนำที่มีฐานผู้ใช้งานมากกว่า 3 ล้านคนทั่วโลก ThaiCupid (2024) การนำแอปพลิเคชันทั้ง 2 นี้ มาใช้ให้ผลการวิจัยสะท้อนบริบทการใช้งานจริงของผู้ใช้ไทย และเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งมักมุ่งเน้น

แอปหาคู่มืออื่น ๆ มากกว่า ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้ MOBILedit และ Oxygen ได้ถูกคัดเลือกสำหรับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ เนื่องจากทั้งสองเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลมือถือที่มีสมรรถนะสูงและได้รับการยอมรับในวงการ อีกทั้งมีความพร้อมใช้งานในเชิงปฏิบัติการมากกว่าเครื่องมือเชิงพาณิชย์อื่น ๆ เช่น Magnet AXIOM หรือ Cellebrite ที่อาจมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายหรือการเข้าถึง การใช้เครื่องมือสองประเภทนี้ยังเปิดโอกาสให้เปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานที่ได้ (cross-validation) เพิ่มความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ ทั้งนี้ ในการทดลองได้ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมอย่างเคร่งครัด และใช้ซอฟต์แวร์เวอร์ชันที่ได้รับสิทธิ์ใช้งานถูกต้อง (licensed software) เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือทำงานเต็มประสิทธิภาพและผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือ

ผลการทดลองเชิงนิติวิทยาศาสตร์ภายใต้สถานการณ์จำลองที่กำหนด แสดงให้เห็นความแตกต่างด้านประสิทธิภาพของเครื่องมือทั้งสองในการเก็บรวบรวมหลักฐานดิจิทัลจากแอปหาคู่มือบน Android โดยรวมแล้ว MOBILedit สามารถกู้คืนหลักฐานได้อย่างแม่นยำสูงกว่า Oxygen ในหลายสถานการณ์ โดยเฉพาะเมื่อข้อมูลยังไม่ถูกลบหรือถูกลบไปเพียงบางส่วน ในขณะที่ Oxygen พบว่าประสิทธิภาพการกู้คืนลดต่ำลงอย่างชัดเจนเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่มีการลบข้อมูลบางส่วนหรือมีความซับซ้อนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อข้อมูลและแคชถูกลบออกจากอุปกรณ์อย่างสิ้นเชิง (สถานการณ์ที่ 4) เครื่องมือทั้งสองไม่สามารถกู้คืนหลักฐานใด ๆ ได้ (ค่าความแม่นยำลดลงเหลือ 0%) ซึ่งชี้ถึงข้อจำกัดสำคัญของเครื่องมือเหล่านี้ในการสืบสวนกรณีที่ใช้ผู้ใช้งานได้ดำเนินการลบข้อมูลอย่างหมดจด ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ระบุว่าแอปพลิเคชันหาคู่มือมักจัดเก็บข้อมูลสำคัญในฐานข้อมูลเข้ารหัส ซึ่งทำให้ยากต่อการเข้าถึงข้อมูลเชิงลึกหรือข้อมูลที่ถูกลบไปแล้วในการตรวจพิสูจน์ภายหลัง (Mahendra & Khairunnisa, 2023) ผลลัพธ์จากการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัลในโลกจริง กล่าวคือ เจ้าหน้าที่สืบสวนสามารถใช้ข้อมูลเปรียบเทียบนี้ในการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมกับสภาพของหลักฐาน เช่น หากข้อมูลยังไม่ถูกลบ MOBILedit อาจให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า ข้อมูลที่ได้ยังช่วยชี้แนวทางพัฒนาเครื่องมือให้สามารถกู้คืนข้อมูลในกรณีที่ถูกลบหรือซ่อนเร้นได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จำกัดเฉพาะระบบ Android และแอปพลิเคชันเพียง 2 ราย จึงควรขยายไปยังแพลตฟอร์มอื่นและแอปพลิเคชันอื่นในอนาคต พร้อมพัฒนาเทคนิคใหม่ที่รองรับการกู้คืนข้อมูลที่ถูกลบหรือเข้ารหัสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานสืบสวนในสถานการณ์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Alsulami, M. H. (2024). A preservation metamodel based on blockchain technology for preserving mobile evidence. *IEEE Access*, 12(1), 155067-155068.
- Casey, E. (2011). *Digital evidence and computer crime: Forensic science, computers, and the internet (3rd ed.)*. Retrieved from <https://rishikeshpansare.wordpress.com/wpcontent/uploads/2016/02/digital-evidence-and-computer-crime-third-edition.pdf> [2024, 20 Aug.]
- Hall, M., & Hearn, J. (2021). Digital dating and privacy: Managing data risks in mobile dating applications. *Journal of Information Privacy and Security*, 17(1), 65-82.
- Iftikhar, A., Farooq, R., Mumtaz, M., Hussain, S., Akhtar, M., Ali, M., & Jahangir, G. Z. (2023). Quality assurance in digital forensic investigations: Optimal strategies and emerging innovations. *Austin Journal of Forensic Science and Criminology*, 10(2), 1-9.

- Inthama, J., & Keardsri, W. (2021). A Study of Guidelines in Digital Forensic Evidence Examination. **Journal of Criminology and Forensic Science, Royal Police Cadet Academy**, 7(1), 136-137.
- Kebande, V. R., & Awad, A. I. (2024). Industrial Internet of Things ecosystems security and digital forensics: Achievements, open challenges, and future directions. **ACM Computing Surveys**, 56(5), 6-7.
- Krishnamurthy, B., & Wills, C. E. (2008). Privacy and security issues in online social networks. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, 38(4), 13-18.
- Malik, P., Dawar, H., Patel, P., Ahuja, D., & Jain, A. (2024). Enhancing forensic analysis of digital evidence using machine learning: Techniques, applications, and challenges. **IJRMPS**, 12(5), 1-13.
- Mahendra, N. F., & Khairunnisa, R. (2023). Digital forensic analysis of online dating applications on Android using the Digital Forensic Research Workshop 2001 investigation model 2023. **IEEE International Conference on Cryptography, Informatics, and Cybersecurity (ICoCICs)**.
- Pambayun, S., & Riadi, I. (2020). Investigation on Instagram Android-based using digital forensics research workshop framework. **International Journal of Computer Applications**, 175(35), 17-18.
- PostToday. (n.d.). **Love in the Digital Age: Trends and Challenges of Online Dating**. Retrieved from <https://www.posttoday.com/smart-life/709936> [2024, 12 Aug]
- Prayogo, A. G., & Riadi, I. (2022). Digital forensic signal instant messages services in case of cyberbullyi cyberbullying using digital forensic research workshop method. **International Journal of Computer Applications**, 184(32), 21-22.
- Sunde, N. (2021). What does a digital forensics opinion look like? A comparative study of digital forensics and forensic science reporting practices. **Science & Justice**, 61(6), 586–596.
- ThaiCupid. (2024). **About us**. Retrieved from <https://www.thaicupid.com/th> [2025,28 May]
- ThaiFriendly. (2024). **Why ThaiFriendly?**. Retrieved from <https://www.thaifriendly.com> [2025,28 May]
- True Digital. (2024). **Modern Love:How Technology Helps**. Retrieved from <http://www.truedigital.com/post/Modern Love: How Technology Helps> [2024, 12 Aug]

ภาคผนวก

รายละเอียดการเตรียมบทความ วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Preparation Process of PNRU Research Journal Science and Technology

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารราย 6 เดือน เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานในลักษณะบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และบทความปริทัศน์ (Review Article) ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่นักวิจัย นักวิชาการ และบุคคลทั่วไปที่สนใจ

ขอบเขตของผลงานที่ตีพิมพ์

วารสารวิจัยราชภัฏพระนครสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตีพิมพ์บทความด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาคณิตศาสตร์สถิติฟิสิกส์เคมีชีววิทยา ชีวเคมี จุลชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรศาสตร์วิทยาศาสตร์ การอาหาร คหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ การพยาบาล การสาธารณสุข คอมพิวเตอร์ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์

การพิจารณาบทความ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารนี้จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้แต่งและผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความจะไม่ทราบชื่อซึ่งกันและกัน (Double-blind Peer Review)

ประเภทของบทความที่รับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Article)

เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวัตถุประสงค์ การดำเนินการวิจัย

2. บทความวิชาการ (Academic Article)

งานเขียน ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์แนวทางการแก้ไขปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎีผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือ วารสารวิชาการ อินเทอร์เน็ตประกอบการวิเคราะห์ วิจารณ์เสนอแนวทางแก้ไข

3. บทความปริทัศน์ (Review Article)

งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ (State of the art) เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้ามีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งทางกว้าง และทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อพิพาทที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป

หลักเกณฑ์ในการส่งบทความ

1. บทความที่ผู้แต่งส่งมาเพื่อตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์จากวารสารอื่น ๆ

2. เนื้อหาในบทความต้องไม่คัดลอก ลอกเลียน หรือไม่ตัดทอนจากบทความอื่นโดยเด็ดขาด (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่งเท่านั้น)

3. ผู้แต่งต้องเขียนบทความตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในระเบียบการส่งบทความของวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. การพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะพิจารณาเฉพาะบทความที่ได้รับการประเมินให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิเท่านั้น

5. กรณีข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิผู้แต่งตั้งต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิและชี้แจงการแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการ

คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับ

รับการตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2003 ขึ้นไป โดยใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK ขนาด 14 pt. ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กำหนดตั้งค่าน้ำกระดาษขนาบ 1.5 นิ้ว ซ้าย 1.5 นิ้ว ล่าง 1.0 นิ้ว ขวา 1.0 นิ้ว โดยความยาวของบทความควรเป็นดังนี้

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. บทความวิจัย (Research article) | ประมาณ 12 หน้า ต่อบทความ |
| 2. บทความทางวิชาการ (Academic article) | ประมาณ 8 หน้า ต่อบทความ |
| 3. บทความปริทัศน์ (Review article) | ประมาณ 8 หน้า ต่อบทความ |
- โดยมีส่วนประกอบดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)	บทความวิชาการ (Academic Article)	บทความปริทัศน์ (Review Article)
1. บทนำ (Introduction)	1. บทนำ (Introduction)	1. บทนำ (Introduction)
2. วิธีการ (Methods)	2. เนื้อหา (Context)	2. เนื้อหา (Context)
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and Discussions)	3. สรุป (Conclusions)	3. สรุป (Conclusions)
4. สรุป (Conclusions)	4. เอกสารอ้างอิง (References)	4. เอกสารอ้างอิง (References)
5. เอกสารอ้างอิง (References)		

ชื่อเรื่อง ควรมีความกระชับและชัดเจน ไม่ยาวจนเกินไป บทความภาษาไทยต้องมีชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด

ชื่อผู้แต่ง ระบุชื่อเต็มและนามสกุลเต็มของผู้แต่งทุกคนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยไม่ใส่ยศหรือตำแหน่งสำหรับผู้แต่งหลักต้องใส่ E-mail address ที่ติดต่อได้และลงเครื่องหมายดอกจันกำกับ

บทคัดย่อ บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรมีความยาวระหว่าง 200 ถึง 250 คำ

คำสำคัญ ให้มีคำสำคัญ 3-5 คำ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

รูปภาพ แยกบันทึกเป็นไฟล์ภาพที่มีนามสกุล TIFF, หรือ JPEG ถ้าเป็นภาพถ่ายกรุณาส่งภาพต้นฉบับเพื่อคุณภาพในการพิมพ์หมายเลขรูปภาพและกราฟ ให้เป็นเลขอารบิกคำบรรยายและรายละเอียดต่างๆอยู่ด้านล่างของรูปภาพ ปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับการตีพิมพ์แบบขาว-ดำ หรือ Greyscale

เนื้อหา ใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK ขนาด 14 พอยท์จัดเนื้อหาตามรูปแบบบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) หรือบทความปริทัศน์ (Review Article) หน่วยที่ใช้ให้เป็นไปตามรูปแบบสากล ศัพท์ภาษาอังกฤษในวงเล็บให้ใช้ตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดยกเว้นชื่อเฉพาะ หากมีสมการให้ใช้ Equation Editor โดยจัดให้อยู่ในตำแหน่งกลางหน้ากระดาษ พร้อมระบุหมายเลขสมการ

ตาราง หมายเลขตารางให้เป็นเลขอารบิก คำบรรยายและรายละเอียดต่าง ๆ อยู่ด้านบนของตาราง

เอกสารอ้างอิง เป็นรายชื่อเอกสารที่ใช้อ้างอิงในบทความ โดยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษทุกรายการ และจัดรูปแบบอ้างอิงตามระบบ APA 6th edition

รูปแบบการอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation)

กรณีอ้างอิงชื่อผู้แต่งก่อนข้อความ	ชื่อผู้แต่ง (ปีที่พิมพ์).....
ตัวอย่าง	Kelly (2004) แสดงให้เห็นว่า..... Saikaew & Kaewsarn (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ..... Lui et al. (2000) พบว่า..... Saikaew & Kaewsarn (2009) และ Lui et al. (2000) พบว่า
กรณีอ้างอิงชื่อผู้แต่งท้ายข้อความ	 (ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
ตัวอย่าง	 (Kelly, 2004) (Saikaew & Kaewsarn, 2009) (Lui et al., 2000) (Saikaew & Kaewsarn, 2009; Lui et al., 2000)

2. การอ้างอิงในส่วนท้ายบทความ (References)

2.1 อ้างอิงจากหนังสือ (Books)

รูปแบบ	ชื่อผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ . (ครั้งที่พิมพ์). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง	Crawley, R. B., Dockery, L. M., Branson, T. S., Carmichael, L. E., Carson, J. C., Findlay, A. F., & Smith, D. M. (2015). Manor houses of the early 1900s . London, England: Taylor & Francis.

2.2 อ้างอิงจากบทความวารสาร (Journal articles)

รูปแบบ	ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร , ปีที่(ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่าง	Yingsanga,P., & Mathurasa,L. (2009).Yellowing developmentof ChineseKale (Brassica oleraceavar.alboglabla). Phranakhon Rajabhat Research Journal: Science and Technology , 14(1), 76-90. (In Thai) Morrisa, G.A., Fosterb, T.J., & Hardinga, S.E. (2000). The effect of the degreeof esterification on the hydrodynamic properties of citrus pectin. Food Hydrocolloids , 14(3), 227-235.

2.3 อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ (Theses and Dissertations)

รูปแบบ	ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์ . (ระดับวิทยานิพนธ์). มหาวิทยาลัย, เมืองที่ตั้งมหาวิทยาลัย.
ตัวอย่าง	Caprette, C.L. (2005). Conquering the cold shudder: The origin and evolution of snake eyes . (Doctoral dissertation). Ohio State University, Columbus, OH.

2.4 อ้างอิงจากรายงานการวิจัย/รายงานทางวิชาการ (Technical/Research reports)

รูปแบบ	ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง (ประเภทของเอกสาร). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง	Tayama, T. (2006). Velocity influence on detection and prediction of changes in color and motion direction (Report No. 38). Sapporo, Japan: Psychology Department, Hokkaido University.

2.5 บทความ/บทในหนังสือการประชุม (Proceedings of meeting and symposium)

รูปแบบ ชื่อผู้แต่งในบท. (ปีพิมพ์). **ชื่อเรื่อง**. ใน ชื่อบรรณาธิการ, (บรรณาธิการ), ชื่อการประชุม (หน้าแรก-หน้าสุดท้าย). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง Deci, E.L., & Ryan, R.M. (1991). **A motivational approach to self: Integration in personality**. In R. Dienstbier (Ed.), Nebraska Symposium on motivation: Vol. 38 Perspectives on motivation (237-288). Lincoln, NM: University of Nebraska Press.

2.6 อ้างอิงจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

รูปแบบ ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). **ชื่อเรื่อง**. Retrieved from <http://.....>[ใส่วันที่สืบค้น].

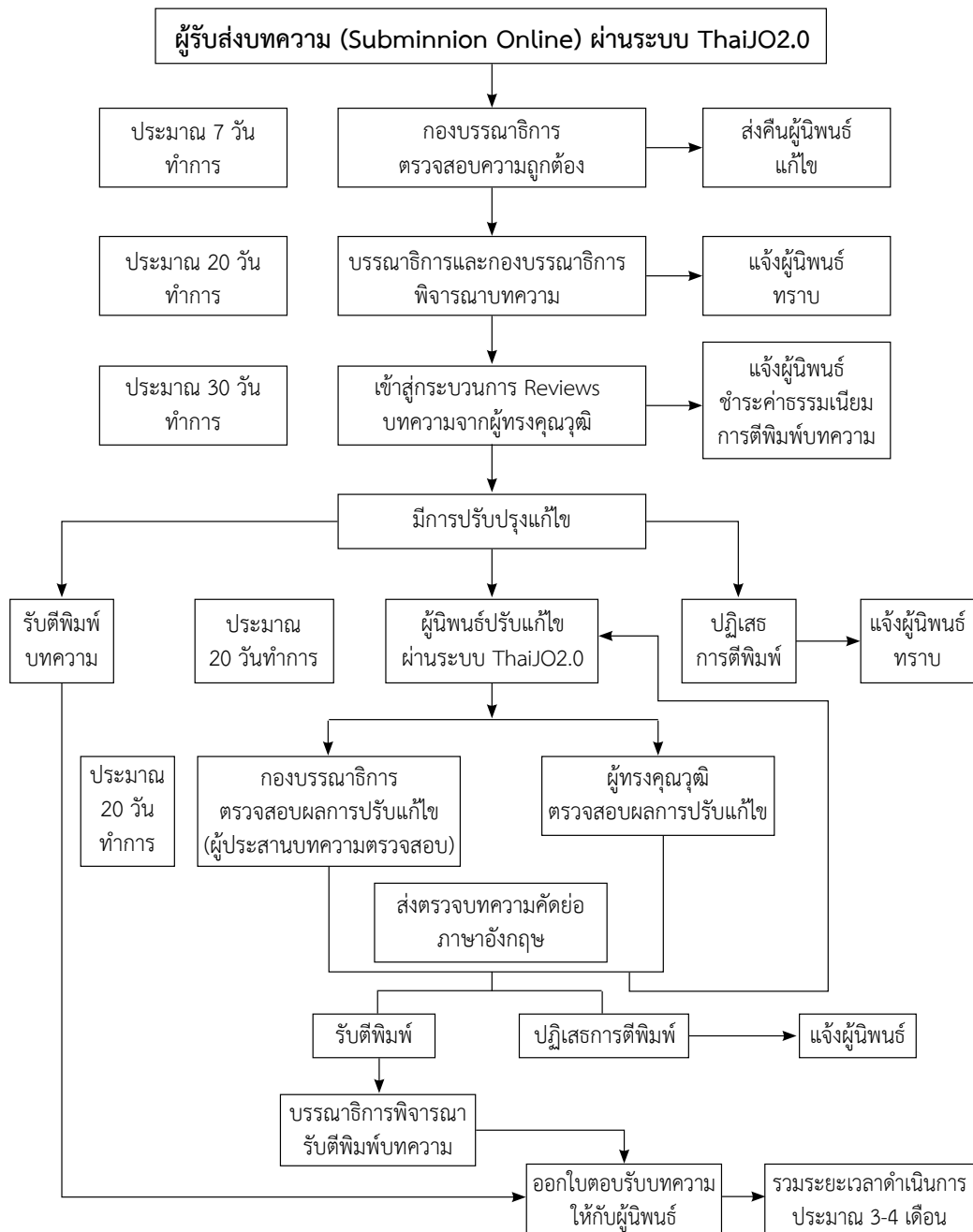
ตัวอย่าง Centers for Disease Control and Prevention. (2003). **Take charge of your diabetes**. Retrieved from <http://www.cdc.gov/diabetes/pubs/paf/ted.pdf> [2015, 25 Oct.]

2.7 อ้างอิงอื่น ๆ

รูปแบบ ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์. (ปีที่ให้สัมภาษณ์, วัน เดือน). **สัมภาษณ์**. ตำแหน่งผู้ให้สัมภาษณ์. หน่วยงาน.

ตัวอย่าง Phae-ngam, W. (2016, 10 Jan.). **How to write a good research article**. Assistant Professor. Faculty of Science and Technology. Phranakhon Rajabhat University

ขั้นตอนการพิจารณาบทความ วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



หมายเหตุ: ทางวารสารขอสงวนสิทธิ์ที่จะเรียงและอาจปรับปรุงการนำเสนอบทความตามความเหมาะสม

**รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย)**

ชื่อเรื่องภาษาไทย (TH SarabunPSK ขนาด 16pt. ตัวหนา)

ENGLISH TITLE (TH SarabunPSK 16pt. bold)

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งบทความ^{1*} ชื่อ-สกุล ผู้แต่งบทความ² (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ)

¹ชื่อหน่วยงานที่สังกัด (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

²ชื่อหน่วยงานที่สังกัด (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

Author^{1*}, Author ²

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

¹Affiliation(TH SarabunPSK 12pt. normal)

²Affiliation (TH SarabunPSK 12pt. normal)

*E-mail: address@mailservice.com (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Received: xx-xx-xx

Revised: xx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

บทคัดย่อ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหาบทคัดย่อในกรณีเป็นบทความภาษาไทยต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ยกเว้นบทวิจารณ์หนังสือ บทคัดย่อควรมีย่อหน้าเดียว ไม่ควรเกิน 250 คำ บทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของบทความ ผลลัพธ์หรือ สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย คำสำคัญที่เป็นภาษาไทยไม่ต้องมีเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างคำ

(TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

คำสำคัญ: คำสำคัญ1 คำสำคัญ2 คำสำคัญ3 คำสำคัญ4 คำสำคัญ5 (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ)

ABSTRACT (TH SarabunPSK 14pt. bold)

For a Thai article, an abstract in English must accompany the Thai version. The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important results.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3, keyword4, keyword5 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

บทนำ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

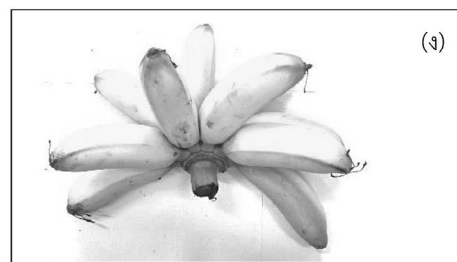
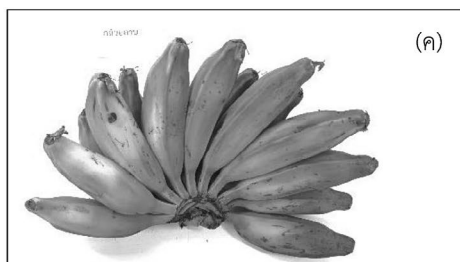
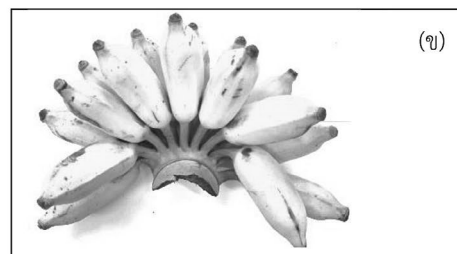
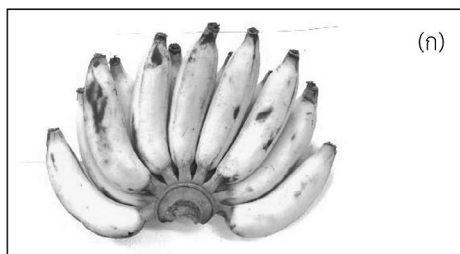
เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด14pt.ตัวปกติ).....

วิธีการ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด14pt.ตัวปกติ).....

ผลการทดลองและวิจารณ์ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....



ภาพที่ 1 ชื่อภาพ....(ก)..... (ข)..... (ค)..... (ง).....

ตารางที่ 1 ชื่อตาราง

เวลาที่ใช้ (นาทื)	ความดัน (mbar)				ความดันเฉลี่ย (mbar)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	
90	0.000061	0.000053	0.000037	0.000048	0.000050
95	0.000055	0.000053	0.000038	0.000044	0.000048
100	0.000055	0.000052	0.000037	0.000048	0.000048

หมายเหตุ : (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

สรุป (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

กิตติกรรมประกาศ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา) (อาจมีหรือไม่มีก็ได้)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

เอกสารอ้างอิง (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt.)

.....

รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาอังกฤษ)

ENGLISH TITLE (TH SarabunPSK 16pt. bold)

Author 1*, Author 2 (TH SarabunPSK14pt.normal)

¹Affiliation(TH SarabunPSK12pt.normal)

²Affiliation(TH SarabunPSK12pt.normal)

*E-mail: address@mailservice.com (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Received: xx-xx-xx

Revised: xx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

ABSTRACT (TH SarabunPSK 14pt. bold)

The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important results.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3, keyword4, keyword5 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

Introduction (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

.....

Methods (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

.....

Results and Discussions (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

.....

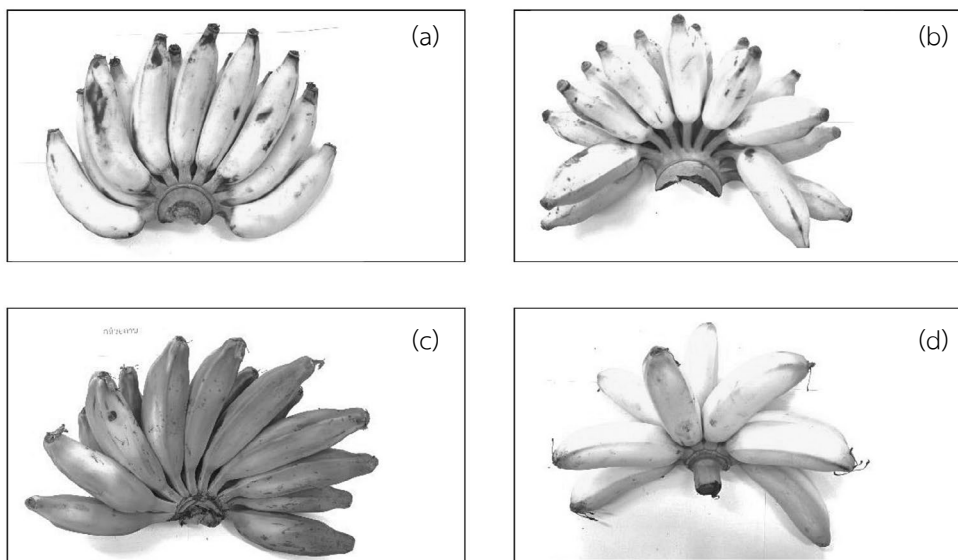


Figure 1(a)..... (b)..... (c)..... (d).....

Table 1 table name

Time (minuts)	Pressure (mbar)				Avg. Pressure (mbar)
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	
90	0.000061	0.000053	0.000037	0.000048	0.000050
95	0.000055	0.000053	0.000038	0.000044	0.000048
100	0.000055	0.000052	0.000037	0.000048	0.000048

Note: (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Conclusions (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt.).....
.....

Acknowledgement (TH SarabunPSK 14pt. bold) (optional)

(TH SarabunPSK 14pt.).....
.....

References (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt.)
.....
.....

จริยธรรมในการตีพิมพ์**Publication Ethics**

วารสารวิจัยราชภัฏพระนครสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีมาตรฐานทางจริยธรรมในการตีพิมพ์บทความ ดังนี้

จริยธรรมของผู้แต่งบทความ

1. บทความที่ส่งต้องเป็นบทความที่ไม่เคยมีการตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน และต้องไม่คัดลอกผลงานผู้อื่นโดยขาดการอ้างอิงที่ถูกต้อง ยกเว้นบทความที่แปลจากภาษาต่างประเทศที่ผู้แต่งบทความได้รับการยินยอม และมีหลักฐานแสดงแก่วารสาร
2. ชื่อบทความ ชื่อความ รูปภาพ ตารางประกอบ และอื่น ๆ ที่ปรากฏในบทความเป็นความคิดเห็นของผู้แต่ง ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่ง กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบร่วมใด ๆ ทั้งสิ้น
3. บทความต้องรายงานผลการทดลอง รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ตามข้อเท็จจริง
4. หากมีการทดลองเกี่ยวกับมนุษย์หรือสัตว์ผู้แต่งต้องปฏิบัติตามหลักจริยธรรมในการวิจัยและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง
5. บทความต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ของวารสารอย่างเคร่งครัดตาม "คำแนะนำสำหรับผู้แต่ง" ทั้งในรูปแบบการจัดบทความ การเขียนอ้างอิง และควรระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนการวิจัย (ถ้ามี)
6. เมื่อผู้แต่งได้รับผลการประเมินบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิควรเคารพความคิดเห็นทางวิชาการและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วส่งกลับมายังกองบรรณาธิการตามระยะเวลาที่กำหนด
7. ชื่อผู้แต่งที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในผลงานวิชาการนี้จริง

จริยธรรมของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการมีหน้าที่ดำเนินงานวารสารให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร
2. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาบทความกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร
3. บรรณาธิการมีหน้าที่กลั่นกรองตรวจสอบคุณภาพและพิจารณาความถูกต้องของบทความร่วมกับกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์
4. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้แต่งผู้ประเมินบทความ และบุคคลอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง
5. บรรณาธิการต้องสนับสนุนให้มีกระบวนการพิจารณาการประเมินบทความจากผู้ประเมินที่มีความชำนาญต่อเนื้อหาของบทความ รวมถึงระบบการปกปิดความลับของการพิจารณาการประเมิน และระบบการป้องกันข้อมูลส่วนตัวของผู้แต่งและผู้ประเมินบทความ (Double blinded)
6. บรรณาธิการมีหน้าที่รักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพอยู่เสมอ

จริยธรรมของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักถึงความเชี่ยวชาญตามศาสตร์ของตนเองในการรับประเมินบทความ และพิจารณาบทความตามหลักวิชาการและจริยธรรมสากลโดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลทางวิชาการรองรับ และไม่มีส่วนได้เสียหรือผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้แต่ง
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตรวจสอบความซ้ำซ้อนของบทความกับงานตีพิมพ์อื่น ๆ
3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่เปิดเผยข้อมูลทุกส่วนของบทความที่ทำการประเมินให้แก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องในระหว่าง การประเมินบทความ
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่นำข้อมูลในบทความที่ตนประเมินไปเป็นผลงานของตนเองก่อนบทความนั้นได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่
5. ผู้ทรงคุณวุฒิควรตรงต่อเวลาในการส่งผลการประเมินบทความ และหากตรวจพบเนื้อหาในบทความที่มีความ ซ้ำซ้อนกับผลงานอื่น ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้กับบรรณาธิการทราบ และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

PHRANAKHON RAJABHAT
RESEARCH JOURNAL

Science and Technology

