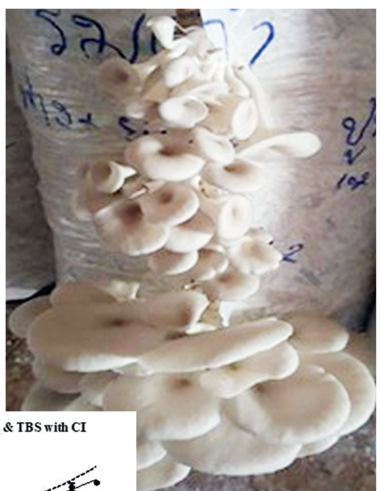
วารสารวิจัย

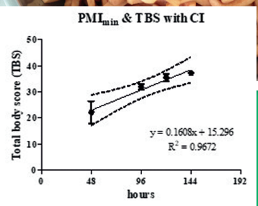
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

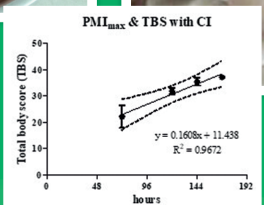
ISSN 1906-1889

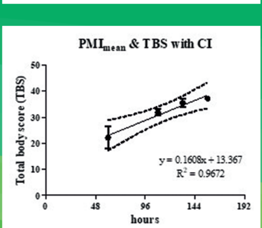
Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

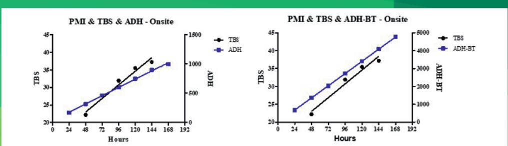
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564 Vol. 14 No. 1 January - June 2021

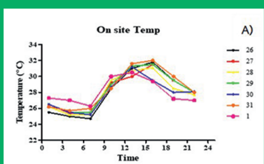


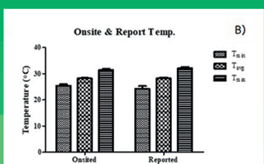


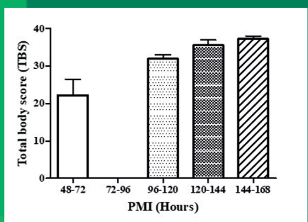












จริยธรรม/จรรยาบรรณวารสาร

ผู้แต่ง (Authors)

1. ผู้แต่งต้องรับรองว่าผลงานที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยนำเสนอในรูปแบบรายงานการประชุม (Proceedings) หรือได้รับการตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน รวมทั้งการไม่อยู่ระหว่างการส่งหรือรอเพื่อการตีพิมพ์บทความ
2. ผู้แต่งต้องเขียนบทความวิจัยให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดของวารสาร ตามคำแนะนำของรายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ มิฉะนั้นทางบรรณาธิการวารสารจะไม่รับพิจารณาบทความนั้น ๆ
3. บทความต้องนำเสนอรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูลหรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
4. ผู้แต่งต้องไม่นำผลงานของผู้อื่นมาอ้างเป็นผลงานของตัวเอง โดยบทความต้องมีการอ้างอิงอย่างถูกต้อง หากมีการนำผลงานผู้อื่นมาอ้างอิง และจะต้องจัดทำรายการอ้างอิงของผู้นั้นในรายการอ้างอิงท้ายบทความด้วย
5. ผู้แต่งที่มีชื่อปรากฏในบทความ จะต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการวิจัยจริง และผู้แต่งจะต้องระบุการไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน (กรณีที่กังวลต่อการส่งบทความ)
6. ผู้แต่งต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัยในกิตติกรรมประกาศ

บรรณาธิการวารสาร (Editors)

1. มีหน้าที่พิจารณารูปแบบความครบถ้วนและคุณภาพของบทความ ก่อนเริ่มกระบวนประเมินเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่รับผิดชอบ และต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้นิพนธ์และผู้ประเมินบทความ แก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความและการตีพิมพ์วารสารฉบับนั้น ๆ
2. เป็นผู้ประเมินเบื้องต้นในการตัดสินใจคัดเลือกบทความเข้าสู่กระบวนการประเมินบทความ และตัดสินใจรับตีพิมพ์โดยพิจารณาจากผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งนี้บรรณาธิการวารสารจะต้องคำนึงถึงความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหากับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ
3. บรรณาธิการวารสารจะไม่รับตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่จากที่อื่นมาแล้ว ทั้งในรูปแบบของวารสารหรือบทความหลังการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการฉบับเต็ม (Proceedings) และต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่ยอมรับในทางวิชาการ และกรณีตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่น บรรณาธิการวารสารต้องติดต่อผู้นิพนธ์หลักเพื่อขอคำชี้แจง และหากไม่มีข้อชี้แจงตามหลักวิชาการ บรรณาธิการจะ "ปฏิเสธ" การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ
4. บรรณาธิการวารสารต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือเพียงด้วยข้อสงสัยความไม่แน่ใจ จนกว่าจะมีหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยเหล่านั้น
5. บรรณาธิการวารสารจะต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ กับผู้นิพนธ์ ผู้ประเมินบทความ และทีมผู้บริหาร

ผู้ประเมินบทความ (Reviewers)

1. ผู้ประเมินบทความจะต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ เช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้นิพนธ์เป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่จะทำให้ผู้ประเมินไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะได้อย่างอิสระ ซึ่งหากมีกรณีดังกล่าวผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบ และปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ และต้องไม่เปิดเผยข้อมูลใด ๆ ของบทความและผู้นิพนธ์แก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
2. ผู้ประเมินบทความ ควรมีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาของบทความที่ประเมิน โดยพิจารณาจากเนื้อหาของบทความ และการประเมินบทความโดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน ความสอดคล้องของเนื้อหา และความเข้มข้นของบทความ ไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลทางวิชาการรองรับมาเป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินบทความ
3. ผู้ประเมินบทความสามารถเสนอแนะผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้นิพนธ์ไม่ได้อ้างถึงเข้าไปในการประเมินบทความได้ นอกจากนี้ หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนหรือความซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ โดยมีหลักฐานชัดเจน ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบ และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564 Vol.14 No.1 January - June 2021

Institute of Research and Development

Rajamangala University of Technology Tawan-ok

ISSN 1906-1889

วารสารวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

วัตถุประสงค์เพื่อ

1. เป็นสื่อ รวบรวมเผย แพร่ผลงานวิจัยด้าน (1) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์สุขภาพ (2) เกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร (3) วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้มีการนำผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เป็นการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลงานของงานวิจัยสู่ระดับมาตรฐานสากล
3. เสริมสร้างให้เกิดผลงานวิจัยใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทย

ผู้จัดพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

กำหนดการเผยแพร่ ตีพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี และเผยแพร่ในเว็ปไซต์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

การเผยแพร่ มอบให้หน่วยงาน/บุคคลที่สนใจ และเผยแพร่ในเว็บไซต์ ThaiJO

สำนักงาน สำนักงานวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อาคารสำนักงานอธิการบดี ชั้น 5
เลขที่ 43 ม.6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110
โทร. 0-3835-8201 ต่อ 8508-8510
โทรสาร 0-3835-8142
E-mail : journal2rmutto@gmail.com

Chonlakit Printing

ชลกิจการพิมพ์
47 ถ.ศรีราชานคร 1 ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110
โทร. 038-324711 E-mail : chonlakit555@hotmail.com

วารสารวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564

Vol. 14 No. 1 January - June 2021

ISSN 1906-1889

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2564) ทางบรรณาธิการขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ช่วยกันตรวจแก้ไขเพื่อให้บทความวิจัยที่ตีพิมพ์มีคุณภาพที่ดี และขอขอบคุณทีมงานวารสารฯ ทุกท่านของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ได้ช่วยกันทำงานวารสารให้มีคุณภาพที่ดี โดยได้รับความร่วมมือจากนักวิจัยที่ได้ส่งบทความวิจัยที่มีคุณภาพเข้ามาตีพิมพ์ในวารสารฯ และจัดพิมพ์ได้ถูกต้องตามรูปแบบของวารสารฯ โดยขอเน้นย้ำในส่วนของรายการอ้างอิงในเนื้อหาและเอกสารอ้างอิงท้ายบทความต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น ซึ่งนักวิจัยสามารถตรวจสอบรูปแบบการอ้างอิงได้จากเล่มหรือเว็บไซต์ของวารสารฯ

จึงเรียนมาและขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา

บรรณาธิการ

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

สารบัญ

หน้า

ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง 1
รุ่งโรจน์ ตับกลาง บุณฑริกา สุมะนา และ วรรณศิริ หิรัญเกิด

รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงหลังการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อม
ต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมและระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ 12
วรเชษฐ์ ขอบใจ และ พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์

การผลิตเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ........ 25
สินีนาถ สุขทนารักษ์ ณัฐพล กาจุลศรี สกล สุวรรณทัพพะ และ บุศรา ไวยโภคา

การใช้ประโยชน์จากฟางข้าวเป็นวัสดุเพาะเห็ดและวัสดุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโต
และผลผลิตของเห็ดนางรมเทาในถุงพลาสติกทรงกระบอก 32
ครุปกรณ์ ละเอียดอ่อน

การค้นหาใบหน้าบุคคลและวัตถุบริเวณดวงตาโดยใช้แบบจำลองสีร่วมกับการประมวลผลภาพ........ 42
เอกรัตน์ สุขสุคนธ์

การออกแบบและพัฒนาระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล เทศบาลตำบลบางพระ 54
พงศ์พัฒน์ สิงห์ศรี ศรีชล ภิรมย์ลาภ และ สหภัทร ชลาชัย

อัตราอุบัติการณ์สารกลุ่มเตตราซัยคลินตกค้างในกุ้งเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม........ 66
รพีพัฒน์ นาคีภัย สุพัตรา บุตราช และ สุขกมล เกตุพลทอง

การจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี........ 74
พรจิต พีระพัฒนกุล

ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง
Effects of Drying Temperature and Time on Product Qualities of Candied Santol

รุ่งโรจน์ ตับกลาง* บุณฑริกา สุมะนา และ วรรณศิริ หิรัญเกิด

Rungroj Tubklang*, Boondarika Sumana, and Wannasiri Hirankerd

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี 22210

Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

e-mail rungroj_tu@rumtto.ac.th; มือถือ 0830782064

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาทำแห้งที่เหมาะสมที่สุดแก่ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งแบบลมร้อน โดยนำผลกระท้อนจากแหล่งปลูกเดียวกันมาทำการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ (50, 60, และ 70 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาในการอบแห้ง (8, 9 และ 10 ชั่วโมง) ต่อคุณภาพของกระท้อนแช่อิ่ม ด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 factorial in completely randomized design; CRD) จากนั้น นำผลิตภัณฑ์จากทุกสิ่งทดลอง (treatment combination) มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี ปริมาณจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ผลพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (interaction effect) และอิทธิพลหลัก (main effect) มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มหลังอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมที่สุด ขณะที่ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบ 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางเคมีมีความเหมาะสมที่สุด แม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่กลับไม่มีผลกระทบต่อปริมาณยีสต์และรา อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์จากทุกสภาวะการอบแห้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แช่อิ่ม มผช.161/2558 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบ (n = 30) ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมากที่สุด โดยคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสน้อยลงตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากเพื่อความปลอดภัยจากอาหาร การศึกษานี้แนะนำสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

คำสำคัญ : กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง วิธีอบแห้งลมร้อน คุณภาพผลิตภัณฑ์

Abstract

The objective of this study was to investigate effects of drying temperature and time on quality of candied Santol (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) Product. Santol, from the same source, was first made into a candied product prior to this study. The effects of three temperature levels (50, 60 and 70 degrees Celsius) and three drying periods (8, 9 and 10 hours) were evaluated, for product quality, based on a design of 32 factorial in completely randomized design; CRD. Physico-chemical qualities, microbial content and sensory evaluation were analyzed. Results found that after drying, the interaction effect and main effect had statistically significant impact on the physical, chemical and

microbial qualities of the candied santol product ($p \leq 0.05$). Under conditions of 50 degrees Celsius, drying temperature, in combination with a drying time of 8 hours, the product's physical properties were optimized. On the other hand, under conditions of 60 degrees Celsius drying, with 8 hours of drying time, the chemical properties were optimized. Although total microbial content tended to decrease with increasing temperature, there was no effect on yeast and fungus content. No microorganism levels exceeded to microbiological properties conformed to Thai Industrial Standard Institute for fruits and vegetables 161/2015. Sensory evaluation results showed no significant different in color, flavor, and overall liking of all treatment products by panelists (n = 30) ($p > 0.05$). However, texture preference scored was the highest in products that were dried at 50 degrees Celsius, with the score trending to decrease as the drying temperature increased. According to food safety, this study recommends the optimal drying conditions for candied Santol drying at 60 degrees Celsius for 8 hours.
Keywords : candied Santol, hot air drying method, product quality

1. บทนำ

กระท้อน (santol) เป็นไม้ผลยืนต้นอยู่ในวงศ์กระท้อน หรือ Meliaceae แพร่กระจายและเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น (Pennington and Styles, 1975) โดยพืชที่อยู่ในวงศ์กระท้อนนี้ มีเพียง 2 สกุลเท่านั้นที่จัดเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย ได้แก่ สกุลกระท้อน (*Sandoricum*) และสกุลลางสาด (*Lansium*) พืชในสกุลกระท้อนที่นิยมปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น ปุยฝ้าย อีล่า นิ่มนวล และทับทิม เป็นต้น โดยกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายได้รับความนิยมสูงสุด เนื่องจากมีลักษณะเด่นที่ผลซึ่งผลมีขนาดกลางถึงใหญ่ เนื้อหุ้มเมล็ดมีลักษณะเหมือนปุยฝ้ายและมีรสหวาน และมีเปลือกนิ่ม ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทานกระท้อนพันธุ์นี้ในรูปผลสุก (Hongwiwat and Hongwiwat, 2007) แต่เนื่องจากในช่วงที่ผลผลิตกระท้อนออกสู่ตลาดจำนวนมาก (พฤษภาคม-กรกฎาคม) เป็นช่วงซึ่งตรงกับช่วงเวลาที่ผลผลิตของผลไม้อื่น ๆ เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง ออกสู่ตลาดมากเช่นเดียวกัน ส่งผลให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคผลไม้มากขึ้น และกระทบต่อราคาผลิตผลให้ต่ำลงในที่สุด การแปรรูปกระท้อนให้สามารถเก็บถนอมรักษาไว้ได้นาน ไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณที่เกินความต้องการบริโภคผลสดจนทำให้ราคาตกต่ำได้เท่านั้น แต่ยังช่วยทำให้มีผลิตภัณฑ์กระท้อนนอกฤดูกาล เพิ่มมูลค่าของกระท้อนให้สูงขึ้น และยังช่วยทำให้เกิดความหลากหลายในผลิตภัณฑ์อาหาร (Sripui, 2003) “กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง” เป็นวิธีการแปรรูปกระท้อนอย่างหนึ่งเพื่อยืดอายุ พร้อมทั้งเพิ่มมูลค่าให้กับกระท้อน โดยการนำกระท้อนไปแช่อิ่มในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำตาล เกลือ และกรดอินทรีย์ จนได้ความหวานตามที่ต้องการ จากนั้นนำกระท้อนแช่อิ่มนี้ไปอบให้แห้งจนกลายเป็นกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง โดยทั่วไปเพื่อให้ได้กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่มีคุณภาพจะต้องแช่กระท้อนในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลประมาณร้อยละ 30-70 (Therdthai, 2008) โดยค่อย ๆ เพิ่มระดับความเข้มข้นขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้กระท้อนแช่อิ่มที่ไม่นิ่มหรือแข็งกระด้างเกินไปก่อนจะนำไปอบแห้ง (Agricultural research development agency, 2017) ในการอบแห้งผลไม้ทั่วไปนิยมใช้วิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่าการอบแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying) จึงเหมาะสำหรับภาคธุรกิจครัวเรือน แต่การอบแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งต่ำและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน (Therdthai and Krajangmathekul, 2011) ซึ่งในผลไม้แช่อิ่มควรมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, aw) ต่ำกว่า 0.6 และมีความชื้น (moisture) อยู่ในช่วงร้อยละ 15-30 (Sripui, 2003) สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร (Pornchaloempong and Rattanapanone, 2021; Postharvest Technology Innovation Center, 2013) การอบแห้งภายใต้สภาวะลมร้อนมักมีผลต่อการคงอยู่ขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ (Kong et al., 2010) และอาจส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เช่น สี และ เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ (Soponronnarit, 1997) ขณะที่ระยะเวลาการอบแห้งที่ยาวนานขึ้นส่งผลกระทบค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แต่หากมีการเตรียมการบางอย่าง

ก่อนอบแห้ง สามารถช่วยลดเวลาการทำแห้งลงได้ เช่น Doymaz (2010) ทดลองแช่ชิ้นแอปเปิ้ลแดงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 2 นาที และการลวกในน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส แล้วพบว่า การแช่ในสารละลายกรดและลวกน้ำร้อนก่อนการทำแห้ง ช่วยทำให้ระยะเวลาการทำแห้งลดลงคิดเป็นร้อยละ 30.7 และ 21.7 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนากระบวนการผลิต “กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง” ด้วยวิธีอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) ที่สามารถผลิตได้ตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม ลดระยะเวลาการผลิตให้สั้นลง โดยไม่มีการเติมวัตถุกันเสีย แต่สามารถเก็บรักษาได้นาน โดยทำการศึกษาเพื่อหาระดับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มหลังการอบแห้งมีคุณภาพตรงความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากหากการอบแห้งผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่ไม่มีการควบคุมที่ดีทั้งด้านอุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบ และความหนาของชิ้นผลไม้ที่วางเรียงบนถาด จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สีเปลี่ยนไปไม่เป็นที่ต้องการ เกิดการหดตัว (shrinkage) เกิดการแข็งของผิว (case hardening) และประสิทธิภาพการคืนรูปไม่ดี ความสำเร็จจากการวิจัยนี้ไม่เพียงแค่ได้ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อยู่ในรูปแบบที่สะดวกในการบริโภค ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถกระตุ้นเศรษฐกิจเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมกระท้อนแช่อิ่ม

2.1.1 วัตถุดิบ

คัดเลือกผลกระท้อนสายพันธุ์ปุยฝ้าย (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) ที่มีอายุ 170 วัน ตั้งแต่ดอกบานจนถึงเก็บเกี่ยว ลักษณะเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวเล็กน้อย ขนาดน้ำหนักต่อผลอยู่ในช่วง 400-500 กรัม (เมื่อนำมาวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายและค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าเท่ากับ 7 องศาบริกซ์ และ 2.4 ตามลำดับ)

2.1.2 การเตรียมกระท้อนแช่อิ่ม

นำผลกระท้อนมาปอกเปลือก คว้านเมล็ดออก นำส่วนเนื้อกระท้อนมาหั่นให้มีลักษะเป็นเส้นยาว 5 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร แช่ในสารละลายที่มีส่วนผสมของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายกรดซิตริก และเกลือแกงเข้มข้น (น้ำหนัก/ปริมาตรน้ำ) ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 25 ตามลำดับ แช่นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด 4 ครั้ง นำไปแช่ต่อในน้ำที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปแช่ต่อในสารละลายซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 ภายใต้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนเพิ่มความคงตัวให้กับเนื้อสัมผัส (Sripui, 2003) จากนั้นจึงนำเนื้อกระท้อนไปทำการออสโมซิสในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้น ที่ความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ โดยใช้อัตราส่วนเนื้อกระท้อนต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 1:1 จากนั้นทำการปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมขึ้นวันละ 10 องศาบริกซ์ จนกระทั่งน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ รวมถึงควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำเชื่อมให้อยู่ในช่วง 3.00 - 3.50 เพื่อลดการตกผลึกของน้ำตาล

2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่ม

นำกระท้อนแช่อิ่มจากข้อ 2.1.2 ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วินาที เพื่อล้างน้ำเชื่อมที่อยู่ตามผิวของเนื้อกระท้อน จากนั้นนำกระท้อนแช่อิ่มจัดวางในถาดนำไปอบแห้งด้วยเครื่อง Hot air drying แบบมีพัดลมขนาดความจุ 70 ลิตร (ยี่ห้อ Binder รุ่น FED240, Germany) โดยการแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และแปรระยะเวลาอบของแต่ละระดับอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 8, 9 และ 10 ชั่วโมง ดำเนินการทดลองโดยจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 factorial in completely randomized design; CRD) จึงได้สภาวะการอบแห้งจำนวน 9 สภาวะ แล้วจึงนำกระท้อนแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งแล้วเก็บในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาในตู้ดูดความชื้น และรอการตรวจสอบคุณภาพต่อไป

2.3 การตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ในข้อ 2.2 มาทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.3.1 ตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ โดยสุ่มผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละสิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ชิ้น นำมาวัดค่าสีด้วย color meter (KONICA MINOLTA รุ่น Chroma Meter CR-400, Japan) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ซึ่งค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง ค่า a* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสค่าแรงตัดด้วยเครื่อง texture meter (Lloyd instruments, รุ่น TA plus, Hampshire, UK.) ทุกพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

2.3.2 ตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมี โดยนำผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละสิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ชิ้นมาตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้ water activity meter (ยี่ห้อ NOVASINA รุ่น LabMasster.aw, Switzerland) และนำชิ้นเนื้อกระท้อนในแต่ละสิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ชิ้นปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เป็นเวลา 3 วินาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman, England) และนำน้ำที่กรองได้มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (ยี่ห้อ Consort รุ่น C3010, USA) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Digital Hand Refractometer (ยี่ห้อ ATAGO รุ่น MASTER – 3M, JAPAN) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000)

2.3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในถุงบรรจุสุญญากาศภายใต้อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน จึงทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฯ จากทุกชุดทดลองไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ standard total plate count ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ standard plate count agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง (AOAC, 2000) และตรวจหาปริมาณยีสต์และราในอาหาร โดยวิธี pour plate technique ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง (AOAC, 2000) คำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น colony forming unit/gram (CFU/g)

2.4 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 9 สิ่งทดลอง ไปทดสอบสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scaling (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) โดยคุณลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดำเนินการทดสอบภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD)

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 20 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 9 สิ่งทดลอง แสดงผลดังตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 1 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (interaction effect) และอิทธิพลหลัก (main effect) มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มหลังอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่าเนื้อสัมผัส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มสูงสุดในระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง และเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า

กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างสูงสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง มีค่าสีแดง สีเหลือง และเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างสูงสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง มีค่าสีแดง สีเหลืองและเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ส่วนกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ค่าความสว่างสูงสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ให้ค่าสีเหลืองและเนื้อสัมผัสต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง แต่ค่าสีแดงไม่ต่างกัน ($p > 0.05$)

ความร้อนส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) เป็นหลัก เนื่องผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 และ70 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงสูงกว่าผลิตภัณฑ์ฯ ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ฯ มีสีเข้มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เป็นเพราะระดับอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมาก จึงมีผลต่อรูปร่างของเซลล์เกิดการหดตัวมาก และทำให้เนื้อกระท้อนมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าเนื้อสัมผัสที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) โดยความแข็งที่เพิ่มขึ้นนี้เอง เป็นตัวการทำให้การหักเหของแสงและการสะท้อนของแสงเปลี่ยนแปลงไป (Chiralt and Talens, 2005; Martinez-Valencia *et al*., 2011) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ Uan-On (2003) ที่พบว่าการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ทำให้กล้วยหลังการอบเกิดสีน้ำตาลและมีลักษณะเหี่ยวย่นมากกว่าการอบแห้งที่ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกัน การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์ฯ มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงทะลุผ่านชิ้นของกระท้อนแช่อิ่มจะมีค่าสูงขึ้นและเกิดการระเหยของโมเลกุลน้ำออกไปจากผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งเมื่อโมเลกุลน้ำน้อยลงจึงทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปรากฏมากขึ้น และส่งผลให้ต้องใช้แรงเฉือนมากขึ้นในที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuenyongputtakal, and Noyphan (2010) ที่ทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้า และพบว่าที่การอบแห้งในสภาวะที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลานานมาก มีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นเนื้อมากขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Niwat (1999) ที่ทดสอบการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ถึง 16 ชั่วโมง และพบว่า สับปะรดอบแห้งจะมีลักษณะเหี่ยวย่นและเหนียวมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น ดังนั้น จากการพิจารณาคุณภาพทางกายภาพโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	คุณภาพทางกายภาพด้านสี (L*)	(a*)	(b*)	ค่าแรงตัด (นิวตัน)
50	8	43.80±0.36^{c}	3.45±0.05^{d}	15.87±0.35^{e}	17.67±0.15^{h}
	9	45.50±0.50^{b}	4.53±0.15^{c}	16.50±0.20^{d}	18.70±0.20^{g}
	10	41.73±0.25^{e}	4.97±0.13^{b}	16.60±0.10^{d}	20.12±0.09^{f}
60	8	45.10±0.10^{b}	5.03±0.15^{b}	14.70±0.20^{f}	21.07±0.06^{e}
	9	42.77±0.31^{d}	6.43±0.40^{a}	16.60±0.10^{d}	21.67±0.06^{d}
	10	46.77±0.25^{a}	6.77±0.25^{a}	18.20±0.20^{b}	23.30±0.10^{c}
70	8	45.20±0.10^{b}	6.40±0.36^{a}	17.50±0.10^{c}	30.09±0.07^{b}
	9	42.07±0.21^{e}	6.50±0.20^{a}	18.30±0.10^{b}	33.10±0.10^{a}
	10	42.83±0.78^{d}	6.60±0.26^{a}	18.70±0.10^{a}	33.29±0.18^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า L* = lightness (100 = light, 0 = dark) ค่า a* = + show redness, - show greenness

ค่า b* = + show yellowness, - show blueness

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 9 สิ่งทดลอง แสดงผลดังตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 2 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลัก มีผลกระทบต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่ระยะเวลาการอบส่งผลให้ค่า pH ไม่ต่างกัน ($p>0.05$) ค่า TSS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ค่า a_w และความชื้นมีแนวโน้มลดลงตามระดับอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง ค่า TSS ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า a_w ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 เวลาอบแห้ง ส่วนค่าความชื้นต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า TSS ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า aw ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 เวลาอบแห้ง และความชื้นต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 9-10 ชั่วโมง ส่วนกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีค่า pH ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง ค่า TSS ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า a_w ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 เวลาอบแห้ง และความชื้นต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 9-10 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	คุณสมบัติทางเคมี			
		pH	TSS	a_w	Moisture (%)
50	8	2.45±0.01 ^{cd}	51.67±2.89 ^{d}	0.67±0.01 ^{a}	26.35±0.26 ^{a}
	9	2.42±0.01 ^{ef}	54.67±0.58 ^{cd}	0.63±0.01 ^{a}	23.47±0.49 ^{b}
	10	2.46±0.01 ^{c}	55.00±0.00 ^{cd}	0.62±0.02 ^{a}	22.40±0.33 ^{c}
60	8	2.46±0.01 ^{bc}	57.00±1.00 ^{bc}	0.55±0.01 ^{b}	21.33±0.04 ^{d}
	9	2.42±0.01 ^{f}	59.17±5.20 ^{b}	0.54±0.01 ^{b}	19.99±0.06 ^{e}
	10	2.44±0.02 ^{de}	65.00±0.00 ^{a}	0.54±0.01 ^{b}	19.82±0.04 ^{e}
70	8	2.47±0.01 ^{bc}	62.83±0.29 ^{a}	0.36±0.02 ^{c}	16.09±0.30 ^{f}
	9	2.52±0.02 ^{a}	66.67±1.44 ^{a}	0.35±0.02 ^{c}	15.88±0.30 ^{g}
	10	2.48±0.01 ^{b}	66.50±0.87 ^{a}	0.35±0.02 ^{c}	15.72±0.38 ^{g}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อระดับอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า TSS เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้การหักเหของแสงและการสะท้อนแสงเปลี่ยนแปลงไป (Chiralt and Talens, 2005; Martinez-Valencia et al., 2011) ดังนั้นผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่มีค่า TSS สูงจึงมีค่าความสว่างลดลง และมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1 และ 2) นอกจากนี้เมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH ในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่า a_w และความชื้น ลดลง สันนิษฐานว่าเป็นเพราะกระท้อนผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมเข้มข้น (60 องศาบริกซ์) ความหวานจึงเป็นตัวช่วยให้ความสามารถในการกำจัดน้ำออกจากอาหารเพิ่มขึ้น (Martinez-Valencia et al., 2011) และเมื่อน้ำถูกดึงออกจากกระท้อนแช่อิ่มมากขึ้นจึงทำให้ค่า a_w และความชื้นลดลงตามลำดับ ซึ่งค่า a_w และความชื้น บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์อาหาร หากมีปริมาณที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ดังนั้น a_w และความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร จึง

เป็นตัวการสำคัญที่มีผลต่อการป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่า a_w ของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง มผช.136/2558 ที่กำหนดให้ค่า a_w ในผักและผลไม้แช่อิ่มต้องไม่เกิน 0.6 (Thai Industrial Standards Institute, 2015) อย่างไรก็ตาม มีเพียงอุณหภูมิอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียสเท่านั้นที่มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 โดยน้ำหนักซึ่งผ่านเกณฑ์มาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้งมผช.136/2558 แต่เนื่องจากในผลไม้แช่อิ่มมักมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงที่สามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Sripui, 2003) ดังนั้น การให้ความความสำคัญของความชื้นต่อการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในผลไม้แช่อิ่มจึงลดลงไป ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีคุณภาพทางเคมีเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นสภาวะแรกที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนฯ

3.3 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ในกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

จากการนำผลิตภัณฑ์ฯ จากทุกสภาวะการทดลองหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน ไปตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ได้แสดงผลดังตารางที่ 3 ซึ่งจากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งครั้งนี้ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* และเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลัก มีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ทำให้ปริมาณยีสต์และราแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามระดับอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยพบว่ากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกระดับอุณหภูมิมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในทุกสิ่งทดลองพบว่า ทั้งหมดมีปริมาณไม่เกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้ จุลินทรีย์ทั้งหมดในผลไม้อบแห้งต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2015) รวมถึง ราและยีสต์ที่ตรวจพบอยู่ในระดับน้อยกว่า 300 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งปริมาณราและยีสต์ที่ตรวจพบนี้ อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แช่อิ่ม มผช. 161/2558 ที่กำหนดให้ยีสต์และราต้องน้อยกว่า $1\text{x}10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2015) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้สามารถยืนยันได้ว่า กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งนี้มีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมที่มีปริมาณน้ำตาลมากพอที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Sripui, 2003)

ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

Temperature (°C)	Drying time (hrs)	Microorganisms quantity (CFU/g)	
		Total Microorganisms	Yeast and Fungi ^{ns}
50	8	1.15×102±7.07^{c}	5.00±7.07
	9	6.50×101±7.07^{b}	5.00±7.07
	10	1.25×102±21.21^{d}	5.00±7.07
60	8	3.10×102±0.00^{e}	10.00±0.00
	9	9.00×101±28.28^{c}	24.00±5.66
	10	1.70×102±28.28^{d}	15.00±21.21
70	8	1.35×102±21.21^{d}	5.00±7.07
	9	4.50×101±63.64^{b}	10.00±0.00
	10	ND^{a}	ND

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ND ย่อมาจาก not detect หมายถึง ตรวจไม่พบ

3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ฯ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ได้ผลดังตารางที่ 4 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 4 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลพบว่า อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลักมีผลกระทบต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ปัจจัยหลักด้านระดับอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส โดยพบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำคุณภาพทุกด้านมาพิจารณาร่วมกันเพื่อตัดสินใจต่อทางเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่ม โดยจะเห็นว่า การอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มด้วยระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์ฯ มีคุณภาพทางกายภาพเหมาะสมที่สุดในด้านความเข้มสีและความเหนียวหนึด ช่วยให้สิ้นเปลืองพลังงานต่ำสุด แต่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างจากสภาวะอบแห้งอื่น ๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญ หากทว่า ที่สภาวะการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นี้ทำให้คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกณฑ์ความปลอดภัยด้านอาหาร เนื่องจากมีค่า a_w ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง มผช. 136/2558 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงแนะนำสภาวะอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาอบนาน 8 ชั่วโมง ว่ามีความเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		สี ns	กลิ่น ns	รสชาติ ns	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม ns
50	8	6.30±1.12	6.06±1.68	6.50±1.33	6.40±1.50[a]	6.73±1.57
	9	6.13±0.94	5.63±1.40	6.13±1.38	6.17±1.42[ab]	6.20±1.52
	10	6.13±0.97	5.87±1.59	6.07±1.53	6.20±1.49[ab]	6.40±1.35
60	8	6.17±1.23	5.90±1.34	6.53±1.31	5.83±1.76[ab]	6.33±1.42
	9	6.03±1.00	5.77±1.38	6.60±1.59	5.73±1.51[ab]	6.23±1.50
	10	5.97±1.00	6.23±1.38	6.23±1.52	5.87±1.46[ab]	6.13±1.53
70	8	6.17±1.29	5.77±1.65	6.00±1.72	5.77±1.50[ab]	6.13±1.63
	9	6.07±1.05	5.90±1.45	6.33±1.24	5.40±1.71[b]	6.03±1.75
	10	6.07±1.31	5.90±1.40	6.13±1.41	5.50±1.72[ab]	6.10±1.40

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. สรุป

อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้ง) และอิทธิพลหลัก มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มหลังอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมที่สุด ขณะที่ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบ 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางเคมีมีความเหมาะสมที่สุดและทุกเงื่อนไขในการอบแห้งทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์อาหารปลอดภัย ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาด้านความปลอดภัยจากอาหารร่วมกับผลการทดสอบทาง การศึกษานี้แนะนำสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก เงินทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ซึ่งคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis.** (16th ed.), Virginia, USA. The Association of Official Analysis Chemists.

Agricultural research development agency. 2017. **Formula and production process “Fruit preserve for health”**. [Online] Available from https://www.nfc.or.th/content/2543#:~:text=%E2%80%. (in Thai)

Chiralt, A. and P. Talens. 2005. **Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues**. Journal of Food Engineering. 67: 167-177.

Doymaz, I. 2010. **Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples**. Food Bioprod. Process. 88, 124-132.

Hongwiwat, N. and T. Hongwiwat. 2007. **111 kinds of fruits : Food value and Eating**. Bangkok: Sangdad. 324 pp. (in Thai)

Kong, K.W., A. Ismail, C.P. Tan. and N.F. Rajab. 2010. **Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology**. LWT Food Sci. Technol. 43: 729-735.

Martinez-Valencia, B.B., M. Abud-Archila., M.A. Ruiz-Cabrera, A. Grajales-Lagunes, L.Dendooven, S.L.

Ovando-Chacon. and F.A. Gutierrez-Miceli. 2011. **Pulsed vacuum osmotic dehydration kinetics of melon (*Cucumis melo* L.) var. cantaloupe**. African Journal of Agricultural Research. 6 (15): 3588-3596.

Niwat, J. 1999. **Drying of pineapples using continuous osmosis method**. Master's thesis. Department of Food Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Niyomvit, N. 1984. **Treatise for Crystallized fruit**. Department of Home Economics, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Pennington, T.D. and B.T. Styles. 1975. **A generic monograph of the Meliaceae**. Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants, 22 (3): 419-540 (in Thai).

Pornchaloempong, P. and N. Rattanapanone. 2021. **Water Activity**. [Online] Available from http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/dehydration. (in Thai). [Accessed January 20, 2021]

Postharvest Technology Innovation Center. 2013. **Water Activity with controlling the shelf life of food products**. html: file://C:\Documents and Settings\admin\Desktop\OToP 57\Water Activity niunrrn?uF!ila1q (in Thai). Accessed 20 Jan. 2021.

Soponronnarit, S. 1997. **Drying of seeds**. 5th edition, Faculty of Energy and Materials, Institute of Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi. 338 p. (in Thai)

Sripui, J. 2003. **Fruit and vegetable processing**. Academic Service Centre Khon Kaen University, 11 (1): 58-64

Thai Industrial Standards Institute. 2015. **Thai community product standards: dried fruits and vegetables**. TCPS Number.136/2558. (in Thai)

Therdthai, N. 2008. **Design in agro-industry**. Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 209 pp. (in Thai)

Therdthai, N. and S. Krajangmathekul. 2011. **Effect of Microwave Assisted Hot Air Drying on Quality of Dried Pumpkin**. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry, Bangkok. Page 133-140.

Uan-On, T. 2003. **Quality and Process Improvement of Dried Banana**. Master Thesis. Department of Agro-Industrial Product Development, Kasetsart University, Bangkok. 111 pp.

Yuenyongputtakal, W., and P. Noyphan. 2010. **Effects of pre-treatment and high temperature short time drying conditions on the quality of dried Banana (*Musa sapientum*)**. Agricultural Science Journal, 41(3), 229-232. (in Thai)

(Received: 3/Apr/2021, Revised: 4/Jun/2021, Accepted: 9/Jun/2021)

รูปแบบสมการสำหรับการประเมินช่วงหลังการเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมและระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ

Equation Model For Postmortem Interval Assessment From Ambient Temperature, Total Body Score And Time Since Death

วรเชษฐ์ ขอบใจ[1]* และ พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์[2]

Warachate Khobjai[1]* and Pongpitsanu Pakdeenarong[2]

[1] หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์และงานยุติธรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร [2] คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

[1] Forensic science and criminal justice program, Faculty of science, Silpakorn University

[2] Faculty of forensic science, Royal Police Cadet Academy

** warachate7406@hotmail.co.th Tel. 0846116221*

บทคัดย่อ

ปัจจัยอุณหภูมิแวดล้อมส่งผลต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงหลังการตายของศพ แพทย์นิติเวชทำการประเมินเวลาตายได้โดยการตรวจการเปลี่ยนแปลงภายหลังตายที่เกิดกับศพเป็นหลัก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสะสมต่อคะแนนร่างกายรวมและเวลาการเสียชีวิตของศพ สำหรับใช้เป็นรูปแบบการประเมินเวลาการเสียชีวิตในประเทศไทยภูมิภาคเขตร้อนชื้น งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงเอกสารจากข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมต่อการเปลี่ยนแปลงคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลาการเสียชีวิต ซึ่งคิดจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมทั้งสิ้น 48 คะแนน ผลการศึกษาเวลาการเสียชีวิตขอบต่ำ กลาง สูง ของช่วงเวลาการเสียชีวิตกลุ่มต่าง ๆ กับคะแนนร่างกายรวม พร้อมกับช่วง 95% confident interval พบว่า ที่เวลาการเสียชีวิตช่วงต่ำได้สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนด (95% CI) คือ $y = 0.1608x + 15.296$, $R^2 = 0.9672$ (5.575-25.02) เวลาการเสียชีวิตช่วงกลางได้สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนด (95% CI) คือ $y = 0.1608x + 13.367$, $R^2 = 0.9672$ (2.620-24.11) และเวลาการเสียชีวิตช่วงสูงได้สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนด (95% CI) คือ $y = 0.1608x + 13.367$, $R^2 = 0.9672$ (2.620-24.11) ตามเกณฑ์การประเมินคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายหลังเสียชีวิตในศพลักษณะสดมีคะแนนขั้นต่ำสุด คือ 8 คะแนน เมื่อนำมาใช้กับสมการจะได้เวลาการเสียชีวิตต่ำสุดเป็น 4.72 ชั่วโมง สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดของคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิต (PMI) อุณหภูมิสะสมรายวันของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยาไม่มีความแตกต่างกันทั้งเส้นความชัน (Slope) จุดตัดแกน y และสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination)

คำสำคัญ : อุณหภูมิสะสม ช่วงเวลาการเสียชีวิต คะแนนร่างกายรวม

Abstract

Ambient temperatures factor affects the post-mortem changes. Forensic physicians can estimate the time of death by primarily examining post-mortem changes to the corpse. The objective of this research was to investigate the relationship of cumulative temperature change to total body score and mortality time of corpses. The results of the study can be used as a model for estimating mortality time in tropical Thailand. This research was a qualitative and documentary research based on secondary data. The study examined the relationship of cumulative temperature to the change in the total body score of the corpses and the time of death, based on a 48 total body change score. The results of the study of time after death, the low-mid-high margin postmortem interval of the different mortality intervals and the total body score with the 95% confident interval were y = 0.1608x + 15.296, R^2 = 0.9672 (5.575-25.02), y = 0.1608x + 13.367, R^2 = 0.9672 (2.620-24.11), and y = 0.1608x + 13.367, R^2 = 0.9672 (2.620-24.11), respectively. According to the criterion for the postmortem total body change score in fresh corpses, the lowest total body score was 8, when applied to the equation, the lowest time since death was 4.72 hours. The linear regression and determination coefficients of the total body score (TBS) of post-mortem change (PMI), accumulated degree-day (ADD) temperature of the onsite, and the Meteorological department were not different across the y-intercept slope and coefficient of determination.

Keywords : Accumulated degree, Postmortem interval, Total body score

1. บทนำ

การประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต เป็นข้อมูลสำคัญที่แพทย์นิติเวช นักนิติวิทยาศาสตร์ พนักงานสอบสวน และนักกฎหมาย ใช้ช่วยสืบสวนอาชญากรรมและการเสียชีวิตอื่น ๆ ที่ไม่ประจักษ์พยานหรือไม่ทราบสาเหตุการเสียชีวิต และศพที่ตายผิดธรรมชาติ การประมาณเวลาการเสียชีวิตช่วยให้นักกฎหมายใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบข้อแก้ต่างของผู้ต้องสงสัย ระบุเหยื่อของอาชญากรรม และคลี่คลายคดี อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงหลังการตายของศพในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ยังเป็นเรื่องที่ยังไม่เข้าใจดี นอกจากนี้ ยังขาดการศึกษาการประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิตจากปัจจัยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในภูมิภาคเขตร้อน การระบุระยะเวลาการเสียชีวิตว่าเสียชีวิตมานานเท่าใดมีความสำคัญทางกฎหมายทั้งทางอาญาและทางแพ่ง โดยเฉพาะในทางอาญานอกจากจะช่วยบอกว่าการฆาตกรรมนั้นเกิดขึ้นเมื่อใด การประมาณเวลาตายเป็นหัวใจหลักอย่างหนึ่งของการชันสูตรพลิกศพ ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญามาตรา 154 “ให้ผู้ชันสูตรพลิกศพทำความเห็นเป็นหนังสือแสดงเหตุและพฤติการณ์ที่ตาย ผู้ตายคือใคร ตายที่ไหน เมื่อใด ถ้าตายโดยคนทำร้ายให้กล่าวว่า ใครหรือสงสัยว่าใครเป็นผู้กระทำผิดเท่าที่จะทราบได้” โดยเฉพาะอย่างในกรณีที่พบศพถูกฆาตกรรมและไม่ประจักษ์พยานพบเห็น

การพบศพที่เสียชีวิตโดยไม่ทราบสาเหตุและไม่มีผู้พบเห็นประจักษ์พยาน จะนำไปสู่คำถามสำคัญ คือ ผู้เสียชีวิตเป็นใคร สาเหตุการเสียชีวิตคืออะไร และเสียชีวิตเมื่อใด หากพบศพที่ยังสดหรือค่อนข้างสดเป็นบทบาทของแพทย์นิติเวชหรือนิติพยาธิแพทย์ในการคาดคะเนคำตอบจากสภาพของร่างกายของศพเพื่อตอบคำถามเหล่านี้ (Pickering & Bachman, 2009) อย่างไรก็ตาม หากซากศพอยู่ในสภาพเน่าเปื่อยหรือโครงกระดูกมากขึ้นการตรวจสอบว่าซากศพนั้นมีความสำคัญทางนิติวิทยาศาสตร์ หากพิจารณาแล้วว่าซากศพนั้นมีความสำคัญทางมานุษยวิทยา นักมานุษยวิทยาทางนิติวิทยาศาสตร์จะทำการตรวจที่จำเป็นสำหรับการระบุตัวบุคคล ตรวจสอบลักษณะการตาย และเวลาการเสียชีวิต ในขณะที่การประมาณเวลาการเสียชีวิตซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าช่วงเวลาการตาย (Postmortem interval, PMI) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสอบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ แต่ก็เป็นหนึ่งในการพิจารณาที่ยากที่สุดที่จะทำให้ได้ (Forbes, 2004) ยิ่งเวลาผ่านไปนานขึ้นหลังเสียชีวิต ตัวบ่งชี้ลำดับเหตุการณ์ที่คงเหลืออยู่จนถึงกระบวนการเน่าสลายก็ยิ่งไม่ชัดเจน ทำให้การประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตยิ่งกว้างขึ้น (Klepinger, 2006; Wilson-Taylor & Dautartas, 2013) เนื่องจากมีตัวแปรจำนวนมากที่มีความสัมพันธ์กับร่างกายทำให้อัตราการสลายตัวเปลี่ยนแปลงไป (Klepinger, 2006; Pickering & Bachman, 2009) แม้จะมีผลกระทบของตัวแปรภายนอกและภายในที่มีอิทธิพลต่อการเน่าสลายตัว แต่ศพที่มีการเปลี่ยนแปลงสามารถให้ข้อมูลที่สำคัญทางนิติเวชและนิติวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเวลาที่เกิดขึ้นหลังเสียชีวิต (Pickering & Bachman, 2009; Wilson-Taylor & Dautartas, 2013) การกำหนดเวลาที่แม่นยำเนื่องจากความตายสามารถให้ขอบเขตเวลาแก่ตำรวจได้ในที่สุดโดยมุ่งเน้นไปที่ทิศทางของการสอบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยเหลือตำรวจในคดีฆาตกรรมที่ซากศพสามารถยืนยันคำให้การของพยานและแยกผู้ต้องสงสัยที่อาจเกิดขึ้นได้โดยการสนับสนุนข้อแก้ตัวของผู้ต้องสงสัย (Forbes & Nugent, 2009)

มีการศึกษาการเน่าสลายจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าเวลาการเสียชีวิตที่ถูกต้อง แต่ส่วนใหญ่ศึกษาทางด้านทางกีฏวิทยา ซึ่งดูวงจรชีวิตของแมลงที่พบในศพเน่า เมื่อไม่นานมานี้เมื่อนักมานุษยวิทยาทางนิติวิทยาศาสตร์เริ่มทำการวิจัยที่เน้นถึงตัวแปรของซากอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเน่าสลายตัว (Mann, Bass, & Meadows, 1990) หลักฐานทางกีฏวิทยาไม่ได้พบระยะของการเน่าสลายเสมอไป ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจว่าปัจจัยอื่น ๆ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเน่าที่เกิดขึ้นอย่างไร สิ่งนี้ทำให้ผู้เชี่ยวชาญด้านนิติวิทยาศาสตร์มีวิธีการแบบองค์รวมมากขึ้นในการตรวจสอบซากศพ และช่วยให้สามารถประมาณเวลาได้แม่นยำยิ่งขึ้นเนื่องจากการตายที่เกิดขึ้นเมื่อมีความหลากหลายของตัวแปร ตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ พบว่ามีผลกระทบที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งต่ออัตราการเน่าสลาย ซึ่งมีผลต่อทั้งอัตราและกระบวนการเน่าสลาย (Mann *et al.*, 1990) ความรู้นี้กระตุ้นให้เกิดการศึกษาเกี่ยวกับซากศพและมานุษยวิทยามากมายเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเน่าสลาย (Amendt *et al.*, 2007; Bass, 1997; Brown & Peckmann, 2013; Melina, 2010; Rodriguez & Bass, 1983)

จากช่องว่างของการวิจัยเหล่านี้ การศึกษาในปัจจุบันที่มีส่วนสนับสนุนในสาขามานุษยวิทยาทางนิติวิทยาศาสตร์ การศึกษาการเน่าสลายตัวส่วนใหญ่ทำในแคนาดา (Melina, 2010) และสหรัฐอเมริกา (Suckling, Spradley, & Godde, 2016) และมีการศึกษาอื่น ๆ ในพื้นที่ของยุโรปและแอฟริกาใต้ (Myburgh, L'Abbé, & Steyn, 2013) ศึกษาว่าวิธีการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากการศึกษาต่างประเทศจะไม่สามารถนำไปใช้ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันได้ ในขณะที่การศึกษานำร่อง (Megyesi, Nawrocki, & Haskell, 2005) ชี้ให้เห็นว่าวิธีการแต่ละประเทศในปัจจุบันไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่น การศึกษาในปัจจุบันจะทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของผลการศึกษาก่อนหน้านี้ (Marhoff, 2013) การพัฒนาวิธีการวิจัยใหม่สำหรับการประมาณค่าเวลาการเสียชีวิตของการเปลี่ยนแปลงเน่าสลายของศพยังคงมีความสำคัญกับบริบทของประเทศไทย จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประมาณช่วงเวลาการเสียชีวิตให้แคบลงจากสัปดาห์ถึงเดือนเป็นวันและ/หรือชั่วโมง ทำให้เป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกรณีทางนิติเวชและนิติวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยเขตร้อนชื้นได้จริง

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาอุณหภูมิวันสะสมและอุณหภูมิชั่วโมงสะสมกับค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงรวมของศพ สำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นรูปแบบการประมาณเวลาการเสียชีวิต และ (2) ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพและระยะเวลาการเสียชีวิต สำหรับใช้เป็นรูปแบบการประมาณเวลาการเสียชีวิต

2. วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) และงานวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary research) ประกอบไปด้วย การเก็บข้อมูลอุณหภูมิย้อนหลังจากรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยาและขอความอนุเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิช่วงตามวันเวลาที่ระบุในเอกสารที่เผยแพร่ในวารสารในลักษณะต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และวารสารที่เผยแพร่ตีพิมพ์ที่มีเนื้อหางานวิจัยที่ระบุเกณฑ์คะแนนการประเมินการเปลี่ยนแปลงของศพและเวลาการเสียชีวิต โดยเน้นรูปแบบสมการที่ได้จากการวิเคราะห์งานวิจัยเชิงเอกสารมาปรับประยุกต์ใช้กับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เพื่อระบุระยะเวลาการเสียชีวิต

จากเอกสารงานวิจัยที่เผยแพร่สาธารณะในวารสารวิชาการหรือเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เนื่องจากในช่วงปี 2547-2548 จังหวัดภูเก็ตมีเหตุการณ์ภัยพิบัติสึนามิเกิดขึ้นและมีรายงานวิจัยการประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนนและมีการบันทึกอุณหภูมิวันที่ทำการชันสูตรศพ จึงเลือกข้อมูลจากเอกสารนี้เก็บข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดภูเก็ตจากกรมอุตุนิยมวิทยาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่รายงานระหว่างการชันสูตรพลิกศพ และคะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายรวมกับระระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ ดังนี้

1. ข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดภูเก็ต ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึงมกราคม พ.ศ. 2548 ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

2. คะแนนการเปลี่ยนร่างกายรวมของศพกับช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต จากการผลงานการศึกษาของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ เรื่อง “การประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนน” ในวารสารสมาคมแพทย์นิติเวชแห่งประเทศไทย ปีที่ 08 ฉบับที่ 02 กรกฎาคม - ธันวาคม 2557 หน้า 112-126 ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 818 ราย

2.1 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดภูเก็ต

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดภูเก็ต ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึงมกราคม พ.ศ. 2548 จากการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับการศึกษาการประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนนของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ ซึ่งรายงานอุณหภูมิช่วงวันเกิดเหตุและวันที่ตรวจชันสูตรศพเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิที่รายงานเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่มีการศึกษาวิจัยของงานวิจัยที่อ้างอิง

2.2 การศึกษาข้อมูลการประมาณเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวมของศพ

สืบค้นข้อมูลวารสารที่มีการเผยแพร่ในระบบออนไลน์สาธารณะ โดยมีคำในการสืบค้นเกี่ยวกับการประเมินการเปลี่ยนแปลงหลังการเสียชีวิต ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของร่างกายหลังการเสียชีวิต อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ณ ที่เกิดเหตุ หลักการคำนวณคะแนนร่างกายรวมเริ่มต้นระยะสดจาก 8 คะแนน ถึงระยะสุดท้ายคะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมทั้งสิ้น 48 คะแนน จำแนกได้จากคะแนนตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของศพ การเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนังส่วนหัว ลำตัว และแขนขา อย่างละ 8 คะแนน คะแนนลักษณะการบวมอืดของศพ 5 คะแนน คะแนนลักษณะการเกิดตุ่มน้ำและผิวหนังหลุดลอกและการให้คะแนนโดยเทียบกับพื้นที่ผิวหนังทั้งหมด 5 คะแนน คะแนนลักษณะการหลุดร่วงของเส้นผม 2 คะแนน คะแนนลักษณะของการหลุดลอกของเนื้อเยื่อออกจากกระดูก 10 คะแนน และคะแนนลักษณะของการแมลง 2 คะแนน ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนัง (Skin discoloration) บริเวณศีรษะจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าผิวหนังบริเวณลำตัวและแขนขา โดยในช่วง 48-72 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนังบริเวณลำตัว แขนขา จะเปลี่ยนแปลงช้าจนเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่หลากหลายรูปแบบ แต่หลังจาก 96 ชั่วโมงขึ้นไป จะเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่จนกระทั่งเปลี่ยนแปลงเต็มที่ โดยผลการศึกษาของงานวิจัยนี้พบว่าสอดคล้องกับข้อมูลของ DiMaio & DiMaio, (2001) และข้อมูลในประเทศไทย (Wattanakhajorn and Hunwijit, 1999; Chockjamsai, 1999)

การบวมอืดของศพ (Bloating) เวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง จะเริ่มพบศพบวมไปจนถึงศพบวมอืดเต็มที่ และเมื่อเวลาหลังตายผ่านไป 96 ชั่วโมง ศพจะค่อย ๆ ยุบตัวลงเป็นลำดับอย่างช้า ๆ จนยุบเต็มตัวที่ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับข้อมูลในประเทศไทย ส่วนผลการศึกษาในต่างประเทศจะมีระยะเวลาการบวมพองของศพนานและช้ากว่า (DiMaio & DiMaio, 2001; Galloway, 1997; Parks, 2011) ซึ่งน่าจะเกิดจากต่างประเทศที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าประเทศไทย

การเกิดตุ่มน้ำและการหลุดลอกของผิวหนัง (Skin bleb and skin slippage) เวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง จะเริ่มพบตุ่มน้ำบริเวณผิวหนังและเริ่มมีผิวหนังบางส่วนหลุดลอก เวลาหลังตายหลังตั่งแต่ 96 ชั่วโมง พบว่าผิวหนังจะหลุดลอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการศึกษาสอดคล้องกับข้อมูลของต่างประเทศ (Clark, Worrell, & Pless, 1997; DiMaio & DiMaio, 2001; Parks, 2011) และข้อมูลภายในประเทศไทย (Wattanakhajorn and Hunwijit, 1999; Chockjamsai, 1999)

การหลุดร่วงของเส้นผม (Hair loss) พบว่าเริ่มพบการหลุดร่วงของเส้นผมที่ระยะเวลาหลังตายตั้งแต่ 96-120 ชั่วโมงขึ้นไป ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Parks และ Dimaio (DiMaio & DiMaio, 2001; Parks, 2011) แต่หลาย ๆ การศึกษามักพบว่าจะเกิดที่ประมาณ 72 ชั่วโมง แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ไม่มีตัวอย่างที่อยู่ในระยะเวลาหลังตายในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมากนัก

โดยสรุปว่า การประเมินระยะเวลาหลังตายซึ่งอยู่ในบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนนั้น อาจใช้ผลการศึกษาวิจัยชิ้นนี้ โดยดูจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ และคะแนนการเน่าสลาย (Decomposition score) เป็นต้นแบบในการประมาณเวลาหลังตาย เพื่อใช้ประกอบในการประเมินระยะเวลาหลังตายร่วมกับวิธีการอื่น ๆ แต่อาจมีความ

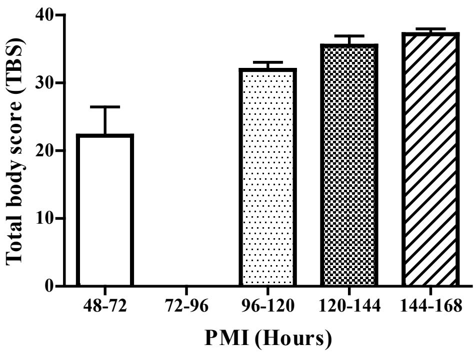
คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ หากมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ดีขึ้นในอนาคต อาจทำให้ผลการศึกษาดีขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยใช้ข้อมูลการประเมินเวลาตายในศพเน่าบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนจากสมการคะแนน ผลงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าคะแนนร่างกายรวม ช่วงเวลาการเสียชีวิต อุณหภูมิแวดล้อมสะสม และหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงของคะแนนร่างกายรวมและเวลาหลังการตายกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการประมาณเวลาการเสียชีวิตในศพมนุษย์

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

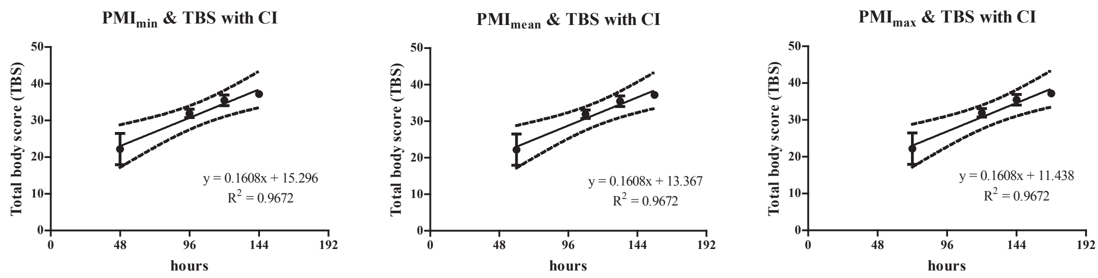
3.1 ความสัมพันธ์คะแนนร่างกายรวมของศพเปรียบเทียบกับช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต

ข้อมูลการรายงานของ นพ.กฤติน และคณะ แบ่งกลุ่มตามระยะเวลาหลังการเสียชีวิตจากเวลาตั้งแต่เสียชีวิต (ตามเวลาเกิดเหตุ) จนถึงระยะเวลาที่ตรวจศพ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ระยะเวลาหลังตาย 48-72 ชั่วโมง กลุ่มที่ 2 ระยะเวลาหลังตาย 96-120 ชั่วโมง กลุ่มที่ 3 ระยะเวลาหลังตาย 120-144 ชั่วโมง และกลุ่มที่ 4 ระยะเวลาหลังตาย 144-168 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 187 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (95% confidence interval for mean) เท่ากับ 22.20±4.263 (21.58-22.81) กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 259 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 31.91±1.153 (31.77-32.05) กลุ่มที่ 3 มีจำนวน 224 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 35.47±37.19 (35.28-35.66) และกลุ่มที่ 4 มีจำนวน 148 ราย มีค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 37.19±0.777 (37.06-37.32) แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ให้หมายเหตุถึงช่วงระยะเวลาการเสียชีวิตที่ 72-96 ชั่วโมง ไม่มีข้อมูลศพที่สามารถศึกษาได้เนื่องจากมีการเปลี่ยนทีมแพทย์นิติเวช คะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมของศพกับระยะเวลาการเสียชีวิตในแต่ละกลุ่มที่มีการรายงานพบว่ามีสมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดที่มีความสัมพันธ์กันมาก



ภาพที่ 1 แสดงคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิต

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบเวลาการเสียชีวิตขอบต่ำ กลาง สูง ของช่วงเวลาการเสียชีวิตกลุ่มต่าง ๆ กับคะแนนร่างกายรวม พร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (95% confidence interval, (95% CI) พบว่า ที่เวลาการเสียชีวิตช่วงต่ำได้สมการเชิงเส้น สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) และช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (95% CI) คือ $y = 0.1608x + 15.296$, $R^2 = 0.9672$ (5.575-25.02) เวลาการเสียชีวิตช่วงกลางได้สมการเชิงเส้น สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) และช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (95% CI) คือ $y = 0.1608x + 13.367$, $R^2 = 0.9672$ (2.620-24.11) และเวลาการเสียชีวิตช่วงสูงได้สมการเชิงเส้น สัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) และช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (95% CI) คือ $y = 0.1608x + 13.367$, $R^2 = 0.9672$ (2.620-24.11) ดังภาพที่ 2 พบว่าทั้งสามช่วงเวลาการเสียชีวิตมีสมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ที่มีความสัมพันธ์กันมาก

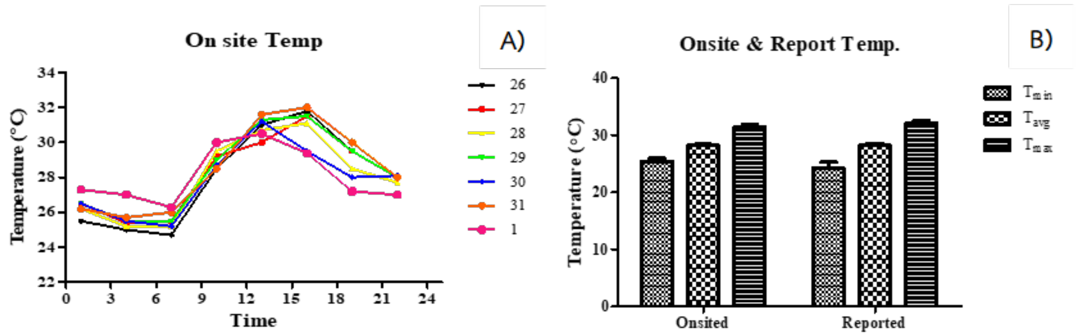


ภาพที่ 2 แสดงคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาหลังเสียชีวิตต่ำ กลาง สูง

3.2 การประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงของศพกับอุณหภูมิสะสม

3.2.1 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตามเวลาเกิดเหตุ

กำหนดเวลาการเริ่มเสียชีวิต คือ วันที่ 26 ธันวาคม 2547 เวลาประมาณ 10.00 น. ตามเวลาเกิดเหตุในประเทศไทย ช่วงเวลาการเกิดเหตุวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ถึง 1 มกราคม 2548 โดยมีรายละเอียดของอุณหภูมิต่ำ เฉลี่ย สูง ไปคิดเป็นอุณหภูมิ Degree day (DD), Accumulated degree day (ADD), Accumulated degree day – base temperature (ADD-BT), DH = Degree hour, Accumulated degree hour (ADH) ดังตารางที่ 1 และแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละวัน ดังภาพที่ 3 A) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.70-32.00°C และมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.84-28.50°C ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาช่วงวันเวลาดังกล่าวอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.40-32.60°C อุณหภูมิเฉลี่ย 27.75-28.70°C โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสะสมรายวัน เท่ากับ 8.14±0.23°C



ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ A) อุณหภูมิใน 1 วัน ตามเวลาเกิดเหตุ B) อุณหภูมิในพื้นที่และจากรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยา

จากภาพที่ 3 B) แสดงอุณหภูมิต่ำ เฉลี่ย สูง ในพื้นที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่รายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยอุณหภูมิต่ำ เฉลี่ย สูง ในพื้นที่เกิดเหตุ เท่ากับ 25.43±0.50, 28.14±0.23 และ 31.37±0.50°C ตามลำดับ อุณหภูมิที่รายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา เท่ากับ 24.21±1.01, 28.10±0.41 และ 31.99±0.48°C ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำ เฉลี่ย สูง ในพื้นที่เกิดเหตุกับอุณหภูมิที่รายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย สูง-ต่ำ อุณหภูมิสะสมรายวัน รายชั่วโมง เพื่อประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิต

Date	On site Temperature (°C)			TMD Temperature (°C)			DD (°C)	ADD (°C)	ADD-BT (°C)	DH (°C)	ADH (°C)
	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg					
26/12/2004	31.80	24.70	28.00	32.50	24.80	28.65	8.65	8.65	28.65	207.60	207.60
27/12/2004	31.50	25.40	28.20	32.00	23.50	27.75	7.75	16.40	36.40	186.00	393.60
28/12/2004	31.10	25.20	28.01	31.80	23.80	27.80	7.80	24.20	44.20	187.20	580.80
29/12/2004	31.50	25.50	28.35	32.10	23.50	27.80	7.80	32.00	52.00	187.20	768.00
30/12/2004	31.20	25.20	27.84	31.70	24.30	28.00	8.00	40.00	60.00	192.00	960.00
31/12/2004	32.00	25.70	28.50	32.60	23.40	28.00	8.00	48.00	68.00	192.00	1152.00
01/01/2005	30.50	26.30	28.09	31.20	26.20	28.70	8.70	56.70	76.70	208.80	1360.80

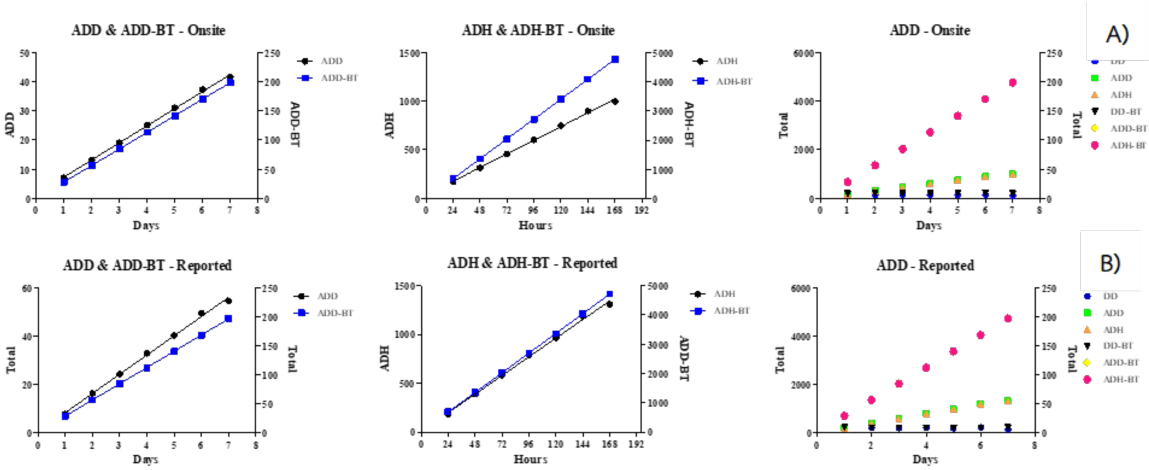
TMD = Thai Meteorological department, DD = Degree day, ADD = Accumulated degree day, ADD-BT = Accumulated degree day – base temperature, DH = Degree hour, ADH = Accumulated degree hour

3.2.2 อุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงกับวันหลังการเสียชีวิตในพื้นที่เกิดเหตุ

จากข้อมูลอุณหภูมิในรายงานวิจัยของ นพ.กฤติน มีวุฒิสม และ นพ.นิติกร โปริสวาณิชย์ นำไปคิดเป็น Degree-day (DD) และ Degree-day based-temperature (DD-BT) โดยใช้อุณหภูมิ 20°C เป็นฐาน และนำค่า DD และ DD-BT คูณ 24 เพื่อคิดเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิ Degree day (DD), Degree hour (DH) เท่ากับ 5.94±0.87 และ 195.39±5.43 ตามลำดับ สมการเชิงเส้นของ ADD, ADD-BT, ADH และ ADH-BT คือ $y = 5.854x + 1.529$, $y = 28.42x - 0.2643$, $y = 5.854x + 36.69$ และ $y = 28.42x - 6.343$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4 A) มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) คือ 0.9984, 1.000, 0.9984 และ 1.000 ตามลำดับ แสดงถึงสมการเชิงเส้นของ ADD, ADD-BT, ADH และ ADH-BT กับเวลาการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันมาก ดังตารางที่ 2

3.2.3 อุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงกับวันหลังการเสียชีวิตจากกรมอุตุนิยมวิทยา

จากข้อมูลอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยา นำไปคิดเป็น Degree-day (DD) และ Degree-day based-temperature (DD-BT) โดยใช้อุณหภูมิ 20°C เป็นฐาน และนำค่า DD และ DD-BT คูณ 24 เพื่อคิดเป็นอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิ Degree day (DD), Degree hour (DH) เท่ากับ 8.10±0.41 และ 194.40±9.72 ตามลำดับ สมการเชิงเส้นของ ADD, ADD-BT, ADH และ ADH-BT คือ $y = 7.946x + 0.3429$, $y = 27.97x - 0.4000$, $y = 7.946x + 8.229$ และ $y = 27.97x - 9.600$ ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) คือ 0.9971, 1.000, 0.9971 และ 1.000 ตามลำดับ แสดงถึงสมการเชิงเส้นของ ADD, ADD-BT, ADH และ ADH-BT กับเวลาการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันมาก ดังภาพที่ 4 B) และตารางที่ 2



ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสะสม A) DD, DD-BT, ADD, ADD-BT, ADH, ADH-BT ในพื้นที่เกิดเหตุ B) DD, DD-BT, ADD, ADD-BT, ADH, ADH-BT จากกรมอุตุนิยมวิทยา

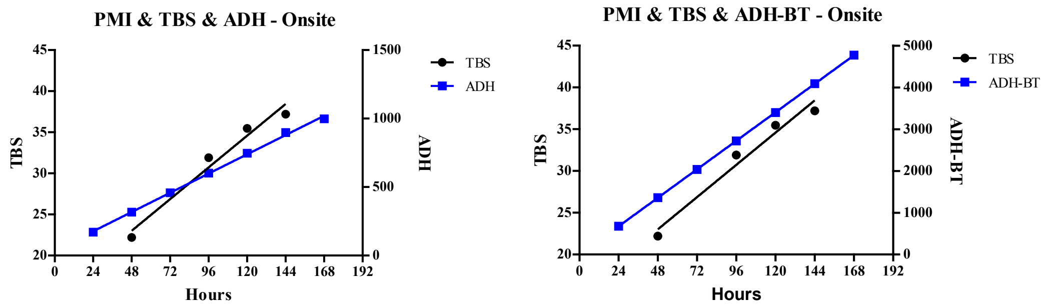
ตารางที่ 2 แสดงสมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายวันและรายชั่วโมงของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยา กับระยะเวลาการเสียชีวิต

Data	Accumulated degree	Formula	Coefficient of determination (R^2)
On sited	ADD	y = 5.854x + 1.529	0.9984
	ADD-BT	y = 28.42x – 0.2643	1.0000
	ADH	y = 5.854x + 36.69	0.9984
	ADH-BT	y = 28.42x – 6.343	1.0000
Reported	ADD	y = 7.946x + 0.3429	0.9971
	ADD-BT	y = 27.97x – 0.4000	1.0000
	ADH	y = 7.946x + 8.229	0.9971
	ADH-BT	y = 27.97x – 9.600	1.000

3.2.4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงและคะแนนร่างกายรวมของศพเปรียบเทียบกับช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต

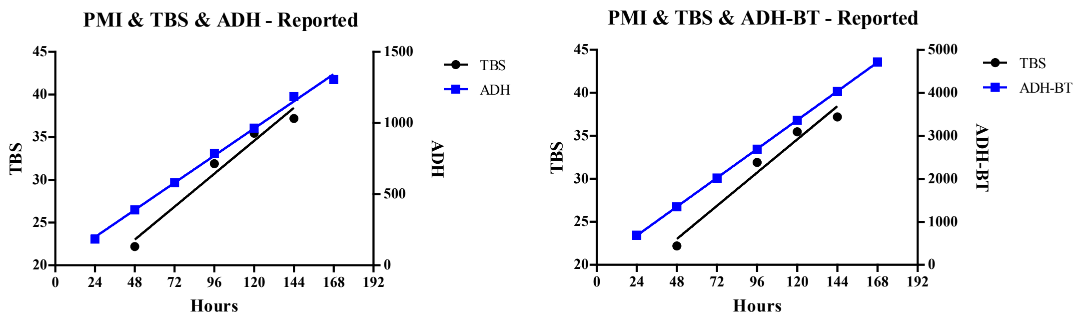
ข้อมูลอุณหภูมิสะสมในพื้นที่เกิดเหตุ คะแนนร่างกายรวมของศพ และค่าต่ำของการแบ่งช่วงเวลาการเสียชีวิต ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงฐาน 20 (ADH-BT) พบว่า สมการเชิงเส้นของ PMI & TBS, PMI & ADH และ PMI & ADH-BT ณ พื้นที่เกิดเหตุ คือ y = 0.1608x + 15.30, y = 5.854x + 36.69 และ y = 28.42x – 6.343 ตามลำดับ ดังภาพที่ 6 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) คือ 0.9672, 0.9984 และ 1.000 ตามลำดับ แสดงถึงสมการเชิงเส้นของปัจจัยอุณหภูมิและคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลาการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันมาก ดังตารางที่ 3

 ISSN 1906-1889



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบ PMI & TBS & ADH และ PMI & TBS & ADH-BT ในพื้นที่เกิดเหตุ

ข้อมูลอุณหภูมิสะสมจากกรมอุตุนิยมวิทยา คะแนนร่างกายรวมของศพ และค่าต่ำของการแบ่งช่วงเวลาการเสียชีวิต ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมง (ADH) กับอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงฐาน 20 (ADH-BT) พบว่า สมการเชิงเส้นของ PMI & TBS, PMI & ADH และ PMI & ADH-BT กรมอุตุนิยมวิทยา คือ y = 0.1608x + 15.30, y = 7.946x + 8.229 และ y = 27.97x + 9.60 ตามลำดับ ดังภาพที่ 7 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) คือ 0.9672, 0.9971 และ 1.000 ตามลำดับ แสดงถึงสมการเชิงเส้นของปัจจัยอุณหภูมิและคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลาการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันมาก ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบ PMI & TBS & ADH ในพื้นที่
และ PMI & TBS & ADH-BT จากกรมอุตุนิยมวิทยา

3.2.5 ความสัมพันธ์อุณหภูมิสะสมรายวันและคะแนนร่างกายรวมของศพเปรียบเทียบกับช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต

ข้อมูลอุณหภูมิสะสมในพื้นที่เกิดเหตุ คะแนนร่างกายรวมของศพ และค่ากลางของการแบ่งช่วงเวลาการเสียชีวิต ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) พบว่า สมการเชิงเส้นของ PMI & ADD, PMI & TBS และ ADD & TBS ณ พื้นที่เกิดเหตุ คือ y = 0.3401x + 3.896, y = 0.1608x + 13.37 และ y = 0.4697x + 11.67 ตามลำดับ ดังภาพที่ 8 A) และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) คือ 1.000, 0.9672 และ 0.9662 ตามลำดับ แสดงถึงสมการเชิงเส้นของปัจจัยอุณหภูมิและคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลาการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันมาก ดังตารางที่ 3

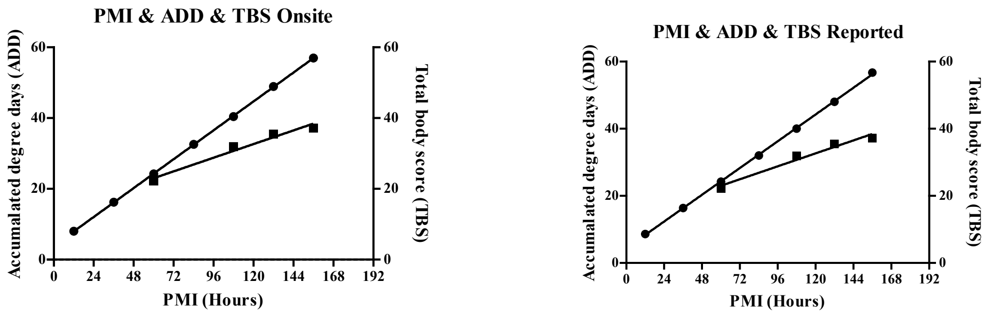
ข้อมูลอุณหภูมิสะสมจากรายงานกรมอุตุนิยมวิทยา คะแนนร่างกายรวมของศพ และค่ากลางของการแบ่งช่วงเวลาการเสียชีวิต ระหว่างอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) พบว่า สมการเชิงเส้นของ PMI & ADD, PMI & TBS และ ADD & TBS ณ พื้นที่เกิดเหตุ คือ y = 0.3321x + 4.385, y = 0.1608x + 13.37 และ y = 0.4749x + 11.64 ตามลำดับ ดังรูปที่ 8 B) และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination, R^2) คือ 0.9997, 0.9672 และ 0.9595 ตามลำดับ แสดงถึงสมการเชิงเส้นของปัจจัยอุณหภูมิและคะแนนร่างกายรวมของศพกับเวลาการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันมาก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 แสดงสมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงและรายชั่วโมงฐาน 20 ของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยา กับระยะเวลาการเสียชีวิต

Data	Accumulated degree	Formula	Coefficient of determination (R^2)
On sited	PMI, TBS	y = 0.1608x + 15.30	0.9672
	PMI, ADH	y = 5.854x + 36.69	0.9984
	PMI, ADH-BT	y = 28.42x – 6.343	1.0000
Reported	PMI, TBS	y = 0.1608x + 15.30	0.9672
	PMI, ADH	y = 7.946x + 8.229	0.9971
	PMI, ADH-BT	y = 27.97x + 9.60	1.000

ตารางที่ 4 แสดงสมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดอุณหภูมิสะสมรายวันของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยา

Data	Accumulated degree	Formula	Coefficient of determination (R2)
On sited	PMI, TBS	y = 0.1608x + 13.37	0.9672
	PMI, ADD	y = 0.3401x + 3.896	1.0000
	ADD, TBS	y = 0.4697x + 11.67	0.9662
Reported	PMI, TBS	y = 0.1608x + 13.37	0.9672
	PMI, ADD	y = 0.3321x + 4.385	0.9997
	ADD, TBS	y = 0.4749x + 11.64	0.9595



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของคะแนนร่างกายรวมกับช่วงเวลาหลังการเสียชีวิต และ A) อุณหภูมิสะสมรายวันพื้นที่เกิดเหตุ B) อุณหภูมิสะสมรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา

จากรูปแบบสมการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวมที่ได้จากเกณฑ์คะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมทั้งหมด 48 คะแนน เมื่อเทียบกับช่วงเวลาการประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิตจากแพทย์นิติเวช เวลาการเสียชีวิตอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แคบกว่า โดยงานวิจัยนี้มีลักษณะเหมือนกับการศึกษาผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิแวดล้อมต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพของ Moffatt (Moffatt, Simmons, & Lynch-Aird, 2016), Heaton (Heaton, Lagden, Moffatt, & Simmons, 2010), Van Daalen (Van Daalen *et al.*, 2017) และ Gruenthal (Gruenthal, Moffatt, & Simmons, 2012) โดยใช้เกณฑ์คะแนนการเปลี่ยนแปลงร่างกายรวมส่วนหัว ลำตัว และแขนขา รวมทั้งสิ้น 35, 25, 18 และ 29 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันของเกณฑ์การแบ่งคะแนนการเปลี่ยนแปลงหลังเสียชีวิต รวมทั้งไม่มีการระบุถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของศพทั้งการกระตุ้นและการชะลอ

ของกระบวนการเน่าสลายของศพ เช่น ชนิดเสื้อผ้า จำนวนชิ้น สถานที่พบศพหรือสถานที่เกิดเหตุ สาเหตุการตาย และอาจรวมถึงพฤติกรรมการตาย ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อรูปแบบสมการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวม

4. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากรายงานคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิตของ นพ.กฤติน และคณะ มีช่วงการรายงานเวลาการเสียชีวิตที่กว้างคาบเกี่ยวช่วง 1-2 วัน ต่อกลุ่ม การสร้างสมการเชิงเส้นจึงใช้ค่าขอบต่ำ กลาง สูง มาคิดเปรียบเทียบกับคะแนนร่างกายรวมของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิต มีช่วง 95% confident interval คือ 5.575 - 25.02, 2.620 - 24.11 และ -0.3445 - 23.22 ตามลำดับ สมการเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การกำหนดของคะแนนร่างกายรวม (TBS) ของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังเสียชีวิต (PMI) อุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) ของพื้นที่เกิดเหตุและกรมอุตุนิยมวิทยาไม่มีความแตกต่างกันทั้งเส้นความชัน (Slope) จุดตัดแกน y (Y-intercept when X = 0.0) และสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination or Goodness of fit)

การประมาณเวลาการเสียชีวิตจากศพ โดยใช้รูปแบบสมการประเมินเวลาการเสียชีวิตจากคะแนนร่างกายรวมเมื่อเทียบกับช่วงเวลาการประเมินช่วงเวลาการเสียชีวิตจากแพทย์นิติเวชอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาการเสียชีวิตที่แคบกว่า ยกเว้นในกรณีที่ศพมีช่วงเวลาการเสียชีวิตน้อยกว่า 2 ชั่วโมง จะไม่มีความถูกต้องของเวลาการเสียชีวิตและช่วงเวลาการเสียชีวิต เนื่องจากตามเกณฑ์การประเมินคะแนนการเปลี่ยนแปลงหลังเสียชีวิตในศพลักษณะสดมีคะแนนขั้นต่ำสุด คือ 8 คะแนน เมื่อนำมาใช้กับสมการจะได้เวลาการเสียชีวิตต่ำสุดเป็น 4.72 ชั่วโมง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของศพทั้งการกระตุ้นและการชะลอของกระบวนการเน่าสลายของศพ เช่น ชนิดเสื้อผ้า จำนวนชิ้น สถานที่พบศพหรือสถานที่เกิดเหตุ สาเหตุการตาย และอาจรวมถึงพฤติกรรมการตาย ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายชั่วโมงต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีและกระบวนการเน่าสลายของศพ สามารถใช้ได้กับระยะเวลาการเสียชีวิตหลังเริ่มการเสียชีวิตจนถึง 48 ชั่วโมง ส่วนความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายวันต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าสลายของศพสามารถใช้ได้กับระยะเวลาการเสียชีวิต 2-8 วัน ดังนั้น การประเมินระยะเวลาการเสียชีวิต (PMI) สามารถประมาณได้โดยใช้วิธีนี้ แต่แนะนำให้ใช้ความระมัดระวังในกรณีที่มีระยะเวลาการเสียชีวิตที่ยาวนาน และอุณหภูมิสะสมรายวัน (ADD) ไม่ได้บ่งบอกถึงความร้อนทั้งหมดที่มีอยู่ในการการเปลี่ยนแปลงหรือเน่าสลายตัวที่ยังคงอยู่ซึ่งอาจเป็นอคติได้

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลจากงานวิจัยที่มีการเผยแพร่เกี่ยวกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของร่างกายศพกับระยะเวลาการเสียชีวิตและอุณหภูมิแวดล้อมที่เชื่อมโยงถึงระยะเวลาการเสียชีวิตจากวันเวลาที่เริ่มเกิดภัยพิบัติที่สามารถระบุระยะเวลาการเสียชีวิตได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างรูปแบบสมการสำหรับประเมินเวลาการเสียชีวิตของศพในประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น และยังมีความแตกต่างของอุณหภูมิตามภูมิภาค ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสะสมรายวันต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเน่าสลายของศพสามารถใช้ได้กับระยะเวลาการเสียชีวิต 2-8 วัน ดังนั้น การประเมินระยะเวลาการเสียชีวิต (PMI) สามารถประมาณได้โดยใช้วิธีนี้ แต่ควรศึกษาถึงปัจจัยอุณหภูมิความแตกต่างตามจังหวัดในแต่ละภูมิภาค และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของศพทั้งการกระตุ้นและการชะลอของกระบวนการเน่าสลายของศพ เช่น ชนิดเสื้อผ้า จำนวนชิ้น สถานที่พบศพหรือสถานที่เกิดเหตุ สาเหตุการตาย และอาจรวมถึงพฤติกรรมการตาย

5. เอกสารอ้างอิง

Amendt, J., C. P. Campobasso, E. Gaudry, C. Reiter, H.N. LeBlanc and M.J.R. Hall. 2007. **Best practice in forensic entomology-standards and guidelines**. Int J Legal Med. 121(2): 90-104.

Bass, W.M. 1997. **Outdoor decomposition rates in Tennessee [in] forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains in forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains**. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Brown, C. and T. Peckmann. 2013. **Decomposition rates and taphonomic changes associated with the estimation of time since death in a summer climate: a case study from urban Nova Scotia**. *Can Soc Forensic Sci. 46*(4): 209-230.

Chockjamsai, M. 1999. **Death and postmortem transformation**. Department of Forensic Medicine, Faculty of Medicine, Chiang Mai, Chiang Mai. (in Thai)

Clark, M., M. Worrell and J. Pless. 1997. **Postmortem Changes in soft tissues. In: Forensic taphonomy the postmortem fate of human remains**. CRC Press, Boca Raton, Florida.

DiMaio, V. and D. DiMaio. 2001. **Forensic Pathology**. (Second edition ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.

Forbes, S. 2004. **Time since death: a novel approach to dating skeletal remains**. Aust J Forensic Sci. 36(2), 67-72.

Forbes, S. and K. Nugent. 2009. **Dating of Anthropological Skeletal Remains of Forensic Interest in Handbook of Forensic Anthropology and Archaeology**. Left Coast Press, Inc. Walnut Creek, California.

Galloway, A. 1997. **The process of decomposition: a model from the Arizona-Sonoran desert. In: Forensic taphonomy the postmortem fate of human remains**. The United States of America: CRC Press, Boca Raton, Florida.

Gruenthal, A. C. Moffatt and T. Simmons. 2012. **Differential decomposition patterns in charred versus uncharred remains**. J Forensic Sci. 57(1): 12-18.

Heaton, V. A. Lagden, C. Moffatt and T. Simmons. 2010. **Predicting the postmortem submersion interval for human remains recovered from UK waterways**. J Forensic Sci. 55(2): 301-307.

Klepinger, L.L. 2006. **The Postmortem Period in Fundamentals of Forensic Anthropology**. John Wiley and Sons, Inc. Koboken, New Jersey.

Mann, R., W. Bass and L. Meadows. 1990. **Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies**. J Forensic Sci. 35(1): 103-111.

Marhoff, S.J. 2013. **Using accumulated degree days and a degree of decomposition index to estimate the post-mortem interval of decomposing remains found in the Hawkesbury region: a porcine model (unpublished Honours thesis), in school of science and health**. University of Western Sydney: Campbelltown Campus.

Megyesi, M.S. S.P. Nawrocki and N.H. Haskell. 2005. **Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains**. J Forensic Sci. 50(3): 618-626.

Melina, L. 2010. **Physical and chemical analysis of pig carcass decomposition in a fine sand**. [unpublished Master’s thesis on the internet]. Ontario, Canada: University of Ontario Institute of Technology, Retrieved from http://hdl.handle.net/10155/115

Moffatt, C. T. Simmons and J. Lynch-Aird. 2016. **An improved equation for TBS and ADD: establishing a reliable postmortem interval framework for casework and experimental studies**. J Forensic Sci. 61(S1): S201-207.

Myburgh, J., E. L'Abbé and M. Steyn. 2013. **Estimating the post-mortem interval using accumulated degree-days in a South African setting**. Forensic Sci Int. 229: 165e.161-166.

Parks, C. 2011. **A study of the human decomposition sequence in Central Texas**. J Forensic Sci. 56(1): 19-22.

Pickering, R.B. and D. Bachman. 2009. **Determination of time since death, in the use of forensic anthropology**. CRC Press Taylor and Francis Group: Boca Raton, Florida.

Rodriguez, W. and W. Bass. 1983. **Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in East Tennessee**. J Forensic Sci. 28(2): 423-432.

Suckling, J.K., M.K. Spradley and K. Godde. 2016. **A longitudinal study on human outdoor decomposition in Central Texas**. J Forensic Sci. 61(1): 19-25.

Van Daalen, M.A., D.S. De Kat, B.F. Oude Grotebevelsborg, R. De Leeuwe, J. Warnaar, R.J. Oostra and W.L.J.M. Duijst-Heesters. 2017. **An aquatic decomposition scoring method to potentially predict the postmortem submersion interval of bodies recovered from the North sea**. J Forensic Sci. 62(2): 369-373.

Wattanakhajorn, T. and U. Hunwijit. 1999. **Death, change after death and estimating time of death**. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai)

Wilson-Taylor, R.J. and A.M. Dautartas. 2013. **Time since death estimation and bone weathering, in Forensic Anthropology: An Introduction**. CRC Press Taylor and Francis Group: Boca Raton, Florida.

(Received: 11/Dec/2020, Revised: 25/May/2021, Accepted: 1/Jun/2021)

การผลิตเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

Producing Bubble Dragon Fruit Peel with Pineapple Juice Using Reverse Spherification Technique

สินีนาถ สุขทนารักษ์* ณัฐพล กาจุลศรี สกล สุวรรณทัพพะ และ บุศรา ไวยโภคา

Sineenart Suktanarak*, Nattapong Kajunsri, Sakon Suwantuppa and Bussara Waiyapoka

หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathumthani

e-mail : sineenart@vru.ac.th โทร. 064-3973551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดโดยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยขั้นตอนแรกจะทำการผลิตน้ำเปลือกแก้วมังกร แล้วนำน้ำสับปะรดมาเสริมลงไปในน้ำเปลือกแก้วมังกรในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), ร้อยละ 10, ร้อยละ 20, ร้อยละ 30 และร้อยละ 40 ของน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกร จากนั้นนำน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมน้ำสับปะรดที่ปริมาณต่าง ๆ มาทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด และโซเดียมอัลจิเนตที่ร้อยละ 0.5 ต่อน้ำหนักน้ำสะอาด ผลการทดลอง พบว่าเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมน้ำสับปะรดร้อยละ 20 ได้รับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เมื่อนำเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ปริมาณต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ค่า pH และปริมาณกรดซิตริก พบว่าเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมน้ำสับปะรดร้อยละ 40 มีค่า pH ต่ำสุดอยู่ที่ 3.83 และมีปริมาณกรดซิตริกสูงสุดอยู่ที่ 0.43% สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสีและค่าความแข็ง (Hardness) พบว่า ปริมาณน้ำสับปะรดที่เสริมเข้าไปในน้ำเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกร ส่งผลต่อคุณลักษณะของเม็ดเจลทรงกลม โดยเม็ดเจลมีค่าความเป็นสีแดงมากขึ้นและมีค่าความแข็งลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อขนาดของเม็ดเจล เนื่องจากความเป็นกรดจากน้ำสับปะรดส่งผลต่อโครงสร้างภายในของเม็ดเจล ทำให้มีความแข็งลดลง

คำสำคัญ : เม็ดเจล การขึ้นรูปทรงกรมแบบย้อนกลับ น้ำสับปะรด เปลือกแก้วมังกร

Abstract

The purpose of this research was to study the production of bubble dragon fruit peel juice with pine apple juice by reverse spherification technique. The levels of pineapple juice added into bubble dragon fruit peel juice were 0% (control), 10%, 20%, 30% and 40% by weight of peel dragon juice. Bubble dragon fruit peel juice with pineapple juice was developed using reverse spherification technique. For the development of bubble dragon fruit peel juice with pineapple juice, concentrations 1.5% of calcium lactate, and 0.5% of sodium alginate were used in this research. The result showed that the most panelists accepted the bubble dragon fruit peel juice with 20% of pineapple juice. Bubble dragon fruit peel juice with 40% of pineapple juice was low pH (pH = 3.83) and high citric acid (0.43%). The level of pineapple juice added into bubble dragon fruit peel affected the color and hardness of the product but did not statistically significant influence the size of bubble dragon fruit peel juice ($p > 0.05$). The acid level of pineapple juice may affect the internal structure of bubble dragon fruit peel, resulting in a decrease of hardness.

Keywords : bubble gel, reverse spherification, dragon fruit peel, pineapple juice

1. บทนำ

แก้วมังกรเป็นผลไม้ประเภทนอนไคลเมกเทอริก (Nerd *et al*., 1999; Chein *et al*., 2007) ซึ่งนิยมปลูกเพื่อบริโภคกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น ฟิลิปปินส์ เวียดนาม มาเลเซีย รวมถึงประเทศไทยด้วย (Matan *et al*., 2015) เนื่องจากปลูกง่าย ให้ผลผลิตเร็วและคนไทยนิยมกันบริโภค หลังจากการบริโภคแก้วมังกรแล้ว มักมีเศษเหลือทิ้งที่ได้จากการบริโภค นั่นก็คือ เปลือกแก้วมังกร ซึ่งเปลือกแก้วมังกรเป็นแหล่งของเบต้าไซยานินและมีสารแอนโทไซยานินส์ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีแอนโทไซยานินส์ 3 ชนิด ได้แก่ cyanidin 3-O-glucoside, cyanidin 3,5 O-glucoside และ pelargonidin 3,5 O-glucoside (Vargas *et al*., 2013) จากประโยชน์ที่กล่าวมา จะเห็นว่าเปลือกแก้วมังกรมีประโยชน์มากกว่าจะเป็นเศษเหลือทิ้งจากการบริโภค มีงานวิจัยที่นำเปลือกแก้วมังกรมาพัฒนาเป็นสีผสมอาหาร (Pichayajittipong, 2013) และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์กัมมีจากเปลือกแก้วมังกร (Lichanporn *et al*., 2017) และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมบริโภคจากเปลือกแก้วมังกร (Lichanporn *et al*., 2018) จากประโยชน์ของเปลือกแก้วมังกรและยังไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหารจากเปลือกแก้วมังกรที่หลากหลายมากนัก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเอาเปลือกแก้วมังกรมาพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีรูปลักษณ์แปลกใหม่ และเพิ่มมูลค่าให้แก่เปลือกแก้วมังกร

การขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) เป็นเทคนิคหนึ่งที่นำหลักการทางวิทยาศาสตร์การอาหารมาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งลักษณะของอาหารที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจลทรงกลมห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวไว้ภายใน โดยจะอาศัยสารโซเดียมอัลจิเนตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมแลคเตท ได้เป็นแคลเซียมอัลจิเนต ซึ่งคุณสมบัติของโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารคอลลอยด์ สามารถเกิดเจลได้ และไม่มีผลเสียต่อร่างกาย (Pawar & Edgar, 2012) สำหรับกระบวนการขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธีหลัก คือ การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (Basic spherification) และการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification) ข้อจำกัดของการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน คือ เม็ดเจลทรงกลมที่ได้มีลักษณะตันเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน ในขณะที่เม็ดเจลทรงกลมที่ได้จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ เม็ดเจลจะไม่ตันเมื่อปล่อยทิ้งเอาไว้ ในปัจจุบันมีการนำเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การผลิตทับทิมกรอบ (Dholvitayakhun & Pumpho, 2018), การทำเต้าหู้ (Pumpho, 2015) และการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรส (Kamprawet & Vatthanakul, 2018) สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ นำเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับมาประยุกต์ใช้ในการผลิตดเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด โดยจะศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่แตกต่างกัน ที่เสริมลงไปในเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกร ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณกรดที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ และตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเม็ดเจลในด้านค่าสี ขนาดและค่าเนื้อสัมผัสของเม็ดเจล

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมน้ำเปลือกแก้วมังกร

ขั้นตอนแรก จะเป็นการเตรียมน้ำเปลือกแก้วมังกร โดยนำเปลือกแก้วมังกรมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปพาสเจอไรส์ โดยไปต้มกับน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 62-65 องศาเซลเซียส แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า น้ำหนักเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 60 ต่อน้ำหนักน้ำสะอาด น้ำเปลือกแก้วมังกรมีสีสันที่สดใส จึงนำน้ำเปลือกแก้วมังกรที่มีอัตราส่วนเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 60 ต่อน้ำหนักน้ำมาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมน้ำสับปะรดลงในน้ำเปลือกแก้วมังกร

2.2 ศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการเสริมลงในน้ำเปลือกแก้วมังกรต่อการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

นำน้ำเปลือกแก้วมังกรที่มีมีอัตราส่วนเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 60 ต่อน้ำหนักน้ำ มาศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการเสริมลงไปในน้ำเปลือกแก้วมังกร แล้วทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ ซึ่งมีวิธีการทำ คือ นำสับปะรดมาล้าง ทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น นำไปคั้นน้ำและกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำสับปะรดมาเสริมในน้ำเปลือกแก้วมังกรที่ปริมาณแตกต่างกันเพื่อให้เจลน้ำเปลือกแก้วมังกรทรงกลมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่แตกต่างกัน โดยจะเสริมน้ำสับปะรดลงไปทั้งหมด 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), ร้อยละ 10, ร้อยละ 20, ร้อยละ 30 และร้อยละ 40 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกร หลังจากนั้น ทำการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 62-65 องศาเซลเซียส ในระหว่างขั้นตอนการพาสเจอไรส์ จะเติมน้ำตาลลงไปในน้ำเปลือกแก้วมังกร เพื่อเป็นปรับรสชาติ จนกระทั่งวัดค่าความหวานของน้ำได้ 11 องศาบริกซ์ (^{o}Brix) ทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยการนำแคลเซียมแลคเตทมาผสมกับน้ำแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด โดยให้มีความเข้มข้นแคลเซียมแลตเตทที่ร้อยละ 1.5 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดจากนั้นนำไปหยดลงพิมพ์ซิลิโคนทรงกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์ขนาด 1.4 เซนติเมตร ซึ่งน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่หยดลงไป 1 ช่องพิมพ์ซิลิโคนจะมีปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Dholvitayakhun & Pumpho, 2018) จากนั้น นำน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดออกจากช่องพิมพ์ซิลิโคน แล้วปล่อยลงไปในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ต่อน้ำหนักน้ำสะอาด ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 5 นาที น้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดจะเซตตัวเป็นเม็ดเจลรูปทรงกลม หลังจากนั้นนำเม็ดเจลทรงกลมของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรดไปล้างน้ำเปล่า เพื่อหยุดการเกิดปฏิกิริยาการเกิดเจล ทำการศึกษาคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 30 คน การทดสอบ 2 ซ้ำ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.3 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรด

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรด จะทำการวัดโดยที่ยังไม่ทำการขึ้นรูปทรงกลม โดยวัดค่าทางเคมี ได้แก่ การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N-1E, วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH ยี่ห้อ MILWAUKEE รุ่น pH55 และการวัดปริมาณกรดซิตริกที่ไทเทรตได้ (AOAC, 1998)

2.4 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดในรูปแบบทรงกลม

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด จะทำการตรวจสอบในขณะน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดมีรูปร่างเป็นเม็ดเจลทรงกลม โดยค่าทางกายภาพที่วัด ได้แก่

2.4.1 การวัดค่าเนื้อสัมผัส

นำเม็ดเจลน้ำปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรดทรงกลมที่ได้ จำนวน 10 เม็ด มาวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Satable Micro System รุ่น TA.XT plus โดยใช้หัววัดทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) โดยปรับความเร็วการเคลื่อนที่ ดังนี้ Pre-test speed 4.00 mm/s, Test speed 20.00 mm/s และ Post-test speed 10.00 mm/s

2.4.2 การวัดค่าสี

นำเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับประดมาวัดค่าสียี่ด้วยเครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 Plus ซึ่งวัดค่าดังนี้ ค่าสี L* (ค่าความสว่าง โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว) ค่าสี a* (+หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีเขียว) ค่าสี b* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง,

- หมายถึง วัตถุที่มีสีน้ำเงิน)

2.4.3 การวัดขนาด

การวัดขนาดของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดจะวัดในรูปแบบหน่วยมิลลิเมตร (mm) โดยการนำเม็ดเจลจำนวน 10 เม็ด มาวัดเส้นผ่านศูนย์กลางทีละเม็ดและหาค่าเฉลี่ย สำหรับการวัดจะใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์เป็นอุปกรณ์ในการวัด

2.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าทางกายภาพและทางเคมี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส จะวางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมา วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 24

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมน้ำสับปะรดลงในน้ำเปลือกแก้วมังกรต่อการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

ผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมน้ำสับปะรดลงในน้ำเปลือกแก้วมังกรต่อการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ แสดงได้ดังตารางที่ 1 โดยพบว่า ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 มากที่สุด ซึ่งปริมาณการเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 มีความแตกต่างกับสูตรสูตรควบคุม (ตารางที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ภาพที่ 1 แสดงเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า เม็ดเจลมีความเป็นทรงกลม และน้ำสับปะรดที่เสริมเข้าไปส่งผลให้เม็ดเจลมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมสับปะรด

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณการเสริมน้ำสับปะรด				
	ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม)	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 30	ร้อยละ 40
ลักษณะปรากฏ (ความเป็นทรงกลม) ^{ns}	7.50±1.17	7.54±1.17	7.54±1.21	7.12±1.20	7.41±1.17
สี	6.91±1.19^{c}	7.62±1.19^{ab}	7.74±1.03^{a}	7.25±1.24^{ab}	7.25±1.01^{ab}
กลิ่น	6.34±1.13^{b}	7.14±1.19^{a}	7.40±1.21^{a}	6.94±1.57^{a}	7.17±1.22^{a}
รสชาติ	6.02±1.27^{c}	6.85±1.33^{b}	7.54±1.09^{a}	7.33±1.17^{a}	7.42±1.44^{a}
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.41±0.50	7.31±0.47	7.33±0.59	7.20±0.41	7.27±0.46
ความชอบโดยรวม	6.37±1.00^{d}	7.14±0.94^{bc}	7.68±1.02^{a}	7.08±1.17^{c}	7.60±1.03^{ab}

หมายเหตุ : $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสไค้ญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาพที่ 1 เม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละทรีทเมนต์ พบว่า คะแนนความชอบด้านความเป็นทรงกลม (ตารางที่ 1) แต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของเม็ดเจล (ตารางที่ 2) ที่วัดโดยการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เนื่องจากแต่ละทรีทเมนต์ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นเท่ากัน ส่งผลทำให้รูปร่างของเม็ดเจลน้ำแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดทรงกลมมีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีขนาดใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด

คุณลักษณะ	ปริมาณการเสริมน้ำสับปะรด				
	ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม)	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 30	ร้อยละ 40
pH	7.33 ± 0.05^{e}	5.13 ± 0.05^{d}	4.16 ± 0.05^{c}	3.96 ± 0.05^{b}	3.83 ± 0.05^{a}
ปริมาณกรดซิตริก (%)	0.13 ± 0.01^{e}	0.20 ± 0.01^{d}	0.32 ± 0.11^{c}	0.41 ± 0.05^{b}	0.43 ± 0.12^{a}
ขนาด (mm)^{ns}	19.90 ± 0.66	20.00 ± 0.84	20.02 ± 0.54	20.20 ± 0.46	20.87 ± 0.57
Hardness (N)	1.47 ± 0.47^{a}	1.12 ± 0.17^{b}	0.98 ± 0.32^{bc}	0.80 ± 0.27^{c}	0.73 ± 0.18^{c}
ค่าสี L*	33.64 ± 0.98^{b}	33.38 ± 0.94^{b}	33.95 ± 0.50^{b}	34.31 ± 1.36^{b}	37.36 ± 1.38^{a}
ค่าสี a*	17.63 ± 1.35^{b}	25.05 ± 1.26^{a}	25.67 ± 0.58^{a}	24.35 ± 1.25^{a}	24.26 ± 1.39^{a}
ค่าสี b*	6.89 ± 0.63^{c}	6.14 ± 1.17^{c}	6.08 ± 0.66^{c}	8.30 ± 1.01^{b}	12.18 ± 0.68^{a}

หมายเหตุ : $^{a-e}$ ค่าเฉลียตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ในขณะที่คะแนนความชอบด้านสี (ตารางที่ 1) พบว่า ทรีทเมนต์สูตรควบคุมและทรีทเมนต์ที่เสริมน้ำสับประรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำสับปะรดมีสีเหลืองและเปลือกแก้วมังกรมีสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี (ตารางที่ 2) โดยพบว่าเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรทรีทเมนต์สูตรควบคุมมีค่า a* น้อยที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำสับปะรดมากขึ้นจะส่งผลให้มีค่า b* มากขึ้น ซึ่งทรีทเมนต์สูตรควบคุมและทรีทเมนต์ที่เสริมน้ำสับปะรดมีค่า L*, a* และ b* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยยิ่งเพิ่มปริมาณน้ำสับปะรดจะส่งผลให้เม็ดเจลมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น ทรีทเมนต์สูตรควบคุมมีค่า pH อยู่ที่ 7 ในขณะที่เสริมน้ำสับปะรดเพิ่มเข้าไปในน้ำเปลือกแก้วมังกรเพิ่มมากขึ้น ค่า pH จะลดลงมาอยู่ที่ 3-5 เมื่อค่า pH ลดลง จะส่งผลให้ค่า a* เพิ่มมากขึ้น มีความเป็นสีแดงเข้ม เนื่องจากในเปลือกแก้วมังกรมีสารให้สี ซึ่งเป็นสารแอนโธไซยานินส์ โดยสภาวะค่า pH มีผลต่อค่าสีของแอยไซยานินส์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องค่า pH มีผลต่อความเข้มข้นและความคงตัวของสารแอนโธไซยานินส์ที่สกัดได้จากข้างโพดสีม่วง (Muangrat *et al*., 2014) ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างหรือ pH มากกว่า 7 จะมีสีม่วง ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกลางหรือ pH เท่ากับ 7 จะมีสีแดง และถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือ pH น้อยกว่า 7 จะมีสีแดงเข้ม ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 1) พบว่าแต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจาก

เม็ดเจลทรงกลมที่ได้จากเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ จะเป็นเม็ดเจลที่ไม่มีลักษณะตันเมื่อปล่อยทิ้งเอาไว้ แต่ค่า Hardness (ตารางที่ 2) พบว่า ทรีทเมนต์สูตรควบคุมและทรีทเมนต์ที่เสริมน้ำสับปะรดร้อยละ 40 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการห่อหุ้มให้เกิดการสานโครงสร้างของผนังเซลล์ของเม็ดเจลจะเกิดจากการจับกันระหว่างหมู่ G-blocks ของโซเดียมอัลจิเนตจับกับประจุบวกของสารแคลเซียมแลคเตทเอาไว้ แล้วเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายที่เรียกว่า egg box model จึงส่งผลให้เม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดทุกทรีทเมนต์มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลม มีเยื่อบาง ๆ ห่อหุ้มน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดเอาไว้ในขณะเดียวกัน เนื้อสัมผัสของเม็ดเจลมีลักษณะอ่อนนุ่มแตกต่างกัน โดยยิ่งเสริมน้ำสับปะรดมากขึ้น ค่า Hardness ของเม็ดเจลก็มีค่าลดดลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากปริมาณน้ำสับปะรดที่เสริมเข้าไป ส่งผลให้เม็ดเจลมีค่า pH ต่ำลง และมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งข้อจำกัดของการขึ้นรูปแบบทรงกลม คือ แอลจิเนตไม่สารมารถละลายในตัวอย่างอาหารที่มีค่า pH ต่ำได้ ส่งผลทำให้ไม่สามารถขึ้นเป็นรูปทรงกลมได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ อาจกล่าวได้ว่าการเสริมน้ำสับปะรดลงในเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรมากขึ้นจนกระทั่งมีค่า pH อยู่ที่ 3.83 และมีค่าความเป็นกรดอยู่ที่ 0.43% แอลจิเนตจึงไม่สามารถละลายและไปสร้างโครงสร้าง egg box model ได้ดีนัก จึงทำให้โครงสร้างของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดมีค่า Hardness ที่ลดลงแต่ยังสามารถคงรูปเป็นเม็ดทรงกลมได้

4. สรุป

จากการศึกษาการผลิตเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ พบว่า เม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 ได้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด แต่เมื่อศึกษาปริมาณกรดจากน้ำสับปะรดต่อคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ปริมาณกรดจากน้ำสับปะรดไม่ได้ส่งผลกับขนาดของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดทรงกลม แต่ปริมาณกรดจะส่งผลกับค่าความแข็งและค่าสีของเม็ดเจล

5. เอกสารอ้างอิง

Chien, P.J.; Sheu, F. & Lin, H.R. 2007. **Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas**. Food Enginerring. 79: 736-740.

Dholvitayakhun, A. & Pumpho, P. 2018. **Mock pomegranate seeds dessert (Tab Tim Grob) production using frozen reverse spherification technique**. Food Technology, Siam University. 13(2), 49-59. (in thai)

Lichanporn. I., Nanthachai. N., Tangnurat. P., & Singkhum, U. 2017. **Development of gummy candies from dragon fruit peel**. In Proceeding of 5th academic science and technology conference. (pp.403-408). Thailand: Bangkok. (in thai)

Lichanporn. I., Nanthachai. N., Tangnurat. P. & Singkhum, U. 2018. **Effect of dragon fruit extract on physico chemical and sensory characteristics of ready-to-drink beverage**. In Proceeding of 5th academic science and technology conference. (pp. 393-399). Thailand: Bangkok. (in thai)

Kamprawet, P. & Vatthanakul, S. (2018). **Producing Passion Fruit Beads by Reverse Spherification Technique**. Science and Technology. 26(8), 1381-1393. (in thai)

Matan, N., Puangjinda, K., Phothisuwan, S., & Nisoa, M. 2015. **Combined antibacterial activity of green tea extract with atmospheric radio-frequency plasma against pathogens on fresh-cut dragon fruit**. Food Control. 50, 291–296.

Muangrat. R., Sakulkaipeera, K., Burakhum. T. & Chomnan, L. 2014. **Factors affecting extraction of anthocyanins from purple corn**. Science and Technology. 22(3), 367-380. (in thai)

Nerd, A. & Mizrahi, Y. (1999). **The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya**. Postharvest Biology and Technology. 15, 99-105.

Pawar, S.N. & Edgar, K.J. 2012. **Alginate derivatization: A review of chemistry properties and applications**. Biomaterials. 33(11), 3279-3305.

Pichayajittipong, P. 2013. **Production and biologicail properties of food colorants from red dragon fruit (*Hylocercus polyshizus*) Peels**. M.S. thesis, Food Technology, Suranaree University of Technology, Thailand. (in thai)

Pumpho, W. & Puechkamutr, Y. 2015. **Tofu-ball production from spherification technique using sodium alginate**. In Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference: Science, Genetic Engineering, Architecture and Engineering, Agro-Industry, Natural Resources and Environment. (pp. 1050-1057), Thailand: Bangkok. (in thai)

Vargas, M., Cortez, J., Duch, E., Lizama, A. & Méndez, C. 2013. **Extraction and stability of anthocyanins present in the skin of the dragon fruit (hylocereus undatus)**. Food and Nutrition Sciences. 4(12), 1221-1228.

(Received: 18/Jan/2021, Revised: 2/Jun/2021, Accepted: 9/Jun/2021)

การใช้ประโยชน์จากฟางข้าวเป็นวัสดุเพาะเห็ดและวัสดุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางรมเทาในถุงพลาสติกทรงกระบอก

Utilization of Rice Straw for Mushroom Cultivated and Supplemented Materials on Growth and Yield of Grey Oyster Mushroom in Cylinder Plastic

ครุปกรณ์ ละเอียดอ่อน

Karupakorn Laead-on

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

Department of General Science, Faculty of Education, Rajjabhat Buriram University Muang, Buriram 31000

Email: Kluphakorn.Li@bru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรมเทาในถุงพลาสติกทรงกระบอก โดยใช้อาหารเสริมที่ต่างกัน เพื่อเพิ่มพัฒนาการของเห็ด พบว่า น้ำหนักสดของดอกเห็ดที่ได้รับอาหารเสริมต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) อาหารเสริมมีส่วนผสม ยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด 1,365 กรัม/ถุง และกรรมวิธีควบคุมคือ วัสดุเพาะจากฟางข้าว 100% มีน้ำหนักสดเฉลี่ยน้อยที่สุด 529 กรัม/ถุง ส่วนของค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาพบว่าวัสดุเพาะจากฟางข้าวผสมยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 94.14 % ส่วนวัสดุเพาะจากฟางข้าว 100% มีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยน้อยที่สุด 29.80% จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อาหารเสริมที่ผสม ยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม เป็นอาหารเสริมโดยใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุเพาะ สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ดี สามารถนำเทคนิคดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้

คำสำคัญ : ฟางข้าว อาหารเสริม เห็ดนางรมเทา ถุงพลาสติกทรงกระบอก

Abstract

This research was conducted to apply rice straw as a material for growing gray oyster mushroom in cylindrical plastic bags by using different supplementary materials to increase mushroom development. The results were found that the fresh weight of mushrooms cultivated in different supplementations were statistically different at the 0.05 level ($p < 0.05$). The supplement contained 10 g of urea, 20 g of limestone, 10 g of dolomite and 10 g of gypsum had the the most fresh weight of 1,365 g/bag. The control contained 100% of rice straw (non-supplementary) had the lowest fresh weight of 529 g/bag. The rice straw growing materials mixed with 10 g of urea, 20 g of limestone, 10 g of dolomite and 10 g of gypsum had the highest biological efficiency of 94.14%. Whereas the 100% rice straw cultivating materials gave the lowest biological efficiency of 29.80%. The results showed that rice straw with supplementary materials containing 10 g of urea, 20 g of limestone, 10 g of dolomite and 10 g of gypsum could increase productivity of gray oyster mushroom.

Keywords : rice straw, supplementary materials, oyster mushrooms, cylinder plastic

1. บทนำ

เห็ดนางรม (Oyster mushroom) เป็นเป็นเชื้อราขนาดใหญ่ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ เห็ดนางรมนั้นได้รับการเพาะเลี้ยงในชุมชนท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะในประเทศมาเลเซีย อินเดียและอีกหลายประเทศ เช่น แอฟริกา เอเชีย และอเมริกา โดยอาศัยเทคโนโลยีการผลิตค่อนข้างง่าย และวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเพาะในการเพาะเห็ดนางรมมีราคาค่อนข้างถูก (Ficior, 2006) เห็ดนางรมมีความทนทานและปรับตัวได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่หลากหลาย ดังนั้นจึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการเพาะปลูกภายใต้อุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศเขตร้อน อีกทั้งยังสามารถเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี (Alam *et al.*, 2008) มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากเห็ดรา (Fungi) มาหลายพันปีแล้ว และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ การบริโภคเห็ดจะเพิ่มมากขึ้นทุกวันเพราะมีบทบาทสำคัญในสุขภาพของมนุษย์และทางโภชนาการ เห็ดนางรมเป็นเห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 55-70% มีสารอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุและวิตามินไธอะมีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซีน และกรดฟอลิก (Syed *et al.*, 2009) นอกจากนี้ยังนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย มีคุณสมบัติทางยา ซึ่งสามารถใช้รักษาได้หลายทาง เช่น ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ลดคลอเลสเตอรอล ลดความดันโลหิตสูง ต้านการเกิดภาวะเลือดคั่งในเลือดสูง ต้านจุลินชีพ (Chang, 1980) นอกจากนี้ยังถือว่าเป็นแหล่งโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุที่ดี มีรายงานคุณค่าทางโภชนาการสูงของเห็ดนางรมที่เพาะในขี้ฝ้าย ฟางข้าวสาลี และฟางข้าวพบว่ามีโปรตีน 24.83-27.23 % ไฟเบอร์ 22.03-26.28 % เถ้า 6.76-9.08 % ไขมัน 2.37-3.07 % และคาร์โบไฮเดรต 36.74-37.69 % (Ashraf, 2013)

เห็ดนางรมสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในวัสดุเพาะที่ต่างกัน เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ชานอ้อย (Iqbal *et al.*, 2005) สามารถเพาะได้ง่ายและสามารถสร้างรายได้หลักและรายได้เสริมให้แก่ผู้ประกอบการได้เป็นอย่างดี และเป็นกิจการหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากประชาชนทั่วไป เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ในระยะสั้น มีการลงทุนไม่สูงมากนักและสามารถจำหน่ายได้ในท้องถิ่น วัสดุหลักในการเพาะเห็ดส่วนใหญ่เป็นขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน เช่น ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ซึ่งปัจจุบันขี้เลื่อยไม้ยางพาราจะมีราคาที่ค่อนข้างแพง เกษตรกรต้องลงทุนสูง แต่สิ่งเหลือใช้ทางการเกษตรในชุมชนสามารถหาได้ง่าย เช่น ฟางข้าว ในแต่ละปีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวจะเหลือจำนวนมาก สามารถนำมาเป็นวัสดุเพาะเห็ดได้ ช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้ นอกจากนั้นประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางโภชนาการของเห็ดนางรมขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเพาะ แล้วยังขึ้นกับอาหารเสริมที่มีไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ด (Eswaran and Ramabadran, 2010 ; Ogundele *et al.*, 2014) อาหารเสริมที่สามารถหาได้ง่ายคือ ยูเรีย โดโลไมท์ และปูนขาว ซึ่งสามารถให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเห็ดได้ จึงสนใจศึกษาสูตรอาหารเสริมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางรมเทาในถุงพลาสติกทรงกระบอก เพื่อหาแนวทางหรือเทคนิคการเพาะเห็ดและวัสดุที่เหมาะสมในการเพาะเพื่อนำความรู้และข้อมูลไปช่วยเหลือหรือส่งเสริมแก่เกษตรกรต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 การวางแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี (Treatment) กรมมวิธีละ 4 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ฟางข้าว (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ฟางข้าว ผสม ปุ๋ยยูเรีย 10 กรัม

กรรมวิธีที่ 3 ฟางข้าว ผสม ปุ๋ยยูเรีย 10 กรัม และผสม ปูนขาว 20 กรัม

กรรมวิธีที่ 4 ฟางข้าว ผสมปุ๋ยยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม

2.2 การเตรียมวัสดุเพาะ

2.2.1 เตรียมวัสดุเพาะโดยใช้ฟางแห้ง ไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วเอาฟางขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

ภาพที่ 1 การเตรียมวัสดุเพาะ

2.2.2 การเตรียมสูตรอาหารในแต่ละกรรมวิธีประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่ใส่อาหารเสริม กรรมวิธีที่ 2 เตรียมน้ำ 100 ลิตร และปุ๋ยยูเรีย 10 กรัม คนให้ละลาย กรรมวิธีที่ 3 เตรียมน้ำ 100 ลิตร ปุ๋ยยูเรีย 10 กรัม และเติมปูนขาว 20 กรัม คนให้ละลาย และกรรมวิธีที่ 4 เตรียมน้ำ 100 ลิตร เติมปุ๋ยยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม คนให้ละลาย

2.2.3 การแช่ฟางในอาหารเสริมที่เตรียมไว้ คือ นำฟางข้าวในกรรมวิธีที่ 1 แยกไว้ต่างหากไม่ต้องใส่ในอาหารเสริม ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ให้นำฟางที่ผ่านการแช่นำเดือด ไปแช่ในอาหารเสริมที่เตรียมไว้ และกรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 4 ให้นำไปแช่ในอาหารเสริมที่เตรียมไว้ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นให้เอาฟางขึ้นมาพักทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แยกเป็นสัดส่วนโดยทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง แล้วทำการตรวจวัดความชื้นวัสดุเพาะด้วยเครื่องวัดความชื้นอยู่ที่ประมาณ 40-50 % ก่อนนำไปบรรจุลงถุงพลาสติกรูปทรงกระบอกชนิดขาวขุ่น

ภาพที่ 2 การเตรียมอาหารเสริมและการแช่ฟาง

2.2.4 การเตรียมเชื้อเห็ดเพื่อใช้หยอดลงถุง ให้นำเชื้อเห็ดนางรมเทา (Gray type) ออกจากขวดโดยการใช้เหล็กที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ เขี่ยออก แล้วใช้มือขยี้ให้เมล็ดข้าวฟ่างแตกออกจากกัน ก่อนที่จะนำไปโรยในถุงพลาสติก โดยใส่เชื้อเมล็ดข้างฟ่าง 1 ขวดต่อถุง

2.3 วิธีโรยเชื้อเห็ดด้วยเชื้อเมล็ดข้าวฟาง

2.3.1 ฉีดแอลกอฮอล์ 70% เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับมือและเล็บ

2.3.2 ใช้ถุงเพาะสีขาวขุ่นขนาด 33 × 64 เซนติเมตร นำฟางสูตรที่ 1 ใส่ในถุงเพาะเป็นชั้นสลับกับโรยเชื้อเห็ดนางรมเทา ชิดขอบถุงจนครบ 4 ชั้น ชั้นสุดท้ายให้โรยด้านบนให้ทั่วจนได้ฟางน้ำหนัก 4 กิโลกรัม ทำจนครบ 4 ถุง แล้วใช้หนังยางรัดปากถุง กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 4 ก็ทำเช่นเดียวกันกับกรรมวิธีที่ 1

ภาพที่ 3 การเตรียมเชื้อเห็ดเพื่อใช้หยอดลงถุง

ภาพที่ 4 วิธีการโรยเชื้อเห็ดด้วยเชื้อเมล็ดข้าวฟาง

2.3.3 ใช้เข็มหมุดที่ผ่านการแช่แอลกอฮอล์มาเจาะรูรอบถุงเพาะ โดยเจาะเรียงเป็น 4 แถว แถวละ 8 รู ทำจนครบ 16 ถุง

2.3.4 ใช้เชือกรัดปากถุงให้เป็นห่วงแล้วนำไปมัดแขวนไว้กับคานไม้ในโรงเพาะเห็ด โดยเรียงแบบสุ่มหน้ากระดานจนครบ 16 ถุงเพาะ พ่นน้ำด้านบนให้ชื้นพอเหมาะ

2.3.5 เมื่อเส้นใยเชื้อเห็ดนางรมเทา เดินเต็มถุงเพาะแล้ว ใช้มีดโกนที่สะอาดผ่านการฆ่าเชื้อกรีดด้านหน้าและด้านหลังของถุงเพาะ ด้านละ 3 ช่อง แต่ละช่องกว้าง 2.2 เซนติเมตร ยาว 5.5 เซนติเมตร โดยแต่ละช่องมีระยะห่างระหว่างช่อง 6 เซนติเมตร

ภาพที่ 5 การแขวนถุงเห็ดในโรงเรือนและลักษณะการออกดอกของเห็ดนางรมเทา

2.4 วิธีดูแลรักษา

พ่นน้ำ 2 เวลา คือ ช่วงเวลา 10.00 น. และ 14.00 น. เพื่อรักษาระดับความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด (ยกเว้นวันที่ฝนตกไม่ต้องพ่นน้ำ)

2.5 การเก็บผลผลิตและบันทึกผล

การเก็บดอกจะเก็บดอกในระยะสมบูรณ์ ช่วงเวลาเย็น 16.00-17.00 น. โดยจัดเก็บข้อมูลน้ำหนักดอกเห็ดสดต่อถุง จำนวนดอกต่อถุง ความกว้างของดอกเห็ด วัดความยาวก้านดอก น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ หลังเสร็จสิ้นการทดลอง

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) ของข้อมูลในแต่ละสูตรตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสูตรด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2. วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency ; B.E) โดยใช้สูตร (Tesfaw *et al*., 2015)

$$B.E = \frac{\text{น้ำหนักเห็ดสด}}{\text{น้ำหนักแห้งวัสดุเพาะ}} \times 100$$

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การประเมินการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมเทาแต่ละกรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ฟางข้าวผสมยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม ฟางข้าว 100% มีความหนาแน่นเส้นใยและการเจริญของเส้นใยดีที่สุด คือ มีเส้นใยหนาแน่นทั่วทั้งก้อนมากที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 มีการเจริญของเส้นใยและความหนาแน่นรองลงมา แต่ใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่ากรรมวิธีที่ 4 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของเส้นใยและความหนาแน่นของเส้นใยเห็ด

Treatment	Running growth of mycela	Mycelium density of mushroom
T1 : Rice Straw 100 %	++	++
T2 : Rice Straw : Urea 10 g.	++	++
T3 : Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g	++	++
T4 : T4: Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g : Dolomite10 g : Gypsum 10 g	+++	+++

+++ Very good running growth of mycela ++ good running growth of mycela

+ poor running growth of mycela

การเจริญของเส้นใย จำนวนวันการเกิดดอกเห็ด และจำนวนดอกเห็ดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือ การเจริญของเส้นใยเห็ดก่อนนำไปเปิดดอก อยู่ในช่วงเวลา 26.75-28.50 วัน ใช้เวลานานที่สุด คือกรรมวิธีที่ 3 เฉลี่ยเท่ากับ 28.25 วันและใช้เวลาน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ 4 เฉลี่ยเท่ากับ 26.75 วัน จำนวนวันการเกิดดอกเห็ดอยู่ในช่วงเวลา 31 - 40 วัน ใช้เวลานานที่สุด คือกรรมวิธีที่ 4 เฉลี่ยเท่ากับ 40 วันและใช้เวลาน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ 1 เฉลี่ยเท่ากับ 31 วัน ส่วนจำนวนดอกเห็ดจากวัสดุเพาะนั้นพบว่ากรรมวิธีที่ 4 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยสูงสุด 338.25 ดอก ส่วนกรรมวิธีที่ 1 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุด 202 ดอก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนวันการเดินของเส้นใย ระยะเวลาการเกิดตุ่มดอกและค่าเฉลี่ยจำนวนดอกเห็ด

Treatment	Day for completion of spawn running	Days for fruiting bodies formation	Average number of fruiting bodies
T1 : Rice Straw 100 %	28.50 a	31.00 c	202.00 c
T2 : Rice Straw : Urea 10 g.	27.75 ab	34.50 b	319.50 b
T3 : T3: Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g	28.25 a	34.75 b	321.25 b
T4 : T4: Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g Dolomite10 g : Gypsum 10 g	26.75 b	40.00 a	338.25 a
F-test	*	*	*
C.V. (%)	2.37	3.84	2.35

*mean with different superscript in a single column are significantly different at (P ≤ 0.05)

ความกว้างและความยาวของก้านของดอกเห็ดที่ใช้วัสดุเพาะจากทั้ง 4 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) พบว่ากรรมวิธีที่ 1 และ กรรมวิธีที่ 4 มีกว้างเฉลี่ยสูงที่สุด 7.56 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ 2 วัสดุเพาะจากฟางข้าว ผสมยูเรีย 10 กรัม มีความกว้างของดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุด 6.82 เซนติเมตร ส่วนความยาวก้านดอกของกรรมวิธีที่ 1 วัสดุเพาะจากฟางข้าว 100 % มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.15 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ 2 วัสดุเพาะจากฟางข้าวผสมยูเรีย 10 กรัม มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 4.04 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดและความยาวก้านเห็ด

Treatment	Pileus diameter (cm)	Length of stalk (cm)
T1 : Rice Straw 100 %	7.56	4.15
T2 : Rice Straw : Urea 10 g.	6.82	4.04
T3 : Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g	7.47	4.12
T4 : Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g Dolomite10 g : Gypsum 10 g	7.56	4.14
F-test	ns	ns
C.V. (%)	10.10	10.13

ns-non significant

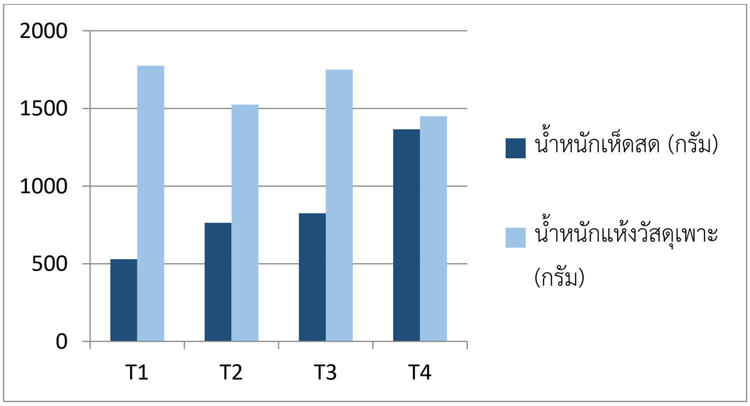
เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (B.E%) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเห็ดในการดึงสารอาหารจากวัสดุเพาะมาใช้ในการสร้างมวลชีวภาพของดอกเห็ด พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ฟางข้าว : ยูเรีย 10 กรัม : ปูนขาว 20 กรัม : โดโลไมท์ 10 กรัม : ยิปซัม 10 กรัม มีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยมากที่สุด 94.14 % ส่วนกรรมวิธีที่ 1 วัสดุเพาะจากฟางข้าว 100% มีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยน้อยที่สุด 29.80 % (ตารางที่ 4)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดของดอกเห็ดจากวัสดุเพาะทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ฟางข้าว : ยูเรีย 10 กรัม : ปูนขาว 20 กรัม : โดโลไมท์ 10 กรัม : ยิปซัม 10 กรัม มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด 1365.00 กรัม/ถุง ส่วนกรรมวิธีที่ 1 ฟางข้าว 100% มีน้ำหนักสดเฉลี่ยน้อยที่สุด 529.00 กรัม/ถุง ส่วนน้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะทั้ง 4 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ฟางข้าว 100% จะมีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเฉลี่ย 1775.00 กรัม/ถุง ส่วนกรรมวิธีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 1450.00 กรัม/ถุง (ภาพที่ 6)

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยและค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา

Treatment	Average weight (g)	dry weight of substrate (g)	Biological efficiency (%)
T1 : Rice Straw 100 %	529.00c	1775.00	29.80
T2 : Rice Straw : Urea 10 g.	764.00b	1525.00	50.10
T3 : Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g	825.00b	1750.00	47.14
T4 : Rice Straw : Urea 10g : Limestone 20 g Dolomite10 g : Gypsum 10 g	1365.00a	1450.00	94.14
F-test	*	ns	
C.V. (%)	10.75	16.32	

*mean with different superscript in a single column are significantly different at ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 6 กราฟแสดงน้ำหนักเห็ดสดและน้ำหนักแห้งวัสดุเพาะ

4. อภิปรายผล

ปัจจุบันได้มีการคิดค้นหาวัสดุเพาะเห็ดและการเสริมอาหารสูตรต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเพื่อให้มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูง เช่น การใช้วัสดุเพาะจากฟางข้าว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลืองและมีการเสริมด้วยแป้งข้าวสาลี รำข้าว แป้งถั่วเหลือง (Jeznabadi *et al.*, 2016) แต่จากการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุเพาะและเสริมด้วยอาหารเสริมต่างกัน พบว่า หลังจากที่เส้นใยเดินเต็มที่แล้ว จะเกิดตุ่มดอกขนาดเล็กของเห็ดจำนวนมาก และจะใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน ทั้งนี้ขึ้นกับสูตรอาหารเสริมที่ผสมกับวัสดุเพาะและลักษณะธรรมชาติของเห็ดนางรมเทา สอดคล้องกับงานวิจัยของ ซาและคณะ (Shah *et al.*, 2004) ที่พบว่าเห็ดนางรมเทาจะใช้ระยะเวลาการเดินของเส้นใยจนเกิดตุ่มดอกประมาณ 17-20 วัน แต่ทั้งนี้ยังขึ้นกับการอัดก้อนเชื้อเห็ด คือถ้าอัดแน่นจะทำให้เส้นใยเห็ดเจริญเติบโตได้ดี เชื้อเห็ดสามารถเกาะตัวกันได้แน่นสามารถทำให้เกิดดอกเห็ดที่ใหญ่และมีน้ำหนักดี และจากงานวิจัยของเชอร์และคณะ (Sher *et al.*, 2010) พบว่า เวลาการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดใช้เวลาประมาณ 26-31 วัน ซึ่งมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดขึ้น เช่น ความชื้น ความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ แสงแดดต้องเพียงพอ

เมื่อพิจารณาน้ำหนักเห็ดสดพบว่ากรรมวิธีที่ 4 จะมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1,365.00 กรัมต่อถุงเพาะ และมีจำนวนดอกเฉลี่ย 338.25 ดอกต่อถุงเพาะ เนื่องจากมีการเติมอาหารเสริมอื่น เช่น ปูนขาว ($CaCO_3$) โดโลไมต์ ($CaMgCO_3$) ลงไปเพื่อช่วยปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง และยิปซัม ($CaSO_4$ $2H_2O$) ยังให้ธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ซึ่งเป็นวัสดุอาหารเสริมที่หาได้ง่าย ไม่แพง (Tesfaw *et al.*, 2015) ส่วนการใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุเพาะเห็ด เพื่อ

ทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารานั้น สามารถนำมาทดแทนได้ และในการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิริยา (Siriya, 2014) ซึ่งทำการทดลองการใช้ฟางข้าวเพื่อทดแทนขี้เลื่อยในการเพาะเห็ดแครง พบว่าการใช้ฟางข้าว 100% เป็นวัสดุเพาะ เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุด และสามารถใช้ทดแทนขี้เลื่อยเป็นอย่างดี เนื่องจากมีระยะเวลาในการเดินของเชื้อเห็ดได้ดี มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยและน้ำหนักผลผลิตเห็ดสดเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ฟางข้าว เมื่อย่อยสลายแล้วจะได้แร่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและธาตุซิลิกา ซึ่งสามารถนำมาทำเป็นวัสดุเพาะเห็ดได้ และเส้นใยจากก้อนเชื้อเห็ดที่ผลิตจากฟางข้าวมีการเดินของเส้นใยเร็วกว่าในก้อนเชื้อเห็ดที่ผลิตจากขี้เลื่อย เส้นใยเห็ดเจริญเติมผิววัสดุเพาะใช้เวลาประมาณ 19 วัน ส่วนระยะเวลาการเกิดตุ่มดอกใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 20.5 วัน (Dubey *et al.*, 2019) นอกจากนี้การเพาะเห็ดให้ได้ผลผลิตที่ดีนั้น ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะสายพันธุ์เห็ดที่ดี วัสดุเพาะและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Chang, 1980) และนอกจากนี้แล้ววัสดุเพาะควรมีธาตุอาหารของคาร์บอนและไนโตรเจนในอัตราส่วน 20-40 : 1 มีความเป็นกรด เป็นด่าง (pH) ประมาณ 7-8 สภาพอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 35-40 องศาเซลเซียส ความชื้นวัสดุเพาะ 65-70 % ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนควรอยู่ระหว่าง 80-90 % จะสามารถกระตุ้นการเกิดดอกเห็ดได้ดี ดังนั้นในพื้นที่ของเกษตรกรที่มีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ สามารถนำไปเป็นวัสดุเพาะเห็ดทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้ จะสามารถลดต้นทุนลงได้ และเป็นการเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ให้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าต่อเกษตรกร ขณะเดียวกันในการเพาะเห็ดเพิ่มอาหารเสริม เช่น ยูเรีย ปูนโดโลไมท์ โดยปูนขาวที่เติมลงไปนั้นจะช่วยในการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางรม ส่วนดีเกลือ ใส่ลงไปเพื่อให้ก้อนเชื้อแน่น ทำให้เส้นใยของดอกเห็ดเจริญได้ดีและรวดเร็วขึ้น และยิปซัมที่มีแร่ธาตุแคลเซียมเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด ช่วยให้ดอกเห็ดมีน้ำหนักและคุณภาพดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Royse and Sanchez (2003) พบว่าการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ลงในสารอาหารจะทำให้เพิ่มปริมาณเห็ดหอม (Shiitake) ได้มากขึ้น และขนาดของดอกก็ใหญ่ขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นการใส่อาหารเสริมลงไปในวัสดุเพาะเห็ด ในอัตราที่พอเหมาะ จึงเป็นการกระตุ้นการเกิดดอกเห็ดและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดได้ จะทำให้เกษตรกรสามารถหาวัสดุทดแทนขี้เลื่อยยางพาราได้ และการเพาะเห็ดจะลดต้นทุนการผลิตและมีความยั่งยืนต่อไป

5. สรุปผล

1. จำนวนดอกเห็ดนางรมเทาที่ได้รับอาหารเสริมต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ 4 (ฟางข้าวผสมยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยสูงสุด 338.25 ดอก และวัสดุเพาะจากฟางข้าว 100% มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุด 202.00 ดอก

2. ความกว้าง ความยาวของก้านดอกของดอกเห็ดที่ใช้วัสดุเพาะจากทั้ง 4 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ฟางข้าว 100 %) และกรรมวิธีที่ 4 (ฟางข้าวผสมยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม) มีความกว้างของดอกเห็ดเฉลี่ยสูงที่สุด 7.56 เซนติเมตร และ 4.14 เซนติเมตร ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 2 ฟางข้าวผสมยูเรีย 10 กรัม มีความกว้างของดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุด 6.82 เซนติเมตร และ4.04 เซนติเมตร ตามลำดับ

3. น้ำหนักสดของดอกเห็ดที่ได้รับอาหารเสริมต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) น้ำหนักสดของดอกเห็ดโดยอาหารเสริมผสมยูเรีย 10 กรัม ปูนขาว 20 กรัม โดโลไมท์ 10 กรัม และยิปซัม 10 กรัม มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด 1365.00 กรัม/ถุง ค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (B.E) เฉลี่ยมากที่สุด 94.14% และวัสดุเพาะจากฟางข้าว 100% มีน้ำหนักสดเฉลี่ยน้อยที่สุด 529.00 กรัม/ถุง และมีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยน้อยที่สุด 29.80%

6. เอกสารอ้างอิง

Alam, N., Amin, R., Khan, A., Ara, I., Shim, M. J., Lee, M. W. and T. S. Lee. 2008. **Nutritional Analysis Cultivated Mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus ostreatus, Pleurotus sajor-caju, Pleurotus florida* and *Calocybe indica***. Mycobiology, 36(4): 228-232.

Ashraf, J. Asif, A. M. Ahmad, W. A., Ayyub, C.M. and J. Shafi. 2013. **Effect Substrate Supplements on Oyster Mushroom (*Pleurotus spp*.) Production**. Food Science and Technology. 1(3): 44-51.

Chang. S. T. 1980. **Mushroom as human food**. Bioscience. 30: 399-400.

Dubey, D., Dhakal, B., Dhami, K., Sapkota, P., Rana, M., Poudel, N. S. and L. Aryal. 2019. **Comparative study on effect of different substrates on yield performance of oyster mushroom**. Biology, Agriculture and Health Sciences. 8: 1-7.

Eswaran A, and R. Ramabadran. 2010. **Studies on some physiological cultural and postharvest aspects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Berk.)**. Tropical Agricultural Research. 12: 360-374.

Ficior, D. 2006. **Importance of substrate disinfection on oyster mushroom (*Pleurotus sp*.) culture**. Natulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 34(1): 48-53.

Iqbal, S.M., Raul, C. A. and M. I. Sheikh. 2005. **Yield performance of oyster mushroom on different substrate**. International Journal of Agriculture and Biology. 7(6): 900-903.

Jeznabadi, E. K., Jafarpour, M. and S. Eghbalsaied. 2016. **King oyster mushroom production using various sources of agricultural waste in Iran**. Journal Recycle Organic Waste Agriculture. 5: 17-24.

Kurtzman, J. and H. Ralph. 2010. **Pasteurization of mushroom substrate and other solids**. African Journal of Environmental Science and Technology. 4(13): 936-941.

Ogundele, G. F., Abdulazeez, R.O. and O. P. Bamidele. 2014. **Effect of pure and mix substrate on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Cultivation**. Journal of Experiment Biology and Agricultural Science. 2(2): 215-219.

Royse, D.J. and J. E. Sanchez-Vazquez. 2003. **Influence of Precipitated Calcium Carbonate ($CaCO_3$) on Shiitake (*Lentinulua edodes*) Yield and mushroom size**. Bioresearch, technology. 40.: 225-228.

Shah, Z. A., Ashraf, M. and M. Ishtiq. 2004. **Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrate (Wheat straw, Leaves, Sawdust)**. Pakistan Journal of Nutrition. 3(3): 158-160.

Sher, H., Al-Yemeni, M. and A. H. Bahkali. 2010. **Effect of environmental factors on the yield of selected mushroom species growing in two different agro ecological zones of Pakistan**. Saudi Journal of Biological Science. 17(4): 321-326.

Siriya, S. 2014. **Using Rice straw to Substitute Sawdust for Spilt Gill Mushroom (*Schizophyllum commune*) Production**. Thesis Ubonrajjadhanee Rajabhat University, Ubonrajjadhanee. (in Thai)

Syed,A.A., Kadam, J.A., Mane, V. P. Patil, S.S. and M. V. Baing. 2009. **Biological efficiency and nutritional contents of *Pleurotus florida*. (Mont) singer cultivated on different agro-wastes**. Natural Science. 7(1): 44-48.

Tesfaw, A., Tadess, A. and G. Kiros. 2015. **Optimum of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Cultivation Using Locally Available Substrates and Material in Debre Berhan, Ethiopia**. Journal of Applied Biology and Biotechnology. 3(1): 15-20.

(Received: 5/Oct/2020, Revised: 20/May/2021, Accepted: 27/May/2021)

การค้นหาใบหน้าบุคคลและวัตถุบริเวณดวงตาโดยใช้แบบจำลองสีร่วมกับการประมวลผลภาพ

Detection of Face and Objects on Eyes Boundary Using Color Model With Image Processing

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์

Aekkarat Suksukont

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

Email: ekk_ele@hotmail.com โทร. 084-7261752

บทคัดย่อ

การค้นหาภาพลักษณะของใบหน้าโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเป็นขั้นตอนสำคัญในการออกแบบระบบการรู้จำใบหน้า แต่การตรวจจับใบหน้ายังเกิดโจทย์สำหรับงานวิจัย เนื่องจากรูปร่างและลักษณะของใบหน้าแต่ละคนนั้นแตกต่างกัน ทั้งการแสดงอารมณ์ทางใบหน้า เชื้อชาติ สีผิว และปัจจัยอื่น ๆ รวมถึงมีวัตถุแปลกปลอมบริเวณใบหน้า เช่น การสวมแว่นตา หมวก ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอการค้นหาพื้นที่ใบหน้าและตรวจจับวัตถุบริเวณดวงตาโดยใช้โมเดลสี YCbCr ร่วมกับ HSV ในการทดลองนำภาพจำนวน 200 ภาพมาใช้ โดยแบ่งเป็น (1) ภาพที่พื้นหลังไม่มีลวดลาย 100 ภาพ และ (2) ภาพที่พื้นหลังมีลวดลาย 100 ภาพ จากนั้นเทคนิคการใช้โมเดลสี YCbCr ถูกนำมาใช้กับภาพทั้งหมด เพื่อจำแนกสีผิวออกจากพื้นหลัง เพราะจากการศึกษาพบว่าวิธี YCbCr ค่าข้อมูลสี Cb และ Cr มีความคล้ายคลึงกับจุดภาพของสีผิวที่มีการครอบคลุมถึงสีผิวทุกเชื้อชาติได้ และโมเดลสี HSV ซึ่งสามารถบอกความบริสุทธิ์และความสว่างของสีได้อย่างชัดเจน จากนั้นเทคนิควิธีการ Sobel Edge Detection ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับใบหน้า ขั้นต่อมาใช้เทคนิค Image segmentation เพื่อนำมาตรวจจับพื้นที่บริเวณรอบดวงตา แล้วในขั้นตอนสุดท้ายทำการหาสิ่งบดบังบริเวณดวงตา จากผลการทดลองพบว่าสำหรับภาพพื้นหลังไม่มีลวดลายหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 96% และหาวัตถุบริเวณรอบดวงตาได้ 91% สำหรับพื้นหลังที่มีลวดลายหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 86% และหาวัตถุบริเวณรอบดวงตาได้ 82% เมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจจับพื้นที่ใบหน้าด้วยโมเดลสี YCbCr เพียงอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่าวิธีข้างต้นสามารถเพิ่มความถูกต้องได้ 7% ในการตรวจจับวัตถุบริเวณดวงตาของภาพที่พื้นหลังไม่มีลวดลาย และในกรณีภาพที่พื้นหลังมีลวดลายสามารถหาตำแหน่งของใบหน้า วิธีการข้างต้นสามารถเพิ่มความถูกต้องได้ 14% และเพิ่มความถูกต้องในการหาวัตถุบริเวณดวงตาได้ 44%

คำสำคัญ : การประมวลผลสัญญาณภาพ แบบจำลองสี การตรวจจับใบหน้า การตรวจจับวัตถุ

Abstract

Finding facial features using image processing techniques is an important step in designing a facial recognition system. However, face detection still poses a challenge for research since the shape and appearance of each person’s face is different. There are also facial expressions, race, skin color, and other factors including wearing objects on the face such as wearing glasses and hats that result in facial differences. The present study presents face area detection and eye object detection using the YCbCr color model and HSV model. The experiment used 200 images, divided into (1) 100 images with no patterned background and (2) 100 images with patterned background. The YCbCr color modeling technique was applied to all images to distinguish the skin tone from the background. Because from previous studies, it was found that by YCbCr method, Cb and Cr color data values were similar to that of skin color spots covering all ethnic colors. HSV color model, which can clearly show the purity and brightness of the colors. Then the Sobel Edge Detection technique was used to detect faces. Next, an image segmentation technique was used to detect the area around the eyes to find the obscuring around the eyes. The results showed that for the background without pattern, 96% of faces were located and 91% of objects around the eyes were found, and for the patterned background, face location was 86% and subjects around the eye area were 82%, compared to face area detection with YCbCr color model alone. The results showed that the above method can increase the accuracy of 7% in detecting objects in the eye area of images with the non-patterned background. In the case of images with the patterned background, this method of locating faces can increase accuracy by 14% and increase the accuracy of finding objects around the eyes by 44%.

Keywords : image processing, color model, facial detection, object detection

1. บทนำ

กว่าหลายทศวรรษที่ผ่านมา ระบบการค้นหาใบหน้าเพื่อติดตามบุคคลเป็นที่ยอมรับเป็นวงกว้าง และมีการนำมาประยุกต์อย่างแพร่หลาย (Fu *et al*., 2014) เนื่องจากระบบมีความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลของใบหน้าส่งผลให้ระบบรักษาความปลอดภัยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การประยุกต์ใช้งานมีความหลากหลาย ทั้งการประมวลผลแบบภาพถ่าย ข้อมูลภาพวีดีโอ (Tachaphetpiboont *et al*., 2006, และ Sopasoap *et al*., 2016) หรือการประมวลผลแบบเวลาจริง (Xiao *et al*., 2019) โดยทั่วไปการค้นหาใบหน้าและการติดตามบุคคล เป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลของใบหน้าที่สามารถตรวจจับได้ เปรียบเทียบกับข้อมูลภาพใบหน้าที่ระบบบันทึกบนฐานข้อมูล (Raghavendra *et al*., 2015) และ (Yang *et al*., 2014) ซึ่งจากการศึกษาการตรวจจับใบหน้ายังประสบปัญหาและข้อผิดพลาดอยู่ เนื่องจากรูปร่างและลักษณะของใบหน้าแต่ละบุคคลคล้ายคลึงกัน (เชื้อชาติ สีผิว) หรือลักษณะการแสดงอารมณ์ทางใบหน้า รวมถึงสิ่งแปลกปลอมบนใบหน้า เช่น การสวมแว่นตา (Ali *et al*., 2019) ผ้าปิดปากหรือผ้าโพกศีรษะ (Bu *et al*., 2017, และ Deore *et al*., 2016) เป็นต้น ทั้งนี้สาเหตุดังกล่าวถึงแม้ได้รับการศึกษาและพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพจนถึงปัจจุบันนั้น แต่ยังคงเป็นปัญหาหลักของการพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้า

งานวิจัยนี้นำเสนอการค้นหาใบหน้าบุคคลและวัตถุบริเวณดวงตาโดยใช้โมเดลสีร่วมกับการประมวลผลภาพ โดยนำเสนอในส่วนของวิธีดำเนินการทดลอง วิธีการที่ใช้ในการทดลอง ผลการทดลองและข้อสรุปพร้อมทั้งข้อเสนอแนะ โดยใช้อัลกอริทึมการประมวลผลภาพและโมเดลสี YCbCr ร่วมกับ HSV เพื่อแบ่งแยกวัตถุที่บดบังดวงตาเนื่องจากเทคนิคและขั้นตอนการประมวลผลที่นำเสนอมีข้อดีที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับภาพที่มีลักษณะไม่ชัดเจน หรือภาพที่มีสัญญาณรบกวน เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคและอัลกอริทึมอื่น ๆ และนำไปสู่การพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต่อไป

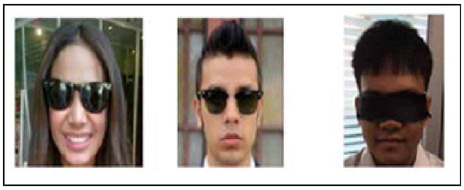
2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมภาพใบหน้าสำหรับทดลอง

ลักษณะที่ 1) ภาพสี RGB ขนาด 8 บิต ภาพใบหน้าที่แสดงใบหน้าชัดเจน ภาพมีสิ่งบดบังดวงตาสีดำ ไม่มีสัญญาณรบกวนพื้นหลังของภาพ ทดลองด้วยภาพใบหน้าจำนวน 100 ภาพ ดังภาพที่ 1

ลักษณะที่ 2) ภาพสี RGB ขนาด 8 บิต ภาพใบหน้าที่แสดงใบหน้าชัดเจน ภาพมีสิ่งบดบังดวงตาสีดำ มีสัญญาณรบกวนพื้นหลังของภาพ ทดลองด้วยภาพใบหน้าจำนวน 100 ภาพ ดังภาพที่ 2

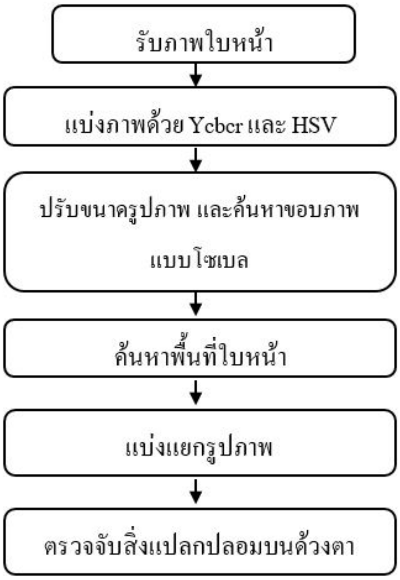
ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพใบหน้าที่พื้นหลังไม่มีลวดลาย



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพใบหน้าที่พื้นหลังมีลวดลาย

2.2 วิธีการวิจัย

วิธีการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาใบหน้าบุคคลและค้นหาสิ่งบดบังบริเวณดวงตา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาพใบหน้าที่พื้นหลังมีลวดลวดและพื้นหลังไม่มีลวดลาย จำนวน 200 ภาพ มีกระบวนการวิเคราะห์ตามบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการประมวลผลและการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมบนใบหน้า

2.3 การแปลงค่าสีจาก RGB เป็น YCbCr ร่วมกับ HSV

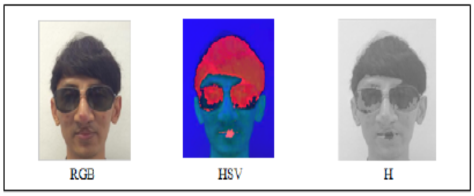
ในงานวิจัยนี้รับเข้ามาเป็นภาพ RGB ซึ่งโมเดลสี RGB เป็นโมเดลสีจะเกิดจากการผสมกันระหว่างแสงสีแดง (R) แสงสีเขียว (G) และแสงสีน้ำเงิน (B) แต่โมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี (Sopasoap *et al*., 2016) ค่าทั้ง 3 สีจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของแสงจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงโมเดลสี RGB เป็น YCbCr เพื่อนำมาใช้ในการแบ่งแยกสีของพื้นที่ใบหน้าออกจากพื้นหลัง เพราะจากการศึกษาพบว่าวิธี YCbCr ค่าข้อมูลสี Cb และ Cr ในโมเดลสี YCbCr จะมีความคล้ายคลึงกับจุดภาพของสีผิว ซึ่งค่าข้อมูลสี Cb และ Cr แสดงให้เห็นการกระจายค่าข้อมูลสีผิว ที่มีการครอบคลุมถึงสีผิวทุกเชื้อชาติได้อย่างชัดเจน ซึ่งการแปลงรูปแบบสีจาก RGB เป็น YCbCr มี ดังนี้

$$Y = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \quad ....(1)$$

$$Cb = (0.168736 \times R) + (0.331264 \times G) + (0.5 \times B) \quad ....(2)$$

$$Cr = (0.5 \times R) +(0.418688 \times G) + (0.081312 \times B) \quad ....(3)$$

โดยกำหนดให้ค่าของ R, G และ B เป็นค่าของ สีแดง สีเขียวและ สีน้ำเงินตามลำดับ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 แล้วค่าของ Y จะมีค่าในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 255 และค่า Cb, Cr อยู่ในช่วงตั้งแต่ -128 ถึง 128



ภาพที่ 4 ตัวอย่างขั้นตอนการแปลงภาพสี RGB เป็น YCbCr

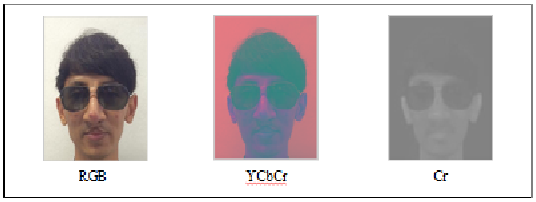
โมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี ค่าทั้งสามสีจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV เพื่อนำมาใช้ในการแบ่งแยกสี โดยแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV โดยการคำนวณได้จากสมการที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งผลหลังจากการแปลงมีลักษณะดังภาพที่ 5

$$H = \begin{cases} \left(\dfrac{G - B}{\max - \min}\right) \times 60 & ; R = \max \\ 2 + \left(\dfrac{B - R}{\max - \min}\right) \times 60 & ; G = \max \\ \left(4 + \dfrac{R - G}{\max - \min}\right) \times 60 & ; B = \max \end{cases} \quad ....(4)$$

$$S = \left(\frac{\max - \min}{\max}\right) \quad ....(5)$$

$$V = \max \quad ....(6)$$

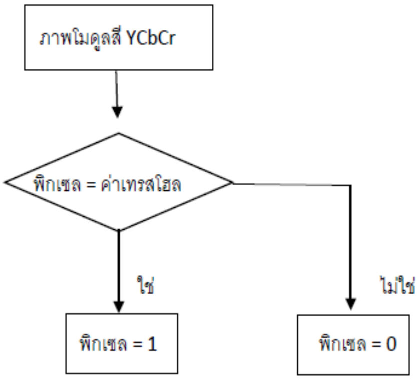
โมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี ค่าทั้งสามสีมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง แต่โมเดลสี HSV ค่า H และ S จะไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง ทำให้มีความคงทนต่อแสงมากกว่า



ภาพที่ 5 ตัวอย่างขั้นตอนการแปลงภาพสี RGB เป็น HSV

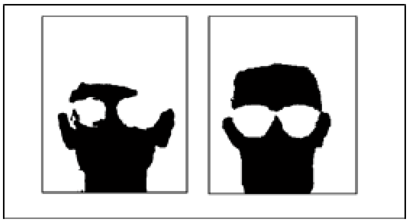
2.4 การแบ่งแยกภาพโดยใช้สี

การแบ่งแยกภาพโดยใช้โมเดลสี เป็นกรณีที่เราต้องการจำกัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไปจากภาพโดยการกำหนดค่าขอบเขตสีที่เราต้องการไว้โดยให้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนสีที่เราไม่ต้องการกำหนดค่าให้เท่ากับ 0 ในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วอาศัยการตรวจสอบสีแดงของขอบป้ายเพื่อทำการหาขอบเขตหรือตำแหน่งของป้าย โดยใช้การแบ่งแยกสีของขอบป้ายซึ่งเป็นสีแดง โดยกำหนดค่าเทรชโฮลของสีแดงเพื่อใช้ในการแบ่งแยกสี



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการแบ่งแยกสีของใบหน้าโดยใช้โมเดลสี YCbCr ร่วมกับ HSV

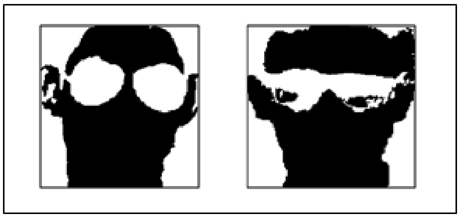
ตัวอย่างการนำภาพระดับสีทำการแปลงเป็นภาพระดับไบนารีซึ่งเป็นภาพที่ประกอบด้วยสีขาวและสีดำเป็นหลัก ถ้าพิกเซลใดมีค่าเป็น 0 หมายความว่าพิกเซลนั้นมีสีดำ พิกเซลใดมีค่าเป็น 1 หมายความว่าพิกเซลนั้นมีสีขาว ผลที่ได้จากการแปลงเป็นภาพไบนารี ดังภาพที่ 7



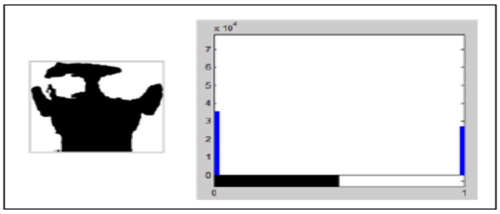
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการแบ่งภาพโดยใช้โมเดลสี

2.5 การปรับขนาดรูปภาพ (Resize Image)

การปรับขนาดรูปภาพ เป็นการเลือกเฉพาะส่วนที่เป็นใบหน้าและปรับขนาดของภาพให้มีขนาด 100x100 เพื่อที่จะทำการหาเส้นขอบของรูปภาพในส่วนต่อไป โดยการปรับขนาด ดังภาพที่ 8 หลังจากที่ปรับขนาดรูปภาพแล้ว ทำการตรวจจับพื้นที่บนใบหน้า ด้วยวิธีการใช้สีของพิกเซลจากภาพที่ถูกปรับขนาดมาแล้ว โดยตั้งค่าสีขึ้นมาค่าหนึ่งเพื่อใช้ในการตรวจจับว่าสามารถหาพื้นที่ใบหน้าได้หรือไม่ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการปรับขนาดรูปภาพ



ภาพที่ 9 ค่าสีของพิกเซลในการตรวจจับใบหน้า

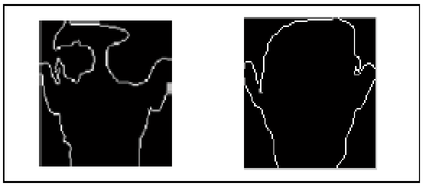
2.6 การหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล (Sobel Edge Detection)

การหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุเราจะสามารถคำนวณหาพื้นที่ (ขนาด) หรือ รู้จำชนิดของวัตถุนั้นได้ วิธีการคือใช้เทมเพลตขนาด 3x3 สองเทมเพลต โดยเทมเพลตแรกจะใช้หาค่าความแตกต่างในแนวนอน (X_{diff}) และค่าความแตกต่างในแนวตั้ง (Y_{diff}) ดังภาพที่ 10

$$X_{diff} = \begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix} \qquad Y_{diff} = \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$$

ภาพที่ 10 การหาขอบภาพโดยใช้เทมเพลตขนาด 3x3

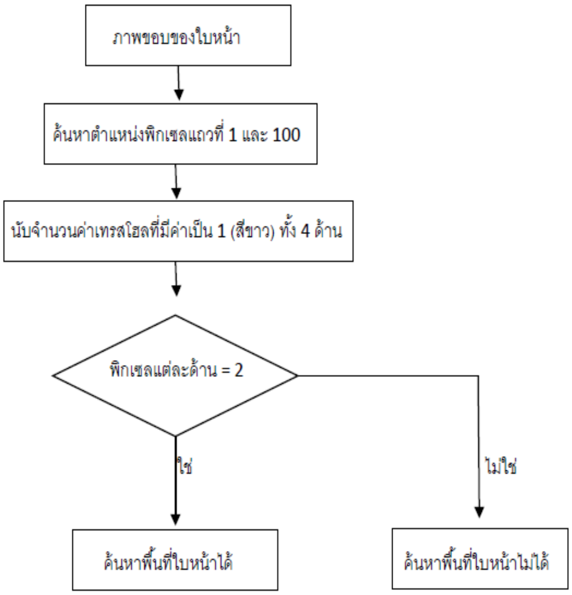
เหตุที่เลือกใช้วิธีโซเบลเนื่องจากวิธีการนี้จะเหมาะสมสำหรับการหาขอบของภาพที่เป็นกลุ่มของสีที่ตัดกันชัดเจน จะไม่แสดงขอบที่เป็นกลุ่มสีเล็ก ๆ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างการหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล

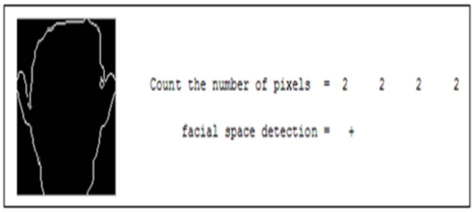
2.7 ค้นหาพื้นที่ใบหน้า (Facial Space Detection)

จากการศึกษาพบว่าจำนวนค่าเทรสโฮลที่มีค่าเป็น 1 (สีขาว) ของพิกเซลแถวที่ 1กับ 100 และคอลัมน์ที่ 1 กับ 100 ภาพที่สามารถค้นหาพื้นที่ใบหน้าได้ มีจำนวนค่าเทรสโฮลที่มีค่าเป็น 1 (สีขาว) จำนวน 2 พิกเซลเท่ากันทั้ง 4 ด้าน แตกต่างจากภาพที่ไม่สามารถค้นหาพื้นที่ใบหน้าได้ ซึ่งมีจำนวนพิกเซลที่ไม่เท่ากัน โดยมีแผนภาพแสดงขั้นตอนการค้นหาพื้นที่ใบหน้า ดังภาพที่ 12

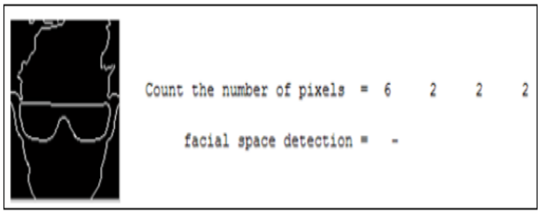


ภาพที่ 12 ขั้นตอนการค้นหาพื้นที่ใบหน้า

ขั้นตอนในการทำงาน เริ่มจากนำภาพขอบของใบหน้า นำมาหาจำนวนพิกเซลที่มีค่าเทรสโฮลเท่ากับ 1 (สีขาว) ในตำแหน่งคอลัมน์ที่ 1 และ 100 กับตำแหน่งแถวที่ 1 และ 100 รวมทั้งหมด 4 ด้าน หลังจากนั้นทำการกำหนดเงื่อนไข คือถ้ามีจำนวนพิกเซลในแต่ละด้านเท่ากับ 2 เท่ากันทั้งหมดทั้งสี่ด้านให้แสดงผลว่าค้นหาพื้นที่ใบหน้าได้ดังภาพที่ 13 แต่ถ้าจำนวนพิกเซลในแต่ละด้าน มีด้านใดด้านหนึ่งไม่เท่ากับ 2 ให้แสดงผลว่าค้นหาพื้นที่ใบหน้าไม่ได้ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 13 ตัวอย่างที่สามารถค้นหาพื้นที่ใบหน้าได้



ภาพที่ 14 ตัวอย่างที่ไม่สามารถค้นหาพื้นที่ใบหน้าได้

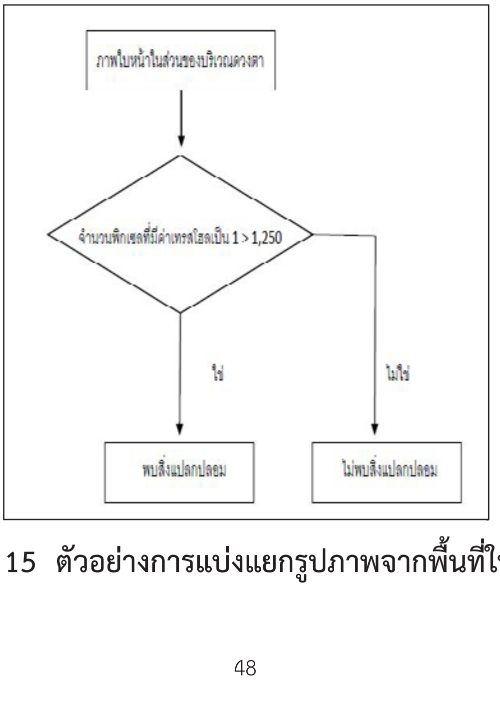
2.8 การแบ่งแยกรูปภาพ (Image Labeling)

จากการศึกษาพบว่า ตำแหน่งของบริเวณดวงตาอยู่ในตำแหน่งที่อยู่ด้านบนไม่เกินครึ่งหนึ่งของใบหน้า ในการทดลองจึงได้ทำการแบ่งครึ่งภาพใบหน้าออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน คือตั้งแต่ด้านบนสุดของภาพจนถึงกึ่งกลางภาพ และตั้งแต่กึ่งกลางภาพจนถึงด้านล่างสุดของภาพ ดังภาพที่ 15

หลังจากนั้นทำการแบ่งภาพอีกครั้งโดยการนำภาพในส่วนของด้านบนของใบหน้าที่ถูกแบ่งไว้แล้วนำมาแบ่งครึ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่า ๆ กัน เนื่องจากในขั้นตอนต่อไปจะทำการหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาในส่วนของดวงตาข้างซ้ายและข้างขวา จึงต้องทำการแบ่งภาพเป็นสองส่วน ดังภาพที่ 16

2.9 การหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตา

หลังจากที่ทำการแบ่งภาพออกเป็นสองด้านแล้ว จะทำการหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาแต่ละด้าน โดยการกำหนดค่าจำนวนพิกเซลที่มีค่าเทรสโฮลเท่ากับ 1 ค่าหนึ่งขึ้นมา เพื่อใช้ในการตรวจหาสิ่งแปลกปลอม หลังจากนั้นจะทำการหาจากภาพบริเวณดวงตาด้านซ้าย และบริเวณดวงตาด้านขวา มีขั้นตอนการทำงาน ดังภาพที่ 17



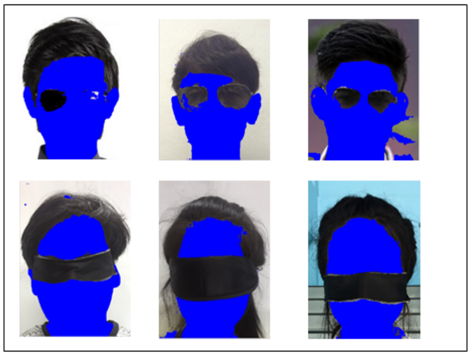
ภาพที่ 15 ตัวอย่างการแบ่งแยกรูปภาพจากพื้นที่ใบหน้า

ภาพที่ 16 ตัวอย่างการแบ่งแยกรูปภาพจากในส่วนของภาพด้านบนใบหน้า

ภาพที่ 17 ขั้นตอนการหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตา

ภาพที่ 18 ตัวอย่างที่หาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาได้

ขั้นตอนในการค้นหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาประกอบด้วย การนำภาพในส่วนของบริเวณดวงตาที่ได้จากขั้นตอนการแบ่งแยกรูปภาพ ซึ่งขนาดของพิกเซลทั้งหมดของภาพใบหน้าในส่วนของดวงตามีขนาด 50x50 พิกเซล หรือมีจำนวน 2,500 พิกเซล นำมาหาจำนวนพิกเซลที่มีค่าเทรสโฮลเป็น 1 แล้วทำการกำหนดเงื่อนไขว่าถ้าจำนวนพิกเซลที่มีค่าเทรสโฮลเป็น 1 มีมากกว่า 1,250 พิกเซล ให้แสดงผลลัพธ์ว่าสามารถค้นหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาได้ ดังภาพที่ 18 แต่ถ้าจำนวนพิกเซลที่มีค่าเทรสโฮลเป็น 1 มีน้อยกว่า 1,250 พิกเซล ให้แสดงผลลัพธ์ว่าไม่สามารถค้นหาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาได้ ดังภาพที่ 19



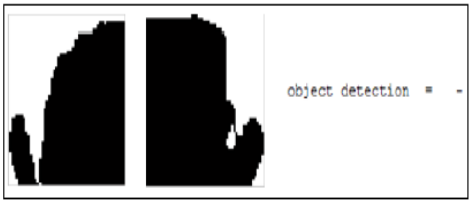
ภาพที่ 19 ตัวอย่างที่หาสิ่งแปลกปลอมบริเวณดวงตาไม่ได้

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดลองแปลงภาพสี RGB

การทดลองพบว่าการใช้โมเดลสี YCbCr ร่วมกับ HSV สำหรับพื้นหลังแบบไม่มีลวดลายสามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 96% และ สำหรับภาพพื้นหลังที่มีลวดลายสามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 86% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ

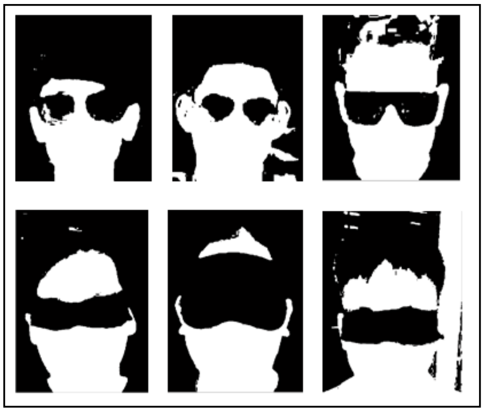
งานวิจัยที่ใช้โมเดลสี YCbCr ผลการทดลองคือ ภาพพื้นหลังแบบไม่มีลวดลายสามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 90% และสำหรับภาพพื้นหลังที่มีลวดลาย สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 78% ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 การแปลงภาพสี RGB เป็น YCbCr ร่วมกับ HSV

3.2 ผลการทดลองหาพื้นที่ของสีผิว

การค้นหาใบหน้าบุคคลในภาพตัวอย่างจะได้มาจากการแบ่งแยกภาพโดยใช้สี ซึ่งในการแบ่งแยกภาพโดยใช้สีของใบหน้าจะสนใจเฉพาะสีของพื้นที่ใบหน้าเท่านั้น โมเดลสีที่ใช้ในการแบ่งแยกสีแดงที่ใช้กันมีหลายโมเดล เช่น โมเดลสี RGB, HSV, YCbCr, HSI, Gray Scale โดยโมเดลสี RGB ค่าของสีแดง เขียว และน้ำเงิน จะแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณแสงทำให้ยุ่งยากในการกำหนดค่าเทรชโฮลในการแบ่งแยกสี ในงานวิจัยนี้เลือกโมเดลสี YCbCr ร่วมกับ HSV ในการหาพื้นที่ของสีผิว

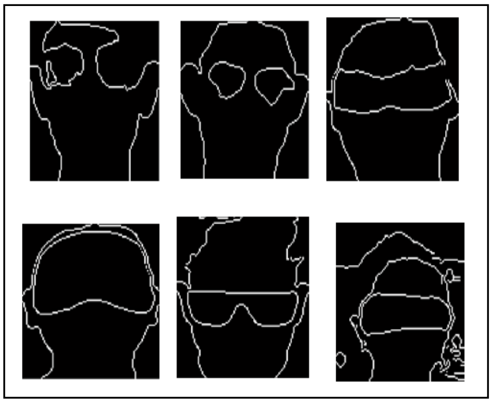


ภาพที่ 21 ตัวอย่างการหาพื้นที่ของสีผิว

จากภาพที่ 21 ความผิดพลาดเกิดจากการสีของลวดลายพื้นหลังมีสีที่ใกล้เคียงกับสีผิวของใบหน้า ทำให้ไม่สามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ แต่ถ้าสีของลวดลายพื้นหลังนั้นมีความแตกต่างกับสีผิวของใบหน้า แล้วไม่มีแสงเงาเกิดขึ้นในภาพ ซึ่งจะทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งของใบหน้าได้ รวมทั้งปัจจัยในส่วนอื่น ๆ เช่น สีของผม สีของสิ่งบดบังบริเวณดวงตา เป็นต้น

3.3 ผลการทดลองการหาขอบภาพ

การหาขอบภาพเป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้น รอบวัตถุ เราจะสามารถตรวจจับพื้นที่ใบหน้าได้ โดยงานวิจัยนี้ใช้การหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล ซึ่งเป็นการหาขอบภาพที่มีความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 22 ตัวอย่างการหาขอบภาพ

จากภาพที่ 22 คือ ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หากความต่างนี้มีมากขอบภาพก็จะเห็นได้ชัด ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อยขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน

3.4 ผลการทดลองค้นหาพื้นที่ใบหน้า

ในการทดลองการค้นหาใบหน้าบุคคลนี้จะแบ่งรูปแบบของการทดลองออกเป็น 2 ประเภท คือ ภาพใบหน้าที่พื้นหลังมีลวดลาย และภาพใบหน้าที่พื้นหลังที่ไม่มีลวดลาย ซึ่งในการทดลองจะใช้โปรแกรมในการตรวจสอบด้วยวิธีการนับจำนวนเส้นขอบรอบ ๆ ใบหน้า ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการตรวจจับพื้นที่ใบหน้า

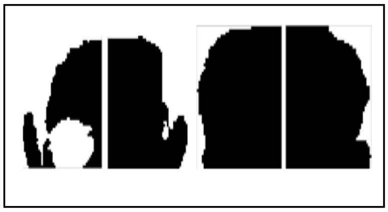
ลักษณะของภาพ	ความถูกต้อง	ความผิดพลาด
พื้นหลังแบบไม่มีลวดลาย	96%	4%
พื้นหลังแบบมีลวดลาย	86%	14%

จากตารางที่ 1 พบว่าการหาตำแหน่งของใบหน้าของภาพที่พื้นหลังไม่มีลวดลาย 100 ภาพ สามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 96 ภาพ ความผิดพลาดเกิดจากสีของพื้นหลังใกล้เคียงกับสีผิวของใบหน้า และส่วนของใบหน้ามีความสว่างน้อยหรือมากเกินไป ทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดลอง และสำหรับภาพที่พื้นหลังมีลวดลาย 100 ภาพ สามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 86 ภาพ ความผิดพลาดเกิดจากการสีของลวดลายพื้นหลังมีสีที่ใกล้เคียงกับสีผิวของใบหน้า ทำให้ไม่สามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ แต่ถ้าสีของลวดลายพื้นหลังนั้นมีความแตกต่างกับสีผิวของใบหน้า แล้วไม่มีแสงเงาเกิดขึ้นในภาพ จะสามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้

3.5 ผลการทดลองการตรวจจับวัตถุบริเวณรอบดวงตา

เมื่อทำการแบ่งภาพใบหน้าเพื่อที่จะหาตำแหน่งในส่วนของบริเวณรอบดวงตาด้วยวิธีการ Image segmentation โดยจะใช้ภาพใบหน้าเฉพาะในส่วนของบริเวณรอบดวงตา ทำการหาวัตถุรอบบริเวณดวงตาด้วยเทคนิค Threshold โดยเมื่อภาพมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ ให้แสดงว่าภาพนั้นมีวัตถุอยู่ในบริเวณรอบดวงตา

ภาพที่ 23 ตัวอย่างที่ตรวจจับวัตถุบริเวณดวงตาได้



ภาพที่ 24 ตัวอย่างที่ตรวจจับวัตถุบริเวณดวงตาไม่ได้

จากตัวอย่าง ภาพที่ 23 จะพบว่าภาพที่สามารถตรวจจับวัตถุบริเวณดวงตาได้มีลักษณะที่สีของแว่นตามีสีที่ไม่ใกล้เคียงกับสีของใบหน้า ส่วนภาพที่ 24 สีของแว่นตาจะมีแสงสะท้อนจากแสงภายนอก หรือแว่นตามีสีใกล้เคียงกับสีของพื้นที่ใบหน้า ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการตรวจจับวัตถุบริเวณดวงตา

ลักษณะของภาพ	ความถูกต้อง	ความผิดพลาด
พื้นหลังแบบไม่มีลวดลาย	91%	9%
พื้นหลังแบบมีลวดลาย	82%	18%

จากตารางที่ 2 พบว่า ความผิดพลาดในการตรวจจับวัตถุบริเวณโดยรอบดวงตา เกิดจากการที่สีของแว่นตามีลักษณะใกล้เคียงกับสีของใบหน้าหรือมีแสงและเงาตกกระทบกับแว่นตา ทำให้สีของแว่นตาทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดลอง

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการค้นหาพื้นที่ใบหน้าบุคคลด้วยโมเดลสี YCbCr ร่วมกับ HSV และตรวจจับวัตถุบริเวณรอบดวงตาด้วยวิธี Image segmentation จากการทดลองพบว่าสำหรับพื้นหลังแบบไม่มีลวดลาย จากผลการดำเนินการวิจัยพบว่าสามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 96% และหาตำแหน่งวัตถุบริเวณรอบดวงตาได้ 91% สำหรับภาพพื้นหลังที่มีลวดลาย สามารถหาตำแหน่งของใบหน้าได้ 86% และหาตำแหน่งวัตถุบริเวณรอบดวงตาได้ 82% ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคนิคนี้มีประสิทธิภาพในการตรวจจับพื้นที่ของใบหน้าบริเวณดวงตาที่มีความแม่นยำสูงและเกิดค่าความผิดพลาดน้อย การพัฒนาควรทำการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพร่วมกับการวิเคราะห์ภาพแบบเรียลไทม์ หรือประยุกต์ใช้แบบจำลองสีรูปแบบอื่นมาช่วยในการประมวลผล ซึ่งจะสามารถระบุหรือค้นหาตำแหน่งของใบหน้าบุคคล เพื่อให้ได้ความเสถียรและระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

Ali A., N. Alsufyani, S. Hoque and F. Deravi. 2019. **Gaze-based Presentation Attack Detection for Users Wearing Tinted Glasses**. Eighth International Conference on Emerging Security Technologies. 1-5.

Bu W., J. Xiao, C. Zhou, M. Yang and C. Peng. 2017. **A cascade framework for masked face detection**. International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and conference on robotics automation and mechatronics (RAM). 458-462.

Chetverikov D. and A. Lerch A. 2003. **Multiresolution Face Detection**. Theoretical Foundations of Computer Vision. 69: 131-140.

Deore G., R. Bodhula, V. Udpikar and V. More. 2016. **Study of masked face detection approach in video analytics**. The 2016 Conference on Advances in Signal Processing (CASP). 196-200.

Fu S., H. He and Z. Hou. 2014. **Learning Race from Face: A Survey**. Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 36(12): 2483-2509.

Graf H.P., T. Chen, E. Petajan and E. Cosatto. 2005. **Locating Faces and Facial Parts**. Workshop Automatic Face and Gesture Recognition. 41-46.

Kotropoulos C. and I. Pitas. 2007. **Rule-Based Face Detection in Frontal Views**. Conference of Acoustics Speech and Signal Processing. 4: 2537-2540.

Raghavendra R., K. B. Raja and C. Busch. 2015. **Presentation Attack Detection for Face Recognition Using Light Field Camera**. Transactions on Image Processing. 24(3): 1060-1075.

Sakai T., M. Nagao and S. Fujibayashi. 1999. **Line Extraction and Pattern Detection in a Photograph**. Pattern Recognition. 1: 233-248.

Sopasoap S. and J. Srinonchat. 2016. **Detection technique of the obstruction area in face recognition system based on YCbCr images**. The 8th conference of electrical engineering network of Rajamangala University of Technology. 557-560. (in Thai)

Tachaphetpiboont S. and T. Amornraksa. 2006. **Multi-modal tracking of faces for video communications**. Computer vision and pattern recognition. 1-5.

Xiao J., S. Li and Q. Xu. 2019. **Video-Based Evidence Analysis and Extraction in Digital Forensic Investigation**. IEEE Access. 7: 5432-5442.

Yang G. and T. S. Huang. 2004. **Human Face Detection in Complex Background**. Pattern Recognition. 27(1): 53-63.

Yang H., C. Zou and I. Patras. 2014. **Face Sketch Landmarks Localization in the Wild**. IEEE Signal Processing Letters. 21(11): 1321-1325.

(Received: 5/Jul/2020, Revised: 11/Jun/2021, Accepted: 18/Jun/2021)

การออกแบบและพัฒนาระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล เทศบาลตำบลบางพระ
Design and Development of 6-D Digital Secure City System Bang Phra Sub-district Municipality

พงศ์พัฒน์ สิงห์ศรี[1] ศรีชล ภิรมย์ลาภ[1] และ สหภัทร ชลาชัย[2]

Pongpat Singsri[1], Srichol Phiromlap[1] and Sahapat Chalachai[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี

[1] Information and Communication Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology, Chonburi

[2] Agricultural Engineering and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology, Chonburi

E-mail: pongpat_si@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ พัฒนาระบบ และวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการใช้งาน ระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล ตามโครงการพัฒนาระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล ของเทศบาลตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ระบบให้บริการ 6 ด้าน ได้แก่ ด้านอาคาร ด้านอาหาร ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านคมนาคม ด้านชีวิตและทรัพย์สิน และด้านสาธารณภัย ระบบทำงานในรูปแบบโมบายแอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้งานฐานข้อมูลร่วมกัน โมบายแอปพลิเคชันใช้สำหรับค้นหาข้อมูลและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ส่วนเว็บแอปพลิเคชันใช้สำหรับเจ้าหน้าที่เทศบาลให้ข้อมูลและเจ้าหน้าที่ดับเพลิงคอยรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้พร้อมพิกัดและภาพถ่ายเหตุการณ์ ระบบทำงาน แสดงผล และส่งข้อมูลแบบเวลาจริง กลุ่มตัวอย่างใช้ประชาชนในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลบางพระ จำนวน 112 คน วิเคราะห์ด้วยค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย ใช้กูเกิลฟอร์มเก็บข้อมูลและใช้กูเกิลชีตประมวล ผลการวิจัยพบว่า โมบายแอปพลิเคชันครอบคลุมการให้ความรู้ 6 ด้าน แอปพลิเคชันสามารถแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ค้นหาถังดับเพลิงที่ใกล้ที่สุดพร้อมนำทางได้ ค้นหาและนำทางไปยังร้านอาหารปลอดภัยได้ เว็บแอปพลิเคชันมีระบบหลังบ้านสำหรับให้ข้อมูลและสามารถแสดงผลการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เสียงเตือน พิกัดเกิดเหตุและภาพเหตุการณ์ได้ ผลความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโดยประชาชนในเขตเทศบาลบางพระ มีระดับความพึงพอใจต่อระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล โดยรวมในระดับมาก (4.26) และเห็นว่าแอปพลิเคชันง่ายต่อการใช้งานและมีข้อมูลครบถ้วนตามความต้องการของผู้ใช้ในระดับมาก (4.27)

คำสำคัญ : เมืองอัจฉริยะ แอปพลิเคชันแจ้งเหตุเพลิงไหม้ บริการบนก้อนเมฆ

Abstract

The purposes of this research were to design, develop the system, and analyze usage satisfaction of 6-D Digital Secure City System according to the project to develop a 6-D Digital Secure City System of Bang Phra Subdistrict Municipality, Sriracha, Chonburi. The system provides services in 6 areas: building, food, environment, transportation, life and property, and public hazard. The system works as a mobile application and a web application with the used same database. Which the mobile application used to search for information and report fires, the web applications use for municipal officials to provide information, and firefighters to receive fire alerts with location and event pictures. The system can run, show results, and send data in real-time. The sample consisted of 112 people in

the area of Bang Phra municipality. Data were analyzed to percentage and average. Google Forms were used to collect data and processed by Google Sheets. The results showed that: mobile application covers 6 areas of information, can report fires, find the nearest fire truck and navigation, and search and navigate to safe restaurants. The web application has a back-end system for providing information and can display fire notifications, alarms, locations, and event pictures. The satisfaction on the usage of the system by people in the area of Bang Phra municipality with the 6-D Digital Secure City System Bang Phra Sub-District Municipality overall at a high level (4.26) of satisfaction, easy to use and complete information as per the needs of users at a high level (4.27) of satisfaction.
Keywords : smart city, fire alert platform, cloud service

1. บทนำ

การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (smart city) เป็นการพัฒนาเมืองให้ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการเมือง ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมือง โดยเน้นการออกแบบที่ดี และการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจและภาคประชาชนในการพัฒนาเมือง ภายใต้แนวคิดการพัฒนาเมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุข อย่างยั่งยืน (Powered Committee to Develop Smart City, 2019) เมืองอัจฉริยะแบ่งออกเป็น 7 ประเภท คือ

1) สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment) คือ เมืองที่คำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ เช่น การจัดการน้ำ การดูแลสภาพอากาศ การบริหาร จัดการของเสีย และการเฝ้าระวังภัยพิบัติ ตลอดจนเพิ่ม ซึ่งปัจจุบันก็ได้มีระบบวัดค่าและแจ้งเตือนต่าง ๆ เช่น ต้นแบบอุปกรณ์พยากรณ์อากาศภาคพื้นดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้วิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศภาคพื้นดินและประมวลผลด้วยเหมืองข้อมูลเพื่อสร้างกฎการตัดสินใจสำหรับการพยากรณ์โอกาสการเกิดฝนตกในพื้นที่นั้น (Singsri *et al*., 2017) และต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศขนาดเล็กด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของต้นแบบอุปกรณ์วัดฝุ่นละอองในอากาศด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ผลการวิจัยพบว่า ต้นแบบอุปกรณ์วัดฝุ่นละอองในอากาศด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีประสิทธิภาพในการวัดฝุ่นละออกใกล้เคียงกับเครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (Singsri *et al*., 2019)

2) เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy) คือ เมืองที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในระบบเศรษฐกิจและบริหารจัดการ ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เมืองเกษตรอัจฉริยะ เมืองท่องเที่ยวอัจฉริยะ

3) พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy) คือ เมืองที่สามารถบริหารจัดการด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความสมดุลระหว่างการผลิตและการใช้พลังงานในพื้นที่เพื่อสร้างความมั่นคงทางพลังงาน

4) การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart Governance) คือ เมืองที่พัฒนาระบบบริการภาครัฐ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารของภาครัฐ โดยมุ่งเน้นความโปร่งใสและการมีส่วนร่วมและมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องผ่านการประยุกต์ใช้นวัตกรรมบริการ เช่น การพัฒนามิเตอร์น้ำบาดาลด้วยระบบสมองกลฝังตัวที่ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลซึ่งสื่อสารกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Manop *et al*., 2018) ทำให้สามารถติดตามและบันทึกปริมาณการใช้น้ำบาดาลแบบออนไลน์ได้

5) การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) คือ เมืองที่มีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกโดยคำนึงถึงหลักอารยสถาปัตย์ (Universal Design) ให้ประชาชนมีสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดี มีความปลอดภัยและมีความสุขในการดำรงชีวิต ซึ่งแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล เทศบาลบางพระ มุ่งเน้นในด้านนี้

6) การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility) คือ เมืองที่มุ่งเน้นพัฒนาระบบจราจรและขนส่งอัจฉริยะ

เพื่อขับเคลื่อนประเทศ โดยเพิ่มประสิทธิภาพและความเชื่อมโยงของระบบขนส่งและการสัญจรที่หลากหลาย ปัจจุบันได้เริ่มมีการศึกษาความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงโครงข่ายคมนาคมขนส่งระดับเมืองได้จากการประมวลผังเมือง เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการคมนาคมระหว่างเมืองและชนบทพร้อมการขยายตัวของเมืองที่อาจกระทบต่อพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมชานเมือง (Summaniti and Summaniti, 2020)

7) พลเมืองอัจฉริยะ (Smart People) คือ เมืองที่มุ่งพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะและสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคมและเศรษฐกิจตลอดจนเปิดกว้างสำหรับความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมและการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งจากการศึกษาพฤติกรรมของผู้สูงอายุกับการใช้งานแอปพลิเคชันไลน์บนสมาร์ทโฟนพบว่า ผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้การใช้งานทั่วไปได้จากลูกหลานและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี ส่วนกิจกรรมที่ยุ่งยากซับซ้อนจะไม่สามารถทำได้ (Thongprasit and Chintakovid, 2020) ซึ่งการออกแบบการทำงานในแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล เทศบาลบางพระ ได้มีการออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เพื่อให้ผู้สูงอายุใช้งานได้สะดวก เช่นเดียวกัน

สำนักปลัดเทศบาลตำบลบางพระ ได้ให้ความสำคัญกับสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จึงจัดให้มีโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ขึ้น โดยได้มีการริเริ่มนำแนวคิดมาจากหลักการของเมืองอัจฉริยะ จากนั้นผนวกเข้ากับ “นโยบายเมืองปลอดภัย 6 มิติ” ของเทศบาลตำบลบางพระ ได้แก่ ด้านอาคาร ด้านอาหาร ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านคมนาคม ด้านชีวิตและทรัพย์สิน และด้านสาธารณภัย ซึ่งเป็นนโยบายที่ปลัดเทศบาลตำบลบางพระได้นำมาใช้ในเขตเทศบาลตำบลบางพระ และได้ดำเนินการทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการ โครงการต้นแบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล ประจำปี 2562 ระหว่าง เทศบาลตำบลบางพระ กับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ซึ่งมีเจตนารมณ์ร่วมกันในการดำเนินงานแบบบูรณาการภายใต้แนวคิดการพัฒนาเมืองปลอดภัย เมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย เมืองอัจฉริยะ ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขอย่างยั่งยืน

จากนโยบายรัฐ ความร่วมมือระหว่างองค์กร และแนวทางการดำเนินงานในขั้นต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ด้าน ได้แก่

1) ด้านอาคาร
2) ด้านอาหาร
3) ด้านสิ่งแวดล้อม
4) ด้านคมนาคม
5) ด้านชีวิตและทรัพย์สิน
6) ด้านสาธารณภัย

โดยเน้นใน 1) ด้านอาคาร สามารถค้นหาถังดับเพลิงพร้อมการนำทางไปยังถังดับเพลิงด้วยแผนที่กูเกิลและสามารถแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้โดยข้อมูลจะถูกส่งไปที่สถานีดับเพลิงโดยตรง 2) ด้านสิ่งแวดล้อม สามารถค้นหาถังขยะที่ใกล้ที่สุดพร้อมการนำทางด้วยแผนที่กูเกิลและวันเก็บขยะของเทศบาล และใน 3) ด้านอาหารยังสามารถค้นหาร้านค้าปลอดภัยในเขตเทศบาลฯพร้อมการนำทางด้วยแผนที่กูเกิลเป็นสำคัญก่อน ตามแนวทางของสำนักปลัดเทศบาลตำบลบางพระ

ส่วน 4) ด้านคมนาคม 5) ด้านชีวิตและทรัพย์สิน และ 6) ด้านสาธารณภัย จะเป็นการให้ข้อมูลแก่ประชาชนผู้ใช้งานแอปพลิเคชันนี้ให้สามารถรับรู้ข่าวสารของเทศบาลได้โดยตรงและทันที และมีการออกแบบอินเทอร์เฟสเพื่อให้ผู้สูงอายุใช้งานง่าย

2. วิธีการทดลองหรือวิธีการศึกษา

2.1 การออกแบบระบบการทำงาน

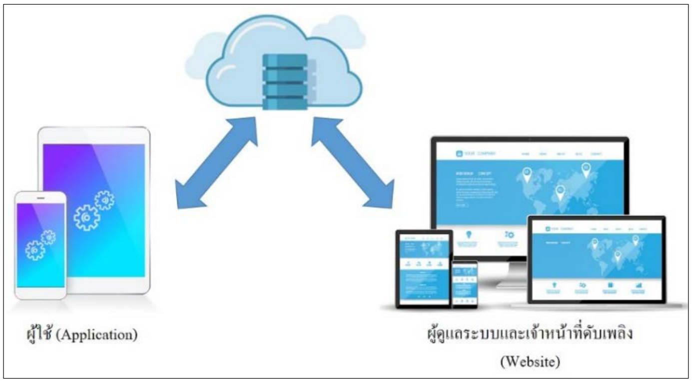
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างของระบบ โดยระบบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แอปพลิเคชันบน

สมาร์ทโฟน (Android Application) สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปไว้ใช้แจ้งเหตุและค้นหาข้อมูลข่าวสาร และเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเจ้าหน้าที่เทศบาลใช้เป็นระบบหลังบ้าน (back-end) เพื่อนำเข้าข้อมูลและในส่วนของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงเพื่อใช้ติดตามการแจ้งเหตุ โดยมีกรอบแนวคิดดังภาพที่ 1

ระบบนี้ใช้งานในรูปแบบสถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ (Client/Server Architecture) โดยทำงานในรูปแบบเครื่องผู้ให้บริการ (server) และเครื่องผู้ใช้บริการ (client) เชื่อมต่อกันอยู่ เครื่องผู้ใช้บริการจะมีการติดต่อร้องขอบริการ/ข้อมูลจากเครื่องผู้ให้บริการ เครื่องผู้ให้บริการก็จะจัดการตามที่เครื่องผู้ขอใช้บริการร้องขอแล้วส่งข้อมูลกลับไปให้สถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ เหมาะกับระบบที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายจำนวนมาก (Reese, 2000)

ระบบนี้มีเว็บแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานในฝั่งเจ้าหน้าที่เทศบาลและเจ้าหน้าที่ดับเพลิง ซึ่งเว็บแอปพลิเคชัน คือ แอปพลิเคชันที่ถูกเขียนขึ้นมาให้สามารถเปิดใช้ในเว็บเบราเซอร์ (Web Browser) ได้โดยตรง ไม่ต้องโหลดแอปพลิเคชันแบบเต็มลงเครื่อง ทำให้โดยรวมแล้วกินทรัพยากรค่อนข้างต่ำ สามารถเปิดใช้งานได้ไว และภายในตัวเว็บแอปพลิเคชันมักถูกเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimize) ให้มีการทำงานรวดเร็วกว่าการเปิดแอปพลิเคชันแบบปกติ

ส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่นำเสนอในบทความนี้เป็น แอนดรอยด์แอปพลิเคชันแบบเนทีฟแอป (Native App) ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันสำหรับใช้งานในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ของกูเกิล พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยชุดพัฒนาแอปพลิเคชันของแอนดรอยด์ (Android Software Development Kit; Android SDK) (Burnette, 2010) มีการทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันแผนที่กูเกิลเพื่อใช้งานด้านพิกัดบนแผนที่และการนำทาง ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในเซิร์ฟเวอร์เพื่อสะดวกต่อการอัพเดทข้อมูล และแยกส่วนการทำงานระหว่างผู้ให้ข้อมูลและผู้รับข้อมูล รวมทั้งแอปพลิเคชันนี้จะได้ไม่ต้องอัพเดททุกครั้งที่มีการเพิ่มข่าวสาร



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

2.1.1 แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

2.1.1.1 ผู้ใช้งาน

1. การค้นหาและแจ้งเหตุ

- สามารถแจ้งเหตุเพลิงไหม้พร้อมรูปถ่ายและข้อความได้
- สามารถค้นหาถังดับเพลิงที่ใกล้ที่สุดพร้อมการนำทางไปยังถังดับเพลิงได้
- สามารถเรียกดูถังดับเพลิงทั้งหมดในเขตเทศบาลตำบลบางพระพร้อมการนำทางไปยังถังดับเพลิงได้
- สามารถเรียกดูถังขยะทั้งหมดในเขตเทศบาลตำบลบางพระพร้อมการนำทางไปยังถังขยะได้
- สามารถค้นหาวันเก็บขยะมีพิษ วันเก็บขยะทั่วไป ได้ในรูปแบบปฏิทิน

2. ความรู้/ข่าวสาร

- ได้รับความรู้และข่าวสารด้านอาคารสถานที่

- ได้รับความรู้และข่าวสารด้านอาหารและสามารถค้นหาร้านอาหารปลอดภัยในเขตเทศบาลตำบลบางพระพร้อมนำทางไปยังร้านอาหารได้
- ได้รับความรู้และข่าวสารด้านกิจการอันเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- ได้รับข่าวสารด้านการจัดการน้ำเสียได้
- ได้รับความรู้และข่าวสารด้านความปลอดภัยในการขับขี่และวินัยจราจร
- ได้รับความรู้และข่าวสารด้านความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน
- ได้รับความรู้และข่าวสารด้านสาธารณภัย

3. **การติดต่อเจ้าหน้าที่**
   - สามารถเชื่อมต่อการติดต่อเจ้าหน้าที่ไปยังแอปพลิเคชันสำหรับโทรออกของโทรศัพท์เพื่อติดต่อเจ้าหน้าที่ได้

2.1.2 เว็บแอปพลิเคชัน

2.1.2.1 เจ้าหน้าที่เทศบาล

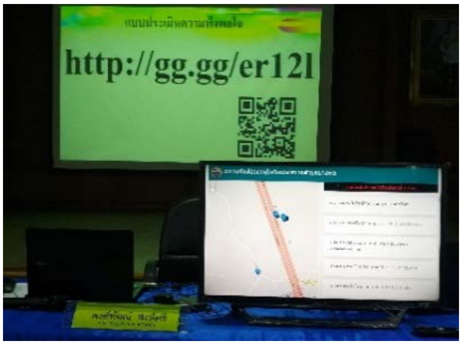
- สามารถจัดการข้อมูลถังดับเพลิงและพิกัดได้
- สามารถจัดการข้อมูลความรู้และข่าวสารด้านอาคารสถานที่ได้
- สามารถจัดการข้อมูลความรู้และข่าวสารด้านอาหาร จัดการข้อมูลร้านอาหารปลอดภัยในเขตเทศบาลตำบลบางพระและพิกัดร้านอาหารได้
- สามารถจัดการข้อมูลวันเก็บขยะมีพิษ วันเก็บขยะทั่วไป ความรู้และข่าวสารกิจการอันเป็นอันตรายต่อสุขภาพและการจัดการน้ำเสียได้
- สามารถจัดการข้อมูลความรู้และข่าวสารด้านความปลอดภัยในการขับขี่และวินัยจราจรได้
- สามารถจัดการข้อมูลความรู้และข่าวสารด้านความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินได้
- สามารถจัดการข้อมูลความรู้และข่าวสารด้านสาธารณภัยได้

2.1.2.2 เจ้าหน้าที่ดับเพลิง

- สามารถรับข้อมูลแสดงผลจุดเกิดเหตุ รูปภาพ และข้อความที่ได้รับแจ้งจากผู้ใช้เพื่อแสดงผลให้เจ้าหน้าที่ดับเพลิงทราบผ่านสมาร์ททีวีได้แบบเวลาจริง
- สามารถแสดงเสียงเตือนเมื่อเกิดการแจ้งเหตุได้แบบเวลาจริง

2.2 การเก็บข้อมูล

ในการศึกษา แอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนในเขตเทศบาลตำบลบางพระ 112 คน จากการเชิญประชาชนตำบลบางพระเข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการประจำปี โครงการแนะนำการใช้งานแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล ณ ห้องประชุม ชั้น 5 อาคารเทศบาลตำบลบางพระ ซึ่งจัดโดยเทศบาลตำบลบางพระ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วิธีเก็บข้อมูล

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างจากแนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ อายุ

ส่วนที่ 2 ความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน ประกอบด้วย

1) ข้อมูลที่ได้จากแอปพลิเคชันสามารถช่วยท่านแก้ไขสาเหตุของปัญหาและแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว
2) แอปพลิเคชันมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างดี
3) แอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง

ส่วนที่ 3 การทำงานตามฟังก์ชันการทำงาน ประกอบด้วย

1) การใช้คำสั่งต่าง ๆ ส่วนของเมนูมีความสะดวก
2) ข้อมูลที่แอปพลิเคชันจัดเตรียมมีความเพียงพอต่อการใช้งาน
3) แอปพลิเคชันมีระบบป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

ส่วนที่ 4 ความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย

1) กระบวนการในการติดตั้งแอปพลิเคชันง่ายและเหมาะสม
2) แอปพลิเคชันมีการจัดวางรูปแบบโครงร่างของหน้าจอได้อย่างเหมาะสม
3) แอปพลิเคชันมีรูปแบบการนำเสนอที่ดีง่ายต่อการทำความเข้าใจ
4) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งส่วนประกอบของเมนูในแอปพลิเคชัน

ตรวจสอบแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และนำไปทดลองกับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามโดยทดสอบความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบัค (Cronbach’s alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.92 โดยนำข้อมูลจากกูเกิลฟอร์มมาประมวลผลด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Paentong, 2019)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างครบด้วยกูเกิลฟอร์มแล้ว จากนั้นส่งต่อข้อมูลลิงก์ไปที่กูเกิลชีตเพื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลทั่วไป ใช้ค่าร้อยละ
2) ความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน ใช้ค่าเฉลี่ย
3) การทำงานตามฟังก์ชันการทำงาน ใช้ค่าเฉลี่ย
4) ความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน ใช้ค่าเฉลี่ย

ข้อมูลที่นำมาคำนวณเก็บรวบรวมตามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ในคำถามแต่ละด้านมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) (Silpcharu, 2017) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ระดับความคิดเห็น	น้ำหนักคะแนนของคำตอบ
มากที่สุด	5
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
น้อยมาก	1

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการแปลผลตามเกณฑ์การแปลความหมายที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การแปลความหมาย

ค่าเฉลี่ย	ค่าความคิดเห็น
4.50 - 5.00	ระดับ มากที่สุด
3.50 - 4.49	ระดับ มาก
2.50 - 3.49	ระดับ ปานกลาง
1.50 - 2.49	ระดับ น้อย
1.00 - 1.49	ระดับ น้อยที่สุด

2.5 สถานที่เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บข้อมูล ณ ห้องประชุม ชั้น 5 อาคารเทศบาลตำบลบางพระ ดังภาพที่ 3 จากการจัดอบรมแนะนำการใช้งานแอปพลิเคชันระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล เทศบาลตำบลบางพระ ประมวลผลข้อมูลและสรุปผลการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการระบบฝังตัวและระบบอัตโนมัติ หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เลขที่ 43 หมู่ที่ 6 ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี รหัสไปรษณีย์ 20110

ภาพที่ 3 สถานที่เก็บข้อมูล

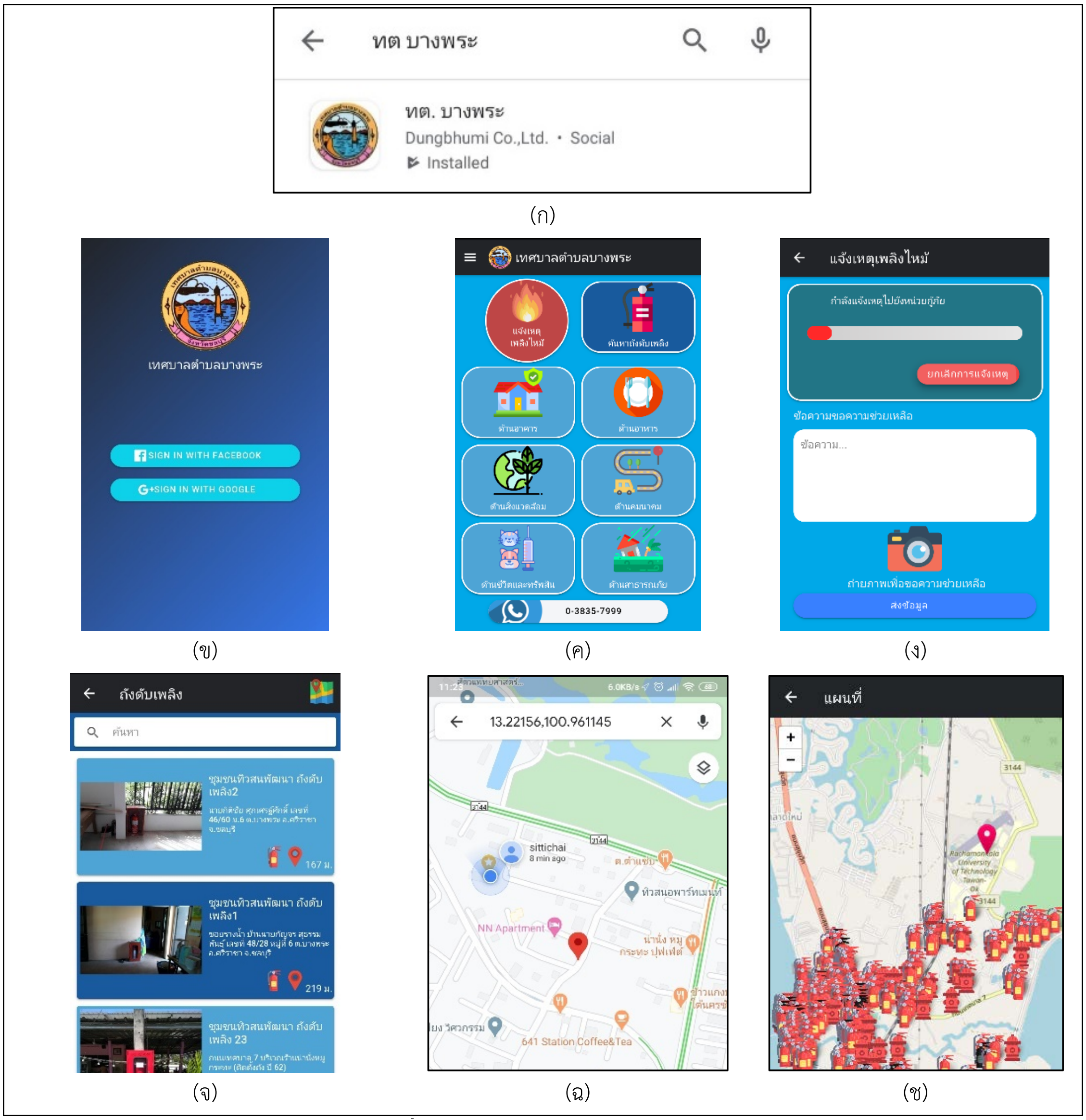
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและเว็บแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันถูกแขวนในกูเกิลเพลย์สโตร์ ทำให้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถใช้คำค้น “ทต. บางพระ” ได้ดังภาพที่ 4(ก) เมื่อติดตั้งเสร็จและเปิดใช้งานแอปพลิเคชัน จะพบตัวเลือกสำหรับเข้าสู่ระบบโดยให้เลือกเข้าสู่ระบบด้วยเฟสบุ๊คหรืออีเมลของกูเกิล ดังภาพที่ 4(ข) เมื่อเข้าสู่ระบบได้ จะพบหน้าหลักของแอปพลิเคชันที่พร้อมใช้งาน ดังภาพที่ 4(ค)

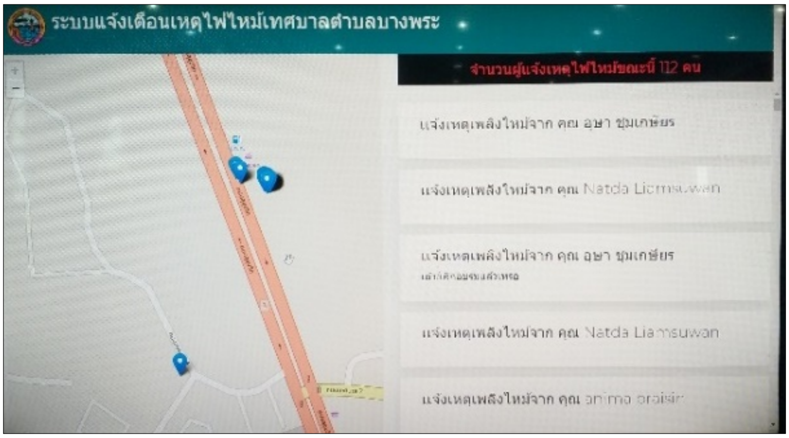
เมื่อเข้าสู่เมนู “แจ้งเหตุเพลิงไหม้” ผู้ใช้สามารถกดส่งการแจ้งเตือนได้ทันทีหรือรอการนับเวลาถอยหลัง ดังภาพที่ 4(ง) ระบบจะส่งข้อมูลตำแหน่งพร้อมข้อมูลผู้แจ้งไปที่ฐานข้อมูล จากนั้นเว็บแอปพลิเคชันจะดึงค่าการแจ้งเหตุมาแจ้งเจ้าหน้าที่ดับเพลิงที่สถานีดับเพลิง ดังภาพที่ 5 หรือหากผู้ใช้เลือกเมนู “ค้นหาถังดับเพลิง” ระบบก็จะแสดงรูปถังดับเพลิงที่ใกล้ที่สุดพร้อมระยะทาง ดังภาพที่ 4(จ) หากกดที่ถังดับเพลิงก็จะลิงก์ไปที่แผนที่กูเกิลเพื่อนำทางต่อไป ดังภาพที่ 4(ฉ) อีกทั้งผู้ใช้สามารถดูถังดับเพลิงทั้งหมดในเขตเทศบาลบางพระ เพื่อเลือกถังดับเพลิงเอง ดังภาพที่ 4(ช) (ถังขยะก็แสดงผลในลักษณะเดียวกับถังดับเพลิง)

จากการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมอบรมการใช้งานแอปพลิเคชันทดลองดำเนินการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ พบว่า ระบบสามารถรับข้อมูลและแสดงผลผ่านหน้าจอได้ครบทุกข้อมูล ดังภาพที่ 4(ฉ) แต่ความถูกต้องของพิกัดที่แสดงผลมีความผิดพลาดอยู่ 1 ข้อมูล อันเนื่องมาจากข้อมูลพิกัดจากสมาร์ทโฟนของผู้ส่งข้อมูลไม่ได้เปิดใช้งานฟังก์ชันระบุตำแหน่งสมาร์ทโฟนของผู้ส่งจึงได้ส่งพิกัดตามที่มีข้อมูลอยู่มาที่ระบบ



ภาพที่ 4 แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

 ISSN 1906-1889



ภาพที่ 5 เว็บแอปพลิเคชัน

3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลความคิดเห็นต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล ด้วยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชาชนในเขตเทศบาลตำบลบางพระ จำนวนทั้งสิ้น 112 คน มีความสัมพันธ์ด้านเพศและอายุ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเพศและอายุ

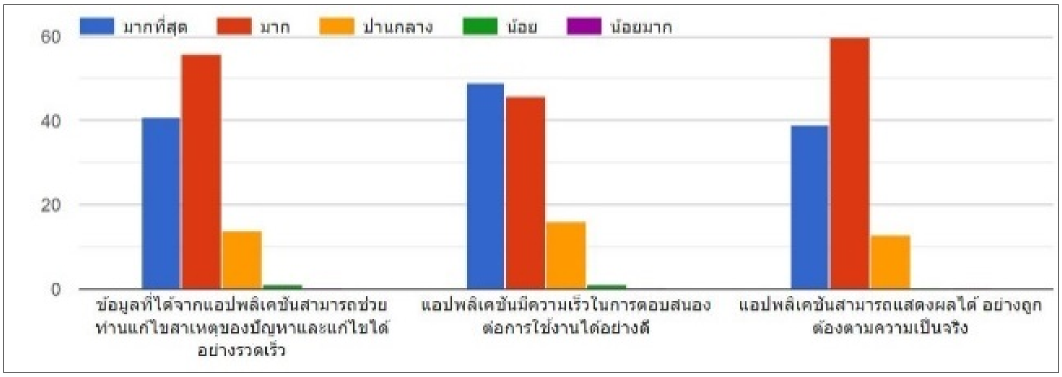
	ชาย	**หญิง**
น้อยกว่า 20 ปี	11	20
21 - 25 ปี	16	23
26 - 30 ปี	1	4
31 - 35 ปี	4	5
36 - 40 ปี	3	4
41 - 45 ปี	2	2
46 - 50 ปี	2	2
51 - 55 ปี	-	3
56 - 60 ปี	1	4
61 ปี ขึ้นไป	-	5
รวม	40	72

ผลการประเมินด้านความตรงต่อความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากแอปพลิเคชันสามารถช่วยท่านแก้ไขสาเหตุของปัญหาและแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ระดับมาก 56 คน (ร้อยละ 50.0) แอปพลิเคชันมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างดี ระดับมากที่สุด 49 คน (ร้อยละ 43.8) และแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง ระดับมาก 60 คน (ร้อยละ 53.6) ดังภาพที่ 6

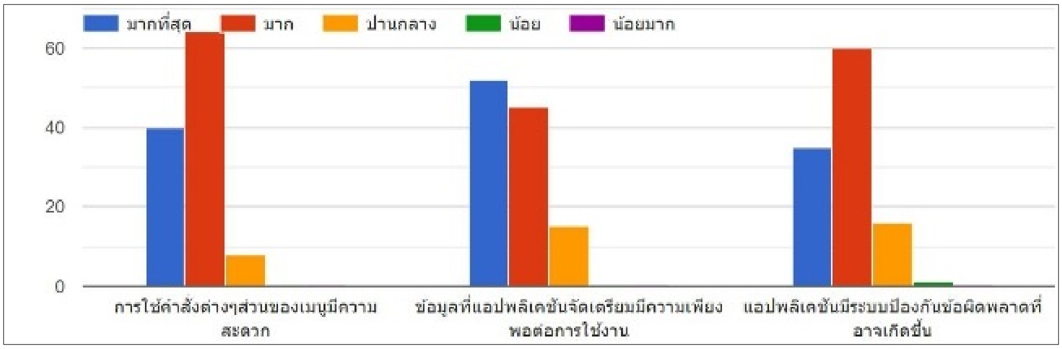
ผลการประเมินด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงาน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เห็นว่าการใช้คำสั่งต่าง ๆ ของเมนูมีความสะดวก ระดับมาก 64 คน (ร้อยละ 57.1) ข้อมูลที่แอปพลิเคชันจัดเตรียมมีความเพียงพอต่อการใช้งาน ระดับมากที่สุด 52 คน (ร้อยละ 46.4) และแอปพลิเคชันมีระบบป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น ระดับมาก 60 คน (ร้อยละ 53.6) ดังภาพที่ 7

ผลการประเมินด้านความง่ายต่อการใช้งาน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เห็นว่ากระบวนการในการติดตั้งแอปพลิเคชันง่ายและเหมาะสม ระดับมาก 69 คน (ร้อยละ 61.6) แอปพลิเคชันมีการจัดวางรูปแบบโครงร่างของหน้าจอ

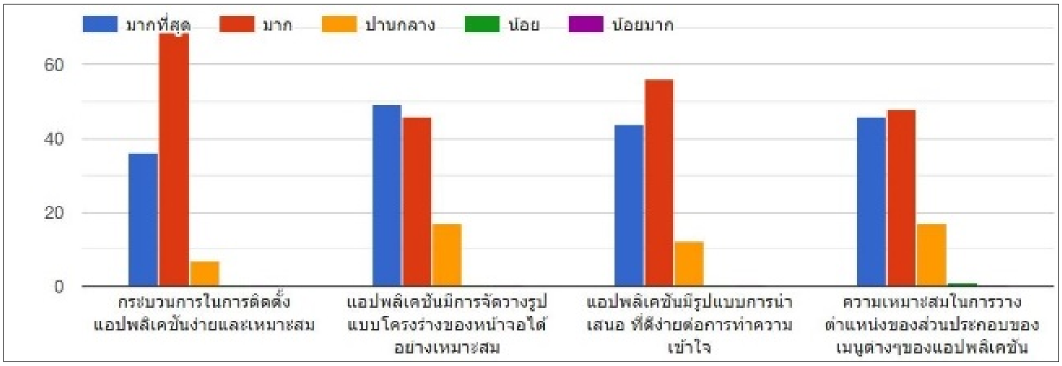
ได้อย่างเหมาะสม ระดับมากที่สุด 49 คน (ร้อยละ 43.8) แอปพลิเคชันมีรูปแบบการนำเสนอที่ดีง่ายต่อการทำความเข้าใจ ระดับมาก 56 คน (ร้อยละ 50.0) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบของเมนูต่าง ๆ ของแอปพลิเคชัน ระดับมาก 48 คน (ร้อยละ 42.9) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 6 ความตรงต่อความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน



ภาพที่ 7 การทำงานตามฟังก์ชันการทำงาน



ภาพที่ 8 ความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ด้านความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน ที่ค่าเฉลี่ย 4.24 โดยมีความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด คือ แอปพลิเคชันมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างดี ที่ค่าเฉลี่ย 4.28 กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับมาก ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงาน ที่ค่าเฉลี่ย 4.26 โดยมีความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด คือ ข้อมูลที่แอปพลิเคชันจัดเตรียมมีความเพียงพอต่อการใช้งาน ที่ค่าเฉลี่ย 4.33 และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับมาก ในด้านความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน ค่าเฉลี่ย 4.27 โดยมีความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด คือ แอปพลิเคชัน

มีการจัดวางรูปแบบโครงร่างของหน้าจอได้อย่างเหมาะสม และแอปพลิเคชันมีรูปแบบการนำเสนอที่ดีง่ายต่อการทำความเข้าใจ ที่ค่าเฉลี่ย 4.29

4. สรุป

จากผลการประเมินดังกล่าว ทำให้สามารถสรุปได้ว่า แอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล นี้ สามารถใช้งานได้ง่าย มีข้อมูลที่เพียงพอต่อการใช้งาน และเป็นที่ต้องการใช้งานของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลบางพระ ซึ่งตอบโจทย์การทำงานของผู้วิจัยอันเนื่องมาจากผู้สูงอายุในเขตเทศบาลตำบลบางพระส่วนมากแล้วจะอยู่ติดบ้าน ไม่นิยมเดินทางออกไปไหนไกล ทำให้สามารถเป็นหูเป็นตาให้กับชุมชนได้อย่างดี อีกทั้งชุมชนบางพระเป็นชุมชนที่ค่อนข้างเก่าแก่ บ้านเรือนยังมีลักษณะเป็นบ้านไม้อยู่มากทำให้เสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ได้ ซึ่งคนกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้ใช้งานด้านการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของแอปพลิเคชันนี้ค่อนข้างสูง

อีกทั้งแอปพลิเคชันเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล นี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับทุกตำบลทั่วประเทศ เพียงแค่เปลี่ยนข้อมูลภายในระบบหรือพัฒนาต่อเพื่อให้สามารถใช้งานได้ทั่วประเทศ ส่วนผู้ใช้สมาร์ทโฟนในกลุ่ม iOS ผู้พัฒนาได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ยังไม่สามารถเปิดให้ดาวน์โหลดมาใช้ได้ เนื่องจากต้องรอการดำเนินการส่งขึ้นแอปสโตร์

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบเมืองปลอดภัย 6 มิติดิจิทัล เทศบาลตำบลบางพระ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเทศบาลตำบลบางพระ อีกทั้งยังได้รับความร่วมมือและความกรุณาจาก ท่านสมเจตน์ เกตุวัตถา นายกเทศมนตรีตำบลบางพระ ว่าที่ร.ต.ต.เชิดชัย คงวัฒนกุล ปลัดเทศบาลตำบลบางพระ นางสาวอรจีราพัชร์ ศรีพรหม หัวหน้าสำนักปลัดเทศบาลตำบลบางพระ และเจ้าหน้าที่เทศบาลตำบลบางพระทุกท่าน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ซึ่งได้อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

Burnette, E. 2010. Hello, **Android**. 3rd ed. Pragmatic Bookshelf, USA.

Manop, C., N. Jirasuwankul and S. Klongboonjit. 2018. **Development of Groundwater Metering and Management System Using Embedded Computer and Web-based Application Software**. Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 28(1): 51-61. (In Thai)

Paentong, J. 2019. **Determination of the coefficient of the questionnaire**. Accessed from https://krujakkrapong.com/%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%AA. Accessed 10 Feb 2020.

Powered Committee to Develop Smart City. 2019. **Announcement of Powered Committee to Develop Smart City Subject: Assessment criteria and qualifications, methods and processes for determining smart cities**. Accessed from https://smartcitythailand.or.th/file/ประกาศ%20Smart%20City%201-2562%20-%2002-final.pdf: Accessed 10 Feb 2020.

Reese, G. 2000. **Database Programming with JDBC and Java**, 2nd ed. O'Reilly & Associates Publishers, USA.

Silpcharu, T. 2017. **Research and Statistical Analysis with SPSS and AMOS**. 17th ed. Se-ed Publishers, Bangkok. (In Thai)

Singsri, P., S. Chansamorn, A. Wongjak, W. Somgiat and S. Phiromlap. 2019. **Prototype of Particulate Matter Measure Device with Micro Controller**. Proceeding of 11^{th} Rajamangala University of Technology National Conference: 245-251. (In Thai)

Singsri, P., S. Chansamorn and A. Wongjak. 2017. **Ground Forecast Device with Microcontroller**. Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal. 10(1): 20-26. (In Thai)

Summaniti, L. and S. Summaniti. 2020. **The Measurement of Transportation Accessibility Efficiency of Chiang Mai City: Cause Study of Chiang Mai Comprehensive Plan**. Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 30(1): 130-139. (In Thai)

Thongprasit, J. and T. Chintakovid. 2020. **Elderly User's Usage Behavior of LINE Application on a Smartphone**. Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 30(1): 118-129. (In Thai)

(Received: 31/May/2020, Revised: 9/Jun/2021, Accepted: 16/Jun/2021)

อัตราอุบัติการณ์สารกลุ่มเตตราซัยคลินตกค้างในกุ้งเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม
Incidence Rate of Tetracycline Residues in Shrimp in Maha Sarakham Provnce

รพีพัฒน์ นาคีภัย[1] สุพัตรา บุตราช[2] และ สุขกมล เกตุพลทอง[1]
Rapeepat Nakeephai[1], Supattra Buttarat[2], and Sukhkamon Ketphonthong[1]
[1] สำนักวิชาการ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม [2] คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสาธารณสุขชุมชน วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
[1] Academic office, Faculty of Veterinary Medicine, Mahasarakham University
[2] Department of Community of Public Health, Faculty of Science, Pitchaya Bundit College
Correspondence author : rapeepat.n@msu.ac.th Telephone number : 062-1699769

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ใช้ยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินเพื่อรักษาโรค จึงทำให้มีสารดังกล่าวตกค้างในกุ้ง เมื่อผู้บริโภครับประทานสะสมเป็นระยะเวลานานอาจเกิดอาการดื้อยา เกิดอาการผิดของระบบทางเดินอาหาร พิษต่อตับและไต เก็บตัวอย่างกุ้งตามพื้นที่จำหน่ายกุ้งในจังหวัดมหาสารคามทั้งหมด 50 ตัวอย่าง จาก 43 ร้านค้า วันที่ 13 ถึง 14 ตุลาคม 2563 จากการทดลอง พบว่า สถานที่ตรวจไม่พบยาปฏิชีวนะ คือ ตลาดสด อำเภอนาดูน คิดเป็นร้อยละ 2 สถานที่ตรวจพบออกซีเตตราซัยคลินมี 49 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 98 สถานที่ที่มีปริมาณสารออกซีเตตราซัยคลินในระดับปลอดภัย คือ ตลาดสด พบ 10 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 20 ห้างสรรพสินค้า พบ 2 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 4 และร้านอาหาร พบ 1 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 2 ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) และคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ Codex Alimentarius Commission (Codex)

คำสำคัญ : กุ้ง ออกซีเตตราซัยคลิน จังหวัดมหาสารคาม

Abstract

Most shrimp farming uses the antibiotic oxytetracycline to treat shrimp disease, therefore this such substance is left in the shrimp. Long-term consumption of this compound may result in drug resistance, causing gastrointestinal disorders, liver and kidney toxicity. The researchers collected 50 shrimp samples from the shrimp selling areas in Mahasarakham Province, totaling 50 samples from 43 shops during October 13-14, 2020. The results showed that the place where no antibiotics was detected was the fresh market in Na Dun District, accounted for 2%. There were 49 locations where oxytetracycline was detected, accounted for 98%. Places with safe levels of oxytetracycline were as follows; fresh markets, which were found in 10 locations, representing 20 percent, 2 department stores, representing 4%, and 1 restaurant, accounting for 2%. The safety levels were based on standards from the United States Food and Drug Administration (USFDA) and the Codex Alimentarius Commission (Codex).

Keywords : shrimps, oxytetracycline, Mahasarakham province

1. บทนำ

ประเทศไทยได้อันดับที่ 5 ของโลกจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากพื้นที่การขยายเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเริ่มถึงขีดจำกัด รองจากประเทศอาเซียน คือ เวียดนาม และอินโดนีเซีย เนื่องจากสองประเทศดังกล่าวมีพื้นที่ขยายการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น ประเทศไทยมีตลาดการส่งออกสัตว์น้ำภายนอกประเทศทั่วโลก และมีเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ

ที่ทันสมัย (Tokitsana *et al*., 2015) สัตว์น้ำที่ประเทศไทยส่งออกที่สำคัญ คือ กุ้ง ปัญหาที่พบจากการส่งออกพบปัญหาทางด้านเคมี คือ การตกค้างของยาปฏิชีวนะ และปัญหาทางด้านชีวภาพ คือ จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียและก่อให้เกิดโรค (Toomsungthong, 2009) ซึ่งยาปฏิชีวนะที่นิยมใช้ของกลุ่มเพาะเลี้ยงกุ้ง คือ กลุ่มเตตราซัยคลิน (ออกซีเตตราซัยคลิน) เพราะใช้ระยะเวลารักษาไม่นาน ให้ผลผลิตดี ป้องกันโรค และกุ้งมีการเจริญเติบโตดี (Raksincharoensak *et al*., 1992) ดังนั้น เพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภคจากการส่งออกภายในและภายนอกประเทศเพื่อให้ได้กุ้งที่ปราศจากการตกค้างยาปฏิชีวนะ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงมีเกณฑ์มาตรฐานเพื่อเป็นตัวชี้วัดการยอมรับหรือปฏิเสธการนำเข้ากุ้งจากประเทศไทยเข้าสู่ตลาดต่างประเทศ เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) และคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ Codex Alimentarius Commission (Codex) กำหนดค่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์ (Maximum residue limits หรือเรียกว่า MRLs ของ Oxytetracycline ที่ระดับ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 231 (พ.ศ. 2544) เรื่องอาหารที่มียาสัตว์ตกค้าง กำหนดออกซีเตตราซัยคลิน ตกค้างในกุ้งกุลาดำไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Saengwiroon et al., 2005) นอกจากนี้เกณฑ์การหยุดให้ยาก่อนจับกุ้งแต่ละประเทศแตกต่างกัน เช่น แคนาดา 42 วัน ญี่ปุ่น 25 วัน สหรัฐอเมริกา 21 วัน และประเทศในยุโรป 30-40 วัน (Jaiyen, 1992)

ในจังหวัดมหาสารคามมีแหล่งให้บริโภคกุ้งเป็นจำนวนมาก เช่น ตลาดสด ตลาดนัด ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าขายอาหารสด ร้านอาหาร ฯลฯ แต่มีผู้ศึกษาอันตรายทางด้านเคมีจากการตกค้างของยาปฏิชีวนะในกุ้งภายในจังหวัดมหาสารคามเป็นจำนวนน้อย จากข้อมูลการศึกษาในจังหวัดสงขลาพบการตกค้างของยาปฏิชีวนะกลุ่มออกซีเตตราซัยคลินในฟาร์มเลี้ยงกุ้ง 5 ถึง 27% เมื่อเลี้ยงในช่วงระยะเวลา 30-119 วัน แต่ถ้าเลี้ยงมากกว่า 120 วันจะไม่พบการตกค้าง (Aekpanithan *et al*., 1995) แต่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่พบข้อมูลการศึกษายาปฏิชีวนะกลุ่มออกซีเตตราซัยคลิน ดังนั้นผู้วิจัยต้องการศึกษาเบื้องต้นเพื่อสำรวจการตกค้างยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินจากสถานที่จำหน่ายมีปริมาณการตกค้างยาปฏิชีวนะดังกล่าวในระดับปริมาณที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคหรือไม่

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาปริมาณของสารตกค้างยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินในเนื้อกุ้งในระดับที่เป็นอันตรายและปลอดภัยต่อผู้บริโภคจากร้านจำหน่ายกุ้งในจังหวัดมหาสารคาม และ (2) เพื่อศึกษาจำนวนร้านค้ากุ้งที่มีสารตกค้างยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินในเนื้อกุ้งในระดับที่เป็นอันตรายและปลอดภัยต่อผู้บริโภคจากร้านจำหน่ายกุ้งในจังหวัดมหาสารคาม โดยมีขอบเขตการวิจัยคือศึกษาในเขตพื้นที่จังหวัดสารคามที่มีการขายกุ้งสด ดังนี้ ตลาดนัด ตลาดสด ห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร ร้านค้าอาหารสด

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

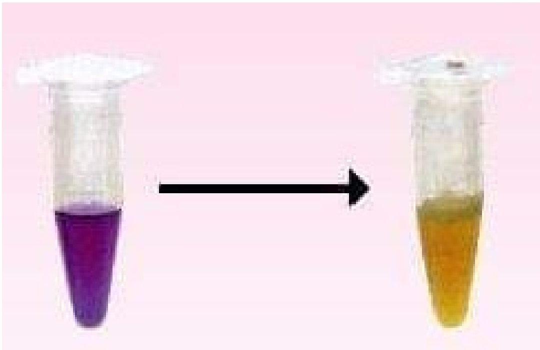
เป็นวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) วิธีการสุ่มที่ใช้ในงานวิจัยคือ การสุ่มโดยบังเอิญ (Accidental sampling) ซึ่งเป็นการสุ่มเมื่อพบสถานที่ขายตัวอย่างที่ผู้วิจัยสามารถซื้อตัวอย่างมา แต่ถ้าพบร้านที่ไม่สามารถขายตัวอย่างหรือร้านค้าปิด จะไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 50 ตัวอย่าง จากร้านค้าทั้งหมด 43 ร้านค้า แต่ไม่ทราบจำนวนประชากรทั้งหมด ซึ่งการเก็บตัวอย่างในสถานที่ขายกุ้งดังที่กล่าวมาข้างต้น เหตุผลในการเก็บตัวอย่างจำนวนเท่านี้เนื่องจากการการใช้ตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 30 ตัวอย่างจะทำให้ค่าการกระจายเป็นแบบปกติ และเมื่อคำนวณทางสถิติจะให้ค่าทางสถิติใกล้เคียงกับจำนวนประชากรที่มีอยู่จริง ทำให้ค่าทางสถิติมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น (Imsomboon, 2019)

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี 1. ชุดทดสอบยาปฏิชีวนะโรจนารักษ์เภสัช (RR Test) 2. หลอดทดลองพลาสติกปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge tubes) 3. อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 4. เครื่องเขย่าสาร (Vortex) 5. กล่องโฟม 6. น้ำแข็ง 7. ถุงซิปใส 8. กุ้ง 9. กระดาษทิชชูแบบแผ่น 10. ถาดสแตนเลส 11. ถุงดำ 12. น้ำสะอาด 13. ออตอปิเปตและทิปขนาด 1,000 ไมโครลิตร 14. ขวดกระบอกฉีดและแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ 15. กรรไกร 16. ที่คีบ (Forceps) 17. เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge) 18. ถังน้ำ 19. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล 20. บีกเกอร์พลาสติก 21. หลอดหยดพลาสติก

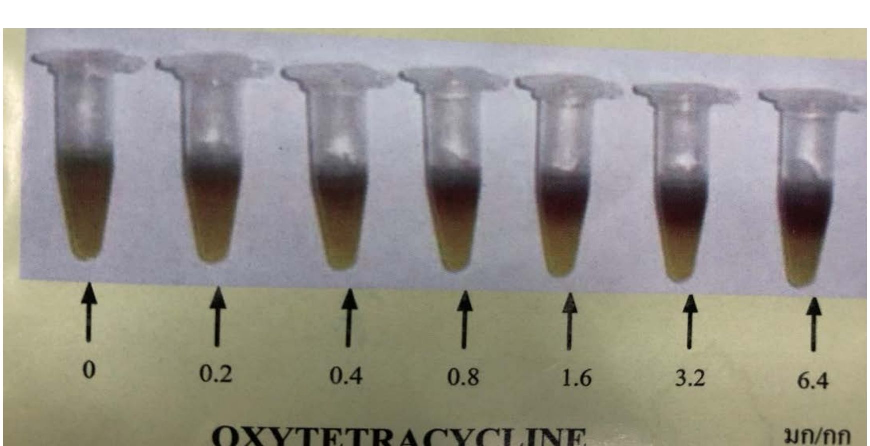
 ISSN 1906-1889

วิธีการทดลอง

เก็บรวบรวมตัวอย่างจำนวน 50 ตัวอย่างในถุงซิปใสและนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างกุ้งมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยกรรไกรและชั่งน้ำหนักจำนวน 5 กรัม ในหลอดพลาสติกปั่นเหวี่ยงตกตะกอน จากนั้นเติมสารสกัดออกซีเตตราซัยคลิน จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย (Vortex) นำไปอุ่นให้ความร้อนด้วยเครื่องอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีด้วยการแช่ในน้ำแข็ง นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนด้วยความเร็ว 3,000-4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ดูดสารละลายส่วนใสที่ได้ลงในหลอดทดสอบยาปฏิชีวนะกลุ่มออกซีเตตราซัยคลิน จำนวน 4 หยด และหยด negative control sample จำนวน 4 หยดลงในหลอดทดสอบยาปฏิชีวนะกลุ่มออกซีเตตราซัยคลิน เมื่อหยดสารครบตามจำนวนทั้ง 50 ตัวอย่าง นำไปอุ่นให้ความร้อนด้วยเครื่องอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 64±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที ดูการเปลี่ยนแปลงของสี ถ้าเป็นสีเหลืองทั้งหลอดไม่มียาปฏิชีวนะ ถ้ามีสีม่วงตามระดับของสีแปลผลตามมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (RojjanarakPharm, n.d.)



ภาพที่ 1 การแปลผลของยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินตามสีที่ได้เมื่ออุ่นให้ความร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 30 นาที



ภาพที่ 2 การแปลผลของยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินตามระดับสีมีค่าเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่ออุ่นให้ความร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 30 นาที

วิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel version 2010 และ STATA version 10 คำนวณหาค่าทางสถิติ คือ จำนวนความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างและสถานที่เก็บตัวอย่าง

ลำดับที่	อำเภอ	สถานที่/จำนวนตัวอย่าง				
		ตลาดสด	ตลาดนัด	ห้างสรรพสินค้า	ร้านอาหาร	ร้านค้าอาหารสด
1	เมืองมหาสารคาม	5	-	3	3	-
2	เชียงยืน	2	-	1	1	-
3	โกสุมพิสัย	1	-	2	-	-
4	บรบือ	2	-	2	-	-
5	กุดรัง	-	-	-	1	1
6	วาปีปทุม	-	1	1	-	-
7	นาเชือก	2	1	-	1	-
8	ยางสีสุราช	1	-	-	-	-
9	นาดูน	6	-	-	-	-
10	พยัคฆภูมิพิสัย	3	-	1	-	-
11	กันทรวิชัย	-	2	1	6	-
12	ชื่นชม	-	-	-	-	-
13	แกดำ	-	-	-	-	-
รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมดตามสถานที่เก็บตัวอย่าง		22	4	11	12	1
รวมจำนวนตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด		50 ตัวอย่าง				

ตารางที่ 2 ผลจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการจากการตรวจยาปฏิชีวนะสารออกซีเตตราซัยคลินในเนื้อกุ้ง

ลำดับที่	อำเภอ	สถานที่/จำนวนตัวอย่าง														
		ตลาดสด			ตลาดนัด			ห้างสรรพสินค้า			ร้านอาหาร			ร้านค้าอาหารสด		
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่พบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่พบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่พบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่พบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่พบ
1	เมืองมหาสารคาม	1	4	-	-	-	-	2	1	-	1	2	-	-	-	-
2	เชียงยืน	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
3	โกสุมพิสัย	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
4	บรบือ	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
5	กุดรัง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-
6	วาปีปทุม					1			1							
7	นาเชือก	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
8	ยางสีสุราช	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	นาดูน	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	พยัคฆภูมิพิสัย	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
11	กันทรวิชัย	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	6	-	-	-	-
12	ชื่นชม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	แกดำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด		10	11	1	0	4	0	2	9	0	1	11	0	0	1	0
รวมจำนวนตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด		50 ตัวอย่าง														

จากการศึกษาการสำรวจสารตกค้างยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินตกค้างในกุ้งจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งเก็บตัวอย่างวันที่ 13 และ 14 ตุลาคม 2563 เก็บตัวอย่างกุ้ง 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์กุ้งขาว 47 ตัวอย่าง และสายพันธุ์กุ้งก้ามกราม 3 ตัวอย่าง รวมเก็บตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 50 ตัวอย่าง จำนวน 43 สถานที่ (ตารางที่ 1) ใช้ชุดทดสอบยาปฏิชีวนะโรจนารักษ์เภสัช ลักษณะเด่นของชุดทดสอบ คือ มีความถูกต้อง 95.9% ความไว 92.6% และความถ่วงจำเพาะ 96.9% จากการศึกษาพบว่า สถานที่ตรวจไม่พบยาปฏิชีวนะ คือ ตลาดสด อำเภอนาดูน คิดเป็นร้อยละ 2 สถานที่ตรวจพบยาปฏิชีวนะมี 49 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 98 ดังตารางที่ 2 แบ่งได้เป็นผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) และคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ Codex Alimentarius Commission (Codex) กำหนดค่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์ Maximum residue limits (MRLs) ของออกซีเตตราซัยคลิน ที่ระดับ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมี 13 สถานที่คิดเป็นร้อยละ 26 ส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานดังกล่าวมี 36 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 72 ซึ่งสถานที่มีปริมาณสารออกซีเตตราซัยคลินในระดับปลอดภัย คือ ตลาดสด พบ 10 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 20 ห้างสรรพสินค้า พบ 2 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 4 และร้านอาหาร พบ 1 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 2 แหล่งที่มาของกุ้งจากสถานที่ขายกุ้ง ซึ่งสอบถามข้อมูลจากสถานที่นำกุ้งมาจำหน่าย ซึ่งร้านอาหารไปซื้อมาจากตลาดสดในแต่ละอำเภอ หรือในบางครั้งซื้อจากห้างสรรพสินค้า ส่วนตลาดสดบางแห่งไปซื้อโดยตรงหน้าแพที่อำเภอแปดริ้ว จังหวัดฉะเชิงเทรา บางสถานที่ขายกุ้งในอำเภอเชียงยืน และอำเภอกุดรังรับมาจากจังหวัดใกล้เคียง คือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดกาฬสินธุ์ เนื่องจากการคมนาคมและการเดินทางสะดวกทำให้การขนส่งใช้ระยะเวลา

ไม่นาน ส่วนสถานที่ขายกุ้งในอำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอนาเชือก อำเภอบรบือ อำเภอยางสีสุราช อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย อำเภอนาดูน และอำเภอวาปีปทุม ซึ่งในแต่ละอำเภอรับซื้อกุ้งจากสถานที่ใกล้เคียงกัน หรือรับซื้อกุ้งในจังหวัดที่มีการขายกุ้ง ซึ่งแต่ละบริษัทรับมาในจังหวัดของภาคตะวันออก เช่น จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดระยอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดจันทรบุรี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดตราด ซึ่งเส้นทางการเดินทางและการคมนาคมในการขนส่งสะดวกและรวดเร็วบางร้านได้รับกุ้งภายใน 1 วัน หรือบางร้านได้รับกุ้งภายใน 2-3 วัน ซึ่งเส้นทางการเดินทางมาจากหลายเส้นทางที่มาจากภาคตะวันออกเข้าสู่ภาคตะวันออกฉียงเหนือ เช่น นครราชสีมา-ขอนแก่น-มหาสารคาม หรือบุรีรัมย์-มหาสารคาม

4. อภิปรายผล

จากตารางที่ 2 พบว่ามีการตกค้างของยาปฏิชีวนะเตตราซัยคลินในกุ้ง อาจเนื่องมาจาก 1. ระยะเวลาให้ยาและจับกุ้งเพื่อนำมาขายต้องเว้นระยะอย่างน้อย 14 วัน ตลอดจนระยะเวลาขนส่งเพื่อให้ผู้บริโภค 2. ยี่ห้อและชนิดของยาปฏิชีวนะ 3. ปริมาณหรือโดส (Dose) ความเข้มข้นที่ให้ยาปฏิชีวนะ 4. สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง จากการป้องกันโรคและรักษากุ้ง 5. สถานที่ขนส่ง การเก็บรักษากุ้งเพื่อจำหน่าย 6. พฤติกรรมการกินสิ่งขับถ่ายของกุ้ง (Raksincharoensak, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Aekpanithan *et al*. (1995) พบว่า สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้งเป็นปัจจัยหนึ่งในการตกค้างของสารออกซีเตตราซัยคลินตกค้างในกล้ามเนื้อ ตับ/ตับอ่อน จากฟาร์มกุ้งมากกว่า 15 บ่อในช่วงอายุการเลี้ยง 30-119 วัน ไม่พบการตกค้างยาปฏิชีวนะเมื่อเลี้ยงมากกว่า 120 วัน และพบการตกค้างของยาปฏิชีวนะในดิน และปัจจัยทางชนิดของยาปฏิชีวนะ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chareomkit *et al*. (2005) ซึ่งทดลองให้ยาปฏิชีวนะกับกุ้งขาววันที่ 1 ถึงวันที่ 7 โดยผสมอาหารพบว่า ยาออกซีเตตราซัยคลิน ซัลฟาเมททอกซาโซล+ทรัยเมทโทปริม และเอนโรฟลอกซาซินลดลงวันที่ 3 และ 4 หลังจากหยุดให้ยา แต่กลับเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 หรือวันที่ 6 หลังจากหยุดให้ยา แต่ยาซัลฟาเมททอกซาโซลพบยาตกค้างหมดในวันที่ 4-6 หลังจากหยุดให้ยา แต่กลับเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 หลังจากหยุดให้ยา อาจเนื่องมาจากกุ้งมีพฤติกรรมการกินสิ่งขับถ่ายของกุ้งซึ่งอาจมียาปฏิชีวนะตกค้าง

ยาปฏิชีวนะกลุ่มเตตราซันคลินผลิตได้จาก *Streptomyces rimosus* ซึ่งเป็นเชื้อรา เมื่อรับประทานอาหารที่มีสารตกค้างของยาปฏิชีวนะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางชีวภาพ (Biotransformation) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมซึ่งร่างกายเปลี่ยนแปลงสารที่ละลายในไขมันให้เป็นสารละลายที่มีขั้วละลายน้ำได้เพื่อที่สามารถขับออกจากร่างกายง่ายส่วนสารละลายที่ละลายได้ในไขมันจะแปลสภาพให้กลายเป็นพิษน้อยลงซึ่งส่งมาที่ตับซึ่งตับมีเอนไซม์หลายชนิดที่เปลี่ยนสภาพและความเป็นพิษให้ลดน้อยลง นอกจากนี้การเปลี่ยนสภาพทางชีวภาพที่ลดความเป็นพิษของสารสามารถเกิดขึ้นที่อวัยวะอื่นได้ เช่น รก อัณฑะ ไต ลำไส้เล็ก ผิวหนัง ปอด และต่อมหมวกไต ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพทางชีวภาพของสารกลุ่มเตตราซัยคลิน เมื่อเข้าสู่ร่างกายบางส่วนที่ละลายน้ำถูกขับออกทางร่างกายในรูปของเหงื่อและปัสสาวะและบางส่วนที่ไม่ละลายน้ำจะถูกสะสมและตกค้างภายในร่างกาย ซึ่งส่วนมากพบการตกค้างตามอวัยวะที่เกิดการเปลี่ยนสภาพทางชีวภาพ ซึ่งอันตรายที่เกิดจากการรับประทานเนื้อสัตว์ที่มีสารตกค้างของยาปฏิชีวนะกลุ่มเตตราซัยคลินเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาผิวหนังไวต่อแสงอัลตราไวซโอเลต (UV) ทำให้เกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้ต่อแสง (Photosensitizers) (Punpaeng, 2019) หรือเกิดอาการดื้อยาปฏิชีวนะเมื่อเชื้อที่ก่อโรคภายในร่างกายสามารถทนหรือต้านทานยาปฏิชีวนะกลุ่มเตตรซัยคลินโดยการผลิตน้ำย่อยหรือเอนไซม์ที่สามารถต้านทานยาปฏิชีวนะกลุ่มเตตราซัยคลิน นอกจากนี้ เกิดอาการข้างเคียง คือ อาการทางระบบทางเดินอาหารผิดปกติ ท้องร่วง พิษต่อกระดูก ฟัน ไต ตับ ภูมิต้านทานของร่างกายลดลง ประเทศญี่ปุ่นและประเทศสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ยาปฏิชีวนะกลุ่มเตตราซัยคลินในสัตว์น้ำได้ ซึ่งค่ามาตรฐานของยาปฏิชีวนะในแต่ละประเทศที่สามารถยอมรับได้แตกต่างกันไปตามแต่ละประเทศซึ่งในระยะเวลาต่อมาเริ่มมีหลายประเทศประกาศให้ใช้ยากลุ่มดังกล่าวได้ในสัตว์น้ำ เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) และคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ Codex Alimentarius Commission (Codex) กำหนดค่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์ (Maximum residue limits หรือเรียกว่า MRLs ของ

Oxytetracycline ที่ระดับ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 231 (พ.ศ. 2544) เรื่อง อาหารที่มียาสัตว์ตกค้างกำหนดออกซีเตตราซัยคลินตกค้างในกุ้งกุลาดำไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Saengwiroon *et al.*, 2005) และแต่ละประเทศได้มีการประกาศให้จับสัตว์น้ำได้หลังจากเว้นช่วงระยะเวลาให้ยาปฏิชีวนะแก่สัตว์น้ำ เช่น ประเทศในยุโรป 30-40 วัน ญี่ปุ่น 25 วัน แคนาดา 42 วัน และ สหรัฐอเมริกา 21 วัน (Jaiyen, 1992)

จากการตกค้างยาปฏิชีวนะดังกล่าวจึงมีนักวิจัยหลายคนหาวิธีการลดการใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่งใช้จุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก เช่น แบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ซึ่งช่วยลดปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคกุ้ง และช่วยระบบย่อยอาหารกุ้ง นอกจากนี้ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนสามารถช่วยลดก๊าซแอมโมเนียในน้ำที่เกิดจากอาหารกุ้ง และมูลกุ้ง (Nimrat *et al.*, 2009)

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการสำรวจสารตกค้างยาปฏิชีวนะออกซีเตตราซัยคลินตกค้างในกุ้งจังหวัดมหาสารคาม ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา และคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ พบว่า สถานที่ตรวจไม่พบยาปฏิชีวนะ คือ ตลาดสด อำเภอนาดูน คิดเป็นร้อยละ 2 สถานที่ตรวจพบยาปฏิชีวนะมี 49 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 98 สถานที่มีปริมาณสารออกซีเตตราซัยคลินในระดับปลอดภัย คือ ตลาดสด พบ 10 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 20 ห้างสรรพสินค้า พบ 2 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 4 และร้านอาหาร พบ 1 สถานที่ คิดเป็นร้อยละ 2

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณบดี อาจารย์ นิสิต บุคลากร หน่วยวิจัยอาหารสัตว์คุณภาพ ผู้ทรงคุณวุฒิภายในคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้คำชี้แนะ ความร่วมมือ การสนับสนุนและการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการทำวิจัย โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2563 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และได้รับวัสดุอุปกรณ์การทำวิจัยจากห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีแอลเอส ซัพพลาย แอนด์ เซอร์วิส

7. เอกสารอ้างอิง

Aekpanithan, U., W. Krajaywong and S. Poonyarattapalin. 1995. **Residues of Oxytetracycline in *Peneaus monodon*. and silt form farm another size in Songkha Province**. 1995. Academic paper 18 August 1999. Institutes of Fisheries, Songkha (In thai)

Chalermchaikit, T., S. Dilokkiat, S. Srisagha and N. Lertworapreecha. 2005. **Residues of Oxytetracycline, Sulfamethoxazole, Sulfamethoxazole+ Trimethoprim and Enrofloxacin after withdrawal time in white shrimp (*Penaeus vannamei*) detected by Microbial Inhibition Disc Assay versus Screening Test Kit "SAM-TEST"**. Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005. : (283-290). (In thai)

Imsomboon, T. 2019. **Unit 4 Surveillance of health behavior**. Hand out subject of Health promotion, assessment and primary care. Nonthaburi : Sukhothaithammathirat. (In thai)

Jaiyen, A., 1992. **Study of distribution of Oxytetracycline in *Peneaus monodon***. M.Sc. Kasetsart university. Bangkok. (In thai)

Nimrat, S. and W. Woottipunchai. 2009. **Aquaculture sustainable : role of Microbiology and application**. 1st ed. Bangkok : Active print. (In thai)

Punpaeng, T. 2019. **Unit 4 Toxicology**. Hand out subject of Fundamental of Occupational Health and Environmental Health. Nonthaburi : Sukhothithammathirat (In thai)

Raksincharoensak, P. 1992. **Residual and result of Oxytetracycline Antibiotic per growth and disease in *Peneaus monodon***. M.Sc. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (In thai)

RojjanarakPharm. n.d. **Antibiotic test manual**. Brochure. Bangkok: RojjanarakPharm (In thai)

Saengwiroon, p. and S. Vitchaiwootthivong. 2005. **Analysis of Tetracycline groups residual in freezing shrimp export**. Medical science bulletin. 47[2] : 95-105 (In thai)

Thepparat, Y. 2005. **Pharmacokinetics and bio-useful of Oxytetracycline in *Litopenaeus vannamei***. M.sc. Thesis. Prince of Songkla University, Songkla. (In thai)

Tokitsana, R., K. Kulladirok, K. Boonchoovong, B. Kongchon and T. Mawongwai. 2015. **Aquaculture Thai conditions in ASEAN economic community**. 1st ed. Bangkok: Ceno publishing and packaging. (In thai)

Toomsungthong, N. 2009. **Determinant of Improvement amount Tetracycline and derivative test state in shrimp by high performance liquid-chromatography**. M.Sc. Thesis. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok (In thai)

Watthanasin, S., 2006. **Food Microbiology**. 2nd ed. Bangkok: Thammasart University. (In thai)

(Received: 4/Nov/2020, Revised: 14/Jun/2021, Accepted: 17/Jun/2021)

การจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

Cultural Heritage Atlas Vernacular Architecture at Tha Mai Communities Chanthaburi Province

พรจิต พีระพัฒนกุล

Pornchit Perapatanakul

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Uthenthawai Campus

E-mail : Aj.Pornchit@gmail.com โทร. 0-2252-7029 ต่อ 28

บทคัดย่อ

การวิจัยในหัวข้อเรื่อง การจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นการวิจัยเชิงสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามทางสถาปัตยกรรม จึงเป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบทางสถาปัตยกรรม วัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมประเพณีในท้องถิ่น มีขอบเขตของโครงการวิจัย รวบรวมประวัติความเป็นมา วิวัฒนาการ พัฒนาการการตั้งถิ่นฐานของย่านตลาดท่าใหม่ ศึกษารูปแบบและองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ เช่น เอกสารจากแหล่งต่าง ๆ ศึกษารายละเอียดทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่เลือกเป็นกรณีศึกษา สำรวจและรังวัดทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่มีคุณค่า ด้านรูปแบบอาคาร วัสดุ สภาพอาคาร จำนวนชั้น พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จัดทำประวัติ บัญชีรูปภาพและแผนที่ของอาคารที่มีคุณค่าชุมชนท่าใหม่ เพื่อระบุคุณค่าและความสำคัญทางประวัติศาสตร์ ทั้งรูปธรรมและนามธรรมที่สำคัญและมีคุณค่าของชุมชน เพื่อจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรม/วัฒนธรรมที่มีคุณค่าของชุมชน เพื่อสร้างเครือข่ายในการทำงานร่วมกัน โดยศึกษาทบทวนกลุ่มสังคม ชุนชน และกลุ่มผลประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับการรักษามรดกทางวัฒนธรรม สร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในการจัดทำรูปแบบสถาปัตยกรรมอาคารที่มีคุณค่าของชุมชน

มีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย การศึกษาภาคสนาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การสำรวจภาคสนาม การสังเกตการณ์ และการสัมภาษณ์ เก็บข้อมูลโดยการสำรวจสภาพทางกายภาพของอาคารพักอาศัยจากภาพถ่ายและแผนที่ นำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ โดยวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ความเหมือนและความต่าง วิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย รวมทั้งเอกลักษณ์ของอาคารที่มีคุณค่าต่อการศึกษาสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น พบว่า ชุมชนท่าใหม่ได้เริ่มก่อตั้งเป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ เมื่อประมาณเกือบร้อยปี ชาวบ้านที่อยู่ในท้องถิ่นนี้ นอกจากเป็นคนในท้องถิ่น ก็ยังมีผู้อพยพมาจากตำบลใกล้เคียง และท้องถิ่นอื่น ๆ อาชีพหลักเป็นการค้าของป่าและทำประมงเท่านั้น ซึ่งขณะนั้นชุมชนหนาแน่น และมีความเจริญเกี่ยวกับการค้าขาย โดยเฉพาะทางเรือ อยู่ที่ตำบลบางกะจะ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งอยู่ห่างจากตำบลท่าใหม่ประมาณ 12 กิโลเมตร ระยะต่อมาได้มีชาวจีนเข้ามาแสวงโชคลาภในแผ่นดินไทยมากขึ้น ได้เข้ามาตั้งถิ่นฐานทำการค้าขายทางเรือรับส่งสินค้าโดยตรงจากกรุงเทพฯ และหัวเมืองชายทะเลอื่น ๆ โดยไม่ต้องอาศัยบางกะจะ เป็นทางผ่านสินค้าเหมือนเช่นเคย เพราะตำบลท่าใหม่มีท่าเรือแห่งใหม่ก็ได้ชื่อว่า “ท่าใหม่” มาจนปัจจุบันนี้

รูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรมจากการสำรวจรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของชุมชนท่าใหม่ พบว่ามีอาคารที่มีลักษณะสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า จำนวน 25 ชุด โดยอาคารส่วนใหญ่อยู่ในแนวถนนศรีนวดิตถ์ ถนนคาทอลิค ประเภทอาคารในชุมชน อาคารเรือนแถวไม้ชั้นเดียว ที่ยังคงสภาพเดิมในเรื่องของวัสดุอาคาร ใช้บานเฟี้ยม และหลังคาสังกะสี อาคารเรือนแถวไม้สองชั้น เป็นกลุ่มอาคารที่คงลักษณะดั้งเดิม มีการปรับเปลี่ยนวัสดุบ้างบางส่วน หลังคามุงสังกะสี ทรงปั้นหยา และทรงจั่ว อาคารเรือนแถวเดี่ยว รูปแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อนที่ยังคงรูปแบบมีช่องแสงและเพื่อใช้ระบายอากาศ มีชายคายื่นยาวเพื่อป้องกันแสงแดด ความสัมพันธ์ระหว่าง

รูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ส่วนเรื่ององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ในเรื่องของ ช่องแสง ช่องระบายอากาศ เป็นลักษณะของสถาปัตยกรรมเขตร้อน ที่มีลวดลายสวยงาม บานเฟี้ยม ผนังไม้แนวตั้ง

จากการสำรวจอาคารที่มีคุณค่าอาคารที่มีคุณค่าย่านชุมชนท่าใหม่ มีอาคารที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม โดยอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารเรือนแถวไม้ เรือนค้าขาย ใช้สำหรับการอยู่อาศัยและประกอบอาชีพค้าขาย โดยยังคงรูปแบบของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นดั้งเดิม การตั้งถิ่นฐานโครงสร้างของหมู่บ้าน เป็นแบบการรวมกลุ่มตามกลุ่มชาติพันธุ์ ที่เป็นโครงสร้างผังเมืองแบบศูนย์กลาง มีศาสนาสถานตามกลุ่มเชื้อชาติ ได้แก่ กลุ่มคนจีน จะเห็นได้จาก มีศาลเจ้า กลุ่มคริสต์ศาสนิกชน จะเห็นได้ว่ามีโบสถ์คริสต์ ซึ่งเป็นการแสดงออกถึงกลุ่มชาติพันธุ์ ที่ยังคงสืบทอดประเพณี วัฒนธรรม

ผลการวิจัยสามารถเป็นข้อมูลหลักฐานเพื่อปกป้องรักษามรดกทางวัฒนธรรมให้คงอยู่ต่อไป เพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้มรดกทางวัฒนธรรมที่มีคุณค่าให้แก่เยาวชนรุ่นหลังได้เข้าใจถึงวิถีชีวิตในอดีต เป็นข้อมูลพื้นฐานสาหรับการต่อยอดในการศึกษาทางด้านประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม โบราณคดี และข้อมูลที่ได้รับจะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนดำเนินการอนุรักษ์ย่านชุมชนท่าใหม่อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนดั้งเดิม ชุมชนท่าใหม่ การอนุรักษ์ พัฒนาอย่างยั่งยืน

Abstract

“Mapping Local Architectural Heritage at Ta Mai Community Chantaburi Province” was the research about studying survey and collecting architecture field information to obtain architecture form information. The purposes of this study were: 1) to study form and the structure of the local building in terms of architecture, 2) to study about relation between residential and commercial building architectural form and community being, life and local culture, by collecting history, evolution, and Ta Mai community’s development. Studying value architecture form and constructer by collecting secondary information from various sources. Studying case-study building was conducted by surveying and measuring in the building in term of forms, materials, conditions, floor number and using space in the building. The building profile, album picture and map in the Ta Mai Community were performed to identify historical value in both concrete and abstract ways which had value to the community. The researcher mapped the valuable architectural/cultural heritage of the community to create a collaborative network. The study reviewed social groups, communities and interest groups related to cultural heritage preservation and created a participatory process in the formulation of community valuable building architectures.

Research methodology was field study which divided into 3 parts: 1) field survey 2) observation and 3) interview. The physical condition of the residential buildings was collected through photographic surveys and maps, and then categorized the information by analyzing physical structure; similarity and difference, according to the research purposes, including the building identity that is valuable to local architecture study.

The research showed that a hundred years ago, “Ta Mai Community” was just a little community. The people who lived here were both original and moved from nearby community and other community. Main occupation in this community was forest product trading and fishery. In that time, the community was abundantly overcrowded and had a growth in trading, especially fishery. In the Bang Ka Ja district, Meuang, Chan Tha Bu Ri, which located far from Ta Mai community about

12 kilometers. Later more of Chinese people were coming in Thailand and settled down doing trading from Bangkok and other sea province without passing Banh Ka Ja district like before because Ta Mai district has named “Ta Mai port” until present.

The form and structure of the local building in architectural, after the survey of settlement pattern and the architectural form of Ta Mai Community, was found out that there are 25 series of valuable architecture on Sri Na Wa Dit Road and Catholic Road. For the details in architectural of building in the community is found out that single floor wooden buildings are still remain in materials. Using Folding doors and galvanized iron roofs. The double floors wooden buildings were modified some material. Using galvanized iron hip and Gable roof. The single floor wooden building is tropical architecture form which still have lay light for ventilation. There is also eaves to protect form sunlight. The relation between architecture form of residential and trading buildings and people living and local culture. And for the lay light and vents are tropical architectural form which have a beautiful design, folding doors and wooden vertical wall.

After the survey of the valuable building in Ta Mai Community, there are many architectural valuable buildings, most of it are wooden building, trading building and living-trading building. Those building are still remaining the original form of local architecture. The settle structure of the community is the ethnic aggregation which, following the city plan, the central of the town are religious places of each ethnic. Including Chinese people; shrine, Christian; Christ church, which shown that these ethnic’s culture is still inherited.

The research’s result can be used as the information to protect cultural heritage to make valuable cultural heritage learning resources for young generation to understand living in the past. And also, can be the basic information to study history, architecture and archeology. Moreover, this information is useful for agency who has responsibility on protecting and reserving Ta Mai Community to use properly in the future.

Keywords : vernacular architecture, aboriginal communities, Tha Mai community, conservation sustainable development

1. บทนำ

เทศบาลเมืองท่าใหม่ เริ่มก่อตั้งเป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ ชาวบ้านที่อยู่ในท้องถิ่นนี้นอกจากเป็นคนในท้องถิ่น ก็ยังมีผู้อพยพมาจากตำบลใกล้เคียง และท้องถิ่นอื่น ๆ อาชีพหลักเป็นการค้าของป่าและทำประมงเท่านั้น ซึ่งขณะนั้นชุมชนหนาแน่น และมีความเจริญเกี่ยวกับการค้าขาย โดยเฉพาะทางเรือ อยู่ที่ตำบลบางกะจะ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งอยู่ห่างจากตำบลท่าใหม่ ประมาณ 12 กิโลเมตร ต่อมาได้มีชาวจีน ได้เข้ามาตั้งถิ่นฐานทำการค้าขายทางเรือรับ ส่งสินค้าโดยตรงจากกรุงเทพฯ และหัวเมืองชายทะเลอื่น ๆ โดยไม่ต้องอาศัยบางกะจะ เป็นทางผ่านสินค้าเหมือนเช่นเคย เพราะตำบลท่าใหม่มีท่าเรือแห่งใหม่ก็ได้ชื่อว่า “ท่าใหม่” มาจนปัจจุบันนี้

เมื่อความเจริญได้ก่อตัวมากยิ่งขึ้นประชาชนทั่วสารทิศได้อพยพหลั่งไหลเข้ามาตั้งถิ่นฐานเพิ่มมากขึ้น การค้าขายก็พลอยเจริญตามขึ้นมา ทำให้ท่าใหม่เป็นศูนย์กลางของย่านการค้าในแถบนั้น และกลายเป็นแหล่งชุมชนหนาแน่น เป็นที่รวมสินค้าพื้นเมืองนานาชนิด และสินค้าจากกรุงเทพฯ ต่อมาทางรัฐบาลได้พิจารณาย้ายที่ว่าการอำเภอพลอยแหวนที่ตั้งอยู่ที่ตำบลพลอยแหวน (อยู่ห่างจากตำบลท่าใหม่ประมาณ 6 กิโลเมตร) มาตั้งที่ตำบลท่าใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2450 โดยให้ชื่อที่ว่าการอำเภอแห่งใหม่ว่า “ที่ว่าการอำเภอท่าใหม่” มาจนถึงปัจจุบันนี้ ด้วยความเจริญของตำบลท่าใหม่ที่เจริญขึ้น

ตามลำดับ เป็นผลให้ในปี พ.ศ. 2482 นายปกรณ์ อังศุสิงห์ ซึ่งขณะนั้นดำรงตำแหน่ง หัวหน้าแผนกกองควบคุมเทศบาล ได้เป็นผู้ริเริ่มแนะนำให้จัดตั้งเทศบาล โดยติดต่อขอความร่วมมือจาก ขุนพิบูลธนสาร คหบดีของตำบลนี้ ซึ่งต่อมาได้มีพระราชกฤษฎีกายกฐานะท้องถิ่นตำบลท่าใหม่ และตำบลยายร้าขึ้นเป็นเทศบาล ขนานนามว่า “เทศบาลตำบลท่าใหม่” จังหวัดจันทบุรี เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2483 คณะผู้บริหารท้องถิ่นชุดแรกมี ขุนพิบูลธนสาร เป็นนายกเทศมนตรีคนแรก และกระทรวงมหาดไทยได้ประกาศให้เทศบาลตำบลท่าใหม่ได้เปลี่ยนแปลงฐานะเป็นเทศบาลเมืองท่าใหม่ ตั้งแต่วันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2555 ตลาดเช้ายังคงตั้งอยู่ เพราะตั้งอยู่ติดกับท่าน้ำที่เอาปลาขึ้นมาจากทะเล เมื่อนำปลาขึ้นท่า ก็เลยขายกันตรงนั้นเลย ตลาดนี้เมื่อเดินเข้าไปจนสุด จะเป็นท่าน้ำใหญ่ อาหารทะเลที่นำมาขึ้นขายที่นี่ก็จะสด ๆ เพราะชาวประมงใช้เรือเล็กในการจับ จับได้แล้วก็นำมาขายเลย ต่างจากชาวประมงที่ใช้เรือใหญ่ ออกไปจับปลาไกล ๆ เป็นสัปดาห์ เมื่อจับปลาได้แล้วก็ต้องแช่น้ำแข็งไว้ก่อนที่จะนำมาขาย ของก็จะไม่สดเท่าเรือประมงขนาดเล็กแบบนี้ ชุมชนตลาดท่าใหม่ เป็นย่านการค้าและที่อยู่อาศัยดั้งเดิมซึ่งมีความเป็นเอกลักษณ์ มีคุณค่ามรดกวัฒนธรรมและมีความหมายต่อผู้อยู่อาศัยในชุมชน ย่านที่อยู่อาศัยดั้งเดิมนี้มีวิวัฒนาการมาเป็นเวลานานหลายสิบปี มีสิ่งก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมที่สวยงามโดดเด่น อีกทั้งยังมีวิถีชีวิต มีประเพณีที่สืบทอดต่อเนื่องกันมานาน ซึ่งมีส่วนส่งเสริมเอกลักษณ์และนำมาซึ่งความภาคภูมิใจของเมือง ปัจจุบันย่านชุมชนตลาดท่าใหม่ ยังคงบทบาทสำคัญในด้านการรองรับที่อยู่อาศัยและเป็นศูนย์กลางด้านเศรษฐกิจ เป็นพื้นที่ที่ทำให้เมืองมีเอกลักษณ์ด้วยความแตกต่างของลักษณะสถาปัตยกรรม การตั้งถิ่นฐาน และวิถีชีวิต นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับมรดกวัฒนธรรม ซึ่งอาจมีผลในด้านการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของเมืองอีกด้วย ปัจจุบันชุมชนมีอาคารที่เป็นเรือนค้าขายเก่าแก่มากมายที่ก่อสร้างจากภูมิปัญญาชาวบ้าน แสดงออกถึงวิถีชีวิตและคติความเชื่อของคนในท้องถิ่น โดยใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างและทรัพยากรที่หาได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ ตามยุคสมัยต่าง ๆ ซึ่งอาจเรียกอาคารเหล่านี้ว่า “สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (Vernacular Architecture)” อันเป็นมรดกสำคัญของชุมชนและเป็นทรัพยากรหลักในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อย่างไรก็ตาม อาคารดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นอาคารไม้ อยู่ในสภาพเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา รวมทั้งมีกระแสการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสภาพสังคม ที่ไม่เห็นความสำคัญของอาคารเก่าที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น มีแนวโน้มของการรื้อถอน การทำลาย อาคารไม้เก่า มากขึ้นทุก ๆ ปี

หากไม่มีการเก็บข้อมูลในเชิงวิชาการทางด้านสถาปัตยกรรมไว้แล้วนั้น มีความสุ่มเสี่ยงต่อการรื้อถอน หรือ มีการทำลายอาคารเก่าที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ไป โดยปราศจากความเข้าใจ ความตระหนักในเรื่องมรดกทางสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกในการอนุรักษ์และเห็นคุณค่าต่อรากเหง้าของวัฒนธรรม สถาปัตยกรรมท้องถิ่น อันจะนำมาซึ่งการบริหารจัดการด้านการท่องเที่ยว การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม จะช่วยรักษามรดกสำคัญและทรัพยากรในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชนไว้ได้ โครงการวิจัยการจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นการศึกษารูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เป็นการเก็บข้อมูลเป็นหลักฐานในแง่ของสถาปัตยกรรม ที่มีความเกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์ของสถานที่ที่มีความสำคัญ และพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรม วิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของชุมชน เพื่อรักษาไว้ซึ่งเอกลักษณ์ ศิลปวัฒนธรรมของชาติสืบไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อจัดระบบข้อมูล จัดทำบัญชีภาพ อาคารที่มีคุณค่า แหล่งมรดกทางสถาปัตยกรรม มรดกทางวัฒนธรรม ภูมิทัศน์วัฒนธรรมชุมชนและบันทึกให้เป็นเอกสารท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้อ้างอิงร่วมกัน ทั้งในเรื่องการบริหารจัดการด้านการอนุรักษ์หรือการฟื้นฟูอาคารที่มีคุณค่าในชุมชน

2. เพื่อจัดทำแผนที่มรดกทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ในรูปแบบเอกสารและข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

3. เพื่อนำข้อมูลแผนที่มรดกวัฒนธรรมเผยแพร่ทางด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยว ประเภทการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัด

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพแบบสังเกตอย่างมีส่วนร่วม เน้นการค้นหาความรู้ที่เป็นความจริง ที่ปรากฏจากหลักฐาน ที่เป็นรากเหง้าความรู้ทางปัญญาที่เป็นต้นน้ำ ใช้การสนทนาด้วยการสัมภาษณ์จากผู้รู้ทางด้านอาคาร ประวัติความเป็นมาของชุมชน ก่อนจะทำการสนทนา สัมภาษณ์ พูดคุย ถ่ายภาพ ทางคณะผู้วิจัยได้ขออนุญาตด้วยวาจา ในความยินยอมให้ถ่ายภาพ พูดคุย สัมภาษณ์ ด้วยการอนุญาต พยักหน้า การแสดงออกด้วยความเต็มใจ มีจิตอาสา จึงเริ่มสนทนาพูดคุยกับเจ้าของบ้าน ถ่ายภาพ บันทึกภาพ สำรวจทางด้านสถาปัตยกรรม การรังวัด ซึ่งได้แก่ข้อมูลทางด้านอาคารพักอาศัย การประกอบอาชีพ จำนวนผู้อยู่อาศัยในครอบครัว

2.1 ประชากรตัวอย่าง

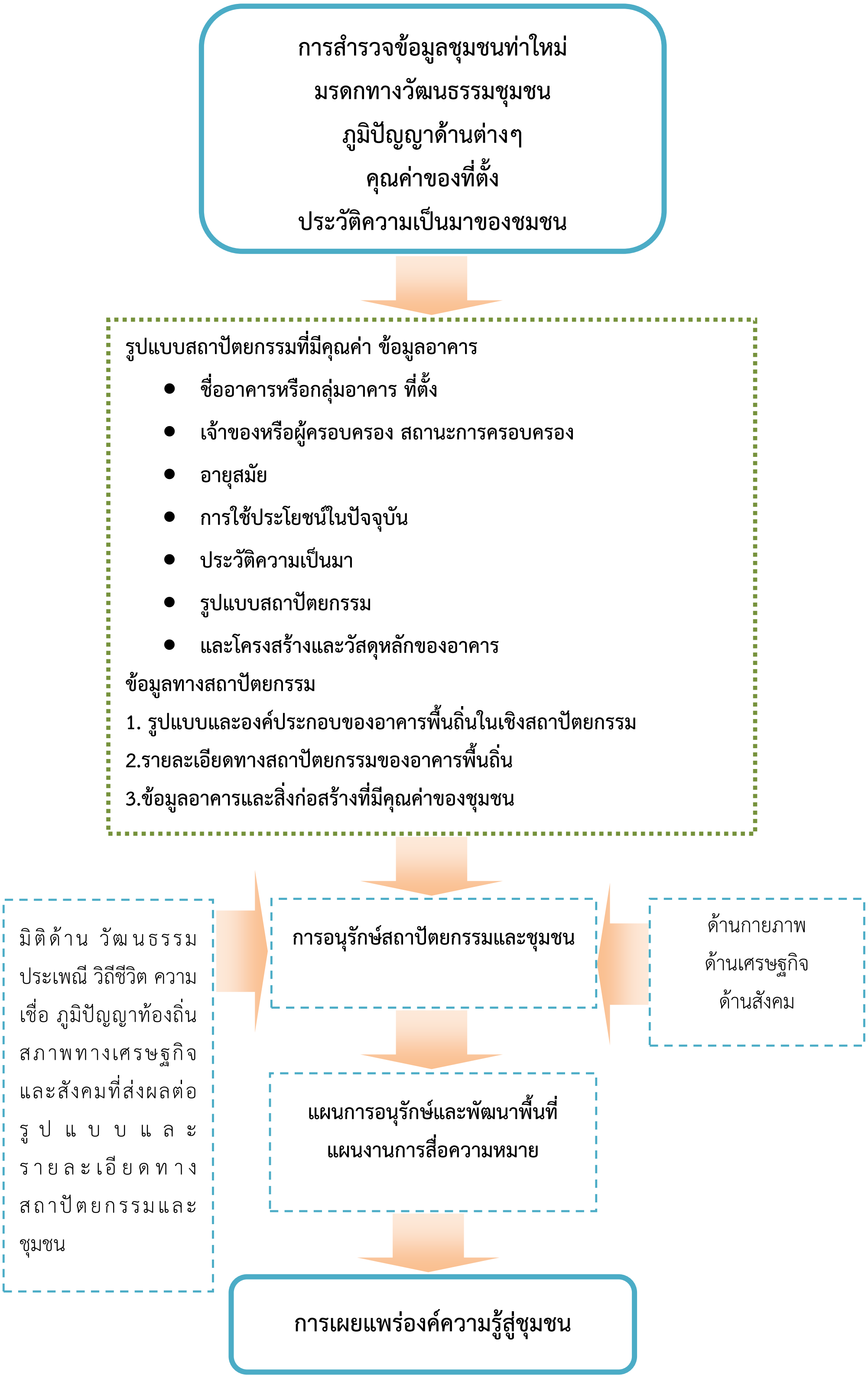
อาคารที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม มีองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า และมีลักษณะที่โดดเด่น มีความชัดเจนในเรื่ององค์ประกอบอาคารและมีคุณค่าในการอนุรักษ์เพื่อให้ได้รายละเอียดทางสถาปัตยกรรมโดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้ 1. ผู้อยู่อาศัยเป็นเจ้าของบ้านหรือทายาทเจ้าของบ้าน 2. มีความต่อเนื่องของการครอบครอง 3. ลักษณะทางกายภาพของบ้านมีคุณลักษณะของเรือนพื้นถิ่น 4. วัสดุกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมท้องถิ่น 5. มีองค์ประกอบอื่น ๆ ในผังบริเวณที่ให้เอกลักษณ์ของท้องถิ่น

2.2 การกำหนดพื้นที่

ชุมชนท่าใหม่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

ภาพที่ 1 แสดงแผนที่ตั้งชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

ที่มา : http://www.ezymaps.com/view_detail.php?getPID=30444&permalink=y&Browser=Chrome สืบค้นข้อมูลออนไลน์เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2558



ภาพที่ 2 แสดงแนวคิดในการวิจัย

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

คุณค่าและความสำคัญของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น รูปแบบสถาปัตยกรรม ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ใช้แนวทางของ กฎบัตรบูรา (The Burra Charter) ในการพิจารณา โดยคุณค่าและความสำคัญของย่านชุมชน มีดังนี้ คือ

1. คุณค่าทางศิลปกรรม (Artistic Value) ของย่านชุมชน อยู่ที่ความสวยงามของลวดลายฉลุไม้ และการตกแต่งของเรือนแถวไม้ ที่ยังคงรักษาสภาพดั้งเดิมไว้ได้

2. คุณค่าทางสถาปัตยกรรม (Architectural Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมอยู่ที่เรือนแถวไม้จำนวนมากที่มีรูปทรงและโครงสร้างอาคารที่สวยงาม มีลักษณะเฉพาะ เป็นเรือนแถวไม้ที่ยังคงรักษาสภาพและคุณค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งเรือนแถวไม้เหล่านี้สามารถนำมาปรับเปลี่ยนประโยชน์ใช้สอยสนองความต้องการของผู้ใช้สอยในอนาคตได้

3. คุณค่าทางด้านประวัติศาสตร์ (Historic Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมในฐานะที่เป็นพื้นที่ที่มีความเกี่ยวข้องกับประวัติความเป็นมาและการพัฒนาการของเมืองมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และยังคงสามารถรักษาหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือบุคคลสำคัญของเมืองไว้ได้

4. คุณค่าทางด้านการศึกษาวิจัย (Research Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาในอนาคตได้ เช่น การศึกษาด้านประวัติความเป็นมา โบราณคดี และสถาปัตยกรรมของเมือง แหล่งธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมของพื้นที่ หรือแหล่งประวัติศาสตร์ซึ่งหมายถึงบริเวณที่ปัจจุบันอาจไม่หลงเหลือหลักฐานทางกายภาพ แต่ในทางประวัติศาสตร์นั้นได้เกิดเหตุการณ์สำคัญมาก่อน

5. คุณค่าทางด้านสังคม (Social Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมในฐานะที่เป็นพื้นที่ที่มีความเกี่ยวข้องกับระเบียบประเพณี วัฒนธรรม กิจกรรมทางสังคม และวิถีการดำเนินชีวิต นอกจากนี้ยังคงรักษาความเป็นย่านชุมชน ที่มีความสำคัญต่อเนื่องจากอดีตมาจนถึงปัจจุบัน

รูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรมจากการสำรวจรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของชุมชนท่าใหม่ พบว่ามีอาคารที่มีลักษณะสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า จำนวน 25 ชุด โดยอาคารส่วนใหญ่อยู่ในแนวถนนศรีนวดิตถ์ ถนนคาทอลิค

รายละเอียดทางสถาปัตยกรรม

ประเภทอาคารในชุมชน

อาคารเรือนแถวไม้ชั้นเดียว ที่ยังคงสภาพเดิมในเรื่องของวัสดุอาคาร ใช้บานเฟี้ยม และ หลังคาสังกะสี

อาคารเรือนแถวไม้สองชั้น

เป็นกลุ่มอาคารที่คงลักษณะดั้งเดิม มีการปรับเปลี่ยนวัสดุบ้างบางส่วน หลังคามุงสังกะสี ทรงปั้นหยา และทรงจั่ว

อาคารเรือนแถวเดี่ยว

รูปแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อน ที่ยังคงรูปแบบมีช่องแสง และเพื่อใช้ระบายอากาศ มีชายคายื่นยาวเพื่อป้องกันแสงแดด

ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น

ส่วนเรื่ององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ในเรื่องของ ช่องแสง ช่องระบายอากาศ เป็นลักษณะของสถาปัตยกรรมเขตร้อน ที่มีลวดลายสวยงาม บานเฟี้ยม ผนังไม้แนวตั้ง

ประวัติ บัญชีรูปภาพและแผนที่ของอาคารที่มีคุณค่าย่านชุมชนท่าใหม่

จากการสำรวจอาคารที่มีคุณค่าอาคารที่มีคุณค่าย่านชุมชนท่าใหม่ มีอาคารที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม โดยอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารเรือนแถวไม้ เรือนค้าขาย ใช้สำหรับการอยู่อาศัยและประกอบอาชีพค้าขาย โดยยังคงรูปแบบของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นดั้งเดิม การตั้งถิ่นฐานโครงสร้างของหมู่บ้าน เป็นแบบการรวมกลุ่มตามกลุ่มชาติพันธุ์ ที่เป็นโครงสร้างผังเมืองแบบศูนย์กลาง มีศาสนสถานตามกลุ่มเชื้อชาติ ได้แก่ กลุ่มคนจีนมีศาลเจ้า กลุ่มคริสต์ศาสนิกชนมีโบสถ์คริสต์ ซึ่งเป็นการแสดงออกถึงกลุ่มชาติพันธุ์ ที่ยังคงสืบทอดประเพณี วัฒนธรรม

4. สรุป

การจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นการวิจัยเชิงสำรวจทางสถาปัตยกรรม เพื่อจัดทำบัญชีภาพอาคารที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม ภูมิทัศน์วัฒนธรรมชุมชน กระบวนการขั้นตอนการทำงานเป็นการสำรวจเชิงกายภาพ ผลของการศึกษา พบว่า คุณค่าเชิงภูมิทัศน์ธรรมชาติ ภูมิทัศน์เมืองและคุณค่าเชิงประวัติศาสตร์การตั้งถิ่นฐานของชุมชน เป็นพื้นที่ที่เคยเป็นจุดที่มีอาชีพค้าขายของป่า และอาชีพประมง เกิดขึ้นเป็นชุมชนและตลาด การใช้สอยเป็นที่อยู่อาศัยมาตั้งแต่อดีต มีการอยู่อาศัยสืบทอดมาจากรุ่นบรรพบุรุษ ผู้คนในชุมชนจึงสนิทสนมกัน โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ดังนั้นคุณค่าในเชิงประวัติศาสตร์ของพื้นที่จึงมีสูง รูปแบบสถาปัตยกรรมที่มีอยู่ในพื้นที่ประกอบไปด้วย 4 รูปแบบ คือ เรือนแถวไม้ เรือนแถวไม้และคอนกรีต เรือนแถวคอนกรีต บ้านเดี่ยว องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมมีความสวยงามของลวดลายช่องระบายอากาศเหนือช่องประตู คุณค่าทางสังคมในพื้นที่ เป็นวิถีชีวิตของคนไทยเชื้อสายจีน มีศาสนสถาน ศาลเจ้า วัดไทย และโบสถ์คริสต์ ปัจจุบันการอนุรักษ์ประเภทชุมชนประวัติศาสตร์ได้รับความสนใจมากขึ้น สามารถนำรูปแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม อาคารที่มีคุณค่า นำมาสร้างมูลค่าเพิ่มในเชิงพาณิชย์ เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชน สามารถต่อยอดในการปรับปรุงอาคารพักอาศัยที่มีคุณค่าให้คงอยู่โดยเฉพาะลักษณะทางอาคารที่มีลักษณะสถาปัตยกรรมแบบร้อนชื้น การปรับภูมิทัศน์ของชุมชน เพื่อรักษามรดกทางวัฒนธรรม สร้างมูลค่าเพิ่มทางการท่องเที่ยวให้กับชุมชนในอนาคต

ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งอาคารที่มีคุณค่าชุมชนท่าใหม่

ที่มา : ทีมวิจัย

 ISSN 1906-1889

ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งอาคารที่มีคุณค่าชุมชนท่าใหม่ จำแนกตามประเภทการใช้สอย
ที่มา : ทีมวิจัย

ภาพที่ 5 แสดงลวดลายช่องระบายอากาศที่ยังคงความสวยงามที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม
ที่มา : ทีมวิจัย วันที่ 24 ธันวาคม 2560

ภาพที่ 6 แสดงทางสถาปัตยกรรมแบบร้อนชื้น
ที่มา : ทีมวิจัย วันที่ 24 ธันวาคม 2560

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง การจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน และยังได้รับคำแนะนำ ข้อเสนอแนะจากอาจารย์ปริญญา ชูแก้ว ที่ปรึกษาโครงการวิจัยในการเรื่องการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมและชุมชน ได้ให้แง่คิดในเรื่องมุมมองของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นและกระบวนการทำงานชุมชนเป็นอย่างมาก

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้วิจัยได้รับความกรุณา และการสนับสนุนจากหลาย ๆ ฝ่าย ผู้นำชุมชน ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในชุมชน คณะกรรมการชุมชน รวมทั้งนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม วิทยาเขตอุเทนถวาย ที่เข้าร่วมทำการสำรวจภาคสนามในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ นายอนุชิต นฤมิตชิตนันท์, นายภูริเดช อุดมศรีโยธิน, นายปริญญา คงเจริญ, นายนรินทร์ พินเอี่ยม, นายฤทธิชา สังข์โชติ, นางสาวสินิทรา จันทร์ตายอด, นายสมภพ เพ็รชะนะ, นางสาวอาภรณ์ทิพย์ อิ่นทองคำ นายรัตณรงค์ ปลอดใหม่, นางสาวยาดา ศรีชมพู และ จ่าโทพงศธร ใจกล้า

6. เอกสารอ้างอิง

Kanchanatthiti, P. 2009. **Conservation of architecture and community**. Department of Architecture, Chulalongkorn University.

Koksanthia, M. 1987. **Notes on the problem of preserving ancient sites of the Archaeological Division**. Documents for the seminar on preserving ancient monuments as academic evidence (August 6-7, 1987). Silpakorn University, Bangkok.

Liaorungruang, W. 2009. **Conservation and management of cultural heritage**. Charoenwit Publishing House, Bangkok.

Perapatanakul, P. 2016. **Cultural landscape atlas and vernacular architecture at Chak Ngaeo community, Chonburi province**. The research of Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Uthenthawai Campus, Bangkok.

Rattanachaiyanon, R. 2006. **Two Decades of Thai Ikomos: Cultural Heritage Conservation, Path to Thailand Charter**. Amarin Printing and Publishing, Bangkok.

(Received: 6/Oct/2020, Revised: 23/Jun/2021, Accepted: 25/Jun/2021)

ภาคผนวก
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
(RMUTTO RESEARCH JOURNAL)

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เป็นวารสารระดับชาติซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยและผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย กำหนดเผยแพร่วารสาร ปีละ 2 ครั้ง (มกราคม - มิถุนายน และกรกฎาคม - ธันวาคม)

1. บทความวิจัย

ก. ส่วนปก ประกอบด้วย

1. **ชื่อบทความ (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** ควรสั้น กะทัดรัด ชี้ถึงเป้าหมายหลักของการวิจัย
2. **ชื่อผู้เขียนทุกท่าน (Authors) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** ให้ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุล โดยไม่ต้องมีคำนำหน้านาม
3. **ที่อยู่หน่วยงาน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับการติดต่อ E-mail และโทรศัพท์**
4. **ตัวเลขยก** ให้เขียนไว้บนนามสกุลเพื่อระบุว่าเป็นที่อยู่ของผู้เขียนท่านใด
5. **บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** ควรสั้นตรงประเด็น ครอบคลุมสาระสำคัญของการศึกษา
6. **คำสำคัญ (Keyword) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ที่สามารถนำไปใช้เป็นคำสืบค้นในระบบฐานข้อมูล (Keyword ควรมีประมาณ 4 คำ)

ข. ส่วนเนื้อหา ประกอบด้วย

1. **บทนำ (Introduction)** เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย พร้อมวัตถุประสงค์และการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. **วิธีการทดลอง (Materails and Methods) วิธีการศึกษา (Research Methodology)** เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัยซึ่งขึ้นอยู่กับการวิจัยแต่ละประเภท
3. **ผลการทดลองและวิจารณ์ผล หรือผลการศึกษาและอภิปรายผล (Results and Discussion)** ควรเสนอผลอย่างชัดเจน ตรงประเด็น เป็นผลที่ค้นพบ โดยลำดับตามหัวข้อที่ศึกษา พร้อมการวิจารณ์ผล
4. **สรุปผล (Conclusion)** สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษา
5. **กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** กล่าวถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่ช่วยเหลืองานวิจัยและมีความสำคัญจริง (อาจมีหรือไม่มีก็ได้)
6. **เอกสารอ้างอิง (References)** ต้องใช้ตามแบบที่วารสารวิจัย มทร. ตะวันออก กำหนดอย่างเคร่งครัด และเขียนเอกสารอ้างอิง เฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อหาเท่านั้น
7. ความยาวของบทความไม่เกิน 10 หน้า

หมายเหตุ เรื่องที่จะส่งตีพิมพ์ ต้องเป็นบทความวิจัยหรือบทความวิชาการที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน หรืออยู่ในระหว่างการรอพิจารณาจากวารสารอื่น

2. รูปแบบการพิมพ์บทความ

การตั้งค่าหน้ากระดาษ	
- ระยะขอบ	ขอบบน (Top Margin) และขอบซ้าย (Left Margin) 2.5 ซ.ม. ขอบล่าง (Bottom Margin) และขอบขวา (Right Margin) 2.0 ซ.ม.
- กระดาษ	ขนาดกระดาษ A4 (กำหนดเอง) ความกว้าง 19 ซ.ม. ความสูง 27 ซ.ม.
รูปแบบตัวอักษร	แบบตัวอักษรใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น
หมายเลขหน้า	ตำแหน่ง ด้านล่าง กึ่งกลางหน้ากระดาษ ขนาดตัวอักษร 14
การย่อหน้า	เคาะ 8 ตัวอักษร พิมพ์ตัวที่ 9
จำนวนหน้าทั้งหมด	6 - 10 หน้า
การพิมพ์ส่วนปก	พิมพ์เต็มหน้ากระดาษ (พิมพ์ 1 คอลัมน์)
การพิมพ์ส่วนเนื้อหา	พิมพ์ 1 คอลัมน์
ชื่อบทความ	ภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ ขนาดอักษร 18 (ตัวหนา) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
ชื่อผู้เขียน	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 (ตัวหนา) ระหว่างชื่อกับนามสกุล เว้น 2 เคาะ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
ตัวเลขยกบนหลังนามสกุล	ขนาดตัวอักษร 16
(ตัวเลขยกบนหลังนามสกุล ใส่เฉพาะกรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน และมีที่อยู่ต่างกัน)	
ที่อยู่	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 12
(ใส่ตัวเลขยกบนหน้าที่อยู่ ใส่เฉพาะกรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน และมีที่อยู่ต่างกัน)	
E-mail และโทรศัพท์	ขนาดตัวอักษร 12 (ตัวเอียง)
ชื่อบทคัดย่อ	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 18 (ตัวหนา) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
เนื้อหาบทคัดย่อ	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14
ชื่อคำสำคัญ (Keyword)	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 (ตัวหนา)
คำสำคัญ	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14
ชื่อหัวเรื่องใหญ่	ประกอบด้วย 1. บทนำ 2. วิธีการทดลอง หรือ วิธีการศึกษา 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลหรือผลการศึกษาและอภิปรายผล 4. สรุปผล 5. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) 6. เอกสารอ้างอิง ขนาดตัวอักษร 18 (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย
ชื่อหัวเรื่องรอง	ขนาดตัวอักษร 16 (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย
ชื่อหัวเรื่องย่อ	ขนาดตัวอักษร 14 (ตัวหนา) ย่อ 4 ตัวอักษร พิมพ์ตัวที่ 5
เนื้อหาบทความ	ขนาดตัวอักษร 14 จัดกระจายแบบไทย
ชื่อตาราง	ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา อยู่ด้านบนของตาราง จัดชิดซ้าย
ชื่อภาพ ชื่อแผนภูมิ	ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา อยู่ใต้ภาพหรือแผนภูมิ จัดกึ่งกลาง
เนื้อหาในตาราง/แผนภูมิ	ขนาดตัวอักษร 12

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง ใช้นามสกุลของผู้แต่งคนแรก แล้วตามด้วยปี (ค.ศ.) เช่น Jamsawat (2011) หรือ (Jamsawat, 2011) หรือ Dan and Hamasaki (2011) หรือ Jamsawat and Piempol (2016) กรณีผู้เขียนมีมากกว่า 2 คน ใช้ Dan *et al*. (2011) หรือ (Dan *et al*., 2011) เป็นต้น

การอ้างอิงท้ายเรื่อง 1. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. **ชื่อหนังสือ**. ครั้งที่พิมพ์. สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์.

2. บทความวารสาร

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. **ชื่อบทความ**. ชื่อย่อวารสาร. ปีที่ (ฉบับที่): หน้าแรก - หน้าสุดท้ายของบทความ. (กรณีที่วารสารไม่ระบุฉบับที่ ก็ไม่ต้องใส่ฉบับที่)

โดยให้เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามตัวอักษรภาษาอังกฤษของนามสกุลของผู้แต่งคนแรก ตามด้วยคำย่อชื่อและชื่อกลาง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง กรณีเป็นหน่วยงานให้ใช้ชื่อเต็มหน่วยงาน ตามด้วยปีที่ตีพิมพ์ (การอ้างอิงจากวารสาร ให้ใช้ชื่อย่อของวารสาร) กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิงภาษาไทยใช้รูปแบบเดียวกัน ให้ปรับ (แปล) เป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai)

หมายเหตุ ต้นฉบับบทความที่นำส่งจะต้องถูกต้องตามหลักเกณฑ์การเขียนตามที่กำหนดเท่านั้น มิฉะนั้นจะไม่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ในวารสาร

*** <u>ตัวอย่างการเขียนอ้างอิงท้ายเรื่อง</u>**

Barros, A.K.A., Nunes, G.H.S., Queiroz, M.A., Pereira, E.W.L. and J.H.C. Filho. 2011. **Diallel analysis of yield and quality traits of melon fruits**. Crop Breed Appl Biotechnol. 11: 313-319.

Lertrat, K. 1989. **Techniques in Hand Pollinating Vegetable Plants**. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khonkaen University, Khonkaen. (in Thai)

Pornsuriya, P. 2005. **Genetic Studies and Inheritance of Fruit Characters in Slicing Melon (*Cucumis melo* L. var. *conomon* Makino)**. Ph.D. Thesis. Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok.

Pornsuriya, P. 2014. **Biometrical Analysis in Plant Breeding**. O.S. Printing House, Bangkok. (in Thai)

Singh, P. and S.S. Narayanan. 2013. **Biometrical Techniques in Plant Breeding**. 5th ed. Kalyani Publishers, New Delhi.

Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1985. **Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis**. 3rd ed. Kalyani Publishers, New Delhi.

Tindall H.D. 1983. **Vegetables in the Tropics**. The Macmillan Press LTD., London.

United States Department of Agriculture. 2007. ***Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc**. http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?41646. Accessed 10 Mar. 2007.

Vianna J.M.S. 2000. **The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis**. Genet. Mol. Biol. 23: 877-881.

ตัวอย่างการจัดรูปแบบบทความ

ขอบบน 2.5 ซม.

ผลของการใช้อาหารหยาบทดแทนเลี้ยงโคให้นมในฤดูแล้ง
Roughage Replacer for Feeding Milking Cows in Dry Season

ชื่อบทความ ขนาด 18 หนา

ชื่อผู้เขียน ขนาด 16 หนา

วีระพล แจ่มสวัสดิ์
Virapol Jamsawat

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี
Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra campus, Chonburi
E-mail: virapolj@yahoo.com โทร.086-3303057

ที่อยู่ ขนาด 12
E-mail และโทรศัพท์ ขนาด 12 ตัวเอียง

ชื่อบทคัดย่อ / Abstract ขนาด 18 หนา

บทคัดย่อ

ผลจากการทดลองการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 6% เปลือกสับปะรดสดและหญ้าขนเป็นอาหารหยาบทดแทนเลี้ยงโคกำลังให้นมในฤดูแล้ง โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ ฟรีเซียน สายเลือดประมาณ 62.5% ที่กำลังให้น้ำนมโดยให้อาหารข้นมีโปรตีนรวม 16% ตามปริมาณการให้น้ำนมต่ออาหารข้น เท่ากับ 2 :1 และให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่เป็นเวลา 165 วัน

เนื้อหาบทคัดย่อ ภาษาไทยและอังกฤษ ขนาด 14

Keywords: Roughage replacer, Milking cow.

ชื่อคำสำคัญ (Keyword) ขนาด 14 หนา
และ คำสำคัญ ขนาด 14 บาง

ชื่อหัวข้อบทความ ขนาด 18 หนา

1. บทนำ

ชื่อหัวข้อย่อยบทความ ขนาด 16 หนา

เคาะ <u>8 ตัวอักษร</u> ในปัจจุบันการเลี้ยงโคนมของประเทศไทย ได้มีการส่งเสริมให้มีการขยายการเลี้ยงเพิ่มจำนวนมากขึ้นในทุกๆ ปี ทั้งโคนมและโคเนื้อ แต่จำนวนพื้นที่ทำการเกษตรกลับลดจำนวนลง โดยถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ มากขึ้น ดังนั้น เกษตรกรผู้เลี้ยงโค ซึ่งจำเป็นต้องใช้อาหารหยาบพวกหญ้าเป็นพืชอาหารสัตว์หลักสำหรับเลี้ยงโค จึงมีจำนวนพืชอาหารสัตว์และจำนวนพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ลดน้อยลงเรื่อยๆ (วีระพล, 2557)

เนื้อหาบทความ ขนาด 14

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารข้น

ชื่อตาราง/ภาพที่/แผนภูมิที่ ขนาด 16 หนา

ขอบขวา 2.0 ซม.

ขอบซ้าย 2.5 ซม.

วัตถุดิบ	จำนวน
รำละเอียด	45
กากมะพร้าว	30
กากถั่วลิสง	15
ปลาป่น	5
เกลือป่น	2
แร่ธาตุผสม (premix)	1
รวม	**100**

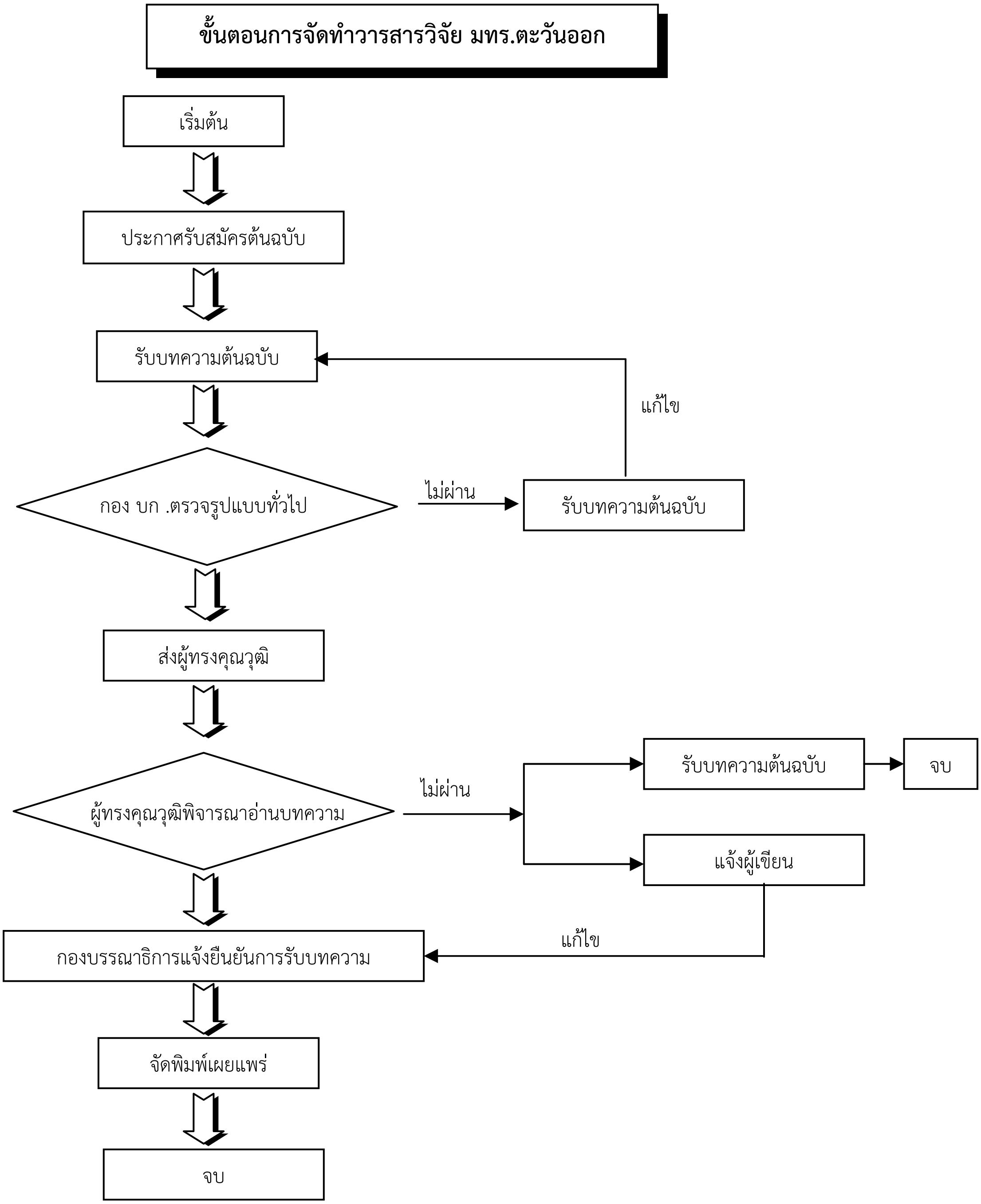
เนื้อหาตาราง ขนาด 12

ขอบล่าง 2.0 ซม.

หลักเกณฑ์การประเมินบทความเพื่อตอบรับการตีพิมพ์

กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น เกี่ยวกับความถูกต้องของรูปแบบทั่วไป ถ้าไม่ผ่านการพิจารณา จะส่งกลับไปแก้ไข ถ้าผ่านจะเข้าสู่การพิจารณาของผู้ประเมินจากภายนอก เมื่อผลการประเมินผ่านหรือไม่ผ่านหรือมีการแก้ไขจะแจ้งผลให้ผู้เขียนทราบ

เมื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ฉบับที่นำบทความลงตีพิมพ์ผลงาน จำนวน 1 ฉบับ พร้อมหนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ



แบบฟอร์มการส่งบทความวิจัย
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

วันที่...............เดือน.........................พ.ศ. ....

1. ข้าพเจ้า นาย / นาง / นางสาว ....

2. ระดับการศึกษาสูงสุด ....
ตำแหน่งทางวิชาการ ....

3. ชื่อบทความ (ภาษาไทย) ....
(ภาษาอังกฤษ) ....

4. ชื่อผู้เขียนร่วม (1) ....
(2) ....
(3) ....
(4) ....
(5) ....

5. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

....
....
....
โทรศัพท์.. มือถือ...แฟกซ์.....................................
E-mail : ....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อนและยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ลงชื่อ...
(..)

แบบสรุปผลการประเมินบทความวิจัยของผู้ทรงคุณวุฒิ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

1. รหัสบทความวิจัยที่ประเมิน R ☐ ☐ ☐ ☐

2. ชื่อบทความ..

....

3. จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน.. **ท่าน**

4. หัวข้อที่พิจารณา

หัวข้อ	ผ่าน	ผ่านและมีการแก้ไข	ไม่ผ่าน	ข้อแก้ไข/ข้อเสนอแนะ
บทคัดย่อ (Abstract)				
บทนำ				
วิธีการทดลอง/วิธีการศึกษา				
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล / ผลการศึกษาและอภิปรายผล				
สรุปผล				
เอกสารอ้างอิง				
คุณค่าทางวิชาการ				

5. อื่น ๆ

....

....

....

....

6. สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่านดีเยี่ยม ☐ ผ่าน ☐ ผ่านและมีการแก้ไข ☐ ไม่ผ่าน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา)

บรรณาธิการ

วันที่............./................../...............

หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ขอรับรองว่าบทความ...

เรื่อง

....
....
....

โดย

....
....
....

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ปีที่ .... ฉบับที่ ....

....
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา
บรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.ตะวันออก
ให้ ณ วันที่..

ISSN 1906-1889

นโยบายการพิจารณาบทความ

1. วารสารรับพิจารณาบทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษภายใต้เงื่อนไขว่าจะต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร เอกสารการประชุมหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการเสนอเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น / รวมทั้งจะไม่นำส่งไปเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น ๆ อีกนับจากวันที่ได้ส่งบทความฉบับนี้มาที่กองบรรณาธิการวารสาร ทั้งนี้ทางวารสารไม่มีค่าธรรมเนียมใด ๆ ในการตีพิมพ์เผยแพร่
2. ขอบเขตของวารสาร จะรับบทความทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในทางด้าน (1) วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์สุขภาพ (2) เกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร (3) วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
3. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง (peer Review) กระบวนการพิจารณากลั่นกรองบทความบทความที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์จะต้องผ่านกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องดังนี้

   3.1 กองบรรณาธิการจะแจ้งให้ผู้แต่งทราบเมื่อกองบรรณาธิการได้รับบทความเรียบร้อยสมบูรณ์พร้อมตรวจสอบรูปแบบความถูกต้อง

   3.2 กองบรรณาธิการจะตรวจสอบบทความว่าอยู่ในขอบเขตเนื้อหาวารสารหรือไม่ รวมถึงคุณภาพงานวิชาการและประโยชน์ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ

   3.3 ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นสมควรรับบทความไว้พิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการส่งบทความเพื่อกลั่นกรองต่อไปโดยจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยจำนวน 2 ท่านประเมินคุณภาพของบทความว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมจะลงตีพิมพ์หรือไม่ โดยกระบวนการกลั่นกรองนี้ทั้งจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนจะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน (Double - blind peer review process)

   3.4 เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้น ๆ เห็นควรอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมที่จะลงตีพิมพ์ได้ และจะส่งบทความนั้นไปให้ผู้แต่งได้แก้ไขตามข้อเสนอของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นให้ผู้แต่งส่งกลับมาให้กองบรรณาธิการพิจารณาอีกครั้งหนึ่งก่อนเข้าสู่กระบวนการตีพิมพ์

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

มทร.ตะวันออก สร้างงานวิจัย
พัฒนาสังคม ชุมชน และประเทศ

กองบรรณาธิการวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 หมู่ 6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 0-3313-6099 ต่อ 1181-1187 โทรสาร/สายตรง 0-3835-8142

http://ird.rmutto.ac.th, http://journal.rmutto.ac.th