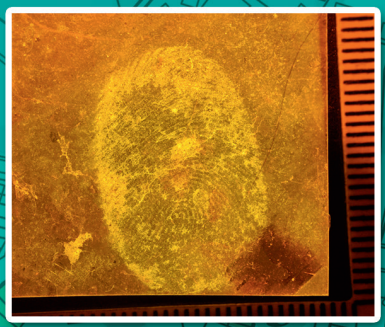
วารสารวิจัย

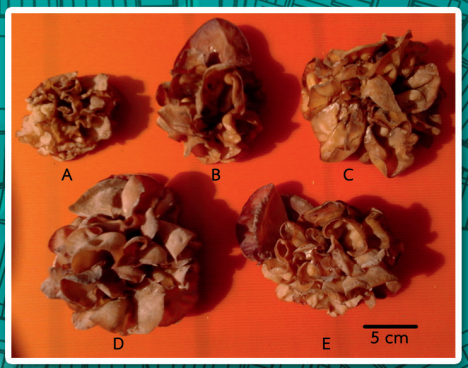
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

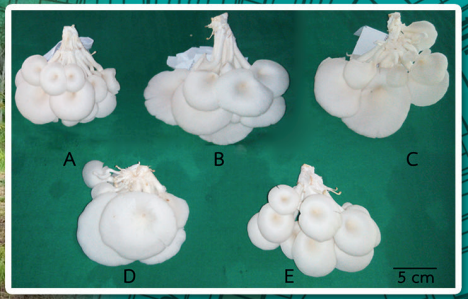
ISSN 1906-1889

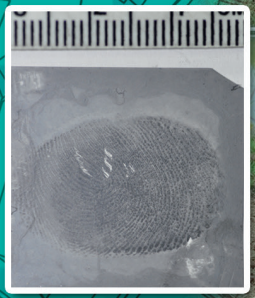
Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564 Vol. 14 No. 2 July - December 2021









ที่ว่าการอำเภอ

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 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564 Vol.14 No.2 July - December 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

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 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564
Vol. 14 No. 2 Julyy - December 2021
ISSN 1906-1889

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกฉบับนี้ เป็นฉบับประจำปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม) ประกอบด้วยบทความวิจัยที่น่าสนใจและมีประโยชน์ทางด้านวิชาการ ทั้งในทางด้านเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร สัตวศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ และด้านอื่น ๆ โดยได้ผ่านการตรวจพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารฯ ที่คุณวุฒิตรงตามสายงานวิชาการ เนื่องจากทางวารสารต้องรักษาไว้ซึ่งคุณภาพทางด้านวิชาการ โดยบทความวิจัยต้องผ่านการตรวจสอบประเมินบทความจาก **ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน** ซึ่งเป็นไปตาม **"ประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2564"**

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกหวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทความวิจัยในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา และผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาในการตรวจประเมินแก้ไขบทความวิจัย คณาจารย์และนักวิจัยที่ได้ส่งบทความวิจัยมาลงตีพิมพ์เผยแพร่ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดเตรียมต้นฉบับทุกท่าน จนทำให้วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา
บรรณาธิการ
วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

สารบัญ

หน้า

ผลของการเสริมแอลคาร์นีทีนต่อค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือดของโคชน 1
วิรัลฐิตา จันทร์เขียว วิภาวี แสงสร้อย เมธาสุ จันทร์รอด และ ธีระวิทย์ จันทร์ทิพย์

ระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือ
ผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ 8
เอกรัตน์ สุขสุคนธ์ เชาวลิต จันภิรมย์ ศักดิ์ชัย ช่างอุดม ภัทรนนท์ เจษฎาประสิทธิ์ และ ธนพล บุญริ้ว

การตรวจพิสูจน์หารอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่จมอยู่ในแหล่งน้ำ
โดยใช้ผงฝุ่นดำ SPR Cyanoacrylate และ Rhodamine 6G 17
ณัฐชยา สิงหมารศรี นพรุจ ศักดิ์สิริ และ พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์

การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑที่มีต่อลูกน้ำยุงลาย 28
ปุณยนุช สุขหิรัญ นรานันท์ ขำมณี และ อรวรรณ สืบเสน

รูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี 35
พรจิต พีระพัฒนกุล และ พู่กัน สายด้วง

การเพาะเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกระถินณรงค์
ที่เหลือใช้จากการทำกรงนกเขาชวา 47
จักรกริช อนันตศรัณย์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%
สำหรับการรักษาสภาพชิ้นเนื้อจากผู้เสียชีวิตทางนิติพยาธิ 56
ธีมารัตน์ บริชน และ นพรุจ ศักดิ์ศิริ

การใช้ประโยชน์ของเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลทุเรียนและมังคุด สำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง 66
อมร วิสิทธิวงค์

ผลของการเสริมแอลคาร์นีทีนต่อค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือดของโคชน

Effects of L-Carnitine Supplementation on Hematology and Blood Chemistry in Fighting Bulls

วิรัลฐิตา จันทร์เขียว* วิภาวี แสงสร้อย เมธาสุ จันทร์รอด และ ธีระวิทย์ จันทร์ทิพย์

Wiruntita Chankeaw*, Wipawee Saengsoi, Metasu Chanrot and Dhiravit Chantip

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 133 ม.5 ต.ทุ่งใหญ่ อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช 80240

Faculty of Veterinary Science, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 133 M.5, T.Thungyai, Thungyai district, Nakhon si thammarat, Thailand 80240

E-mail: wiruntita.c@rmutsv.ac.th ; Tel.093-5741828

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการให้สารเสริมแอลคาร์นีทีนต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าโลหิตวิทยาและค่าชีวเคมีในเลือดในโคชนเพศผู้ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้โคชนเพศผู้ อายุ 3-5 ปี จำนวน 16 ตัว และถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม การทดลองโดยวิธีการสุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่ม LC (n = 8) ซึ่งโคชนกลุ่มนี้จะได้กินแอลคาร์นีทีน ขนาด 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน และ 2) กลุ่มควบคุม (n = 8) โคชนกลุ่มนี้จะได้รับยาหลอก โดยมีระยะเวลาการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ตัวอย่างเลือดถูกเก็บจากหลอดดำที่คอเพื่อนำไปตรวจค่าโลหิตวิทยา ส่วนซีรั่มนำไปตรวจหาค่าชีวเคมีในเลือด ผลการศึกษาพบว่าโคชนที่ได้กินแอลคาร์นีทีนมีปริมาณฮีโมโกลบิน และเม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) แต่จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์มีจำนวนต่ำกว่าในกลุ่มควบคุม ($p < 0.01$) ส่วนค่าโลหิตวิทยาอื่น ๆ และค่าชีวเคมีในเลือดทั้งหมดไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับแอลคาร์นีทีนกับกลุ่มควบคุม การศึกษานี้บ่งชี้ว่าการเสริมแอลคาร์นีทีนมีผลต่อการสร้างฮีโมโกลบิน ซึ่งส่งผลให้มีการขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ต่าง ๆ ได้ดี และมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายโดยกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบในโคชนเพศผู้ รวมถึงไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกายของโคชน เนื่องค่าชีวเคมีในเลือดที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของตับและไตอยู่ในระดับปกติ ดังนั้นแอลคาร์นีทีนสามารถนำไปใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับโคชนได้

คำสำคัญ : โคชน แอลคาร์นีทีน โลหิตวิทยา ค่าชีวเคมี เซลล์ภูมิคุ้มกัน

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of oral L-carnitine supplementation on alterations in a complete blood cell and blood chemistry profiles. In this study, sixteen fighting bull aged 3-5 years were randomly divided into two experimental groups: 1) LC group (n = 8) receiving 500 mg of L-carnitine per head per day and 2) control group (n = 8) receiving placebo. There is a trial period of 8 weeks. Blood sample was collected from jugular vein, following by a complete blood count analysis. Serum sample was analyzed clinical chemistry profiles. The results revealed that the hemoglobin and granulocyte count in the LC group were significantly higher than the control group ($p < 0.05$). However, the percentage of leukocyte in the LC group was significantly lower than the control group ($p < 0.01$). Moreover, there was no significant difference among the groups with regard to others hematological parameter as well as clinical chemistry profiles. This study suggested that oral L-carnitine supplementation could influence hemoglobin production results in oxygen affinity and it also affects the immune system by stimulating granulocyte white blood cells, which are involved in the inflammatory process in fighting bull. Moreover, L-carnitine does not cause adverse effect on

animal health due to stabilize some blood chemistry parameters which related to liver and kidney functions, therefore it could be used as a nutrient supplement for fighting bulls.

Keywords : fighting bull, L-carnitine, hematology, clinical chemistry, immune cells

1. บทนำ

โคชน (fighting bull) จัดอยู่ในประเภทของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองทางภาคใต้ ซึ่งเป็นโคเพศผู้ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี เช่น รูปร่าง สีผิว ลักษณะเขา เป็นต้น รวมทั้งมีพฤติกรรมที่แข้งกร้าว ชนเก่ง ที่ถูกคัดเลือกนำมาใช้ในการแข่งขันชนกัน (bullfighting) ในปัจจุบันกีฬาโคชนเป็นที่นิยมอย่างมากทางภาคใต้ของประเทศไทยและยังสร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้กับเจ้าของสัตว์ ดังนั้นการดูแลสุขภาพโคชนให้มีสุขภาพแข็งแรงจึงเรื่องที่สำคัญและจำเป็นอย่างมาก สุขภาพที่แข็งแรงในโคชนจึงถือเป็นหัวใจหลักของการแข่งขันโคชน เนื่องจากโคชนจะต้องมีการฝึกซ้อมและออกกำลังกายเป็นประจำก่อนการแข่งขัน โดยผู้เลี้ยงจะต้องนำโคชนเดินออกกำลังกายเป็นระยะทางอย่างน้อย 5-10 กิโลเมตรต่อวัน ซึ่งในระหว่างการฝึกซ้อมก็มีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บในระหว่างฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้เนื่องจากสุขภาพร่างกายของโคชนไม่สมบูรณ์เพียงพอ ในปัจจุบันเกษตรกรจึงให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพของโคชนเป็นอย่างมากด้วยการให้กินหรือฉีดวิตามิน แร่ธาตุหรืออาหารเสริมต่าง ๆ ให้กับโคชนในช่วงระหว่างการฝึกซ้อมและก่อนการแข่งขันเป็นประจำ

แอลคาร์นีทีน (L-carnitine) เป็นสารที่ออกฤทธิ์ (active form) ของคาร์นีทีน ซึ่งเป็นสารประกอบจตุรภูมิของแอมโมเนียมที่สังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนสองชนิดคือ ไลซีนและเมธไทโอนีน โดยมีความสำคัญในกระบวนการเผาพลาญและสร้างพลังงานให้กับเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ของร่ายกายทั้งคนและสัตว์ ซึ่งปัจจุบันแอลคาร์นีทีนถูกใช้เป็นอาหารเสริมกันอย่างกว้างขวางในมนุษย์ (Rebouche, 2004) นอกจากนี้แอลคาร์นีทีนยังจัดเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยต่อต้านการเกิดการย่อยสลายไขมันโดยออกซิเดชั่น (lipid peroxidation) และอนุมูลอิสระออกซิเจน (reactive oxygen species หรือ ROS) ซึ่งเกี่ยวกับการเกิดการอักเสบของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย (Calò *et al*., 2006; Cao *et al*., 2011) นอกจากนี้มีการรายงานศักยกาพการใช้แอลคาร์นีทีนในการรักษาโรคต่าง ๆ ในคนได้ เช่น โรคหัวใจ (Kalantar-Zadeh *et al*., 2008) โรคไต (Hurot *et al*., 2002) และภาวะไม่สมบูรณ์พันธุ์ของเพศชาย (Balercia *et al*., 2005) เป็นต้น ส่วนการใช้แอลคาร์นีทีนในสัตว์นั้น มีการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมเพิ่มมากขึ้น เช่น ในม้ามีการนำมาใช้เพื่อช่วยส่งเสริมศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกาย (Rivero *et al*., 2002) รวมถึงสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ (Arfuso *et al*., 2021) ส่วนในโคเริ่มมีการนำมาใช้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโคนม พบว่าช่วยเพิ่มปริมาณไขมันในน้ำนมและประสิทธิภาพของระบบสืบพันธุ์ของแม่โครีดนม (Pirestani *et al*., 2011; Pirestani and Aghakhani, 2018; Meyer *et al*., 2020) อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานเกี่ยวกับผลการใช้แอลคาร์นีทีนในโคชนต่อการตอบสนองของร่างกายในรูปแบบของค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือด งานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจประเมินว่าการให้แอลคาร์นีทีนมีผลกระทบอย่างไรต่อค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือดของโคชนเพศผู้ ซึ่งจะส่งผลให้มีการนำแอลคาร์นีทีนไปใช้เพื่อเป็นอาหารเสริมและช่วยปรับปรุงและฟื้นฟูสุขภาพร่างกายของโคชนต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 สัตว์ทดลองและกลุ่มของการทดลอง

โคชนเพศผู้ มีอายุเฉลี่ย 3-5 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 350-450 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว โคชนทุกตัวได้รับการเลี้ยงดูจากเจ้าของโดยการให้กินหญ้าหวายข้อ (*Hemarthria compressa*) วันละ 20-25 กิโลกรัมต่อวันและให้น้ำดื่มอย่างไม่จำกัดในแต่ละวัน และได้รับการป้อนยาถ่ายพยาธิชนิดอัลเบนดาโซล (albendazole) ขนาด 7.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก่อนการทดลอง โคชนเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มการทดลองกลุ่มละ 8 ตัว โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลาก ได้แก่ 1) กลุ่มที่ให้กินสารเสริมแอลคาร์นีทีน (LC group) โคชนจะถูกป้อนให้กินแอลคาร์นีทีนในรูปแบบแคปซูล ขนาด 500 มิลลิกรัมต่อวัน และ 2) กลุ่มควบคุม (control group) โดยโคชนในกลุ่มนี้จะได้รับยาหลอก

ซึ่งเป็นแคปซูลบรรจุแป้ง ระยะเวลาการทดลองใช้เวลาทั้งหมดเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองการอนุมัติการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ID# IAC 04-12-63

2.2 การเก็บตัวอย่างเลือด

โคชนทุกตัวจะได้รับการเก็บตัวอย่างเลือดหลังการทดลอง โดยการเก็บตัวอย่างเลือด จากหลอดเลือดดำที่คอ (jugular vein) ด้วยเข็มและกระบอกฉีดยาแบบใช้ครั้งเดียว ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อในปริมาตร 8 มิลลิลิตร เลือดที่เก็บได้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ส่วนที่ 1 เลือดปริมาตร 2 มิลลิลิตร จะถูกเก็บในหลอดเก็บเลือดสุญญากาศที่บรรจุด้วยสารกันเลือดแข็งตัว (Ethylene diamine tetra-acetic acid : EDTA) เพื่อนำไปตรวจค่าโลหิตวิทยา ส่วนที่ 2 เลือดปริมาตร 6 มิลลิลิตร จะถูกเก็บในหลอดเก็บเลือดแบบสุญญากาศชนิดที่ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว เพื่อใช้สำหรับการเก็บซีรั่ม (serum) ตัวอย่างเลือดจะถูกแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส และนำส่งยังห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2.3 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและซีรั่ม

ตัวอย่างเลือดที่มีส่วนผสมของสารกันเลือดแข็งตัวจะถูกนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยา ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด (Red blood cell count; RBC) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; HGB), เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit; HCT) ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular volume; MCV) ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular hemoglobin; MCH) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular hemoglobin concentration; MCHC) ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RBC distribution width; RDW) จำนวนเกล็ดเลือดทั้งหมด (Platelet; PLT) จำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (White blood cell count; WBC) ร้อยละของจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) มอนอไซด์ (Monocyte) และแกรนูโลไซด์ (Granulocyte) ด้วยเครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (BC-2800Vet Auto Hematology Analyzer, Mindray, China) ส่วนตัวอย่างซีรั่มที่เก็บได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ค่าชีวเคมีในเลือด ได้แก่ Blood urea nitrogen (BUN), Creatinine, Aspartate aminotransferase (AST), Alanine Aminotransferase (ALT), Alkaline phosphatase (ALP), Lactate dehydrogenase (LDH) และค่าโปรตีนทั้งหมด (Total protein; TP) ด้วยเครื่องตรวจค่าชีวเคมีในเลือดอัตโนมัติ (PKL PPC 125 Vet Automatic Chemistry Analyzer, Paramedical srl, Italy) กระบวนการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและซีรั่มข้างต้น ดำเนินการตรวจ ณ ศูนย์ชันสูตรโรคสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยทั้งหมด

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel (version 2019) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มการทดลองใช้ student t-test ในการทดสอบทางสถิติ ผลทดสอบทางสถิติที่ได้ทั้งหมดจะแสดงในรูป ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Means ± Standard deviation; SD) และแสดงกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลของแอลคาร์นีทีนต่อค่าโลหิตวิทยาของโคชนเพศผู้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าโคชนเพศผู้ที่ได้กินแอลคาร์นีทีนเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของค่าโลหิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับเม็ดเลือดแดง ได้แก่ RBC, HCT, MCV, MCH, MCHC, RDW และ PLT จากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่า HGB (11.56 ± 1.98 g/dL) ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (9.85 ± 1.86 g/dL) อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 1 โดยสารฮีโมโกลบินนี้จะพบได้ในเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขนส่งออกซิเจนไปยังอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง (Giardina *et al*., 1995) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณเม็ดเลือดแดงในเลือดและปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณฮีโมโกลบินที่สูงขึ้นแต่ยังคงอยู่ในระดับปกติ อาจ

บ่งชี้ว่าโคชนกลุ่มที่ได้กินแอลคาร์นีทีนมีความสามารถในนำพาออกซิเจนไปยังเซลล์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในกระบวนเมตาบอลิซึมได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งคล้ายคลึงการใช้แอลคาร์นีทีนในคนหลาย ๆ งานวิจัย ซึ่งสรุปโดย Hurot *et al*. (2002) พบว่าการกินแอลคาร์นีทีนช่วยเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบินและ/หรือค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกันกับรายงานของ Uluisik and Keskin (2014) พบว่าแอลคาร์นีทีนช่วยกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงในหนูทดลองได้ อย่างไรก็ตามก็มีรายงานว่าการให้แอลคาร์นีทีนในระดับ 500 มิลลิกรัมแก่หนูขาวสุขภาพปกติติดต่อกัน 5 วัน ไม่พบความแตกต่างของค่าโลหิตวิทยาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่พบว่าถ้าให้แอลคาร์นีทีนในหนูทดลองที่ได้รับสาร Methotrexate ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นพิษในร่างกายสัตว์ จะทำให้ค่า WBC, RBC, HGB และ MCV อยู่ในระดับปกติและสูงกว่าเมื่อเปรียบกับกลุ่มที่ได้รับสารพิษชนิดนี้ (Şener *et al*., 2006) ส่วนการศึกษาในคนพบว่าการกินแอลคาร์นีทีนไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดต่อค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือดในผู้ชายที่มีสุขภาพแข็งแรง (Rubin *et al*., 2001) จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าค่าโลหิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับเม็ดเลือดขาวในโคชนเพศผู้ ได้แก่ WBC และ monocyte ไม่พบความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าค่าร้อยละของเม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์ในโคชนเพศผู้กลุ่มที่ได้กินแอลคาร์นีทีน (70.88 ± 11.95%) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (50.70 ± 11.27%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ในทางตรงกันข้ามค่าร้อยละของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (20.59 ± 12.22%) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (40.33 ± 11.38%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์อาจมีความสัมพันธ์กับกระบวนกระบวนการฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) ซึ่งมักพบได้ในกรณีที่มีการบาดเจ็บของร่างกายจากการออกกำลังกายอย่างหนักหรือการติดเชื้อจุลชีพ เป็นต้น มีรายงานว่านักกีฬาที่มีการออกกำลังกายติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะพบการลดการทำงานของเม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์และมอนอไซต์ (Gani *et al*., 2003) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับลักษณะการเลี้ยงโคชนเพศผู้สำหรับการแข่งขันที่จะต้องออกกำลังกายอย่างหนักเป็นประจำทุกวัน นอกจากนี้มีรายงานในหนูทดลองที่มีการอักเสบของร่างกาย พบว่าหลังจากให้กินแอลคาร์นีทีน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ช่วยเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์เพื่อช่วยป้องกันเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายเนื่องจากกระบวนการอักเสบ (İzgüt-Uysal *et al*., 2003) จากผลจากการวิจัยครั้งนี้เป็นไปได้ว่าโคชนเพศผู้เหล่านี้อาจเกิดกระบวนอักเสบของร่างกายโดยเฉพาะกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย แต่โคชนในกลุ่มที่ได้กินแอลคาร์นีทีน มีระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายโดยเฉพาะเม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์ถูกกระตุ้นให้ออกมาในกระแสเลือดเพื่อช่วยลดการทำลายของเนื้อเยื่อจากกระบวนการอักเสบที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าโคชนที่ไม่ได้กินแอลคาร์นีทีน อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าแอลคาร์นีทีนช่วยกระตุ้นให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ในกระแสเลือดเพิ่มสูงหากเซลล์ของร่างกายเกิดการอักเสบเนื่องจากภาวะภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) (Karlic and Lohninger, 2004) ซึ่งผลการศึกษาที่แตกต่างกันอาจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและสุขภาพของสัตว์ที่ใช้ในการศึกษา เป็นต้น จึงควรมีการศึกษาให้ลึกลงในไปในผลของแอลคาร์นีทีนต่อการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบในร่างกายของโคชนเพศผู้เพิ่มเติม

3.2 ผลของแอลคาร์นีทีนต่อค่าชีวเคมีในเลือดของโคชนเพศผู้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าโคชนเพศผู้ที่ได้กินแอลคาร์นีทีนมีค่าชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ค่า BUN และ creatinine ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ของการทำงานของไต อยู่ในระดับปกติและไม่มีความแตกต่างจากโคชนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกันกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของตับและอวัยวะอื่น ๆ เช่น กล้ามเนื้อ กระดูก ได้แก่ ALT, AST, ALP, LDH และ TP อยู่ในระดับปกติและไม่มีความแตกต่างจากโคชนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการวิจัยครั้งนี้มีความคล้ายคลึงกับการศึกษาในม้า พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของ AST และ LDH หลังจากได้กินแอลคาร์นีทีนขนาด 5 กรัมต่อตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ (Iben *et al*., 1999) แต่มีความแตกต่างจากศึกษาในกระต่าย ซึ่งพบว่าการกินแอลคาร์นีทีนสามารถลดระดับเอนไซม์ AST, ALT และ ALP รวมถึงเพิ่มระดับ creatinine ในเลือดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Elgazzar *et al*., 2012) จากผลการศึกษาครั้งนี้บ่งชี้ว่าแอลคาร์นีทีนไม่มีผลเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือดของโคชนเพศผู้ รวมถึงไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษใด ๆ ต่อการทำงานของตับและไต

ตารางที่ 1 ค่าโลหิตวิทยาของโคชนเพศผู้ในกลุ่มที่ให้กินแอลคาร์นีทีน (LC, n = 8) และกลุ่มควบคุม (control, n = 8) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

Hematological parameter	LC (n = 8)	Control (n = 8)	*P*-value
RBC ($\times 10^6$ cell/μL)	6.76 ± 1.28	6.19 ± 1.27	0.327
HGB (g/dL)	11.56 ± 1.98[a]	9.85 ± 1.86[b]	0.047
HCT (%)	35.14 ± 6.40	33.30 ± 6.22	0.474
MCV (Fl)	52.66 ± 6.90	54.44 ± 6.68	0.599
MCH (pg)	17.21 ± 1.89	16.43 ± 1.80	0.389
MCHC (g/dL)	33.21 ± 0.65	30.30 ± 0.79	0.171
RDW (%)	17.34 ± 1.37	17.40 ± 1.41	0.927
PLT ($\times 10^3$ cell/μL)	348.50 ± 145.03	297.13 ± 186.07	0.527
WBC ($\times 10^3$ cell/μL)	8.89 ± 3.06	9.79 ± 2.52	0.518
% Lymphocyte	20.59 ± 12.22[a]	40.33 ± 11.38[b]	0.002
% Monocyte	8.50 ± 1.32	8.98 ± 1.24	0.553
% Granulocyte	70.88 ± 11.95[a]	50.70 ± 11.27[b]	0.002

<u>หมายเหตุ</u> ตัวอักษรยก a และ b ในแถวเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตารางที่ 2 ค่าชีวเคมีในเลือดของโคชนในกลุ่มที่ให้กินแอลคาร์นีทีน (LC, n = 8) และกลุ่มควบคุม (control, n = 8) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

Blood chemistry parameter	LC (n = 8)	Control (n = 8)	*P*-value
BUN (mg/dL)	10.38 ± 5.85	9.38 ± 2.62	0.669
Creatinine (μmol/L)	1.44 ± 0.18	1.30 ± 0.39	0.384
ALT (Unit/L)	38.25 ± 28.97	25.13 ± 9.46	0.256
AST (Unit/L)	64.63 ± 48.53	81.50 ± 30.78	0.423
ALP (Unit/L)	97.00 ± 20.72	104.13 ± 37.56	0.648
TP (g/dL)	8.55 ± 0.86	8.04 ± 1.12	0.324
LDH (Unit/L)	1557.38 ± 274.35	1420.38 ± 286.99	0.346

4. สรุป

การเสริมแอลคาร์นีทีนในโคชนเพศผู้ในขนาด 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน กินติดต่อกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า มีผลต่อการเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบิน ซึ่งส่งผลต่อการขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ร่างกายได้มากขึ้น นอกจากนี้ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบโดยเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์ และลดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ อย่างไรก็ตามไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าชีวเคมีในเลือดที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของตับและไต บ่งชี้ได้ว่าใช้แอลคาร์นีทีนเป็นอาหารเสริมในโคชนส่งผลต่อการทำงานของเม็ดเลือดแดงและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และไม่ส่งผลเสียใดต่อการทำงานของตับและไตของโคชน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ปีงบประมาณ 2563 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทางคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ให้การสนับสนุนการใช้การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง รวมถึงเกษตรกรซึ่งเป็นเจ้าของโคชนที่เข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้ที่มีส่วนรวมในการทำงานงานวิจัยชิ้นนี้ประสบความสำเร็จและลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

Arfuso, F., C. Giannetto, E. Giudice, F. Fazio and G. Piccione. 2021. **Dynamic Change of Free Serum L-carnitine Concentration in Relation to Age, Sex, and Exercise in Anglo-Arabian Thoroughbred Horses**. Journal of Equine Veterinary Science, 97, 103343.

Balercia, G., F. Regoli, T. Armeni, A. Koverech, F. Mantero and M. Boscaro. 2005. **Placebo-controlled double-blind randomized trial on the use of L-carnitine, L-acetylcarnitine, or combined L-carnitine and L-acetylcarnitine in men with idiopathic asthenozoospermia**. Fertility and sterility, 84(3), 662-671.

Calò, L. A., E. Pagnin, P. A. Davis, A. Semplicini, R. Nicolai, M. Calvani and A. C. Pessina. 2006. **Antioxidant effect of L-carnitine and its short chain esters: relevance for the protection from oxidative stress related cardiovascular damage**. International journal of cardiology, 107(1), 54-60.

Cao, Y., H. J. Qu, P. Li, C. B. Wang, L. X. Wang and Z. W. Han. 2011. **Single dose administration of L-carnitine improves antioxidant activities in healthy subjects**. The Tohoku journal of experimental medicine, 224(3), 209-213.

Elgazzar, U. B., I. I. A. Ghanema and Z. M. Kalaba. 2012. **Effect of dietary L-carnitine supplementation on the concentration of circulating serum metabolites in growing New Zealand rabbits**. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(2), 80-84.

Gani F, G. Passalacqua, G. Senna and M. Mosca Frezet. 2003. **Sport, immune system and respiratory infections**. Allerg Immunol (Paris); 35:41

Giardina, B., I. Messana, R. Scatena and M. Castagnola. 1995. **The multiple functions of hemoglobin**. Critical reviews in biochemistry and molecular biology, 30(3), 165-196.

Hurot, J. M., M. Cucherat, M. Haugh and D. Fouque. 2002. **Effects of L-carnitine supplementation in maintenance hemodialysis patients: a systematic review**. Journal of the American Society of Nephrology, 13(3), 708-714.

Iben, C., E. Moschitz and B. Fehleisen. 1999. **Effect of smallcap L-carnitine supplementation on heart rate and some blood parameters in the eventing horse**. Wiener Tierärztliche Monatsschrift, 86(10), 330-338.

İzgüt-Uysal, V. N., A. Ağaç and N. Derin. 2003. **Effect of L-carnitine on carrageenan-induced inflammation in aged rats**. Gerontology, 49(5), 287-292.

Kalantar-Zadeh, K., S. D. Anker, T. B. Horwich and G. C. Fonarow. 2008. **Nutritional and anti-inflammatory interventions in chronic heart failure**. The American journal of cardiology, 101(11), S89-S103.

Karlic, H. and A. Lohninger. 2004. **Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense?**. Nutrition, 20(7-8), 709-715.

Meyer, J., S. U. Daniels, S. Grindler, J. Tröscher-Mußotter, M. Alaedin, J. Frahm and S. Dänicke. 2020. **Effects of a Dietary L-Carnitine Supplementation on Performance, Energy Metabolism and Recovery from Calving in Dairy Cows**. Animals, 10(2), 342.

Pirestani, A. and M. Aghakhani. 2018. **The effects of rumen-protected choline and l-carnitine supplementation in the transition period on reproduction, production, and some metabolic diseases of dairy cattle**. Journal of Applied Animal Research, 46(1), 435-440.

Pirestani, A., M. Aghakhani, S. N. Tabatabaei, G. Ghalamkari and F. Baharlo. 2011. **Effects of dietary L-carnitine and choline chloride compound on reproduction indices and udder immune system in Holstein dairy cattle**. In Proceedings of international conference on life Science and Technology (pp. 59-61).

Rebouche, C. J. 2004. **Kinetics, pharmacokinetics, and regulation of L-carnitine and acetyl-L-carnitine metabolism**. Annals of the New York Academy of Sciences, 1033(1), 30-41.

Rivero, J. L., H. P. Sporleder, E. Quiroz-Rothe, I. Vervuert, M. Coenen and J. Harmeyer. 2002. **Oral L-carnitine combined with training promotes changes in skeletal muscle**. Equine Veterinary Journal, 34(S34), 269-274.

Rubin, M. R., J. S. Volek, A. L. Gómez, N. A. Ratamess, S. N. French, M. J. Sharman and W. J. Kraemer. 2001. **Safety measures of L-carnitine L-tartrate supplementation in healthy men**. Journal of strength and conditioning research, 15(4), 486-490.

Şener, G., E. Ekşioğlu-Demiralp, M. Cetiner, F. E. R. İ. H. A. Ercan, S. Şirvancı, N. Gedik and B. C. Yeğen. 2006. **L-Carnitine ameliorates methotrexate-induced oxidative organ injury and inhibits leukocyte death**. Cell biology and toxicology, 22(1), 47-60.

Uluisik, D. and E. Keskin. 2014. **The effects of L-carnitine on some hematological parameters in rats fed a cholesterol-rich diet**. Biotechnic & Histochemistry, 89(5), 393-397.

(Received: 3/Jul/2021, Revised: 3/Dec/2021, Accepted: 8/Dec/2021)

ระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

Patient's Symptom Levels of Coronavirus-19 Identification through Finger Movements Using Artificial Intelligence

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์* เชาวลิต จันภิรมย์ ศักดิ์ชัย ช่างอุดม ภัทรนนท์ เจษฎาประสิทธิ์ และ ธนพล บุญริ้ว

Aekkarat Suksukont*, Chaovarit Janpirom, Sakchai Changudom, Phattharanon Jessadaprasit and Thanaphol Boonriw

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

Computer Technology and Innovation, Faculty of Science and Technology, Southeast Bangkok College

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

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการระบาดของไวรัสโคโรน่า-19 ทำให้ประชาชนได้รับเชื้อและเจ็บป่วยด้วยโรคนี้เป็นจำนวนมาก จนทำให้บุคลากรทางการแพทย์ทำงานอย่างหนักและไม่สามารถดูแลผู้ป่วยได้อย่างทั่วถึง โดยที่อาการป่วยของแต่ละคนก็แตกต่างกันออกไป งานวิจัยนี้นำเสนอระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยระบบนี้จะทำการรับข้อมูลการชูนิ้วมือ 1-5 จากกล้องวิดีโอ ระยะห่างจากกล้องวิดีโอไม่เกิน 2 เมตร จากนั้นใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการประมวลผลจำนวนนิ้วมือของผู้ป่วย ระบบจะแสดงลักษณะอาการตามที่กำหนดไว้ออกทางหน้าจอแสดงผล วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้บุคลกรทางการแพทย์เข้ามาสัมผัสใกล้ชิดกับผู้ป่วยโดยตรง อีกทั้งยังช่วยติดตามอาการของผู้ป่วยเป็นระยะ ๆ จากการทดลองพบว่า เมื่อทดลองกับนิ้วมือข้างขวามีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 88.80% และทดลองกับนิ้วมือข้างซ้ายมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 88.00% โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากถึงพึงพอใจมากที่สุด ตามลำดับ

คำสำคัญ : ไวรัสโคโรน่า-19 ปัญญาประดิษฐ์ การตรวจจับนิ้วมือ การเรียนรู้จักรกล

Abstract

At present, there is an outbreak of coronavirus-19 causing many people to get infected and get sick with this disease. Medical personnel work hard and are unable to provide complete care to patients. Each person's illness is different. This research presents patient's symptom levels of coronavirus-19 identification through finger movements using artificial intelligence (AI). This system will receive 1-5 fingers up information from a video camera at a distance of not more than 2 meters. Then use artificial intelligence technology to process the number of fingers of the patient and then show the symptoms as defined on display. To prevent medical personnel from coming into direct contact with patients and also to help monitor the patient's symptoms periodically. The experiment, the fingers of the right hand average accuracy is 88.80% and experimented with the fingers of the left hand average accuracy is 88.00%. The survey respondents were satisfied with the satisfaction of the system users as the most satisfied, respectively.

Keywords : Coronavirus-19 symptom, Artificial Intelligence, Finger detection, Machine Learning.

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้เกิดขึ้นมากมาย วิทยาการเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ก่อให้เกิดความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการประมวลผลกับงานด้านต่าง ๆ เช่น การตรวจจับวัตถุหรือชิ้นส่วนต่าง ๆ การวิเคราะห์หรือการพยากรณ์ทางสถิติ เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการความสามารถในการรับรู้รูปร่างและการเคลื่อนไหวด้วยมือที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิของผู้ใช้งานในการนำมาประยุกต์ใช้คู่กับอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น สามารถสร้างพื้นฐานสำหรับการทำความเข้าใจภาษามือและการควบคุมด้วยท่าทางของมือ เป็นต้น การรับรู้ข้อมูลของนิ้วมือแบบเรียลไทม์ที่ดีนั้นเป็นงานที่ท้าทายอย่างยิ่งต่อผู้วิจัย เนื่องจากลักษณะท่าทางของนิ้วมือมักจะปิดบังตัวเองหรือปิดกั้นซึ่งกันและกัน เช่น การบดบังนิ้วมือ/ฝ่ามือ และการสั่นของมือ และมีรูปแบบที่ใช้ในการประมวลผลค่อนข้างสูงและซับซ้อน จากงานวิจัยของ (Shi F., *et al*., 2021) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์ลักษณะอาการป่วยของคนไข้ที่ติดเชื้อจากไวรัสโคโรน่า-19 อีกทั้งการประมวลผลแบบภาพถ่าย ข้อมูลภาพวิดีโอ (Tachaphetpiboont S., *et al*., 2006) และ (Suksukont A., 2021) การประมวลผลแบบเวลาจริง (Xiao J., *et al*., 2019) การตรวจจับวัตถุ (Saini A., *et al*., 2021), (Raghunandan A., *et al*., 2018) และ (Ju T.F., *et al*., 2014) การตรวจจับบุคคลที่มีการเคลื่อนไหว (Mane S., *et al*., 2018) และ (Kim W. J. *et al*., 2011) และการประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับ Deep learning (Heo B., *et al*., 2017) การนำเทคโนโลยี Media Pipe Hands เป็นโซลูชันการติดตามมือและนิ้วมือที่มีความเที่ยงตรงสูง รวมเข้ากับ Source code ที่เขียนขึ้นมาใช้การเรียนรู้ของระบบร่วมกับการทำงานของฮาร์ดแวร์ (Machine learning) เพื่อวิเคราะห์ภาพแบบ 3 มิติของลักษณะนิ้วมือภายในเฟรมเดียว ในขณะที่แนวทางที่ล้ำสมัยในปัจจุบันอาศัยสภาพแวดล้อมของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพสำหรับใช้งานด้านการประมวลผลเป็นหลัก หรือแม้แต่วิธีการนำอุปกรณ์มือถือมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแบบเรียลไทม์ได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้แนวคิดในการสร้างแบบจำลองในการรับรู้หมายเลข 1-5 จากลักษณะการชูนิ้วมือ แทนลักษณะอาการป่วยในระดับที่แตกต่างกัน ในการจับภาพที่ระยะไม่เกิน 2 เมตร เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อไวรัสโคโรน่า-19 แพร่กระจายจากผู้ป่วยไปยังบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่ทำการดูแลรักษาผู้ป่วย ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความหวังว่างานวิจัยนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกแก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องและยังเป็นการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ซึ่งเป็นที่นิยมใช้งานกันแพร่หลายมาสร้างงานวิจัยที่เป็นประโยชน์แก่สังคม

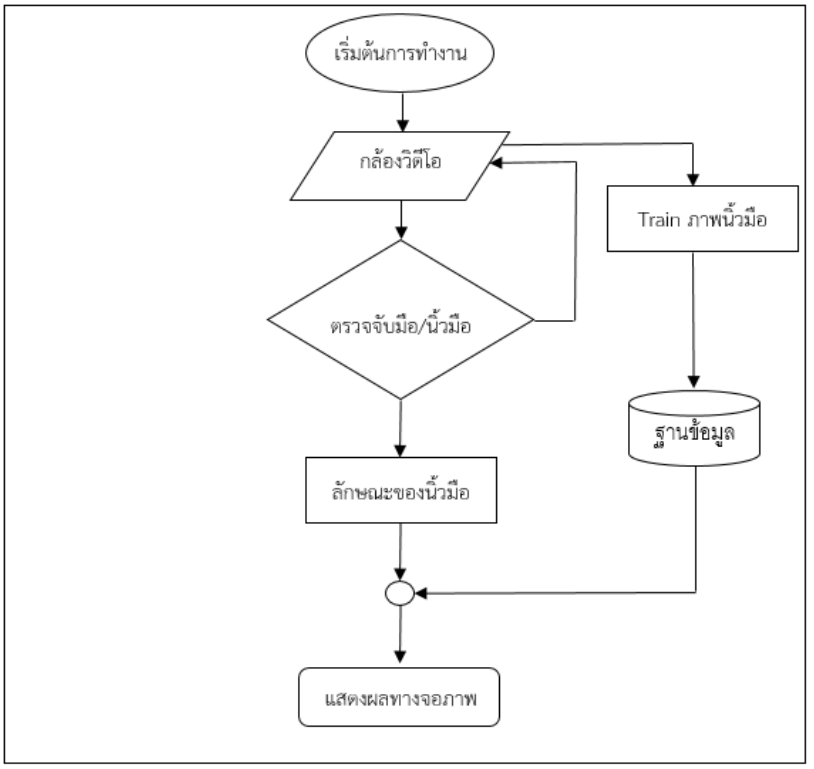
2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบระบบ

ในส่วนของการออกแบบระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ จำเป็นต้องศึกษาหลักการทำงานทั้งส่วนของการรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล ซึ่งระบบที่ออกแบบจะต้องได้ผลการทดสอบที่มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการออกแบบระบบการทำงานในส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 1

ในการออกแบบระบบจะใช้กล้องวิดีโอเป็นตัวรับภาพ (Input) เพื่อตรวจจับมือแบบเรียลไทม์ โดยระบบจะทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือและตรวจจับนิ้วมือเป็นกรอบสี่เหลี่ยม เพื่อกำกับการทำงานของมือ โดยจะเคลื่อนไหวตามมือที่กล้องตรวจจับซึ่งจะแบ่งภาพเป็นเฟรม โดยการเทรน (Train) รูปภาพนั้นซ้ำ ๆ เข้ามาในระบบ และจะกำกับให้การเคลื่อนไหวนั้นเป็นไปตามการยกมือเพื่อระบุตัวเลข หลังจากที่ระบุภาพเป็นแบบเฟรมต่อเฟรมแล้ว จากนั้นปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเร่งความเร็วของ GPU ในการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ ต่อมาการนำภาพกับการเคลื่อนไหวของมือให้ทำงานตรงกัน โดยใช้หลักการตัดส่วนภาพ (Image cropping) ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออกไป หรือตัดเอาพื้นที่ภาพที่ต้องการใช้งาน เช่น ถ้าเราถ่ายรูปมาหนึ่งภาพแล้วต้องการใช้เฉพาะตรงกลางของภาพ ไม่ต้องการบริเวณโดยรอบของภาพก็สามารถทำการครอปภาพส่วนที่ต้องการ เพราะต้องการเพียงที่จะตรวจจับ

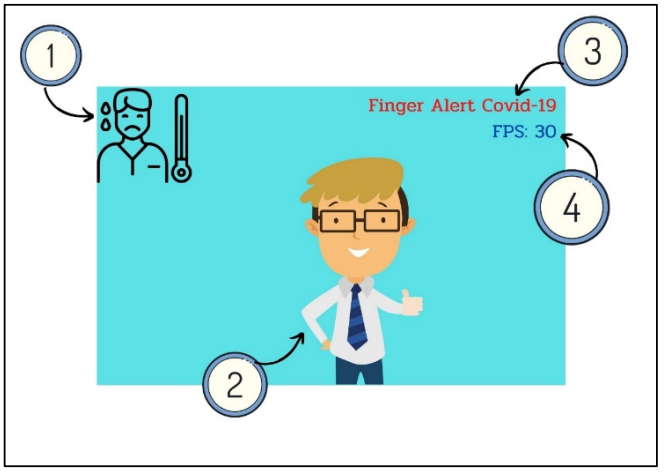
การเคลื่อนไหวของมือเท่านั้น หลังจากการครอปภาพการเคลื่อนไหวของมือแล้ว ต่อมาจะเป็นส่วนของรูปแบบการติดตามนิ้วมือ เพื่อตรวจจับท่าทางของนิ้วมือตามที่ระบุและแสดงผลออกสู่จอภาพ (Output) เพื่อแสดงผลให้เห็นในรูปแบบนั้น ๆ นั่นเอง



ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ

2.2 การออกแบบส่วนแสดงผล

หน้าจอแสดงผลเป็นการแสดงผลในรูปแบบกราฟิกและผู้ใช้สามารถเห็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในลักษณะอาการที่แตกต่างกันออกไป ลักษณะที่ปรากฏบนจอแสดงผล ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าต่างแสดงผลของระบบ

ส่วนของการแสดงผลแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ หมายเลข 1 คือ บอกถึงสถานะของอาการป่วย รวมทั้งรายละเอียดของอาการ หมายเลข 2 คือ รูปบุคคลที่แสดงผลในจอภาพและบอกอาการด้วยการโชว์นิ้ว หมายเลข 3 คือ ชื่อแสดงถึงรูปแบบบนหน้าต่างแสดงผล และหมายเลข 4 คือ อัตรา Frame rate ของภาพ

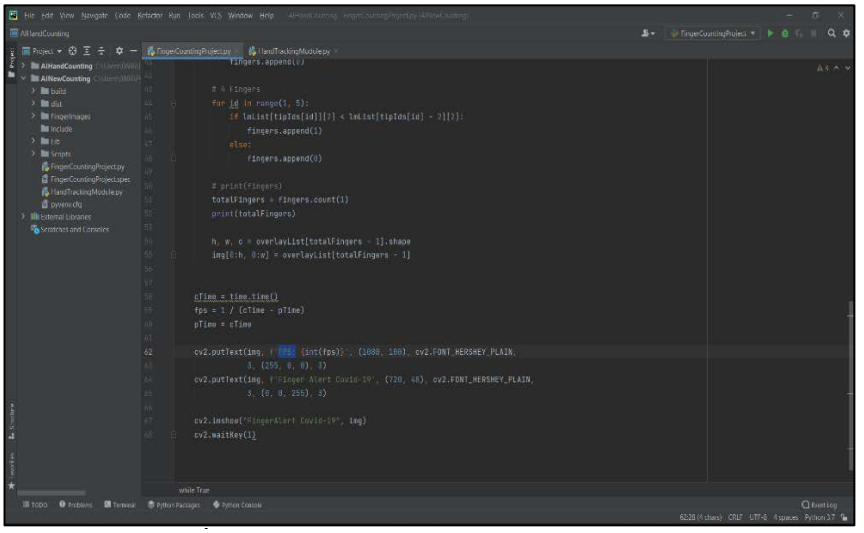
สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของการตรวจจับนิ้วมือ ประเด็นสำคัญในการทดสอบครั้งนี้จะทำการตรวจจับนิ้วมือข้างซ้ายและนิ้วมือข้างขวานำมาทดสอบเปรียบเทียบกัน เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาและปรับปรุงการทำงานของระบบและหาประสิทธิภาพความแม่นยำของการตรวจจับนิ้วมือต่อไป โดยลักษณะอาการและการแสดงผล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะอาการของผู้ป่วย ตามลำดับการชูนิ้ว ตามหมายเลข 1-5

ลำดับ	ลักษณะรูปภาพที่แสดง	คำอธิบายรูปภาพ
1		อาการของผู้ป่วยไวรัสโคโรนา รูปที่ 1 - มีไข้เกิน 37.5 องศา
2		อาการของผู้ป่วยไวรัสโคโรนา รูปที่ 2 - สูญเสียการได้กลิ่น - สูญเสียการรับรส
3		อาการของผู้ป่วยไวรัสโคโรนา รูปที่ 3 - มีอาการเจ็บหน้าอก - มีอาการเหนื่อยหอบ - มีอาการหายใจลำบาก
4		อาการของผู้ป่วยไวรัสโคโรนา รูปที่ 4 - ไอแห้ง - ไอแบบมีเสมหะ
5		อาการของผู้ป่วยไวรัสโคโรนา รูปที่ 5 - ร่างกายอ่อนแรง - อ่อนเพลีย - ปวดเหมื่อยตามตัว

2.3 ขั้นตอนการสร้าง

หลังจากออกแบบระบบแล้ว ผู้วิจัยได้นำโปรแกรม IV Cam ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เปลี่ยนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนให้กลายเป็นกล้องวิดีโอคุณภาพสูง เพื่อให้สามารถใช้งานได้กับ Windows PC จากนั้นเขียนโปรแกรมด้วย PyCharm community edition สำหรับใช้ในการเขียนภาษาไพธอน (Python) โดยโปรแกรมนี้จะเขียนในส่วนของคำสั่งเพื่อแสดงผลให้ระบบ Detection กับท่าทางของนิ้วมือผู้ป่วย



ภาพที่ 3 หน้าต่างสำหรับใช้เขียนโปรแกรม

2.4 ขั้นตอนการทดสอบระบบ

ในการทดสอบจะใช้กล้องตรวจจับนิ้วมือในลักษณะต่าง ๆ เป็นการชูนิ้วนับจำนวน 1-5 เพื่อบอกอาการและให้รูปภาพ Detection กับมือให้ตรงกับรูปภาพกับอาการของผู้ป่วย โดยทำการทดสอบทั้งมือข้างขวาและมือข้างซ้าย ดังนี้

การทดสอบกับมือขวา ระยะไม่เกิน 2 เมตร ห่างจากกล้อง

1) การทดสอบนิ้วชี้ เพื่อนับ 1
2) การทดสอบนิ้วชี้กับนิ้วกลาง เพื่อนับ 2
3) การทดสอบนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง เพื่อนับ 3
4) การทดสอบนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อย เพื่อนับ 4
5) การทดสอบ ทั้ง 5 นิ้ว เพื่อนับ 5

การทดสอบกับมือซ้าย ระยะไม่เกิน 2 เมตร ห่างจากกล้อง

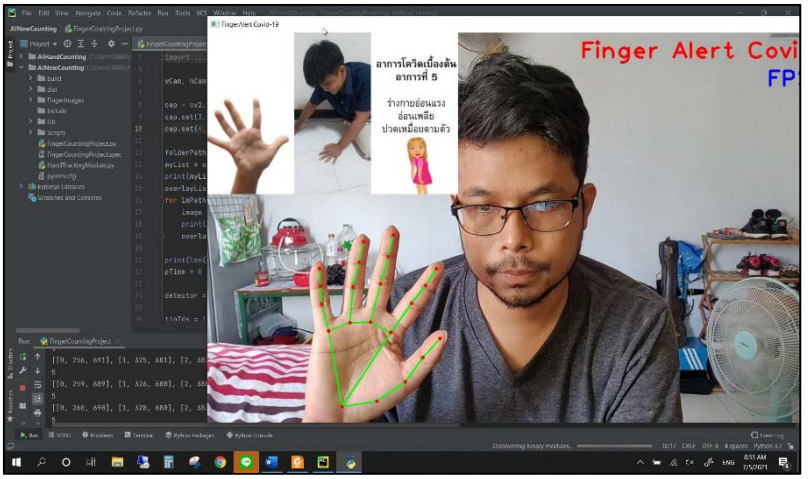
1) การทดสอบนิ้วชี้ เพื่อนับ 1
2) การทดสอบนิ้วชี้กับนิ้วกลาง เพื่อนับ 2
3) การทดสอบนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง เพื่อนับ 3
4) การทดสอบนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อย เพื่อนับ 4
5) การทดสอบ ทั้ง 5 นิ้ว เพื่อนับ 5

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดลองการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ได้ทำการทดสอบกับบุคคลทั้งสิ้น จำนวน 50 คน โดยระยะของตัวผู้ป่วยห่างจากกล้องวิดีโอไม่เกิน 2 เมตร

เพราะเมื่อเวลาที่นำไปใช้จริงอาจทำการติดกล้องกับผนังของห้องผู้ป่วยหรือเชื่อมต่อสัญญาณภาพกับกล้องวีดีโอวงจรปิด (CCTV) ก็ได้ ตัวอย่างการตรวจจับและแสดงผลของอาการป่วย ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการทดสอบแสดงอาการของผู้ป่วย

ในการทดสอบจะใช้การชูนิ้วมือระยะห่างจากกล้องวิดีโอไม่เกิน 2 เมตร เพื่อแก้ปัญหาในการจับภาพและป้องกันการรบกวนของวัตถุต่าง ๆ บริเวณรอบตัวของผู้ป่วย ผลการทดลองได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองกับนิ้วมือข้างขวา

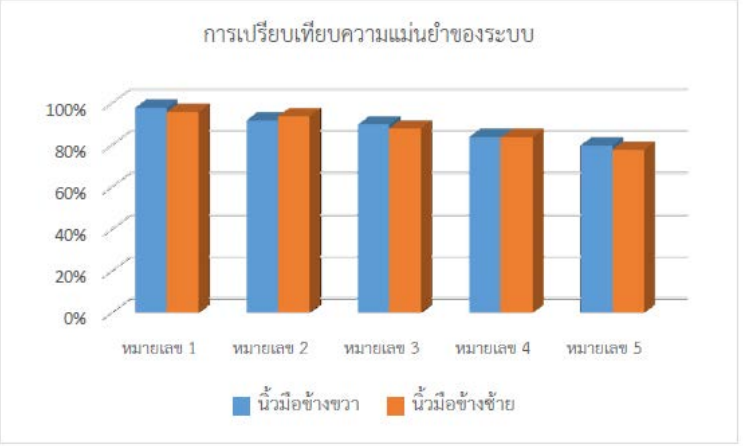
หมายเลข	ความแม่นยำ (50 ครั้ง)	คิดเป็น
1	49	98%
2	46	92%
3	45	90%
4	42	84%
5	40	80%
ความแม่นยำเฉลี่ย		88.80%

จากตารางที่ 2 เป็นการทดสอบระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยในการทดลองกับนิ้วมือข้างขวา จำนวน 50 ครั้ง ในแต่ละหมายเลขได้ค่าแม่นยำของหมายเลข 1 อยู่ที่ 98% หมายเลข 2 ความแม่นยำอยู่ที่ 92% หมายเลข 3 ความแม่นยำอยู่ที่ 90% หมายเลข 4 ความแม่นยำอยู่ที่ 84% และหมายเลข 5 ความแม่นยำอยู่ที่ 80% โดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ย คิดเป็น 88.80%

ตารางที่ 3 ผลการทดลองกับนิ้วมือข้างซ้าย

หมายเลข	ความแม่นยำ (50 ครั้ง)	คิดเป็น
1	48	96%
2	47	94%
3	44	88%
4	42	84%
5	39	78%
ความแม่นยำเฉลี่ย		88.00%

จากตารางที่ 3 เป็นการทดสอบระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยในการทดลองกับนิ้วมือข้างซ้าย จำนวน 50 ครั้ง ในแต่ละหมายเลข ได้ค่าแม่นยำของหมายเลข 1 อยู่ที่ 96% หมายเลข 2 ความแม่นยำอยู่ที่ 94% หมายเลข 3 ความแม่นยำอยู่ที่ 88% หมายเลข 4 ความแม่นยำอยู่ที่ 84% และหมายเลข 5 ความแม่นยำอยู่ที่ 78% โดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ย คิดเป็น 88.00% การเปรียบเทียบความแม่นยำของนิ้วมือข้างซ้ายและนิ้วมือข้างขวาสามารถเขียนกราฟเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบความแม่นยำของระบบ

3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

แบบสอบถามความพึงพอใจเป็นการประเมินผลด้านความแม่นยำของระบบ การนำระบบไปใช้งาน และลักษณะการใช้งานของโปรแกรม โดยสร้างแบบสอบถามตามหลักการของลิเคิร์ท สเกล ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานปลาง พึงพอใจน้อย และปรับปรุงแก้ไข โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามเป็นประชาชนทั่วไปและบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 20 ท่าน ซึ่งผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากและพึงพอใจมากที่สุด ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	σ	แปลผล
1. การประเมินระบบด้านความแม่นยำของระบบ	4.80	0.85	พึงพอใจมากที่สุด
2. การประเมินการนำระบบไปใช้งาน	4.20	0.60	พึงพอใจมาก
3. การประเมินลักษณะการใช้งานของโปรแกรม	4.40	0.65	พึงพอใจมาก

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบแสดงอาการของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้แนวคิดในการสร้างแบบจำลองในการรับรู้หมายเลข 1-5 จากลักษณะการชูนิ้วมือ แทนอาการป่วยในแต่ละระดับ โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการประมวลผล ซึ่งผลการทดลองกับนิ้วมือข้างขวาได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 88.80% และการทดลองกับนิ้วมือข้างซ้ายได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 88.00% โดยผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของระบบอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากถึงพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากขณะที่จับภาพนิ้วมือมีการเคลื่อนไหวของนิ้วมือหรือนิ้วมือไม่หยุดนิ่ง จึงทำให้กล้องวิดีโอไม่สามารถจับภาพได้ หรือแม้กระทั่งมีการรบกวนของภาพพื้นหลังที่มีแสงตกกระทบค่อนข้างมาก จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในส่วนของการประมวลผล

ทั้งนี้หากจะพัฒนาสามารถนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้กับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi) ก็จะทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น หรืออาจนำไปใส่เสียงเพิ่มเติมเป็นระบบเสียงแจ้งเตือน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเฝ้าระวังอาการของผู้ป่วยก็จะทำให้ระบบนี้มีประสิทธิภาพที่สูงมากยิ่งขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

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

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

Heo B., K. Yun and J. Y. Choi. 2017. **Appearance and motion based deep learning architecture for moving object detection in moving camera**. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). 1827-1831.

Ju T.F., W.M. Lu, K.H. Chen and J. Guo. 2014. **Vision-based moving objects detection for intelligent automobiles and a robustness enhancing method**. IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan. 75-76.

Kim W. J. and I. O. Kweon. 2011. **Moving object detection and tracking from moving camera**. International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). 758-759.

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

Lee K. B. and H. S. Shin. 2019. **An application of a deep learning algorithm for automatic detection of unexpected accidents under bad CCTV monitoring conditions in tunnels**. International Conference on Deep Learning and Machine Learning in Emerging Applications (Deep-ML). 7-11.

Mane S. and S. Mangale. 2018. **Moving object detection and tracking using convolutional neural networks**. International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). 1809-1813.

Raghunandan A., R. P. Mohana and H. V. Ravish Aradhya. 2018. **Object detection algorithms for video surveillance applications**. International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). 563-568.

Saini A. and M. Biswas. 2019. **Object detection in underwater image by detecting edges using adaptive thresholding**. International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI). 628-632.

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

Shi F., J. Wang, J. Shi and etc. 2021. **Review of artificial intelligence techniques in imaging data acquisition segmentation and diagnosis for COVID-19**. IEEE Reviews in Biomedical Engineering. 14: 1-12.

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)

Suksukont A. 2021. **Face detection and objects on eyes boundary using color model with image processing**. Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal. 14(1): 42-53. (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**. Deep Learning: Security and Forensics Research Advances and Challenges. 7: 5432-5442.

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

(Received: 11/Aug/2021, Revised: 9/Dec/2021, Accepted: 16/Dec/2021)

การตรวจพิสูจน์หารอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่จมอยู่ในแหล่งน้ำ โดยใช้ผงฝุ่นดำ SPR Cyanoacrylate และ Rhodamine 6G

Detection of Latent Fingerprints on The Film of Mobile Phones Submerged in Water Using Black Powder, SPR, Cyanoacrylate and Rhodamine 6G

ณัฐชยา สิงหมารศรี[1]* นพรุจ ศักดิ์สิริ[2] และ พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์[3]

Natchaya Singhamarasri[1]*, Noparuj Saksiri[2] and Pongpitsanu Pakdeenarong[3]

[1] สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสนามจันทร์

[2] คณะสังคมศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ [3] คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

[1] Forensic science, Faculty of Science, Silpakorn University, Sanamchandra Palace Campus

[2] Faculty of Social Science, Royal Police Cadet Academy [3] Faculty of forensic science, Royal Police Cadet Academy

**E-mail: natchaya.singh@gmail.com โทร. 097-9515293*

บทคัดย่อ

พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายชนิด ซึ่งพยานหลักฐานรอยลายนิ้วมือแฝง มักพบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุคดีต่าง ๆ โดยเฉพาะในกรณีที่วัตถุพยานบางชนิดที่พบจมอยู่ในน้ำ อันเนื่องมาจากการปกปิดการกระทำความผิดของอาชญากร ที่ทำให้วัตถุพยานชิ้นสำคัญตกลงไปในน้ำ เช่น กรณีคนร้ายนำโทรศัพท์มือถือทิ้งลงในแหล่งน้ำเพื่อหลบหนีการถูกจับกุม รอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือ อาจจะเป็นหนึ่งในวัตถุพยานชิ้นเดียว ที่เป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์และสามารถระบุตัวคนร้ายได้ งานวิจัยนี้ จึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาวิธีการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่จมอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำจากแม่น้ำ และน้ำคลอง โดยนำฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่มีการประทับรอยลายนิ้วมือและนำไปแช่ทิ้งไว้ในน้ำเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21 และ 28 วัน จากนั้นนำมาตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีผงฝุ่นดำ, Cyanoacrylate, Small particle reagent และ Rhodamine 6G ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบสารเคมีที่ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่จมอยู่ในน้ำต่างชนิดกัน พบว่า ผงฝุ่นดำ สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ แม้ฟิล์มโทรศัพท์มือถือจะถูกแช่อยู่ในน้ำนานถึง 21 วัน ในขณะที่ Cyanoacrylate, Small Particle Reagent (SPR) และ Rhodamine 6G สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้เมื่อแช่อยู่ในน้ำไม่นานกว่า 14, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือ เมื่ออยู่ในน้ำภายใต้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า ที่ 1, 3 และ 5 วัน สำหรับน้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดี ในขณะที่น้ำคลองนั้นรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบทั้ง 4 ประเภท) ส่วนที่ 7 และ 10 วัน น้ำประปา รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดี พอใช้ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบด้วยผงฝุ่นดำ และ Cyanoacrylate) ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลองมีคุณภาพพอใช้และคุณภาพต่ำ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบทั้ง 4 ประเภท) ที่ 14 วัน น้ำประปารอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดี (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบด้วยผงฝุ่นดำ และ Cyanoacrylate) ส่วนน้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบด้วยผงฝุ่นดำ, SPR และ Cyanoacrylate) ที่ 21 วัน น้ำประปารอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบด้วยผงฝุ่นดำ) ส่วนน้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบด้วย SPR) และที่ 28 วัน น้ำประปารอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ (ผลการทดลองได้มาจากการทดสอบด้วยผงฝุ่นดำ และ SPR) การวิจัยในครั้งนี้ มีประโยชน์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจเก็บและพัฒนาเทคนิคการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่พบบนวัตถุพยานที่จมอยู่ในแหล่งน้ำ

คำสำคัญ : ผงฝุ่นดำ รอยลายนิ้วมือแฝง ฟิล์มโทรศัพท์มือถือ

Abstract

There are many types of forensic evidence. The evidence of latent fingerprints is often found in the scenes, especially in the case of some evidence submerged in water, such as in case of the assailant dropping a mobile phones in river to escape arrest. Latent fingerprints on the mobile phone film may be one of the forensic evidence to identifiable criminals, this research has designed an experiment by study how to find latent fingerprints on the film of mobile phones that are submerged in water, including pipe water, river water and canal water. By taking the mobile phone film with a fingerprint stamped and soaking it in water for a period of 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21 and 28 days before developing by the Black powder, Cyanoacrylate, SPR and Rhodamine6G. The results of the study found that when comparing the chemicals that used to find out fingerprints on the film that are submerged in different types of water, it was found that the black powder can detected latent fingerprints and good enough for comparison and identification. Although the films were immersed in water for 21 days. while Cyanoacrylate, Small particle reagent and Rhodamine 6G were detected latent fingerprints when immersed in water for no longer than 14, 5 and 7 days. When compared the latent fingerprints on the films in water under with different periods. At 1, 3 and 5 days for pipe water and river water, latent fingerprints are good quality. While the water in the canal is average quality (result from 4 chemicals). For 7 and 10 days, pipe water are still of good quality (result from Black power and Cynaoacrylate) but for the river and canal water are average and low quality (result from 4 chemicals). At 14 days, pipe water remained of good quality (result from Black power and Cynaoacrylate), while the river is of low quality (result from Black power, SPR and Cynaoacrylate). At 21 days, pipe water is average quality (result from Black power), but water from the river is low quality (result from SPR). And at 28 days for pipe water, fingerprints are of low quality (result from Black power and SPR). This research is useful as a guideline for collecting and developing techniques to collecting latent fingerprints found on submerged witness objects.

Keywords : Latent fingerprints, Small Particle Reagent, Cyanoacrylate, Rhodamine 6G

1. บทนำ

ปัจจุบันวัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการและกระบวนการสืบสวนสอบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก เราสามารถเชื่อมโยงไปถึงผู้กระทำความผิด สถานที่เกิดเหตุ ผู้ถูกกระทำ รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดีต่าง ๆ พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายชนิด ซึ่งพยานหลักฐานรอยลายนิ้วมือแฝง เป็นหนึ่งในพยานหลักฐานที่นำมาใช้ในกระบวนการพิจารณาคดีความในชั้นศาลได้ เนื่องจากลายนิ้วมือนั้นไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต ไม่ซ้ำกันแม้จะเป็นฝาแฝด และถึงแม้ผิวหนังชั้นนอกจะถูกทำลายหรือลอกออกไป ผิวหนังจะมีกระบวนการงอกขึ้นมาใหม่เหมือนเดิม อีกทั้งการตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันตัวบุคคลด้วยลายนิ้วมือแฝงนั้น ยังเป็นวิธีการที่ไม่สิ้นเปลืองงบประมาณอีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเทคนิคในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัตถุพยานแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจพิสูจน์ให้มีความทันสมัย และรวดเร็ว ซึ่งไม่เพียงแต่วัตถุพยานที่อยู่บนบก แต่ยังมีวัตถุพยานที่พบจมอยู่ในน้ำ ซึ่งเราสามารถนำมาหารอยลายนิ้วมือแฝงได้เช่นเดียวกัน เช่น กรณีคนร้ายนำโทรศัพท์มือถือทิ้งลงในแหล่งน้ำเพื่อหลบหนีการถูกจับกุม วัตถุพยานประเภทนี้อาจยากต่อการตรวจเก็บ เนื่องจากอาจถูกทิ้งไว้ในน้ำเป็นระยะเวลานาน รอยลายนิ้วมือแฝงบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ อาจจะเป็นหนึ่งในวัตถุพยานชิ้นเดียวที่เป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์และสามารถระบุตัวคนร้ายได้ แต่ไม่ใช่ในทุกครั้งที่คุณภาพ

ของรอยลายนิ้วมือแฝงจะสมบูรณ์เสมอไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น ชนิดของพื้นผิว ปริมาณไขมันที่เกาะอยู่บนวัตถุพยาน ชนิดของน้ำ ระยะเวลาที่วัตถุพยานจมลงในน้ำ ดังนั้นจึงต้องเลือกหาวิธีการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่เหมาะสม และง่ายต่อการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบยืนยันตัวบุคคลในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่มุ่งมั่นพัฒนาเทคนิคในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่จมอยู่ในน้ำ (Castelló *et al*., 2013) ได้ศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่แช่อยู่ในน้ำประปาที่ระยะเวลาต่าง ๆ ทำการทดลองบนพื้นผิวของวัตถุ 2 ชนิด คือ แก้วและพลาสติก และทำการตรวจเก็บด้วยผงฝุ่นดำ Sudan Black (powder) และ SPR พบว่า สารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงคือ ผงฝุ่นดำ Sudan Black (powder) และ SPR ตามลำดับ (Trapecar, 2012) ได้ทำการศึกษาการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมืแฝงบนแผ่นฟอยล์ใสที่แช่อยู่ในน้ำนาน 168 ชั่วโมง โดยใช้วิธีการตรวจเก็บด้วย ผงฝุ่น, SPR และ Cyanoacrylate พบว่า ทั้ง 3 วิธีสามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้ แต่วิธีที่ดีที่สุดคือ SPR (Trapecar, 2012) ได้ศึกษาว่ารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระจกและพื้นผิวโลหะที่จมอยู่ในน้ำสามารถหาได้หรือไม่ โดยใช้ Silver Special powder, SPR และ Cyanoacrylate พบว่า Cyanoacrylate สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือและฝ่ามือแฝงได้ และระยะเวลาของการสัมผัสกับน้ำนิ่งและวิธีการที่เลือกเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพมีอิทธิพลต่อคุณภาพของรอยนิ้วมือที่ตรวจพบ และอีกหนึ่งการทดลอง (Theangtheantham, 2013) ได้ศึกษาลายนิ้วมือบนกันชนหน้ารถยนต์ที่ถูกทิ้งจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำจากแม่น้ำ และน้ำทะเล โดยใช้สารเคมี SPR และผงฝุ่นดำ ภายใต้ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า คุณภาพของรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธีผงฝุ่นดำ ดีเพียงพอในการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคล แม้แต่บนตัวอย่างที่ทิ้งไว้ในน้ำเป็นเวลา 14 วัน ในขณะที่วิธี SPR สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือบนตัวอย่างที่จมอยู่ในน้ำไม่นานกว่า 7 วัน จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่มีการเปรียบเทียบวิธีการหารอยรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือ

จากความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจในการใช้วิธีการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่จมอยู่ในน้ำด้วยวิธีการผงฝุ่นดำ, Cyanoacrylate, SPR และ Rhodamine 6G และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่จมอยู่ในน้ำต่างชนิดกัน ด้วยทั้ง 4 วิธี

2. วิธีการทดลอง

อาสาสมัคร

อาสาสมัครเพศชาย (ชายไทย) อายุ 30 ปี ลักษณะผิวมีเหงื่อออกง่าย นิ้วมือไม่แห้งผิดปกติ

ตัวอย่างและแหล่งน้ำที่ใช้ในงานวิจัย

ชิ้นส่วนแผ่นฟิล์มกันรอยหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Focus Film, น้ำประปา (จากเขตพื้นที่จตุจักร กทม.), น้ำจากแม่น้ำ (จากแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ท่าพระจันทร์ กทม.), น้ำคลอง (จากน้ำในพื้นที่คลองเปรม กทม.)

เครื่องมือ และอุปกรณ์

ตู้อบ Super Glue (ยี่ห้อ forster + freeman รุ่น MVC3000 ประเทศอังกฤษ), Polylight (ยี่ห้อ ROFIN จากประเทศออสเตรเลีย), กล้องถ่ายภาพ ยี่ห้อ Nikon รุ่น D7200 (ประเทศญี่ปุ่น), แผ่นฟิล์มกันรอยหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Focus Film, ถังน้ำพลาสติก ขนาด 32 ลิตร, เครื่องชั่งพิกัด 3,200 กรัม 1 เครื่อง (ยี่ห้อ sartorious ประเทศเยอรมนี) และแปรงปัดขนกระรอก (ยี่ห้อ KS)

สารเคมี Small particle Reagent (SPR) (DARK) (ยี่ห้อ SPEX FORENSICS จาก HORIBA Scientific ประเทศอเมริกา), ผงฝุ่นดำ (Black Powder) (ยี่ห้อ KS), Cyanoacrylate (ยี่ห้อ Defsec Global), Rhodamine 6G (ยี่ห้อ SIGMA)

การเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่าง นำถังน้ำพลาสติก มาล้างทำความสะอาด และตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำน้ำตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด (น้ำประปา น้ำจากแม่น้ำ และน้ำคลอง) ใส่ลงในถัง นำชิ้นส่วนแผ่นฟิล์มโทรศัพท์มือถือตัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม มีขนาด กว้าง x ยาว ประมาณ 3 x 3 เซนติเมตร จำนวน 96 แผ่น ล้างทำความสะอาดตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง และให้อาสาสมัครที่ไม่ผ่านการล้างมือนานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง นำนิ้วหัวแม่มือสัมผัสบริเวณใบหน้าในส่วนที่มีไขมันติดอยู่ แล้วประทับรอยลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างที่ตัดไว้โดยใช้แรงกดประมาณ 1,500 กรัม ใช้เวลาในการกด 3-5 วินาที

วิธีการทดลอง นำชิ้นส่วนแผ่นฟิล์มโทรศัพท์มือถือ แช่ลงไปในน้ำทั้ง 3 ชนิดที่เตรียมไว้ โดยแช่ตัวอย่างนาน 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21 และ 28 วัน จากนั้นนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

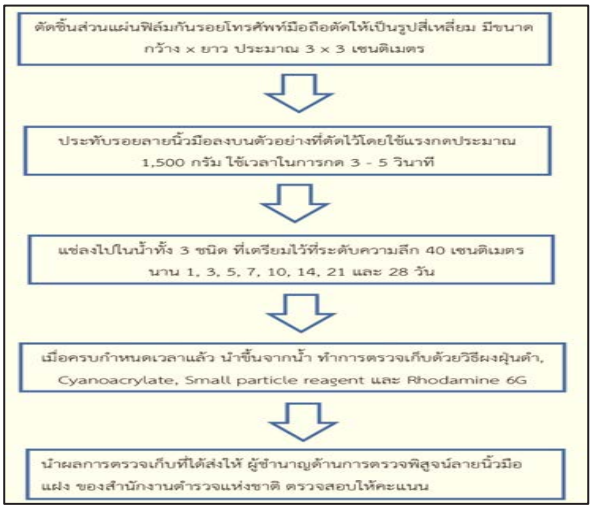
- วิธีผงฝุ่นดำ ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3 ชั่วโมงจากนั้นทำการปัดรอยลายนิ้วมือแฝง
- วิธี Cyanoacrylate ให้ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นทำเข้าตู้อบ Super Glue โดยใส่ Cyanoacrylate ester ลงไปในตู้ด้วย และอบเป็นระยะเวลา 45 นาที
- วิธี SPR ให้ทำการทดลองทันที โดยการสเปรย์ SPR ลงไปบนวัตถุพยาน จากนั้นชำระล้างด้วยน้ำสะอาดทันที
- วิธี Rhodamine 6G ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ และนำไปอบด้วยวิธี Cyanoacrylate จากนั้นสเปรย์ด้วย R6G และทำการล้างด้วยน้ำสะอาดโดยทันที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง และนำมาส่องด้วยเครื่อง Polylight จากนั้นส่งรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้ให้ผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝงของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ตรวจสอบและให้คะแนน (จากตัวอย่างทั้ง 96 แผ่นนั้น ได้แบ่งมาใช้กับสารเคมีชนิดต่าง จำนวนชนิดละ 24 แผ่น และทำการทดลอง 2 ซ้ำในแต่ละสารเคมี เพื่อหาค่าเฉลี่ย)

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง โดยอาศัยเกณฑ์การนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) บนรอยลายนิ้วมือ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 1 (Theangtheantham, 2013)

ตารางที่ 1 ระดับการให้คะแนนคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง

ระดับคะแนน	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง
0	ไม่ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง
1	คุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายเส้นน้อยมาก
2	คุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้บางส่วน
3	คุณภาพพอใช้ มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้จุดเฉพาะบุคคลได้ (≤ 7 จุด)
4	คุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (≤ 10 จุด)
5	คุณภาพดี เห็นรอยลายเส้นชัดเจน สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (≤ 12 จุดขึ้นไป)



ภาพที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มที่จมอยู่ในน้ำด้วยวิธีผงฝุ่นดำ SPR Cyanoacrylate และ R6G

ที่ระยะเวลา 1 วัน พบว่าเมื่อรอยลายนิ้วมือแช่อยู่ในน้ำประปา ทั้ง 4 วิธี มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำ วิธีผงฝุ่นดำ Cyanoacrylate และ SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ในขณะที่วิธี R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 และสำหรับน้ำคลอง วิธีผงฝุ่นดำ และ Cyanoacrylate นั้น มีระดับคะแนนอยู่ในระดับ 5 ในขณะที่วิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ส่วนวิธี R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 3

ที่ระยะเวลา 3 วัน พบว่าเมื่อรอยลายนิ้วมือแช่อยู่น้ำประปา ทั้ง 4 วิธี มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ วิธีผงฝุ่นดำ และ Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนวิธี Small Particle Reagent มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ในขณะที่วิธี R6G มีคะแนนอยู่ในลำดับ 3 และสำหรับน้ำคลอง วิธี Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนวิธีผงฝุ่นดำ มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ในขณะที่วิธี R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 และวิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 2

ที่ระยะเวลา 5 วัน พบว่า น้ำประปา วิธีผงฝุ่นดำ Cyanoacrylate และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนวิธี SPR นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ วิธีผงฝุ่นดำ มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วน Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ในขณะที่วิธี SPR และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 และสำหรับน้ำคลอง วิธี Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนวิธีผงฝุ่นดำ มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ในขณะที่วิธี SPR และ R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 2

ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่าน้ำประปา วิธีผงฝุ่นดำ Cyanoacrylate และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนวิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 2 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ วิธี Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ส่วนวิธี ผงฝุ่นดำและ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ในขณะที่วิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 และสำหรับน้ำคลอง วิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 2 ส่วนวิธีผงฝุ่นดำ Cyanoacrylate และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 1

ที่ระยะเวลา 10 วัน พบว่าน้ำประปา วิธีผงฝุ่นดำ และ Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนวิธี SPR และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 2 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ วิธีผงฝุ่นดำ และ Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ส่วนวิธี R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 2 ในขณะที่วิธี SPR และ มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 และน้ำคลอง ทั้ง 4 วิธี มีคะแนนอยู่ในระดับ 1

ที่ระยะเวลา 14 วัน พบว่าน้ำประปา วิธี Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ส่วนวิธีผงฝุ่นดำนั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ในขณะที่วิธี SPR และ R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ วิธีผงฝุ่นดำ Cyanoacrylate

และ SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ในขณะที่วิธี R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 0 และสำหรับน้ำคลอง วิธี SPR และ R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ในขณะที่วิธีผงฝุ่นดำและ Cyanoacrylate มีคะแนนอยู่ในระดับ 0

ที่ระยะเวลา 21 วัน พบว่าน้ำประปาและเก็บด้วยวิธีผงฝุ่นดำ มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ส่วนวิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ในขณะที่วิธี Cyanoacrylate และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 0 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ วิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ในขณะที่วิธีผงฝุ่นดำ Cyanoacrylate และ R6G มีคะแนนอยู่ในระดับ 0 และสำหรับน้ำคลอง วิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ในขณะที่อีก 3 วิธี มีคะแนนอยู่ในระดับ 0

ที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่า น้ำประปา วิธีผงฝุ่นดำและ SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ส่วนวิธี Cyanoacrylate และ R6G นั้น มีคะแนนอยู่ในระดับ 0 สำหรับน้ำจากแม่น้ำ ทั้ง 4 วิธี มีคะแนนอยู่ในระดับ 0 และสำหรับน้ำคลอง วิธี SPR มีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ในขณะที่อีก 3 วิธี มีคะแนนอยู่ในระดับ 0

การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มที่จมอยู่ในน้ำ ภายใต้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือด้วยวิธีผงฝุ่นดำ พบว่า เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 1, 3 และ 5 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือแฝงมีคะแนนอยู่ในระดับดับ 5 ส่วนน้ำจากคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 4 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 7 และ 10 วัน น้ำประปายังคงมีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำ มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ส่วนน้ำคลองนั้นมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 14 วัน น้ำประปามีคะแนนระดับ 3 ส่วนน้ำจากแม่น้ำอยู่ในคะแนนระดับ 1 และส่วนน้ำคลองอยู่ในระดับ 0 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 21 วัน น้ำประปามีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลองอยู่ในคะแนนระดับที่ 0 และเมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 28 วัน น้ำประปามีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 0

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือด้วยวิธี Cyanoacrylate พบว่า เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 1, 3 และ 5 วัน น้ำทั้ง 3 ชนิดมีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำเมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 5 วัน มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน น้ำประปาอยู่ในคะแนนระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ในขณะที่น้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 10 วัน น้ำประปายังคงอยู่ในคะแนนระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ในขณะที่น้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 14 วัน น้ำประปามีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 และน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 0 และเมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 21 และ 28 วัน น้ำทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 0

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือด้วยวิธี SPR พบว่า เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 1 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 4 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 3 วัน น้ำประปายังคงมีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 4 และน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 5 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 3 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้ มองเห็นรายละเอียดของลายเส้นสามารถชี้จุดเฉพาะบุคคลได้ ส่วนน้ำคลองยังคงมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้บางส่วนเมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน น้ำประปาและน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 2 ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 10 วัน น้ำประปามีคะแนนอยู่ในระดับ 2 ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 14 และ 21 วัน น้ำทั้ง 3 ชนิดมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 และเมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 28 วัน น้ำประปาและน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 ส่วนน้ำจากแม่น้ำอยู่ในคะแนนระดับ 0

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือด้วยวิธี R6G พบว่า เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 1 และ 3 วัน น้ำประปามีคะแนนอยู่ในระดับ 5 ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 3 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 5 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำยังคงมีคะแนนอยู่ในระดับ 5 และ 3 ตามลำดับ ส่วนน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำยังคงมีคะแนนอยู่ในระดับ 5 และ 3 ตามลำดับ ส่วนน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 10 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 2 ส่วนน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 เมื่อแช่อยู่

ในน้ำนาน 14 วัน น้ำประปาและน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับ 0 เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 21 และ 28 วัน น้ำทั้ง 3 ชนิดมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 0

การตรวจเก็บด้วยวิธี SPR พบว่า เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 1 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 5 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดี เห็นรอยลายเส้นชัดเจน สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ ส่วนน้ำคลองมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 4 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้

เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 3 วัน น้ำประปายังคงมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 5 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดี เห็นรอยลายเส้นชัดเจน สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 4 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ และน้ำคลองมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้บางส่วน

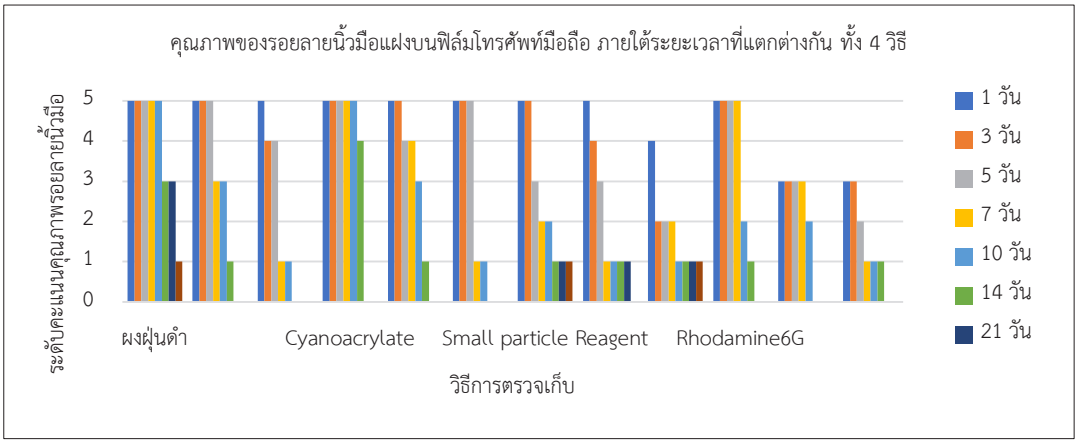
เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 5 วัน น้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 3 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้ มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้จุดเฉพาะบุคคลได้ ส่วนน้ำคลองยังคงมีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้บางส่วน

เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน น้ำประปาและน้ำคลองมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้บางส่วน ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายเส้นน้อยมาก ไม่สามารถตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันบุคคลได้

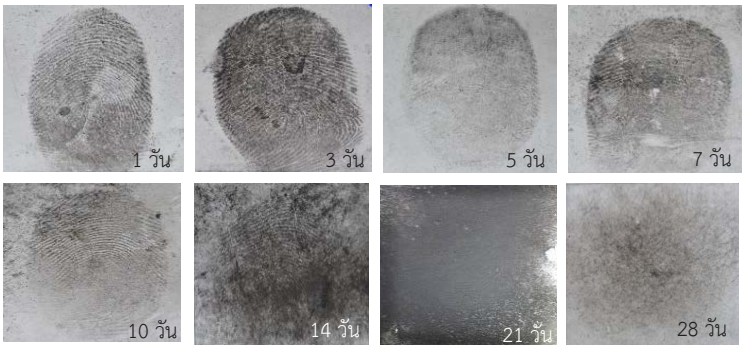
เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 10 วัน น้ำประปามีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 2 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายนิ้วมือได้บางส่วน ส่วนน้ำจากแม่น้ำมีคุณภาพต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายเส้นน้อยมาก ไม่สามารถตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันบุคคลได้เช่นเดียวกันกับน้ำคลอง

เมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 14 และ 21 วัน น้ำประปามีคุณภาพที่ต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายเส้นน้อยมาก ไม่สามารถตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันบุคคลได้ เช่นเดียวกันกับน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง

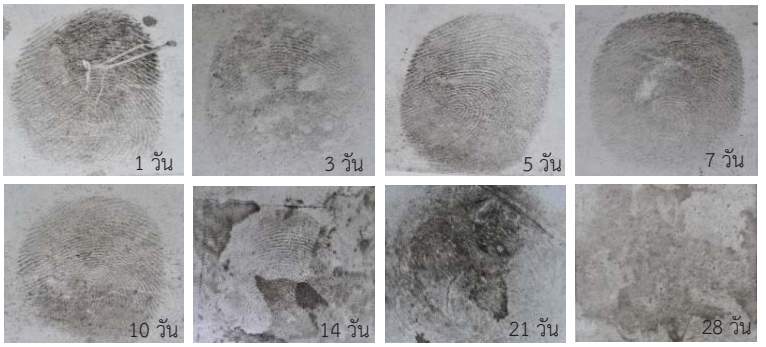
และเมื่อแช่อยู่ในน้ำนาน 28 วัน น้ำประปาและน้ำคลอง มีคุณภาพที่ต่ำลง มีคะแนนอยู่ในระดับที่ 1 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายเส้นน้อยมาก ไม่สามารถตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันบุคคลได้ ส่วนน้ำจากแม่น้ำอยู่ในคะแนนระดับที่ 0 ไม่ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง ดังแสดงในภาพที่ 2



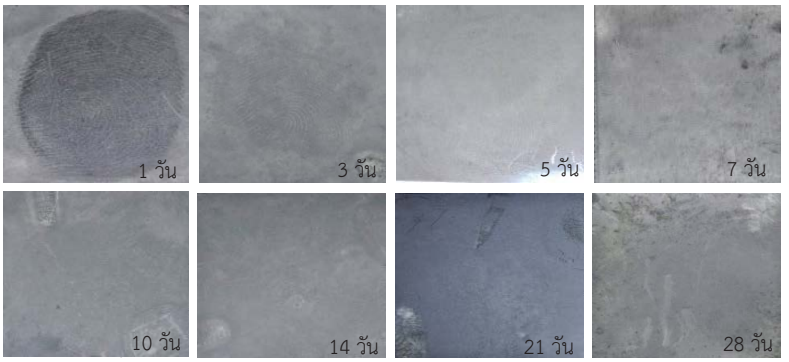
ภาพที่ 2 กราฟแผนภูมิแท่งระหว่าง คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง กับคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง เมื่ออยู่ในน้ำภายใต้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน ด้วยวิธี ผงฝุ่นดำ, Cyanoacrylate, SPR และ R6G



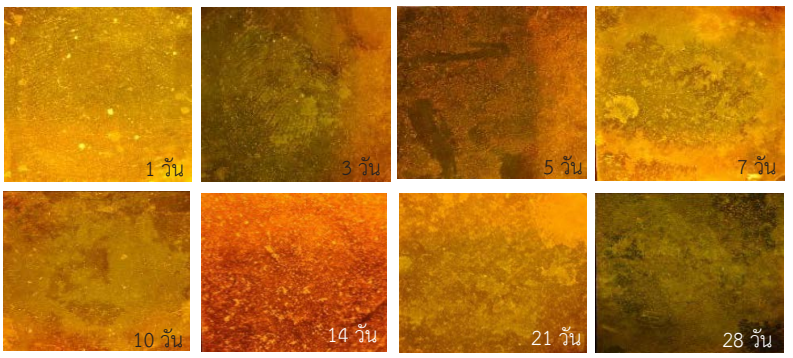
ภาพที่ 3 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธีผงฝุ่นดำ ภายใต้ระยะเวลาที่ต่างกัน (น้ำประปา)



ภาพที่ 4 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธี Cyanoacrylate ภายใต้ระยะเวลาที่ต่างกัน (น้ำประปา)



ภาพที่ 5 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธี SPR ภายใต้ระยะเวลาที่ต่างกัน (น้ำจากแม่น้ำ)



ภาพที่ 6 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บด้วยวิธี R6G ภายใต้ระยะเวลาที่ต่างกัน (น้ำคลอง)

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1) เมื่อเปรียบเทียบสารเคมีที่ใช้ในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือที่จมอยู่ในน้ำต่างชนิดกัน พบว่า ผงฝุ่นดำ สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ แม้ฟิล์มโทรศัพท์มือถือจะถูกแช่อยู่ในน้ำนานถึง 21 วัน และมีคุณภาพลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยสำหรับน้ำประปานั้น รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่ไว้นานถึง 10 วัน ส่วนวันที่ 14 และ 21 วัน มีคุณภาพพอใช้ ในขณะที่น้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่ไว้นานถึง 5 วัน ส่วนวันที่ 7, 10 และ 14 วัน มีคุณภาพที่ลดลงอยู่ในระดับพอใช้จนถึงคุณภาพต่ำ และสำหรับน้ำคลอง รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่ในน้ำนาน 5 วัน และเมื่อระยะเวลาผ่านไปคุณภาพของรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพที่ต่ำ จนไม่สามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้

ในขณะที่ Cyanoacrylate สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ เมื่อฟิล์มโทรศัพท์มือถือถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 14 วัน แต่มีคุณภาพลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยสำหรับน้ำประปานั้น รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่ไว้นานถึง 14 วัน ในขณะที่น้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่ไว้นานถึง 7 วัน ส่วนวันที่ 10 นั้นรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพที่ต่ำลงจนอยู่ในระดับคุณภาพพอใช้ และสำหรับน้ำคลอง รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพที่ดีเมื่อถูกแช่ในน้ำนาน 5 วัน ส่วนวันที่ 10 รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพที่ต่ำลงจนอยู่ในระดับคุณภาพต่ำ ไม่สามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ โดยสรุปแล้ว รอยลายนิ้วมือที่ถูกแช่ในน้ำประปามีคุณภาพดีที่สุด ถัดมาเป็นน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง ตามลำดับ

สำหรับวิธี Small Particle Reagent นั้น สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ เมื่อฟิล์มโทรศัพท์มือถือจะถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 5 วัน โดยสำหรับน้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 3 วัน ส่วนวันที่ 5 นั้นรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำลงจนอยู่ในระดับพอใช้ ในขณะที่น้ำคลอง รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดีเมื่อถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 1 วัน และเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น รอยลายนิ้วมือที่ได้มีคุณภาพที่ต่ำลงจนไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ โดยสรุปแล้วรอยลายนิ้วมือที่ถูกแช่ในน้ำประปามีคุณภาพดีที่สุด ถัดมาเป็นน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง ตามลำดับ

และสำหรับวิธี Rhodamine 6G สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ เมื่อฟิล์มโทรศัพท์มือถือจะถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน โดยสำหรับน้ำประปา รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดีแม้ถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน และมีคุณภาพลดลงจนกระทั่งรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำจนไม่สามารถเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ในขณะที่ น้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้เมื่อถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 7 วัน และมีคุณภาพลดลงจนกระทั่งรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำจนไม่สามารถเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ เมื่อระยะเวลาผ่านไป และน้ำคลองนั้น รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้เมื่อถูกแช่อยู่ในน้ำนาน 3 วัน โดยสรุปแล้วรอยลายนิ้วมือที่ถูกแช่ในน้ำประปามีคุณภาพดีที่สุด ถัดมาเป็นน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง ตามลำดับ

2) เพื่อศึกษาคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือ เมื่อแช่อยู่ในแหล่งน้ำและระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า ที่ระยะเวลา 1, 3 และ 5 วัน สำหรับน้ำประปาและน้ำจากแม่น้ำ รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพดี สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ในขณะที่น้ำคลองนั้น รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพพอใช้

ที่ระยะเวลา 7 และ 10 วัน สำหรับน้ำประปา รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดี สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ส่วนน้ำจากแม่น้ำรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพที่ต่ำลงจนมีคุณภาพพอใช้ ส่วนน้ำคลองรอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำลงจนมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ที่ระยะเวลา 14 วัน สำหรับน้ำประปา รอยลายนิ้วมือยังคงมีคุณภาพดี สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนฟิล์มโทรศัพท์มือถือและนำมาตรวจเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ ที่ระยะเวลา 21 วัน สำหรับน้ำประปา รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพ

พอใช้ ส่วนน้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวบุคคลได้ และที่ระยะเวลา 28 วัน สำหรับน้ำประปา รอยลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ ในขณะที่น้ำจากแม่น้ำและน้ำคลอง ไม่พบรอยลายนิ้วมือแฝง

5. อภิปรายผล

1) วิธีเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่แตกต่างกันมีคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Trapecar (2012) ได้ทำการศึกษาการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือบนแผนฟอยล์ใสที่แช่อยู่ในน้ำนาน 168 ชั่วโมง โดยนำตัวอย่างมาทำการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง โดยใช้ 3 วิธีคือ ทดสอบด้วยตาเปล่าโดยใช้แสงขาวช่วยในการมองเห็น วิธีผงฝุ่น (ใช้ ผงฝุ่น Swedish) วิธี SPR และวิธี Cyanoacrylate ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 3 วิธีสามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนแผ่นฟอยล์ใสได้ แต่วิธีที่ดีที่สุดคือ SPR

2) แหล่งน้ำที่แตกต่างกันมีคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงแตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ Theangtheantham (2013) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของน้ำที่มีผลต่อการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝง โดยใช้อาสาสมัครประทับมือบนวัตถุพยานที่แช่อยู่ในแหล่งน้ำต่างๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำจากแม่น้ำ และน้ำทะเล สารเคมีที่ใช้ในการทำให้รอยลายนิ้วมือปรากฏ คือ SPR และผงฝุ่นดำ โดยนำไปทิ้งไว้ภายใต้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำจากแม่น้ำและน้ำทะเล มีผลกระทบต่อการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงมากกว่าน้ำประปาและน้ำบาดาล เนื่องจากน้ำจากแม่น้ำและน้ำทะเล มีองค์ประกอบที่มีผลต่อการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง น้ำจากแม่น้ำจะมีสารแขวนลอยต่าง ๆ ที่รบกวนและอาจเกาะติดอยู่บนวัตถุตัวอย่าง เมื่อแช่อยู่ในน้ำเป็นระยะเวลานาน ทำให้ไม่สามารถตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงได้

3) ระยะเวลาที่ทำการตรวจเก็บที่แตกต่างกันมีคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงแตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ Theangtheantham (2013) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของน้ำที่มีผลต่อการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝง โดยใช้อาสาสมัครประทับมือบนวัตถุพยานที่แช่อยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำจากแม่น้ำ และน้ำทะเล สารเคมีที่ใช้ในการทำให้รอยลายนิ้วมือปรากฏ คือ SPR และผงฝุ่นดำ โดยนำไปทิ้งไว้ภายใต้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า ระยะเวลาที่วัตถุแช่อยู่ในน้ำมีผลต่อคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจเก็บได้ แม้จะมีการเลือกใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจเก็บ แต่ผลกระทบของน้ำ และระยะเวลาที่วัตถุสัมผัสกับน้ำ ยิ่งวัตถุสัมผัสกับน้ำนานขึ้น โอกาสในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงให้ได้คุณภาพจะมีต่ำลง

6. เอกสารอ้างอิง

Castelló, A., F. Francesc and F.Verdú. 2013. **Development of latent prints made on submerged objects**. Science & Justice. 2013 (53): 328-331.

Geller, A., A. Leifer, D. Attias and Y. Mark. 2018. **Fingermarks in blood: Mechanical models and the color of ridges**. Forensic Science International. 2018(286): 141-147.

Halleza, F., P. Ledroitb, D. Henrotb, M. Malob and L. Tamisierb. 2019. **Optimization of the development of latent fingermarks on thermal papers**. Forensic Science International. 2019(298): 20-33.

Jomrit, S.. 2011. **The study of lifting techniques for latent fingerprint on human skin**. Degree Master of Science program of Forensic Science, Silpakorn University. (in thai)

Meechaitorn, E. 2008. **A study of Latent fingerprints on paper developed with Ninhydrin**. Degree Master of Science program of Forensic Science, Silpakorn University. (in thai)

Singlaa, N., M. Kaura and S. Sofatb. **Automated latent fingerprint identification system: A review**. Forensic Science International. 2020(309): 110187.

Theangtheantham, S. 2013. **Development of latent fingerprints on objects submerged in natural water by using Small Particle Reagent and Black powder**. Degree Master of Science program of Forensic Science, Silpakorn University. (in thai)

Trapecar, M. 2012. **Finger marks on glass and metal surfaces recovered from stagnant water**. Egyptian Journal of Forensic Sciences. 2012(2): 48-53.

Trapecar, M. 2012. **Fingerprint recovery from wet transparent foil**. Egyptian Journal of Forensic Sciences. 2012(2): 126-130.

Urairat, S. 2013. **Formulation and testing of a fingerprint reagention some wet object of non-porous surfaces**. Degree Master of Science program of Forensic Science, Silpakorn University. (in thai)

Uttapan, W. 2012. **A study of latent fingerprints on wet paper developed**. Degree Master of Science program of Forensic Science, Silpakorn University. (in thai)

(Received: 5/Jun/2021, Revised: 13/Dec/2021, Accepted: 20/Dec/2021)

การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑที่มีต่อลูกน้ำยุงลาย
Study on Toxicity of Crude Extracts of *Polyscias fruticosa* Leaves Against Larva of *Aedes* sp.

ปุณยนุช สุขหิรัญ*[1] นรานันท์ ขำมณี[1] และอรวรรณ สืบเสน[2]

Poonyanuch Sukhirun*[1], Naranun Khummanee[1] and Orawan Suebsen[2]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

[2] สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

[1] Program in Environmental Science and Technology Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

[2] Program in Mathematics Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

**corresponding author, e-mail: poonyanuch.suk@sru.ac.th โทร. 083-4496653*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑที่มีต่อลูกน้ำยุงลาย โดยสกัดใบเล็บครุฑด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% โดยใช้เครื่องสกัดซอกห์เลต จากนั้นเตรียมสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 0, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ทดสอบฤทธิ์ต่อลูกน้ำยุงลาย และพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบ ผลการศึกษาสารที่พบในใบเล็บครุฑ คือ ซาโปนิน ฟินอลิก โฟลบาแทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และจากการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากใบเล็บครุฑ พบว่าความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม มีค่าเปอร์เซ็นต์การตายสูงสุด เท่ากับ 93.33 ± 5.77 และ 96.67± 5.77 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีค่า LC50 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เท่ากับ,141.95 และ 4,367.09 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑมีศักยภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย

คำสำคัญ : ลูกน้ำยุงลาย สารสกัดหยาบ ใบเล็บครุฑ

Abstract

The objectives of this research were to study the toxicity of the crude extracts from *Polyscias fruticosa* leaves against the larva of *Aedes* sp. The leaves of this plant were extracted with 95% ethanol by using a Soxhlet extractor. The crude extracts at concentrations of 0, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 ppm were tested for larvicidal activity. Phytochemical screening of the crude extracts revealed the presence of saponin phenolics phobatanins and Cardiac glycosides. The highest concentration 10,000 ppm was the most toxic with larval mortal of 93.33 ± 5.77 and 96.67 ± 5.77 at 24 and 48 hours, respectively. The LC_{50} values of the crude extracts at 24 and 48 hours against larva of *Aedes* sp. were 6,141.95 and 4,367.09 ppm respectively. The results showed that the crude extracts of *P. fruticosa* can be considered as potent source for control of *Aedes* sp.

Keywords : larva of *Aedes* sp., crude extracts, *Polyscias fruticosa*

1. บทนำ

ยุงเป็นแมลงที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมากเพราะยุงจะกัดกินเลือด และก่อให้เกิดความรำคาญ ยุงบางชนิดยังเป็นพาหะนำโรคได้อีกด้วย เช่น ยุงลาย (*Ades*) ยุงรำคาญ (Culex) เป็นต้น โรคที่เกิดจากยุงเป็นพาหะที่สำคัญและพบมากในประเทศไทย ได้แก่ โรคไข้เลือดออก (Dengue Hemorrhagic Fever) โรคไข้สมองอักเสบเจอี (Japanese Encephalitis) โดยพาหะยุงลายสาเหตุของไข้เลือดออก ซึ่งโรคนี้เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของ

ประเทศไทย เนื่องจากมีการระบาดของโรคอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2562 (เดือนมกราคม-กรกฎาคม) มีรายงานผู้ป่วยสะสม จำนวน 53,699 ราย (Department of Disease Control, 2019) ซึ่งการกระจายของโรคมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่อยู่ตลอดเวลา การป้องกันและควบคุมโรคต้องดำเนินการอย่างเข้มข้นด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อไม่ให้มีการนำเชื้อโรคมาสู่มนุษย์แนวทางการป้องกันโรคมีหลายวิธี เช่น การป้องกันยุงโดยการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ยุง การทายากันยุง การฉีดยากันยุง ยาจุดกันยุง การใช้ทรายอะเบทหรือเทเมฟอส ฆ่าลูกน้ำยุงลาย การใช้สารฆ่าแมลงเป็นวิธีที่นิยมใช้เนื่องจากสะดวก เห็นผลเร็ว อย่างไรก็ตามทรายอะเบทจัดเป็นสารเคมีชนิดออร์กาโนฟอสเฟตซึ่งมีผลต่อมนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมและทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นสารเคมี และมีรายงานการสร้างความต้านทานของลูกน้ำยุงลายในหลายพื้นที่ของประเทศไทย (Thadtong *et al*., n.d.) เนื่องจากใช้สารเคมีซ้ำ ๆ ในพื้นที่เดิมเป็นเวลานาน ๆ ใช้ในปริมาณที่ไม่ถูกต้องตามคำแนะนำ และการขาดความรู้ในการใช้สารเคมี เป็นสาเหตุทำให้ยุงพาหะนำโรคเกิดการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีขึ้นได้ทำให้การป้องกันกำจัดยุงลายไม่ได้ผลปัจจุบันประชาชนทั่วโลกหันกลับมาสนใจสิ่งแวดล้อม และการดูแลใส่ใจสุขภาพของตนเองและคนในครอบครัวในลักษณะที่กลับคืนสู่ความเป็นธรรมชาติมากขึ้น และสารสกัดจากพืชเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่ช่วยลดอัตราการสร้างความต้านทานของแมลงได้ เนื่องจากสารสกัดจากพืชมีองค์ประกอบมากมาย ซึ่งแมลงจะสร้างความต้านทานต่อองค์ประกอบดังกล่าวได้ต้องใช้เวลานานมาก ฉะนั้นเพื่อให้สามารถนำสมุนไพรพื้นบ้านไปใช้ให้เกิดประโยชน์และได้ผลคุ้มค่าในการป้องกันและกำจัดยุงลายพาหะที่สำคัญทางการแพทย์มากยิ่งขึ้น จึงควรส่งเสริมศึกษาและพัฒนางานวิจัยสมุนไพรในประเทศอย่างต่อเนื่อง การนำสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นหรือที่ได้มีการศึกษาวิจัยเบื้องต้นเกี่ยวกับฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดแมลงมาศึกษาและพัฒนาต่อไปในเชิงลึกทางวิทยาศาสตร์ให้มากยิ่งขึ้น (Junkum, 2012) ในปัจจุบันมีการศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรหลายชนิดมาใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุง เช่น สารสกัดดอกและใบยี่โถมาควบคุมลูกน้ำยุงรำคาญ Suwancharoen *et al*. (2017) สารสกัดเมทานอลของใบจากต้นยี่โถสีชมพูมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงรำคาญดีที่สุดซึ่งมีค่า LC_{50} เท่ากับ 251.70 ± 12.17 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดหยาบจากรากสาบเสือด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ปานกลางในการฆ่าลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. dirus* B และ ยุงรำคาญ *Cx. Quinquefasciatus* (Srisuda *et al*., 2017) และจากการศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้นของใบยี่โถการตรวจพบสารประกอบฟีนอลิก แอลคาลอยด์และซาโปนิน ซึ่งอาจสัมพันธ์กับการตายของลูกน้ำยุงรำคาญ ขณะที่สารสกัดหยาบจากใบสาบเสือด้วยเมทานอล พบสารประกอบแทนนิน และซาโปนิน ที่อาจส่งผลต่อการตายของลูกน้ำยุงก้นปล่อง และยุงรำคาญ

งานวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกสมุนไพรพื้นบ้าน คือ ใบเล็บครุฑ (*Polyscias fruticosa*) สมุนไพรชนิดนี้เป็นสมุนไพรที่นิยมปลูกกันมากในภาคใต้มากำจัดลูกน้ำยุงลาย ซึ่งยังมีข้อมูลการศึกษาวิจัยน้อยจากการรายงานสารสกัดใบเล็บครุฑด้วยน้ำร้อนสามารถกำจัดลูกน้ำของยุงลายได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Suratpittaya School, 1999) ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดใบเล็บครุฑด้วยเอาทนอล 95% ในการฆ่าลูกน้ำยุงลาย และตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบ ซึ่งยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับพฤกษเคมีที่ส่งผลต่อลูกน้ำยุงลาย หากพบว่ามีประสิทธิภาพดีจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสารสกัดจากใบเล็บครุฑเพื่อมาใช้แทนสารเคมีในการกำจัดยุงลายต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเก็บเตรียมตัวอย่างและการสกัดสารจากใบเล็บครุฑ

เก็บตัวอย่างใบเล็บครุฑ (*Polyscias fruticosa*) จากหมู่ 2 ตำบลปากแพรก อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี นำมาล้างผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำส่วนใบเล็บครุฑที่อบแล้วไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วนำไปสกัดด้วยวิธีซอกห์เลต (Soxhlet extractor) โดยใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย นาน 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดหยาบ (Crude extract) ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบ แล้วคำนวณค่าร้อยละผลผลิต เก็บสารสกัดหยาบในขวดสีชาและเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

2.2 การตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบ

นำสารสารสกัดหยาบมาตรวจสอบสารพฤกษเคมี โดยใช้ปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตกตะกอนหรือฟอง ซึ่งดัดแปลงบางส่วนมาจากวิธีการของ Suwancharoen *et al*. (2017) และ Sriyathep *et al*. (2020)

2.2.1 การตรวจสอบแอลคาลอยด์

ทดสอบกับรีเอเจนต์แวกเนอร์ (Wagner's reagent) ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 10% ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปอุ่นบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรองไปหยดด้วยสารละลายเวกเนอร์จำนวน 5 หยด เขย่าสังเกตผลการทดลอง ถ้าปรากฏตะกอนสีน้ำตาล แสดงว่าพบสารกลุ่มแอลคาลอยด์

2.2.2 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์

ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม สกัดสีของสารสกัดออกด้วยไดเอทิลอีเทอร์ ครั้งละ 5 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง ละลายสารสกัดส่วนที่เหลือด้วยสารละลายเอทานอล 50% ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่ลวดแมกนีเซียมชิ้นเล็ก ๆ ลงไป 2-3 ชิ้น นำไปต้ม และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ถ้าให้สารละลายสีเหลือง ส้ม หรือแดง แสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

2.2.3 การตรวจสอบสารซาโปนิน

ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือด กรอง และนำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) มาเติมน้ำกลั่น 2-3 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง หากมีฟองเกิดขึ้นแสดงว่าพบซาโปนิน

2.2.4 การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์

ใช้การทดสอบซาลโควสกี (Salkowski test) ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม สกัดสีของสารสกัดออกด้วยไดเอทิลอีเทอร์ ครั้งละ 5 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง เติมคลอโรฟอร์ม 2 มิลลิลิตร เขย่า และค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) หากเกิดสีน้ำตาลแดงระหว่างรอยต่อของสารละลายแสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์

2.2.5 การตรวจสอบโฟลบาแทนนิน

ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมากรองขณะร้อนแยกส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองแล้ว หยดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 10% จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน เป็นเวลา 5 นาที สังเกตผลการทดลอง ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวหรือสีน้ำเงินดำ แสดงว่าพบสารกลุ่มโฟลบาแทนนิน

2.2.6 การตรวจสอบฟีนอลิก

ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำไปอุ่นแล้วกรองสารละลาย จากนั้นเติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) 2-3 หยด ลงไปในของเหลว หากปรากฏสีเขียวปนดำ เขียวปนน้ำตาล ดำปนน้ำตาล ม่วงหรือน้ำเงินปนดำ แสดงว่าพบสารประกอบฟีนอลิก

2.2.7 การตรวจสอบแอนทราควิโนน

ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (10% H_2SO_4) 10 มิลลิลิตร นำไปอุ่นนาน 5 นาที นำมากรองแล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายแอมโมเนีย (NH_3) เข้มข้น 10% 2-3 หยด หากเกิดสีชมพูถึงแดง แสดงว่าพบแอนทราควิโนน

2.2.8 การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามโครงสร้างพื้นฐานของคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ คือ ส่วนสเตียรอยด์ และส่วนน้ำตาลดีออกซี การทดสอบทำได้ดังนี้ ชั่งสารสกัดหยาบ 0.02 กรัม สกัดสีออกด้วยไดเอทิลอีเทอร์ ครั้งละ 5 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง ละลายสารสกัดด้วยเอทานอล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทดสอบส่วนสเตียรอยด์ ด้วยการทดสอบลีเบอร์แมน (Liebermann test) โดยการเติมกรดแกเชียลแอซีติก (Gracial acetic acid) 3 หยด และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 3 หยด ถ้าปรากฏสีน้ำเงิน หรือน้ำเงินเขียว แสดงว่าพบสเตียรอยด์ และทดสอบส่วนน้ำตาลดีออกซีด้วยการทดสอบเคลเลอร์-

คิเลียนิ (Keller-Kiliani test) ซึ่งประกอบด้วยกรดแอซีติก 1 มิลลิลิตร และสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (10% $FeCl_3$) 1-2 หยด ผสมให้เข้ากันเอียงหลอดทดลองค่อย ๆ หยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ลงไปตามผนังด้านในของหลอดทดลองให้เกิดการแยกชั้น หากปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลแดงบริเวณรอยต่อระหว่างสารสกัดกับกรดซัลฟิวริก แสดงว่าพบส่วนน้ำตาลดีออกซี

2.3 การเก็บตัวอย่างเพาะเลี้ยงและลูกน้ำยุงลาย

ดัดแปลงวิธีการของ Thongwat and Boonchu (2015) และ Waeyusoh (2014) เก็บลูกน้ำยุงลายจากแหล่งน้ำขังบริเวณรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี นำลูกน้ำยุงลายที่เก็บได้มายังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เพื่อแยกเฉพาะลูกน้ำยุงลาย และนำไปเลี้ยงในกล่องพลาสติกสีขาวด้วยน้ำประปาที่ระเหยสารคลอรีนออกแล้ว ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปและเปลี่ยนน้ำทุก 2 วัน ดูดตัวโม่งใส่ถ้วย แล้ววางในกรงเลี้ยงยุงขนาด 30x30x30 เซนติเมตร เมื่อดักแด้ออกมาเป็นตัวเต็มวัย ให้อาหารตัวเต็มวัยด้วยน้ำหวาน 10% โดยชุบสำลีพันกับไม้ใส่ในขวดปากกว้างแล้ววางในกรงเลี้ยง เปลี่ยนน้ำหวานทุก ๆ 2 วัน เลี้ยงที่อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส เมื่อยุงตัวเต็มวัยได้ 7 วัน ยุงจะเริ่มผสมพันธุ์ปล่อยให้ผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 2 วัน แล้วให้อดน้ำหวาน 1 วัน จากนั้นจึงให้เลือดเป็นอาหารสำหรับยุงเต็มวัยเพศเมีย และทำการเพาะเลี้ยงจนได้ยุงลายปริมาณเพียงพอสำหรับการทดลอง

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากใบเล็บครุฑในการกำจัดลูกน้ำยุงลาย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จำนวน 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ทดสอบโดยวิธีจุ่มสาร (dipping bioassay test) ดัดแปลงจากวิธีของ Ungsunak *et al*. (2016) โดยเติมน้ำสะอาด 99 มิลลิลิตร ลงในถ้วยการทดลอง จากนั้นดูดลูกน้ำยุงลายวัยที่ 3 ตอนปลาย หรือวัยที่ 4 ตอนต้น ใส่ถ้วยการทดลอง ถ้วยละ 10 ตัว เตรียมสารสกัดความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม แล้วหยดสารสกัดจากใบเล็บครุฑปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในถ้วยทดลอง นับจำนวนลูกน้ำที่ตายภายหลังการทดลองที่ 24 และ 48 ชั่งโมง คำนวนหาเปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง และคำนวณค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ของสารสกัดโดยใช้ Probit Analysis จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การสกัดสารจากใบเล็บครุฑ

ผลการสกัดสารจากใบเล็บครุฑ โดยใช้อัตราส่วนใบเล็บครุฑแห้งต่อเอทานอล 95% ที่ 1:15 (w/v) สกัดด้วยเครื่องสกัดซอกห์เลต นาน 8 ชั่วโมง สารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นสารหนืดสีเขียวเข้ม มีร้อยละผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 33.21 ± 3.19 หรือ 6.64 กรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักสารสกัดหยาบ และร้อยละผลผลิต ของใบเล็บครุฑแห้งจากการสกัดโดยใช้เครื่องซอกห์เลต

น้ำหนักแห้งของพืช (กรัม)	ปริมาณเอทานอล 95% (มิลลิลิตร)	น้ำหนักสารสกัด (กรัม)	ร้อยละผลผลิต
20	300	7.19	35.95
20	300	6.79	33.98
20	300	5.94	29.70
ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	**6.64 ± 0.63**	**33.21 ± 3.19**	

3.2 การตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑ

จากการตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบเล็บครุฑที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% พบว่า สารที่พบในใบเล็บครุฑ คือ ซาโปนิน ฟีนอลิก โฟลบาแทนนิน และ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (ตารางที่ 2) ซึ่งผลการทดลองคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Suwancharoen *et al*. (2017) ได้ศึกษาฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงรำคาญของสารสกัดดอกและใบยี่โถสีชมพู พบว่าพฤกษเคมีที่อาจส่งผลให้สารสกัดใบมีฤทธิ์ คือ สารประกอบฟีนอลิก และซาโปนิน ซึ่งซาโปนินเมื่อทำปฏิกิริยากับคิวติเคิล ทำให้เกิดน้ำในเซลล์จำนวนมาก คิวติเคิลทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านไม่ให้น้ำเข้าสู่ร่างกายลูกน้ำจึงเสียสภาพคิวติเคิล คือ ไคตินเมื่อคิวติเคิลถูกทำลาย จะทำให้เสียสมดุลของร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลูกน้ำยุงลายตายได้ เพราะมีน้ำเข้าเซลล์เป็นจำนวนมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srithong and Laupraser (2017) พบว่าสารสกัดหยาบจากมะละกอมีสารสำคัญ คือ สารซาโปนินซึ่งเป็นสาเหตุให้ลูกน้ำยุงลายตาย การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑมีความเป็นพิษและฤทธิ์ต่อลูกน้ำยุงลาย ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาเพื่อใช้เป็นสารในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% จากใบเล็บครุฑ

พฤกษเคมี	ผลการทดสอบ
แอลคาลอยด์	-
ฟลาโวนอยด์	-
ซาโปนิน	+
เทอร์พีนอยด์	-
โฟลบาแทนนิน	+
ฟีนอลิก	+
แอนทราควิโนน	-
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	+

หมายเหตุ : - = ตรวจไม่พบพฤกษเคมี, + = ตรวจพบ

3.3 การทดสอบพิษของสารสกัดหยาบใบเล็บครุฑต่อลูกน้ำยุงลาย

จากการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากใบเล็บครุฑในการกำจัดลูกน้ำยุงลายที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ที่ความเข้มข้น 0, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ตามลำดับ พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลาย ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.00 ± 0.00, 13.33 ± 5.77, 50.00 ± 10.00, 70.00 ± 10.00 และ 93.33 ± 5.77 ตามลำดับ และที่ 48 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลายมีค่าเท่ากับ 0.00 ± 0.00, 36.66 ± 5.77, 86.67 ± 15.27, 93.33 ± 5.77 และ 96.67± 5.77 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Suratpittaya School (1999) พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดใบเล็บครุฑต่อน้ำอัตราส่วน 1:30 (v/v) สามารถกำจัดลูกน้ำของยุงลายและยุงธรรมดาได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบเล็บครุฑส่งผลต่อการตายของลูกน้ำยุงลาย เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลายเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลาย (*Aedes* sp.) หลังจากทดสอบด้วยสารสกัดหยาบใบเล็บครุฑที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	เปอร์เซ็นต์การตาย (mean ± SD)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
0 (ชุดควบคุม)	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]
4,000	13.33 ± 5.77[b]	36.66 ± 5.77[b]
6,000	50.00 ± 10.00[c]	86.67 ± 15.27[c]
8,000	70.00 ± 10.00[d]	93.33 ± 5.77[d]
10,000	93.33 ± 5.77[e]	96.67 ± 5.77[e]

หมายเหตุ : [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

และจากการศึกษาค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากใบเล็บครุฑที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ (Lethal Concentration 50, LC_{50}) ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า มีค่า LC_{50} เท่ากับ 6,140.95 และ 4,367.09 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อให้ลูกน้ำสัมผัสกับสารสกัดนานขึ้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ความเป็นพิษจะสูงขึ้น

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50}, พีพีเอ็ม) ของสารสกัดใบเล็บครุฑที่มีต่อลูกน้ำยุงลาย ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	Log10[LC_{50}] ± SE	LC_{50} (LCL-LUL)	*P* value	X^2
24	3.78 ± 0.01	6,140.95 (5,795.53 - 6,480.84)	0.72	0.65
48	3.84 ± 0.04	4,367.09 (2699.09 - 7065.87)	0.32	2.25

หมายเหตุ : LC_{50} = ค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้สัตว์ทดลองที่ถูกทดสอบตายไปครึ่งหนึ่งของจำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมด
LCL = ขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น (Lower confidence limit)
LUL = ขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น (Upper confidence limit)

4. สรุป

การสกัดสารจากใบเล็บครุฑด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% โดยใช้เครื่องซอกห์เลตได้สารสกัดหนืดสีเขียว และมีร้อยละผลผลิต เฉลี่ยเท่ากับ 33.21 ± 3.19 และจากการตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบ พบสารซาโปนิน ฟินอลิก โฟลบาแทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และผลการทดสอบพิษของสารสกัดหยาบต่อลูกน้ำยุงลายที่ความเข้มข้น 0, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ตามลำดับ พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลายที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.00 ± 0.00, 13.33 ± 5.77, 50.00 ± 10.00, 70.00 ± 10.00 และ 93.33 ± 5.77 ตามลำดับ และที่ 48 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำยุงลายมีค่าเท่ากับ 0.00 ± 0.00, 36.66 ± 5.77, 86.67 ± 15.27, 93.33 ± 5.77 และ 96.67 ± 5.77 ตามลำดับ และได้สารพิษมีค่า LC_{50} ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ต่อลูกน้ำยุงลายเท่ากับ 6,140.95 และ 4,367.09 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตเกษม หลำสะอาด และ รองศาสตราจารย์ ดร.วสกร บัลลังก์โพธิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขรายงานวิจัยให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ หมวดเงินรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

6. เอกสารอ้างอิง

Department of Disease Control. 2019. **Weekly report of dengue fever surveillance report, Health Area 3, week 28, 14-20 July 2019**. http://odpc3.ddc.moph.go.th/login/sys/content/depshowmem/fol_jul/upload_jul/myfile/DHF-week-28_62.pdf (in Thai). Accessed 25 Aug. 2019.

Hanphakphoom, S, P. Kunhachan, P.Bhakdeenuan, S. Thophon, S. Krajangsang, J. Chompoosri and A. Tawatsin. 2017. **Larvicidal and Repellent Activities of Crude Extracts and Essential Oils from *Eupatorium odorata* against *Aedes aegypti, Culex quinquefasciatus* and *Anopheles dirus* B**. SDU Res.J.10 (3): 129-157. (in Thai)

Junkum, A. 2012. **Application of Thai medicinal plants for controlling mosquito vectors**. J Assoc Med Sci. 45(1): 9-22. (in Thai)

Srithong, W. and P. Laupraser. 2017. **Toxicity of papaya (*Carica papaya,* Linnaeus) extracts against larvae of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus***. Journal of the Office of DPC 7 Khon Kaen. 24(3): 54-59. (in Thai)

Sriyathep, T., J. Kongkeaw, T. Thongkam, W. Sengkokul and S. Amornkit. 2020. **Preliminary phytochemical study and bgiological activity from the leaves, stems, fruit and root extract of Vitex rotundifolia L.f.** Proceeding of the 5th national academic conference on science and technology network of higher education institutions in southern Thailand. Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakhon Si Thammarat Province. 1-12. (in Thai)

Suratpittaya School. 1999. **Mosquito larvicidal activity of *Polyscias extract***. Science project database. http://elib.ipst.ac.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=dsp&cat=aut&lang=1&db=SCP&pat=%a1&cat=aut&skin=u&lpp=16&catop=&scid=zzz&sid=&bid=444 (in Thai). Accessed 17 Dec. 2021.

Suwancharoen, S., A. Boonmee, P. Asakhan, P. Pitchphusakul, R. Polart, and T. Kasemsuk. 2017. **Phytochemical and Larvicidal Activity Against *Culex* sp. of *Nerium oleander* L. (Pink cultivar) Flowers and Leaves Extracts**. KKU Sci. J. 45(3): 521-530. (in Thai)

Thadtong. U., T. Glamseeda and W. Ritthison. n.d. **Insecticide susceptibility status of *Aedes aegypti* larvae against temephos in Rayong Province**. file:///C:/Users/nao_b/Downloads/title%2011%20(1).pdf (in Thai). Access 9 Jan. 2020.

Thongwat, D. and N. Boonchu. 2015. **Larvicidal activity of *Dracaena loureiri* fruit crude extracts against *Aedes aegypti* mosquito** (Research report). Phitsanulok: Naresuan University. (in Thai)

Ungsunak, N., A. Sukpong, S. Promkot, P. Buawan, J. Sinthusiri, and T. Poopa. 2016. **Efficacy of Herbal Extracts against Dengue Mosquito Larvae *Aedes aegypti* (Culicidae: Diptera)**. Proceeding of the 16th academic conferences and national research presentations graduate network Northern Rajabhat University and national academic conference 3rd Phetchabun Rajabhat University. 659-670. (in Thai).

Waeyusoh, S. 2014. **Shelf Life and Effect of Thaim (*Azadirachta excelsa* Jack) Seed oil Againt Larva of *Aedes aegypti* Linnaeus**. Master's thesis. Department of Science in Entomology, Prince of Songkla University, Songkla. (in Thai)

(Received: 31/Oct/2021, Revised: 18/Dec/2021, Accepted: 25/Dec/2021)

รูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี

A Study Vernacular Architectural at Phanut Nikhom's Community Chonburi Province

พรจิต พีระพัฒนกุล* และ พู่กัน สายด้วง

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม 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 การสร้างรูปแบบสถาปัตยกรรม ชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี เป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย เพื่อศึกษารูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขายกับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมประเพณีในท้องถิ่น โดยมีขอบเขตของโครงการวิจัย รวบรวมประวัติความเป็นมา วิวัฒนาการ พัฒนาการการตั้งถิ่นฐานของชุมชนพนัสนิคม ศึกษารูปแบบและองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า โดยการรวบรวมข้อมูล รายละเอียดทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่เลือกเป็นกรณีศึกษา สำรวจและรังวัดทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่มีคุณค่า ด้านรูปแบบอาคาร วัสดุ สภาพอาคาร จำนวนชั้น พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จัดทำประวัติ บัญชีรูปภาพและแผนที่ของอาคารที่มีคุณค่าย่านชุมชนพนัสนิคม ระบุคุณค่าและความสำคัญทางประวัติศาสตร์ของชุมชน เพื่อจัดทำแผนที่มรดกสถาปัตยกรรมวัฒนธรรมที่มีคุณค่า มีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย ได้แก่ การสำรวจภาคสนาม การสังเกตการณ์ และการสัมภาษณ์ เก็บข้อมูลโดยการสำรวจสภาพทางกายภาพของอาคารพักอาศัยจากภาพถ่ายและแผนที่ นำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ โดยวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ รวมทั้งเอกลักษณ์ของอาคารที่มีคุณค่าต่อการศึกษาสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น พบว่า "พนัสนิคม" แต่ชาวบ้านจะเรียกว่า "เมืองเก่า" เพราะว่าที่ตั้งอำเภอพนัสนิคมนี้เคยเป็นเมืองมาก่อน มีชุมชนที่มาจากเชื้อชาติต่าง ๆ มาอยู่ร่วมกัน มีทั้งคนไทย คนลาว ซึ่งอพยพมาอยู่ตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 3 นอกจากนี้ยังมีชาวจีน ซึ่งเข้ามาอยู่ในคราวเมื่อมีการติดต่อค้าขายแลกเปลี่ยน ชนชาติต่าง ๆ เหล่านี้ได้มาตั้งถิ่นฐาน และมีวิถีชีวิตและวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ คือ งานทำบุญกลางบ้านต่อเนื่องกันมาจนยึดถือเป็นประเพณี คือ "ประเพณีงานบุญกลางบ้าน" เรียกว่า ประเพณีกองข้าวของชาวพนัสนิคม จะกระทำกันประมาณหลังสงกรานต์ผ่านไปแล้วของทุกปี

รูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรมจากการสำรวจรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของชุมชนพนัสนิคม พบว่ามีอาคารที่มีลักษณะสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า จำนวน 15 ชุด โดยอาคารส่วนใหญ่อยู่ในแนวถนนเมืองเก่า ถนนสระตราง และถนนเกาะแก้ว รายละเอียดทางสถาปัตยกรรม ประเภทอาคารในชุมชน อาคารเรือนแถวไม้ชั้นเดียว ที่ยังคงสภาพเดิมในเรื่องของวัสดุอาคาร ใช้บานเฟี้ยม และ หลังคาสังกะสี อาคารเรือนแถวไม้สองชั้น เป็นกลุ่มอาคารที่คงลักษณะดั้งเดิม มีการปรับเปลี่ยนวัสดุบ้างบางส่วน หลังคามุงสังกะสี ทรงปั้นหยาและทรงจั่ว อาคารเรือนแถวเดี่ยว รูปแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อน ที่ยังคงรูปแบบมีช่องแสง และเพื่อใช้ระบายอากาศมีชายคายื่นยาวเพื่อป้องกันแสงแดด ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขายกับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น ส่วนเรื่ององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ในเรื่องของช่องแสง ช่องระบายอากาศ เป็นลักษณะของสถาปัตยกรรมเขตร้อน

ผลการวิจัยสามารถเป็นข้อมูลหลักฐานเพื่อปกป้องรักษามรดกทางวัฒนธรรมให้คงอยู่ต่อไป เพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้มรดกทางวัฒนธรรมที่มีคุณค่าให้แก่เยาวชนรุ่นหลังได้เข้าใจถึงวิถีชีวิตในอดีต เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการต่อยอด

ในการศึกษาทางด้านประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม โบราณคดี และข้อมูลที่ได้รับจะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนดำเนินการอนุรักษ์ย่านชุมชนพนัสนิคมอย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี

Abstract

"Architectural Formation of Phanat Nikhom Community in Chon Buri Province" is the study of collecting local architecture information. The purpose of this study is to study form and composition of local building and to acknowledge how relate between form of residential and commercial building and community's lifestyle and local traditional.

The research's project scope is to collect history, evolution and development of Phanat Nikhom Community, and to study form and configuration of the valuable architecture by collecting architectural data and information of case study, explore and survey valuable buildings in building form, material, condition of the building, number of floor and usable area. To Provide biography, picture account and maps of valuable buildings in the Phanat Nikhom Community. To identify their historical values and importance, then map the valuable cultural architecture heritage of the community and create co-working network by study review the stratification and the community.

The research was conducted by the following 3 methods: field survey, observation and interview. The information was collected by exploring the physical condition of the residential building from picture and maps, then analyze the information in physical and identity of the local valuable architectures. The finding indicated that "Phanat Nikhom" or "Muang Gao" (means Old-town) that was called by the people in the community, the reason of being called like that is the area of Phanat Nikhom used to be a town before. The town where people of many nationalities coexist, Thai, Laos, who immigrate since King Rama III reign, there is also Chinese who move in when there were commerce activities in that area. This diversity of races settled down and create unique traditional and lifestyles which has been passed down continuously until it has become a tradition called "Ngan Bun Klang Ban Traditional" or Phanat Nikhom's "Gong Khao Traditional" that operate after Songkran Festival in every year.

The form and composition of local building in architectural from the survey of settlement patterns and architectural identity of the Phanat Nikhom community found that, there are 15 valuable architectural buildings. Most of them are located at the side of Muang Gao Road, Sratarang Street and Ko Kaeo Road. Architectural detail of the building, first, the single floor wooden row houses still maintain their original material; folding door and galvanized iron roof. Second, the double floor wooden row houses maintain some part and change some material; hip galvanized iron roof and gable galvanized iron roof. Third, single row house which have tropical style with clerestory, ventilate and sticking out-eaves for protecting sunlight. That show the relationship between the architectural form of residential-commercial buildings and the well-being of the local way of life and culture of the community, but the architecture component including clerestory and ventilate are tropical architecture.

The result of this study can be the information to prevent and maintain the cultural heritage. To be a place where the younger generation can learn and understand the past living life. To be an information which is a basic information in further studies about history, architecture and archeology. This will be useful for any organization which related to the conservation plan appropriately in Phant Nikhom Community.

Keywords : Vernacular Architectural, Phanut Nikhom's Community, Chonburi Province

1. บทนำ

พนัสนิคมเป็นเมืองโบราณซึ่งเคยรุ่งเรืองเมื่อสมัยประมาณ 1,000 ปีมาแล้ว หรือสมัยที่ขอมยังเรืองอำนาจอยู่ในอาณาจักรสุวรรณภูมิ จากหลักฐานต่าง ๆ น่าเชื่อถือว่าเมืองที่รุ่งเรืองดังกล่าวชื่อ "เมืองพระรถ" และ "พนัสนิคม" ซึ่งเป็นชื่อของอำเภอที่เรียกใช้ในทางราชการทุกวันนี้ ชาวบ้านมักเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "เมืองเก่า" เพราะที่ตั้งอำเภอพนัสนิคมเคยเป็นเมืองมาแต่ก่อนในอดีต ชาวบ้านจึงเรียกกันติดปากเรื่อยมา ประวัติศาสตร์การตั้งเมืองพนัสนิคม ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 3 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ เมื่อเสด็จขึ้นครองราชย์ใน พ.ศ. 2367 ได้ทรงจัดการปกครองบ้านเมืองให้เจริญก้าวหน้า ใน พ.ศ. 2368 โปรดยกตำบล บ้าน ขึ้นเป็นเมือง รวม 27 เมือง ในจำนวนนี้ได้ยกหมู่บ้านแดนป่าพระรถ เป็นเมือง เมืองพนัสนิคม จัดเป็นหัวเมืองชั้นตรี เมื่อปี พ.ศ. 2371 ต่อมาในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ใน พ.ศ. 2447 ได้ทรงปรับปรุงการปกครองประเทศใหม่ ทรงปฏิรูปการปกครองส่วนภูมิภาคและจัดระเบียบการปกครองใหม่เป็นมณฑล จังหวัด อำเภอ ตำบล และหมู่บ้าน จึงโปรดเกล้าฯ ให้เมืองพนัสนิคม เมืองบางละมุง และเมืองบางปลาสร้อยรวมกัน และเมืองพนัสนิคมจึงเป็นอำเภอของชลบุรีเมื่อปี พ.ศ. 2441 เมืองพนัสนิคมเป็นเมืองเก่ามีผู้คนจากเชื้อชาติต่าง ๆ มาอยู่รวมกัน ทั้งคนไทยซึ่งอพยพมาตั้งแต่คราวกรุงศรีอยุธยาแตกที่วัดโบสถ์ วัดหลวงและบ้านสวนตาล ชุมชนเชื้อสายลาวซึ่งมาอยู่อาศัยตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 3 ปัจจุบัน คือ บริเวณหมู่บ้านศรีวิชัย สำหรับชุมชนชาวจีนนั้นมาอยู่ในคราวเมื่อมีการค้าขายแลกเปลี่ยน ชุมชนพนัสนิคม มีอาคารเก่าแก่มากมายที่ก่อสร้างจากภูมิปัญญาชาวบ้าน แสดงออกถึงวิถีชีวิตและคติความเชื่อของคนในท้องถิ่น โดยใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างและทรัพยากรที่หาได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ ตามยุคสมัยต่าง ๆ ซึ่งอาจเรียกอาคารเหล่านี้ว่า "สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (Vernacular Architecture)" อันเป็นมรดกสำคัญของชุมชนและเป็นทรัพยากรหลักในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อย่างไรก็ตาม อาคารดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นอาคารไม้ อยู่ในสภาพเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา รวมทั้งมีกระแสการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสภาพสังคม ที่ไม่เห็นความสำคัญของอาคารเก่าที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น มีแนวโน้มของการรื้อถอน การทำลาย อาคารไม้เก่า มากขึ้นทุก ๆ ปี สภาพปัญหาในปัจจุบันเกิดภัยคุกคามจากสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ โดยรื้อทำลายสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าโดยไม่เห็นคุณค่า ทำให้สถาปัตยกรรมที่มีประวัติศาสตร์ และมรดกทางวัฒนธรรมที่อยู่คู่กับชุมชนสูญหายไป โดยยังไม่มีการเก็บข้อมูลหลักฐานทางสถาปัตยกรรม

หากไม่มีการเก็บข้อมูลในเชิงวิชาการทางด้านสถาปัตยกรรมไว้แล้วนั้น มีความสุ่มเสี่ยงต่อการรื้อถอน หรือมีการทำลายอาคารเก่าที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ไป โดยปราศจากความเข้าใจ ความตระหนักในเรื่องมรดกทางสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกในการอนุรักษ์และเห็นคุณค่าต่อรากเหง้าของวัฒนธรรม สถาปัตยกรรมท้องถิ่น อันจะนำมาซึ่งการบริหารจัดการด้านการท่องเที่ยว การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม จะช่วยรักษามรดกสำคัญและทรัพยากรในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชนไว้ได้ โครงการวิจัยรูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี เป็นการศึกษารูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เป็นการเก็บข้อมูลเป็นหลักฐานในแง่ของสถาปัตยกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์ของสถานที่ที่มีความสำคัญและพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรม วิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของชุมชน เพื่อรักษาไว้ซึ่งเอกลักษณ์ ศิลปวัฒนธรรมของชาติสืบไป

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรม
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลรูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรม
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น

2. วิธีการศึกษา

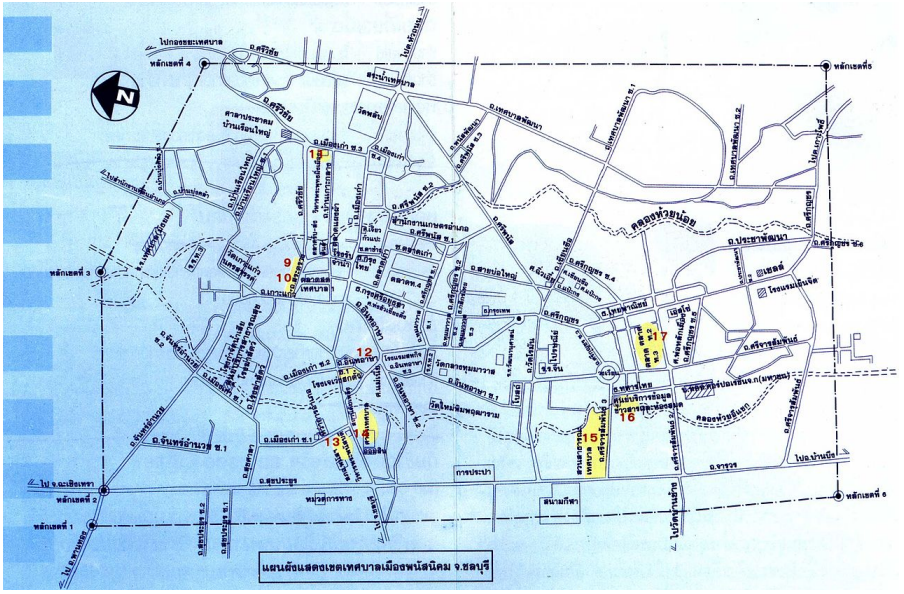
การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพแบบสังเกตอย่างมีส่วนร่วม เน้นการค้นหาความรู้ที่เป็นความจริง ที่ปรากฏจากหลักฐาน ที่เป็นรากเหง้าความรู้ทางปัญญาที่เป็นต้นน้ำ ใช้การสนทนาด้วยการสัมภาษณ์จากผู้รู้ทางด้านอาคาร ประวัติความเป็นมาของชุมชน ก่อนจะทำการสนทนา สัมภาษณ์ พูดคุย ถ่ายภาพ ทางคณะผู้วิจัยได้ขออนุญาตด้วยวาจา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

2.1 ประชากรตัวอย่าง

อาคารที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม มีองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า และมีลักษณะที่โดดเด่น มีความชัดเจนในเรื่ององค์ประกอบอาคารและมีคุณค่าในการอนุรักษ์ เพื่อให้ได้รายละเอียดของอาคาร ประวัติอาคารที่มีความเกี่ยวเนื่องกับชุมชน โดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้ ผู้อยู่อาศัยเป็นเจ้าของบ้านหรือทายาทเจ้าของบ้าน มีความต่อเนื่องของการครอบครอง ลักษณะทางกายภาพของบ้านมีคุณลักษณะของเรือนพื้นถิ่น วัสดุกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมท้องถิ่น มีองค์ประกอบอื่น ๆ ในผังบริเวณที่ให้เอกลักษณ์ของท้องถิ่น

2.2 การกำหนดพื้นที่

ชุมชนพนัสนิคม อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 1 แสดงขอบเขตพื้นที่ของเทศบาลเมืองพนัสนิคม

ที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/เทศบาลเมืองพนัสนิคม

2.3 การออกแบบการวิจัย (Research Design)

ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการศึกษาภาคสนาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่ การสำรวจภาคสนาม (Field Survey) การสังเกตการณ์ (Observation) การสัมภาษณ์ (Interview)

การเก็บข้อมูล ด้านกายภาพ ได้แก่ การศึกษาลักษณะ และรูปแบบของชุมชน, ที่อยู่อาศัย, ลักษณะทางสถาปัตยกรรม, การตั้งถิ่นฐานของชุมชนพนัสนิคม ด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ การประกอบอาชีพของคนในชุมชน และการศึกษาความเป็นไปได้ของแนวโน้มอาชีพเสริมที่จะเกิดขึ้นจากผลโครงการวิจัย ด้านสังคม ได้แก่ อิทธิพลทางศาสนา วิถีชีวิต วัฒนธรรมชุมชน ที่มีผลต่อที่อยู่อาศัย และชุมชนพนัสนิคม

วิธีการเก็บข้อมูล โดยการสำรวจสภาพทางกายภาพของอาคารพักอาศัยจากภาพถ่ายและแผนที่ สำรวจข้อมูลจากแหล่งท้องถิ่นที่มีการเก็บข้อมูลทางด้านวัฒนธรรม ข้อมูลปฐมภูมิ จากการสัมภาษณ์บุคคลในพื้นที่ศึกษา เช่น เจ้าของบ้าน และจากการสำรวจภาคสนามในชุมชน ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากเอกสารและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับชุมชน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ลงพื้นถิ่นในการสำรวจ รังวัดทางสถาปัตยกรรม เน้นกระบวนการปฏิบัติการเก็บข้อมูลทางสถาปัตยกรรม

วิธีการสำรวจ ทีมผู้วิจัย ลงพื้นที่สำรวจโดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้ ชี้แจงให้ผู้บริหารท้องถิ่น และประชาชนในพื้นที่ รับทราบการดำเนินโครงการ แนะนำโครงการและแผนการดำเนินการผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการ การศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่ ขั้นตอนการศึกษาขั้นต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ในการประชุมเพื่อชี้แจงโครงการรับฟังข้อเสนอแนะประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่ ชุมชน และประชาชนในพื้นที่ ข้อเสนอแนะที่ได้จากการประชุมนำไปพัฒนา ปรับปรุงให้เกิดประโยชน์ต่อไป ศึกษาพื้นที่ ขอบเขต ของชุมชนพนัสนิคม เดินสำรวจสภาพทางกายภาพของชุมชนพนัสนิคม เลือกอาคารที่มีรูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น โดยพิจารณาดูจากอายุอาคารวัสดุประกอบอาคาร ทำการสำรวจรังวัดทางสถาปัตยกรรม วัดขนาดอาคาร บันทึกภาพ บันทึกประวัติของอาคาร เขียนแบบสถาปัตยกรรมของอาคารแต่ละหลัง รวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน มีการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อรวบรวมข้อมูล ประวัติความเป็นมาของชุมชน การค้นหาอัตลักษณ์ สถานที่ที่สำคัญของชุมชน ที่มีประวัติศาสตร์ มีเรื่องราวของชุมชน มีการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อชี้แจงโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่รับทราบ และมีส่วนร่วมในการลงพื้นที่ให้ข้อมูลของชุมชน ประวัติของอาคาร ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชุมชน ตั้งแต่ผู้บริหาร หน่วยงานท้องถิ่น ประธานชุมชน

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

วิวัฒนาการ พัฒนาการการตั้งถิ่นฐานของย่านชุมชนพนัสนิคม พนัสนิคมเป็นเมืองโบราณซึ่งเคยรุ่งเรือง “เมืองพนัสนิคม” มีความหมายที่ได้ความอยู่ในตัว คือ “พนัส” แปลว่า ป่า นิคมแปลว่าหมู่บ้านใหญ่หรือตำบล เมื่อรวมความตามศัพท์ พนัสนิคม ก็แปลได้ใจความว่า หมู่บ้านใหญ่หรือตำบลที่มีภูมิประเทศเป็นป่า ในเรื่องการปกครองเมื่อได้ยกแดนป่าพระรศ ซึ่งพระอินทอาษาได้พาพรรคพวกมาตั้งภูมิลำเนาแล้ว โปรดเกล้าให้ตั้งพระอินทอาษาเป็นผู้ปกครองเมืองเรียกกันในสมัยนั้นว่าผู้สำเร็จราชการเมืองพนัสนิคม และให้เป็นผู้สำเร็จราชการเมืองโดยการสืบสายสกุล เมืองพนัสนิคมได้มีผู้สำเร็จราชการสืบสายสกุลกันมาได้ 4 ชั่วอายุ คือ พระอินทอาษา หรือท้าวทุม ผู้สำเร็จราชการเมืองพนัสนิคมคนแรก และต้นตระกูลทุมมานนท์ ซึ่งเป็นนามสกุลพระราชทานจากพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว นามสกุลพระราชทานที่ 1405 “ทุมมานนท์” พนัสนิคม เป็น “เมืองน่าอยู่อันดับ 1 ของประเทศไทย” เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2551 เทศบาลเมืองพนัสนิคม ได้รับการประกาศจากสถาบันชุมชนท้องถิ่นพัฒนา ให้เป็น เทศบาลเมืองที่มีค่าดัชนีความน่าอยู่สูงสุด อันดับที่ 1 ของประเทศ โดยมีดัชนีความน่าอยู่ของเมือง 5 มิติ เป็น ตัวชี้วัด ได้แก่ มิติเมืองปลอดภัย มิติเมืองสะอาด มิติเมืองคุณภาพชีวิต มิติเมืองธรรมาภิบาล และมิติเมืองวัฒนธรรม ติดอันดับ 1 ใน 1,000 เมืองระดับโลกที่มีคุณภาพชีวิตและสุขภาพคนเมืองดี ใน พ.ศ. 2553 จากการคัดเลือกขององค์กรอนามัยโลก (WHO) และเทศบาลน่าอยู่อย่างยั่งยืน

ของประเทศใน พ.ศ. 2555 จากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คำขวัญของพนัสนิคม คือ “พระพนัสคู่บ้าน จักสานคู่เมือง ลือเลื่องบุญกลางบ้าน ตำนานพระรถเมรี ศักดิ์ศรีเมืองสะอาด เก่งกาจการทายโจ๊ก”

หอพระพนัส ซึ่งถือว่าเป็นศูนย์รวมจิตใจของชาวพนัสนิคมอย่างแท้จริง พระพนัสบดี เป็นพระพุทธรูปศิลาเก่าแก่สมัยทวาราวดี ในท่าประทับยืนบนดอกบัวที่วางอยู่บนหลังสัตว์ประหลาดที่สร้างขึ้นจากจินตนาการ ชาวบ้านเล่าว่า ผู้พบได้พบขณะพายเรือไปขายของและปักไม้พายไปถูกองค์พระใต้ผิวน้ำที่ชายฝั่งคลอง หอพระพนัสบดี อยู่ตรงข้ามกับเทศบาลเมืองพนัสฯ เป็นหอพระอยู่กลางบ่อน้ำ ประดิษฐานพระพนัสบดีองค์จำลอง ลักษณะเป็นพระพุทธรูปยืนปางประทานพร ศิลปะสมัยทวารวดี องค์จริงมีอายุมากกว่าพันปี โดยองค์จริงเก็บรักษาโดยกรมศิลปากร ชาวพนัสถือว่าเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์คู่เมืองพนัส พนัสนิคม มีชื่อเสียงโด่งดังเรื่องงานจักสาน “จักสานใหญ่ที่สุดในโลก” ในสมัยก่อนส่วนใหญ่ชาวบ้านจะสาน เครื่องใช้ในครัวเรือน และเครื่องมือในการจับสัตว์น้ำ ไว้ใช้ในครัวเรือนของตนเอง ยามว่างเว้นจากการทำนา นับว่าเป็นความรู้ความสามารถที่สืบทอดกันมาแต่บรรพบุรุษควบคู่กับอาชีพการทำนา แต่เดิมเครื่องจักสานทำเพียงเพื่อใช้ภายในครัวเรือนเท่านั้น แต่ต่อมาก็เพื่อการแลกเปลี่ยนกับสินค้าตัวอื่น เช่น ข้าว ปลา สิ่งของต่าง ๆ และเนื่องจากชุมชนนี้อยู่ใกล้ตลาด จึงมีการนำผลผลิตในครัวเรือนออกมาสู่ระบบการซื้อขาย จนถึงปัจจุบัน งานประเพณีบุญกลางบ้าน ของพนัสนิคม เป็นงานประจำปี จัดขึ้นเดือนพฤษภาคมของทุกปี มีการทำบุญตักบาตร ทำพิธีเซ่นสรวงสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ตำนานเรื่องพระรถเมรี มาจากเรื่อง “รถเสนชาดก” เป็นชาดกเรื่องที่ 47 ในหนังสือปัญญาสชาดก (ชาดก 50 เรื่อง) การทายโจ๊กนิยมเล่นกันมากในสมัย รัชกาลที่ 4 ถึง รัชกาลที่ 5 มีการแต่งคำทายเป็นโคลงเป็นกลอน หรือประโยคคล้องจอง เป็นศิลปะทางภาษาแบบหนึ่ง นิยมเล่นกันในหลายจังหวัด โดยเฉพาะจังหวัดชลบุรี ในอดีตมีตั้งเป็นชมรม จัดการแข่งขันกัน แต่ที่พนัสนิคมยังมี ชมรมโจ๊กปริศนาพนัสนิคม อาหารขึ้นชื่อของเมืองพนัสคือ “หมี่แดงแกงลาว” ตลาดเก่าแบบนี้มีเสน่ห์อยู่ที่วิถีชีวิตของผู้คน ภาพของความสนิทสนมคุ้นเคย รอยยิ้ม การพูดคุยทักทายกับคนแปลกหน้า ทำให้ที่นี่มีชีวิต มีสีสัน ท่ามกลางความเรียบง่าย เป็นการผสมกันอย่างลงตัวของ คนในท้องถิ่น ประชากรของพนัสนิคม ประกอบด้วยหลายชนเผ่า ได้แก่ชาวลาวเวียง ซึ่งอพยพมาจาก เวียงจันทน์ ตั้งแต่ก่อนตั้งเมืองพนัสนิคม ชาวจีนซึ่งส่วนมากเป็นจีนแต้จิ๋ว และชาวไทยสยามในพื้นถิ่นดั้งเดิม ไม่ว่าจะเป็นเรื่องประเพณี วัฒนธรรม อาหารการกิน วิถีการใช้ชีวิต ซึ่งถือว่าเป็นความแตกต่างที่รวมกันได้อย่างลงตัวและมีเอกลักษณ์ในแบบท้องถิ่นของตนเอง ตลาดเก่าและบ้านเรือนที่นี่ยังคงเอกลักษณ์และวิถีชีวิตแบบเดิม ๆ ไว้อยู่มาก อยู่ใกล้ ๆ แค่เมืองพนัสนิคม เมืองพนัสนิคมเป็นตำนานของเมืองเก่าอย่างแท้จริง

คุณค่าและความสำคัญของย่านชุมชนและคุณค่าสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น รูปแบบสถาปัตยกรรม ชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี ใช้แนวทางของ กฎบัตรบูรา (the Burra Charter) ในการพิจารณา โดยคุณค่าและความสำคัญของย่านชุมชน มีดังนี้ คือ

1. คุณค่าทางศิลปกรรม (Artistic Value) ของย่านชุมชน อยู่ที่ความสวยงามของลวดลายฉลุไม้ และการตกแต่งของเรือนแถวไม้ ที่ยังคงรักษาสภาพดั้งเดิมไว้ได้ ลายฉลุ ช่องแสงระบายอากาศ

2. คุณค่าทางสถาปัตยกรรม (Architectural Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมอยู่ที่เรือนแถวไม้จำนวนมากที่มีรูปทรงและโครงสร้างอาคารที่สวยงาม มีลักษณะเฉพาะ เป็นเรือนแถวไม้ที่ยังคงรักษาสภาพและคุณค่าทางเศรษฐกิจแสดงให้เห็นความเป็นตลาดของชุมชน มีการค้าขายมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเรือนแถวไม้เหล่านี้สามารถนำมาปรับเปลี่ยนประโยชน์ใช้สอยสนองความต้องการของผู้ใช้สอยในอนาคตได้

3. คุณค่าทางด้านประวัติศาสตร์ (Historic Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมในฐานะที่เป็นพื้นที่ที่มีความเกี่ยวข้องกับประวัติความเป็นมาและการพัฒนาการของเมืองมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และยังคงสามารถรักษาหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือบุคคลสำคัญของเมืองไว้ได้ อาคารที่เคยใช้สอยในอดีตจะมีอาคารที่แสดงความเป็นย่านที่สำคัญ มีอาคารซึ่งเดิมเป็นโรงแรมเก่ายังคงอยู่ แม้ว่าจะปรับเปลี่ยนการใช้สอยไปแล้ว

4. คุณค่าทางด้านการศึกษาวิจัย (Research Value) ของย่านชุมชนดั้งเดิมซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาในอนาคตได้ เช่น การศึกษาด้านประวัติความเป็นมา โบราณคดี และสถาปัตยกรรมของเมือง แหล่งธรรมชาติที่

เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมของพื้นที่ หรือแหล่งประวัติศาสตร์ซึ่งหมายถึงบริเวณที่ปัจจุบันอาจไม่หลงเหลือหลักฐานทางกายภาพ แต่ในทางประวัติศาสตร์นั้นได้เกิดเหตุการณ์สำคัญมาก่อน

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

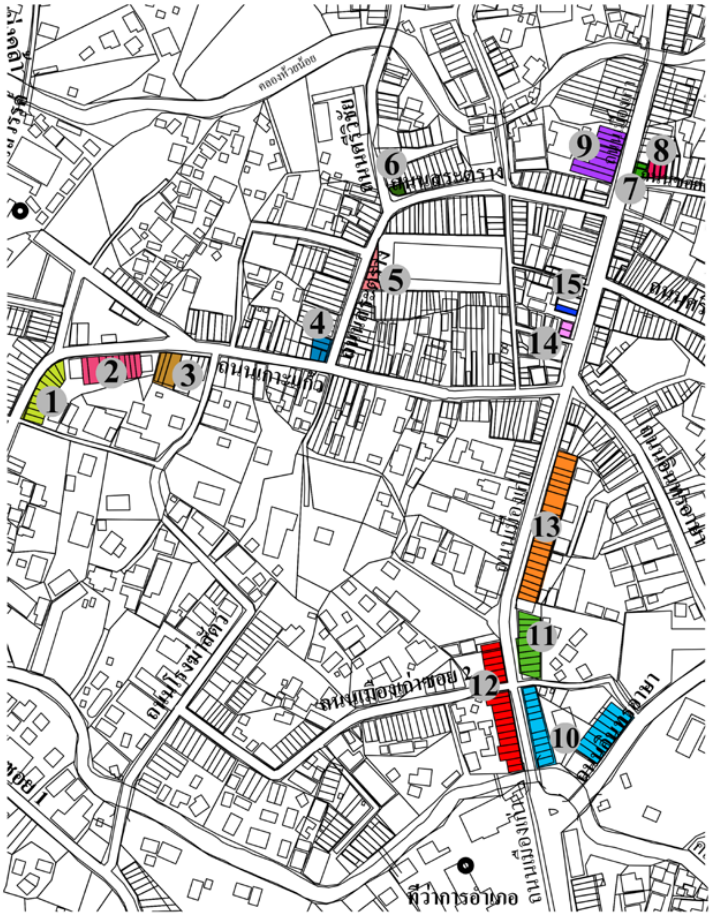
รูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรมจากการสำรวจรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของชุมชนพนัสนิคม พบว่ามีอาคารที่มีลักษณะสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า จำนวน 15 ชุด โดยอาคารส่วนใหญ่อยู่ในแนวถนนเมืองเก่า ถนนสระตราง และถนนเกาะแก้ว ประเภทอาคารในชุมชน อาคารเรือนแถวไม้ชั้นเดียว ที่ยังคงสภาพเดิมในเรื่องของวัสดุอาคาร ใช้บานเฟี้ยม และ หลังคาสังกะสี อาคารเรือนแถวไม้สองชั้น เป็นกลุ่มอาคารที่คงลักษณะดั้งเดิม มีการปรับเปลี่ยนวัสดุบ้างบางส่วน หลังคามุงสังกะสี ทรงปั้นหยา และทรงจั่ว อาคารเรือนแถวเดี่ยว รูปแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อน ที่ยังคงรูปแบบมีช่องแสง และเพื่อใช้ระบายอากาศ มีชายคายื่นยาวเพื่อป้องกันแสงแดด

ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น

ภาพที่ 2 ภาพถ่ายชุมชนพนัสนิคม ถ่ายภาพ โดยอากาศยานไร้คนขับ Drone
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2558

4. สรุปผล

รูปแบบและองค์ประกอบของอาคารพื้นถิ่นในเชิงสถาปัตยกรรม อาคารที่มีคุณค่าย่านชุมชนพนัสนิคม โดยการรวบรวมข้อมูล สำรวจและรังวัดทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่มีคุณค่า ด้านรูปแบบอาคาร วัสดุ สภาพอาคาร จำนวนชั้น การใช้สอยอาคาร ของอาคารที่เลือกเป็นกรณีศึกษา จำนวน 15 ชุด เพื่อจัดทำประวัติ บัญชีรูปภาพและแผนที่ของอาคารที่มีคุณค่าย่านชุมชนพนัสนิคม ลักษณะการวางผังอาคาร เป็นไปตามเส้นทางคมนาคม คือ วางตามแนวถนน โดยปลูกอาคารเป็นเรือนแถวไม้ ขนาบสองฝั่งถนน อาคารปลูกสร้างด้วยวัสดุท้องถิ่นเป็นเรือนแถวไม้ เรือนค้าขาย ใช้สำหรับการอยู่อาศัยและประกอบอาชีพค้าขาย โดยยังคงรูปแบบของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นดั้งเดิม มีทั้งชั้นเดียวและสองชั้น องค์ประกอบทางโครงสร้างและสถาปัตยกรรม การใช้ประตูบานเฟี้ยมไม้ การใช้ช่องแสงเพื่อระบายอากาศ มีระเบียงและชายคายื่นยาว เพื่อป้องกันแสงแดดที่จะนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร การตั้งถิ่นฐานโครงสร้างของหมู่บ้าน เป็นแบบการรวมกลุ่มตามกลุ่มชาติพันธุ์ ที่เป็นโครงสร้างผังเมืองแบบศูนย์กลาง มีศาสนาสถานตามกลุ่มเชื้อชาติ ได้แก่ กลุ่มคนจีนจะเห็นได้จาก มีศาลเจ้า และในเทศกาลกินเจ ชุมชนพนัสนิคมจะคึกคักเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นการแสดงออกถึงกลุ่มชาติพันธุ์ที่ยังคงสืบทอดประเพณี วัฒนธรรม ของชาวจีนในเทศกาลต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารพักอาศัย อาคารเรือนค้าขาย กับ ความเป็นอยู่ของชุมชนและวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในท้องถิ่น แสดงให้เห็นตามกลุ่มชนชาติต่าง ๆ ที่มารวมกันเป็นชุมชนและมีการปฏิบัติเกี่ยวกับเทศกาล งานประเพณี เช่น การทำบุญกลางบ้านต่อเนื่องกันมาจนยึดถือเป็นประเพณี คือ “ประเพณีงานบุญกลางบ้าน”



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งอาคารที่มีคุณค่า ชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 1-15
ที่มา : ทีมวิจัย

ภาพที่ 4 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข1 หมายเลข 2
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 5 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 3 หมายเลข 4
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 6 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 5 หมายเลข 6
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 7 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 7 หมายเลข 8 หมายเลข 9
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 8 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 10 หมายเลข 11
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 9 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 12 หมายเลข 13
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 10 อาคารที่มีคุณค่าชุมชนพนัสนิคม หมายเลข 14 หมายเลข 15
ที่มา : ทีมวิจัย เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2558

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะสถาปัตยกรรมเขตร้อน ที่มีช่องแสง ระบายอากาศ ชายคายื่นยาว เพื่อป้องกันแสงแดด
ที่มา : ทีมวิจัย 25 พฤศจิกายน 2558

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะสถาปัตยกรรมอาคารเรือนแถวไม้ชั้นเดียว ที่ยังคงสภาพเดิมในเรื่องของวัสดุอาคาร ประตูบานเฟี้ยม และ หลังคาสังกะสี
ที่มา : ทีมวิจัย 25 พฤศจิกายน 2558

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง การสร้างรูปแบบสถาปัตยกรรม ชุมชนพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน และยังได้รับคำแนะนำ ข้อเสนอแนะจากอาจารย์ปริญญา ชูแก้ว ที่ปรึกษาโครงการวิจัยในการเรื่องการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมและชุมชน ได้ให้แง่คิดในเรื่องมุมมองของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นและกระบวนการทำงานชุมชนเป็นอย่างมาก งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้วิจัยได้รับความกรุณา และการสนับสนุนจากหลาย ๆ ฝ่าย ได้แก่ ผู้บริหารท้องถิ่นเทศบาลเมืองพนัสนิคม เจ้าหน้าที่ของเทศบาลผู้อำนวยการกองช่าง ผู้นำชุมชน ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในชุมชน คณะกรรมการชุมชน รวมทั้งนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม วิทยาเขตอุเทนถวาย ที่เข้าร่วมทำการสำรวจภาคสนามในงานวิจัยชิ้นนี้

5. เอกสารอ้างอิง

Cultural landscape. 2009. Silpakorn University.

Pinraj Khanjanusthiti. 2009. **Conservation of architecture and community heritage**. Faculty of Chulalongkorn University.

Pornchit Perapatanakul. 2015. **Mapping architectural heritage at Bang Pla Soi Community Chonburi Province By The participation of the community**. Bangkok.

Vira Inpuntung. 2010. **Conservation of indigenous Thai dwellings**.

Withun Lieorungruang. 2009. **Conservation and management of cultural heritage**. Bangkok : Charoenwit

th.wikipedia.org/wiki/phanatnikhomcity Access on 9th October 2011.

http://www.phanatnikhomcity.go.th Access on 3rd December 2021.

https://www.museumthailand.com/th/3158/storytelling/phanatnikhom Access on 3rd December 2021.

https://urbancreature.co/panus_nikom/ Access on 3rd December 2021.

(Received: 15/Nov/2020, Revised: 19/Dec/2021, Accepted: 26/Dec/2021)

การเพาะเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกระถินณรงค์ที่เหลือใช้จากการทำกรงนกเขาชวา

Auricularia auricula and *Pleurotus ostreatus* Culture by *Acacia auriculiformis* Sawdust of Java dove's Birdcage Waste

จักรกริช อนันตศรัณย์

Jackrit Anantasaran

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา

Faculty of Agriculture Technology Songkhla Rajabhat University, Songkhla

E-mail: jackrit.an@skru.ac.th โทร. 08-31690566

บทคัดย่อ

ไม้กระถินณรงค์เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำกรงนกเขาชวาโดยเฉพาะหัวกรงนกที่ต้องผ่านการกลึงอย่างสวยงาม ทำให้เกิดขี้เลื่อยในกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่เหลือใช้จากการทำกรงนกเขาชวามาเพาะเห็ดเศรษฐกิจ 2 ชนิด คือ เห็ดหูหนูและเห็ดนางรม โดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกับขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน (100:0, 80:20, 50:50, 20:80 และ 0:100 ตามลำดับ) ผสมและหมักขี้เลื่อยทั้งสองชนิด ลักษณะกองระยะเวลา 30 วัน แล้วตรวจสอบค่าอินทรีย์สารก่อนทำการอัดก้อนเห็ดขนาด 1 กิโลกรัม พบว่า pH 7.9-8.5 ส่วนปริมาณเถ้า ความชื้น โปรตีน ผันแปรสูงตามสภาพแวดล้อม หลังจากนั้นบ่มเส้นใยเชื้อเห็ดในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน แล้ววางเลี้ยงเปิดดอกในโรงเรือน เป็นระยะเวลา 30 วัน และ 60 วัน แล้วบันทึกการเจริญเติบโตของดอกเห็ด พบว่า อัตราส่วนขี้เลื่อยที่แตกต่างกันส่งผลต่อน้ำหนักสดและขนาดช่อดอกหูหนูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราส่วนขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์มากกว่า 50% ให้น้ำหนักสดช่อดอก (268.5 กรัม) และขนาดช่อดอก (15.7 ซม.) ที่ดี ขณะที่เห็ดนางรม อัตราส่วนขี้เลื่อยที่แตกต่างกันส่งผลต่อขนาดและจำนวนดอกนางรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีนัยสำคัญต่อน้ำหนักสดของช่อดอก อัตราส่วนขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ต่ำกว่า 50% ให้จำนวนดอก (12.7 ดอก) และขนาดดอกนางรม (10.4 ซม.) ที่ดีกว่า ดังนั้น ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่เหลือใช้จากการทำกรงนกเขาชวาสามารถใช้ร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเลี้ยงเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมได้ โดยที่อัตราส่วนของขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อไม้กระถินณรงค์ที่เหมาะสมขึ้นกับเห็ดหูหนูและเห็ดนางรม เท่ากับ 20:80 และ 80:20 ตามลำดับ

คำสำคัญ : เห็ดหูหนู เห็ดนางรม การเพาะเลี้ยงเห็ด ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

Abstract

Acacia auriculiformis was an important material for Java dove's craft hook of cage manufacturer. Sawdust was wasted by this process. This research observed the possibility for using these sawdust to cultivate two valuable mushrooms: *Auricularia auricular, Pleurotus ostreatus* by evaluating ratio of *Acacia auriculiformis* and *Hevea brasiliensis sawdust* (100:0, 80:20, 50:50, 20:80 และ 0:100, respectively). The mixtures of sawdust were fermented for 30 days. The organic chemicals of fermented sawdust tested before it were packed in 1-kg plastic bag. The result shows that pH is 7.9-8.5. Ash, moisture and protein were varied by environment. Mycelium was incubated in dark room at room temperature for 30 days. Next, mushroom harvesting was observed for 30 days and 60 days after mycelium incubation. The growth of two mushrooms were recorded. The ratio mix sawdust was significant difference on fresh weight, size of mushroom of *Auricularia auricula*. The healthy

mushrooms grew on the ratio of *Acacia auriculiformis* sawdust more than 50% (the fresh weight is 268 grams/group and size is 15.7 cm.). Whereas the ratio mix sawdust was significant difference on number of mushroom/bag and size of *Pleurotus ostreatus*, Its healthy growth on the ratio of *Acacia auriculiformis* sawdust less than 50% (the fresh weight mushroom is 12.7 per bag and size is 10.4 cm.). Therefore, *Acacia auriculiformis* sawdust of Java dove's cage processed waste can be used as material for mushroom spawn cultivation but the appropriate ratio depends on *Auricularia auricular* and *Leucaena leucocephala*. The appropriate ratio of *Hevea brasiliensis* sawdust and *Acacia auriculiformis* sawdust of *Auricularia auricular* and *Pleurotus ostreatus* were 20:80 and 80:20, respectively.

Keywords : *Auricularia auricular*, *Pleurotus ostreatus*, mushroom culture, *Acacia auriculiformis*, *Hevea brasiliensis*, sawdust

1. บทนำ

การเลี้ยงนกเขาชวาเป็นวิถีชีวิตที่สำคัญของชาวบ้านในพื้นที่ภาคใต้ โดยเฉพาะชุนชนชาวไทยมุสลิม เกิดอาชีพการเพาะพันธุ์นกเขาชวาแบบครบวงจร ทำให้พื้นที่อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา เป็นแหล่งที่มีชื่อเสียงในฐานะแหล่งเพาะพันธุ์นกเขาชวา (Sookpala, 1995) สร้างรายได้แก่ชาวบ้านที่ทำอาชีพเกี่ยวกับธุรกิจการเลี้ยงนกเขาชวาตั้งแต่ผลิตกรงนก ผ้าคลุมกรงนก ตะขอเกี่ยวกรงนก หัวกรงนก เป็นต้น (Kaewnu, 1997) กำลังการผลิตตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนถึงกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ปัจจุบันการทำกรงนกเขาชวายังคงนิยมใช้วิธีการดั้งเดิม มีการสืบทอดความรู้หลายชั่วอายุคน โดยใช้วัสดุต่าง ๆ จากธรรมชาติ เช่น หัวกรงนกยังใช้ฝีมือช่างไม้ในการกลึงไม้กระถินณรงค์ (ภาพที่ 1A) ทำให้มีการนำเข้าของวัสดุธรรมชาติจากพื้นที่ใกล้เคียงจำนวนมากก่อให้เกิดของที่เหลือทิ้งจากการผลิตสะสมปริมาณมาก ผู้ผลิตหัวกรงนกชวาได้พยายามกำจัดวัสดุที่เหลือทิ้งในรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่ได้เพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ เช่น การเผาเป็นเชื้อเพลิงหรือผสมกับอินทรียวัตถุอื่นเพื่อเป็นปุ๋ย ทำให้ผู้ผลิตหัวกรงนกเขาชวามีความต้องการเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุเป็นการเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่งและลดปริมาณขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่เหลือทิ้ง (Petchrat, 1994) เนื้อไม้กระถินณรงค์นิยมใช้เป็นไม้ทำเยื่อ (pulpwood) เหมาะสำหรับทำวงกบ บานประตู ก่อสร้างทั่วไป ไม้พื้น เครื่องมือเครื่องใช้ด้ามเครื่องมือ เผาทำถ่านไม้ สีเนื้อไม้หรือแก่นสีน้ำตาลเหลืองหรือสีฟางข้าว เมื่อเลื่อยแบบผ่าแบนปรากฏลวดลายมีความแข็งเฉลี่ยสูงทนต่อขีดข่วน ไม่เกิดริ้วรอย เซลล์เส้นใยยาว 879.00 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 16.74 ไมโครเมตร ความหนาของผนังเซลล์ 2.81 ไมโครเมตร ความกว้างของช่องในเซลล์ 11.13 ไมโครเมตร เส้นใยคุณภาพดีมากเหมาะสำหรับผลิตเยื่อได้ดี (Runkel ratio 0.55) เส้นใยมีความแข็งทื่อมาก (Flexibility coefficient 0.67) เนื้อไม้ประกอบด้วยสารแทรก (Extractives) 5.96 % โฮโลเซลลูโลส 71.33 % เซลลูโลส 40.57 % ลิกนิน 34.10 % ไม่มีเฮมิเซลลูโลส (Yahya, 2010) ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากไม้ยางพารา งานวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาการใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่เหลือ ในการเพาะเห็ดเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ดหูหนูและเห็ดนางรม มาทดแทนร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการทำวัสดุหมักก้อนเชื้อเห็ด เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าและลดปริมาณขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่เหลือจากการทำหัวกรงนกของกลุ่มเกษตรกรที่ทำหัวกรงนกเขาชวาในพื้นที่ อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา

2. วิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย หัวเชื้อเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมในข้าวฟาง ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ (ภาพที่ 1A) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา รำละเอียด ยิปซัม ปูนขาว และดีเกลือ

วิธีดำเนินการมี 3 ขั้นตอน คือ การบ่มขี้เลื่อยหมัก การบ่มเส้นใยเชื้อเห็ดในก้อนเห็ดและการเปิดดอกเห็ด

2.1 การบ่มขี้เลื่อยหมัก ผสมขี้เลื่อยไม้ยางพาราและขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ให้เข้ากันร่วมกับรำละเอียด ยิปซัม ปูนขาวและดีเกลือ แล้วรดน้ำให้หมาด ๆ หมักไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ระหว่างที่หมักจะมีการพลิกกองวัสดุหมักทุก ๆ 3 วัน (ภาพที่ 1B) ซึ่งจะใช้อัตราส่วน 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 60 กิโลกรัม 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลอง ที่ 1 ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง ที่ 2 ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา : ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ เท่ากับ 80 : 20

ชุดการทดลอง ที่ 3 ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา : ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ เท่ากับ 50 : 50

ชุดการทดลอง ที่ 4 ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา : ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ เท่ากับ 20 : 80

ชุดการทดลอง ที่ 5 ใช้ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ 100%

เมื่อบ่มครบเวลา 30 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างวัสดุหมัก นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ให้แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะของขี้เลื่อยหมักทางเคมี ได้แก่ pH ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณเถ้า และปริมาณโปรตีน เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางเคมีของขี้เลื่อยทั้งห้าอัตราส่วน

2.2 การบ่มเส้นใยเชื้อเห็ดในก้อนเห็ด ทำการอัดก้อนเชื้อเพาะเห็ดโดยนำวัสดุหมักบรรจุถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 8x12 นิ้ว น้ำหนัก 1 กิโลกรัม แล้วอัดให้แน่นใส่คอขวดพลาสติก ปิดจุก นึ่งก้อนเห็ดฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยระบบไอน้ำร้อน แล้วตั้งให้อุณหภูมิลดลง หยอดเมล็ดข้าวฟ่าง 10 เม็ด ที่มีหัวเชื้อเห็ดหูหนูหรือเห็ดนางรมลงไปในถุง ปิดปากถุงด้วยด้วยสำลีและฝา วางเรียงซ้อนเป็นระเบียบจนเชื้อเดินจนเต็มก้อนเห็ด ประมาณ 30 วัน

2.3 การเปิดดอกเห็ด เมื่อเส้นใยเดินจนเต็มก้อนเชื้อแล้ว นำ ไปเปิดดอกในโรงเรือนที่รักษาความชื้นด้วยการรดน้ำวันละ 2 ครั้ง เป็นอย่างน้อย โดยเห็ดทั้งสองชนิดมีวิธีการวางเลี้ยงและเก็บผลที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

เห็ดหูหนู แขวนกับเชือกเป็นแนวตั้งโดยผูกที่จุกขวด 5 ก้อนเห็ดต่อเส้นเชือก แล้วกรีดตามแนวยาวที่ข้างก้อนเห็ด 4 แนวต่อก้อน (ภาพที่ 2A) เพื่อให้ดอกเห็ดเจริญเติบโตออกมา แล้วดูแลรดน้ำก้อนเห็ด โดยจะเก็บผลผลิตดอกเห็ด เมื่ออายุครบ 30 วัน บันทึกน้ำหนักสดและความกว้างของช่อดอก

เห็ดนางรม วางแนวนอนซ้อนกันบนชั้นไม้ ให้จุกขวดหันเข้าหาทางเดิน เปิดจุกสำลีออก ให้เห็ดเจริญเติบโตทางปากขวด (ภาพที่ 2B) โดยจะเก็บผลผลิตดอกเห็ดจนอายุครบ 60 วัน บันทึกจำนวนดอกต่อก้อนเห็ด น้ำหนักดอกเฉลี่ย ความกว้างของหมวกดอก

2.4 การบันทึกผล นำค่าน้ำหนักสดและความกว้างของช่อดอกเห็ดหูหนูและจำนวนดอกต่อก้อนเห็ด น้ำหนักดอกเฉลี่ย ความกว้างของหมวกดอกเห็ดนางรมมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS ถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใช้วิธี LSD เพื่อหาความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของขี้เลื่อยทั้งสองชนิด

ภาพที่ 1 ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ A) จากการกลึงหัวกรงนกเขาชวา B) กองวัสดุหมักก่อนบรรจุถุงก้อนเห็ด

ภาพที่ 2 การเปิดดอกเห็ด A) เห็ดหูหนู B) เห็ดนางรม ในโรงเพาะเห็ด

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การบ่มขี้เลื่อยหมัก ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่หมักรวมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 30 วัน แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างแล้วนำไปอบให้แห้งเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของขี้เลื่อยหมัก โดยทำการหมักจำนวน 3 ซ้ำ ต่างเวลากัน พบว่า ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตมีค่าต่ำมาก ไม่สามารถตรวจวัดได้ ปริมาณเถ้า ความชื้นและโปรตีนในแต่ละอัตราส่วนขี้เลื่อยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากค่าที่วัดได้ทั้งสามซ้ำจากการทดลองต่างเวลากันมีความผันแปรสูง อาจเกิดจากคุณภาพของส่วนผสมที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะขี้เลื้อยไม้กระถินณรงค์ที่ได้มา และสภาพภูมิอากาศขณะบ่มกอง โดยค่าความเป็นกรดด่างของกองวัสดุหมักมีค่าเป็นเบสอ่อน (7.9-8.5) และในขี้เลื่อยหมัก 100 กรัม มีปริมาณเถ้า 4.24-10.61 กรัม โปรตีน 1-4.2 กรัม โดยกองขี้เลื่อยหมักที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์มากกว่าจะมีแนวโน้มมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน และความชื้นลดลง โดยเฉพาะกองขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ 100% จะมีค่าต่ำที่สุด

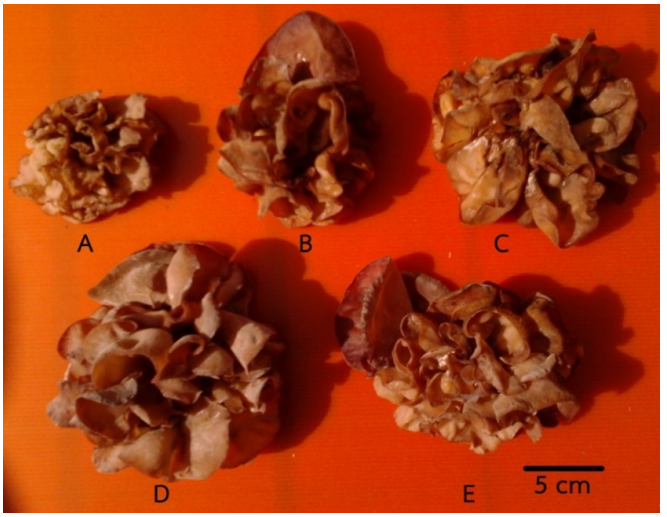
3.2 การบ่มเส้นใยเชื้อเห็ดในก้อนเห็ด หลังจากบ่มขี้เลื่อยหมักแล้วอัดบรรจุลงถุงขนาดก้อน 1 กิโลกรัม นึ่งฆ่าเชื้อแล้วใส่หัวเชื้อเห็ดหูหนูและเห็ดนางรม พบว่า ทั้งเชื้อเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมสามารถสร้างเส้นใยในก้อนเห็ดได้อย่างปกติเมื่อบ่มก้อนเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์อื่นในก้อนเห็ดทั้งสองชนิด และการเดินเส้นใยของเห็ดทั้งสองในทุกอัตราส่วนขี้เลื่อยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำการเปิดดอกเห็ดโดยเห็ดหูหนูกรีดแนวข้างถุงแล้วแขวน ส่วนเห็ดนางรมเปิดจุกขวดวางเรียงซ้อนตามแนวนอน แล้วเก็บดอกเห็ดหูหนูเมื่ออายุครบระยะเวลา 30 วัน หลังเปิดดอกได้ ได้ข้อมูลดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 น้ำหนักสด ขนาดของดอก และจำนวนดอกเฉลี่ยต่อก้อนเชื้อของเห็ดหูหนู

ขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อกระถินณรงค์	น้ำหนักสดช่อดอก (กรัม)	ขนาดของช่อดอก (ซม.)
100:0	89.8 ± 61.9^{c}	9.4 ± 2.5^{c}
80:20	213.6 ± 54.6^{b}	12.7 ± 1.8^{b}
50:50	268.5 ± 38.3^{a}	15.7 ± 2.6^{a}
20:80	264.8 ± 45.2^{a}	15.1 ± 1.6^{a}
0:100	253.9 ± 70.4^{a}	14.5 ± 2.0^{a}
F-test	*	*
C.V. (%)	24.7	3.1

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p < 0.05$
ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีตัวอักษรต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

ดอกเห็ดหูหนูที่เก็บได้เมื่อครบ 30 วันหลังเปิดดอกจากทุกอัตราส่วนขี้เลื่อยมีการเจริญเติบโตช่อดอกที่ปกติทุกชุดการทดลอง แต่เมื่อสังเกตจากลักษณะภายนอกที่สังเกตได้ จะมีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง โดยช่อดอกเห็ดหูหนูขนาดเล็ก แกรน กลีบดอกมีขนาดเล็ก ไม่อวบน้ำ พบมากในชุดขี้เลื่อยหมักที่ได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% ส่งให้น้ำหนักสดของช่อดอก (89.8 กรัม) และขนาดของช่อดอก (9.4 ซม.) แตกต่างจากเห็ดหูหนูที่เพาะจากขี้เลื่อยผสมที่มีอัตราส่วนไม้กระถินณรงค์ตั้งแต่อัตราส่วน 50:50 ขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าน้ำหนักสดของช่อดอก (253.9-268.5 กรัม) และขนาดของช่อดอก (14.5-15.7 ซม.) ที่มากกว่า ช่อดอกเห็ดมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ อวบน้ำเมื่อได้รับน้ำเต็มที่ (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่าวัสดุหมักที่อัตราส่วนขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มส่งผลต่อขนาดและน้ำหนักสดของช่อดอกเห็ดหูหนูที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 3 ลักษณะของดอกเห็ดหูหนูในก้อนเชื้อเห็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ A) 100:0 B) 80:20 C) 50:50 D) 20:80 และ E) 0:100 ตามลำดับ

ส่วนก้อนเห็ดนางรมหลังวางเลี้ยงในโรงเรือนเห็ดแล้วเปิดดอกเก็บเห็ดครบ 60 วัน ทำการเก็บข้อมูลลักษณะเห็ดนางรมที่เจริญเติบโตได้ผล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดเฉลี่ย ขนาดของดอก และจำนวนดอกเฉลี่ยต่อก้อนเชื้อของเห็ดนางรม

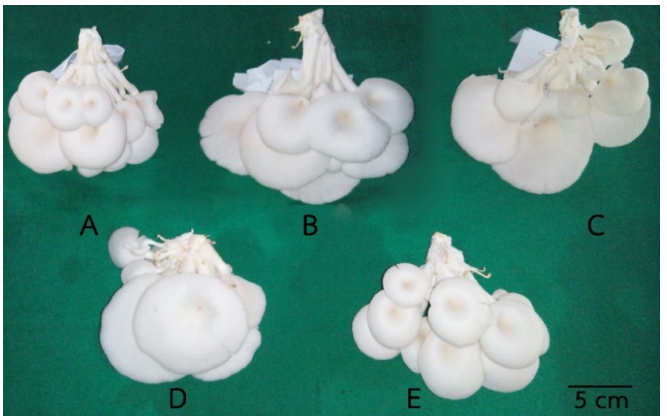
ขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อกระถินณรงค์	น้ำหนักสดช่อดอก (กรัม)	ขนาดของดอก (ซม.)	จำนวนดอกต่อช่อ
100:0	78.8 ± 44.0	8.3 ± 2.2^{b}	12.5 ± 9.0^{a}
80:20	85.9 ± 43.1	10.4 ± 1.5^{a}	12.7 ± 9.1^{a}
50:50	69.4 ± 39.5	8.9 ± 3.2a^{b}	11.0 ± 7.9^{ab}
20:80	76.0 ± 40.1	8.8 ± 2.2^{ab}	9.9 ± 6.7^{bc}
0:100	76.1 ± 45.7	8.1 ± 1.82^{b}	7.8 ± 6.0^{c}
F-test	ns	*	*
C.V. %	52.4	24.4	60.6

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p < 0.05$
ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีตัวอักษรต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

ชนิดของขี้เลื่อยมีผลต่อคุณภาพและปริมาณของดอกเห็ดนางรมที่เพาะได้ โดยเปรียบเทียบไม้ยางพารา (100:0) และไม้กระถินณรงค์ (0:100) พบว่า น้ำหนักสดต่อช่อดอกที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดขี้เลื่อยมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ส่งผลต่อจำนวนดอกในแต่ละช่ออย่างมีนัยสำคัญ โดยวัสดุหมักขี้เลื่อยไม้ยางพาราสามารถเพาะเห็ดนางรมได้จำนวนดอกเฉลี่ยต่อช่อเห็ดมากกว่าวัสดุหมักขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ และการใช้ชนิดวัสดุหมักที่เป็นขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% หรือผสมขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนที่ต่ำ (80:20) มีแนวโน้มให้จำนวนดอกเห็ดรวมมากกว่าวัสดุหมักที่ใช้ขี้เลื่อยผสมในทุกอัตราส่วนที่มีขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์สูงขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบขี้เลื่อยหมักผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ขี้เลื่อยหมักที่อัตราส่วนขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มส่งผลต่อจำนวนดอกรวมและจำนวนดอกต่อช่อเห็ดที่ลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อขนาดของดอกและน้ำหนักของช่อดอก สังเกตจากลักษณะทางกายภาพของช่อเห็ดที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันในทุกอัตราส่วน ช่อดอกเห็ดมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ (ภาพที่ 4)

เห็ดนางรมเจริญเติบโตในขี้เลื่อยหมักจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้ดีกว่าขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์และขี้เลื่อยหมักที่มีส่วนผสมขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์เพียงเล็กน้อย (อัตราส่วน 80:20) สามารถใช้ทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเพียงอย่างเดียวได้



ภาพที่ 4 ลักษณะของดอกเห็ดนางรมในก้อนเชื้อเห็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ A) 100:0 B) 80:20 C) 50:50 D) 20:80 และ E) 0:100 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบลักษณะเนื้อไม้วงศ์กระถินณรงค์ และยางพารา (Kulpornpun, 2003 และ Saffian *et al*., 2014) พบว่า ไม้วงศ์กระถินณรงค์มีความหนาแน่น 570 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้ยางพารา 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่า Homocellulose ไม้วงศ์กระถินณรงค์อยู่ระหว่าง 69.4-73.8% ในยางพารา 73.20-76.47% โดยปริมาณ Homocellulose สูงจะบ่งบอกถึงปริมาณเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่มีมาก ส่งผลต่อความแข็งของเนื้อไม้ (ไม้เนื้อแข็งปานกลาง 70-75%, ไม้เนื้อแข็ง 75-82%) จากข้อมูลจะเห็นว่าไม้ยางพารามีลักษณะเป็นไม้ที่มีเนื้อแข็งมากกว่าพืชวงศ์กระถินณรงค์ ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่ได้จากการผลิตหัวกรงนกชวาเกิดจากใช้ส่วนแก่นไม้กลึง ทำให้ขี้เลื่อยที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มกว่าขี้เลื่อยยางพารา ซึ่งเกิดจากการสะสมสารลิกนินในเนื้อไม้ โดยมีค่าลิกนินในแก่นไม้วงศ์กระถินณรงค์มีค่า 19.7-25.0% ส่วนไม้ยางพารา 11.26-13.87% และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้ทั้งสอง พบว่าค่าสารละลายที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน (Hot Water Solubles) ซึ่งประกอบสารเคมีต่าง ๆ ที่อยู่ในเนื้อไม้ ได้แก่ แทนนิน ยาง (gum) แป้ง น้ำตาล โพลีแซคคาไลด์ เกลือแร่ สารฟีนอลิก ที่พบในขี้เลื่อยไม้วงศ์กระถินณรงค์มีค่า 0.9-9.8% ขณะที่ไม้ยางพารามีค่า 2.25-5.88% ทำให้ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์มีสารเคมีเป็นองค์ประกอบที่มากกว่า และเมื่อผ่านกระบวนการหมักก่อนบรรจุถุงเป็นก้อนเห็ด ขี้เลื่อยหมักได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นก่อน สามารถเปลี่ยนสารเคมีในขี้เลื่อยให้เป็นธาตุอาหารแก่เห็ดได้มากขึ้น ซึ่งทำให้ขี้เลื่อยหมักที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์

อัตราส่วนที่มากกว่าสามารถเกิดการย่อยสลายและให้สารอาหารในก้อนเห็ดที่มากกว่า เห็ดหูหนูจึงมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์กว่า ทำให้ได้ค่าน้ำหนักสด และขนาดของช่อดอกที่มากกว่าเห็ดหูหนูที่เลี้ยงด้วยวัสดุเพาะที่มีอัตราส่วนไม้ยางพาราเป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Onyanga *et al*. (2011a และ 2011b) ที่พบว่า การหมักของเศษวัสดุทางการเกษตร ชานอ้อย ฟางข้าวสาลี ฟางหญ้า ซังข้าวโพด ก่อนนำไปเพาะเห็ดหูหนูจะทำให้ผลผลิตที่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ และมีความสัมพันธ์สารอาหารที่เหลือให้ย่อยสลายได้ในวัสดุเพาะเห็ด ดังนั้น ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์มีปริมาณสารเคมีที่สามารถย่อยสลายไปเป็นสารอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดหูหนูได้มากกว่าไม้ยางพารา

ส่วนเห็ดนางรมจะเจริญเติบโตได้ดีในวัสดุเพาะที่มีสาร Homocellulose ปริมาณมากแต่มีลิกนินปริมาณน้อย เนื่องจากเห็ดนางรมมีความสามารถในการย่อยสลายลิกนินไปเป็นสารอาหารได้ช้ากว่า Homecellulose ซึ่งสอดคล้องกับ Pandey และ Singh (2014) ที่ศึกษาปริมาณสารต่าง ๆ ที่ถูกย่อยสลายในทุกขั้นตอนการเลี้ยงเห็ดนางรม จึงทำให้เห็ดนางรมเจริญเติบโตได้ในขี้เลื่อยผสมที่มีอัตราส่วนไม้ยางพาราสูงกว่าไม้กระถินณรงค์ ดังนั้น ปริมาณสารเคมีในวัสดุเพาะ ความสามารถย่อยสลายสารอาหารของเห็ด เป็นตัวแปรสำคัญในการเจริญเติบโตของเห็ด สอดคล้องกับ Kimenju *et al*. (2009) ที่รายงานว่า เห็ดชนิดต่าง ๆ ที่เลี้ยงด้วยวัสดุเพาะจากอินทรีย์สารหลากหลายชนิดจะกระตุ้นให้เส้นใยเจริญเติบโตได้ดี ออกดอกเร็วและสมบูรณ์ขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญ คือ สารอาหารที่มีในวัสดุเพาะ (Royse, 1997; Stament, 2005) นอกจากนี้ยังขึ้นกับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์พืช (lignocellulose) (Narin *et al*., 2008)

การเพาะเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมสามารถใช้ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์เป็นวัสดุเพาะได้เช่นเดียวกับวัสดุเหลือทิ้งในการเกษตรอีกหลากหลายชนิด เช่น เปลือกฝักข้าวโพด (Srijumpa and Khayankan, 2011) ฟางข้าวสาลี ฟางหญ้า ซังข้าวโพด ชานอ้อย (Onyango *et al*., 2011a และ 2011b) เศษกิ่งไม้ใบไม้ (Jala, 2014) กากใยสับปะรด (Srinak *et al*., 2012) ทดแทนไม้ยางพารา โดยผลผลิตที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งช่วยลดต้นทุนจากการซื้อขี้เลื่อยยางพาราจากแหล่งอื่น ส่งผลให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายลดได้ถึง 2-3 บาทต่อก้อนเชื้อเห็ด (Nonsee, 2014) และเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากชุมชน

4. สรุปผล

ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ที่เหลือจากกระบวนการกลึงหัวกรงนกเขาชวาสามารถนำมาใช้ทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดหูหนูและเห็ดนางรมได้ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

1) ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดหูหนูโดยใช้อัตราส่วนขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อไม้กระถินณรงค์เท่ากับ 20:80 และ 0:100 ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตเห็ดหูหนูอย่างมีนัยสำคัญ

2) การเพาะเห็ดนางรมด้วยอัตราส่วนขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่สูงกว่าขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์ เท่ากับ 100:0 และ 80:20 ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตเห็ดนางรมอย่างมีนัยสำคัญ

3) ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดหูหนูมากกว่าเห็ดนางรมเห็ดหูหนู เพราะความสามารถในการย่อยสลายขี้เลื่อยที่แตกต่างกันของเห็ดทั้งสอง

4) ขี้เลื่อยไม้กระถินณรงค์มีความเป็นไปได้ที่จะเพาะเห็ดชนิดอื่น ๆ ได้ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตสินค้าโดยวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กในพื้นที่อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรพงศ์ สุขจันทร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่อำนวยความสะดวกสถานที่ พร้อมให้คำแนะนำช่วยเหลือแก้ไขปัญหา และวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผลิตหัวกรงนกเขาชวา อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลาที่เสนอแนะแนวทางปัญหาและจัดหาวัสดุขี้เลื่อยในการวิจัยและนำความรู้ที่ได้ไปใช้งาน

6. เอกสารอ้างอิง

Jala, A. 2014. **Used Composted Garbage Leaves in Mixing with Rubber Tree Sawdust for Culturing Phoenix Mushroom**. Thai Science and Technology Journal. 22 (4): 501-506. (in Thai)

Kaewnu, A. 1997. **Local wisdom and development: can it really be developed**? Folklore Museum, the Institute for Southern Thai Studies, Thaksin University. Thaksinkadee Journal 4 (3): 43-55. (in Thai)

Kimenju, J.W., G.O.M. Odeo, E.W. Mutitu, P.M. Wachira, R.D. Narla and W.M. Muiru. 2009. **Suitability of locally available substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*.) cultivation in Kenya**. Asian Journal Plant Science. 8: 510-514.

Kulpornpun, W. 2003. ***Acacia mangium* Wild**. Public Service National Park Service 7. Department of National Parks Wild animals and plants. NakhonRatchasima. 40-51. (in Thai)

Narin, R., R.K. Sahu, S. Kumar, S.K. Garg, C.S. Singh and R.S. Kanaujia. 2008. **Influence of different nitrogen rich supplements during cultivation of *Pleurotus florida* on maize cobs substrate**. Environmentalist. 29: 1-7.

Nonsee, K. 2014. **Cost and return of shiitake mushroom cultivation in Doi Saket District, Chiang Mai Province**. M. Acc.Thesis. ChiangMai University. (in Thai)

Onyango, B.O., V.A. Palapala, P.F. Arama, S.O. Wagai and B.M. Gichimu. 2011a. **Morphological characterization of Kenyan native wood ear mushroom [*Auricularia auricular* (L. ex Hook.) Underw.] and the effect of supplemented millet and sorghum grians in spawn production**. Agriculture and Biology journal of North America. 3: 407-414.

Onyango, B.O., V.A. Palapala, P.F. Arama, S.O. Wagai and B.M. Gichimu. 2011b. **Suitability of Selected Supplemented Substrates of Cultivation of Kenyan A native wood ear mushroom (*Auricularia auricular*)**. American Journal of Food Technology 6(5): 395-403.

Pandey, V. K. and M. P. Singh. 2014. **Biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus***. Cellular and Molecular Biology 60(5): 29-34.

Petchrat, J. and S.P.T Eddy. 1994. **An Economic Analysis of the Bird-Cage Industry in Chana District, Songkhla Province**. Prince of Songkla University. Songkhla. (in Thai)

Royse, D.J. 1997. **Specialty mushrooms and their cultivation**. Horticultural Reviews 19: 59-97.

Saffian, H.A., P.M. Tahir, J. Harun, M. Jawaid and K. R. Hakeem. 2014. **Influence of planting density on the fiber morphology and chemical composition of a new latex-timber clone tree of rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)**. BioResources 9(2): 2593-2608.

Sookpala, J. 1995. **The raising of singing doves and its culture: A study of Amphor Chana, Changwat Songkhla**. M.A Thesis. Thai Studies. Srinakharinwirot University, Southern Campus. (in Thai)

Srijumpa, N. and S. Khayankan. 2011. **Agricultural Wastes as Substrates for Mushroom Cultivation**. THAI Agricultural Research Journal. 29(2) : 116-118. (in Thai)

Srinak, J., R. Seesukjai, W. Yuman and U. Phajan. 2012. **Cultivation of mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on pineapple from the factory of Tipcofoods Thailand**. B.Sc.Thesis. Department of Biology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)

Staments, P., 2005. **Mycelium Running: How Mushrooms Can Help Save the World**. Ten Speed Press, Berkeley, CA.

Yahya, R., J. Sugiyama, D. Silsia and J. Gril. 2010. **Some Anantomical Features of an Acacia hybrid, A. mangium, and A. auriculiformis grown in Indonesia**. Journal of Tropical Forest Science 22(3): 343-351.

(Received: 17/Feb/2021, Revised: 14/Dec/2021, Accepted: 21/Dec/2021)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% สำหรับการรักษาสภาพชิ้นเนื้อจากผู้เสียชีวิตทางนิติพยาธิ

Efficiency in Different Concentrations of Lactic acid Compared to 10% Formalin as a Preservative in Forensic Autopsy

ธีมารัตน์ บริชน[1] และ นพรุจ ศักดิ์ศิริ[2]

Teemarut Borichon[1] and Noparuj Saksiri[2]

[1] หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[2] คณะสังคมศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

[1] Forensic Science program, Faculty of Science, Silpakorn University

[2] Faculty of Social Science, Royal Police Cadet Academy

E-mail: gamyuy_uhu108@hotmail.com โทร. 091-5728464

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อ 1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันกับฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% สำหรับการรักษาสภาพชิ้นเนื้อจากผู้เสียชีวิตทางนิติพยาธิ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในอวัยวะตับและไตของผู้เสียชีวิต เป็นการวิจัยเชิงทดลองใช้แบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เสียชีวิตคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นำมาสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีการจับสลากจำนวน 30 ราย เก็บข้อมูลโดยการเก็บชิ้นเนื้อจากอวัยวะตับและไต จากนั้นนำไปเข้าสู่กระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อด้วยน้ำยาเคมีและทำการย้อมสีด้วยเทคนิค Hematoxylin and Eosin Staining วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอ้างอิง ได้แก่ t-test independent ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีการของ Scheffe ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อ 1 พบว่า ประเภทของน้ำยาต่างกันมีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยที่น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% และน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 รองลงมาคือน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.3% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.1% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% มีราคาถูกกว่าน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% และไม่เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ รวมถึงไม่มีสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ส่วนประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ พบว่า ประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% ในอวัยวะตับและไตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยที่อวัยวะไตมีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.95 และอวัยวะตับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87

คำสำคัญ : กรดแลคติก ฟอร์มาลีน ตับ ไต

Abstract

The objectives of this research are: 1) to compare the efficiency in different concentration of lactic acid and 10% formalin as a preservative in forensic autopsy and 2) to compare the efficiency between liver and kidney in forensic autopsy. This research was implemented in the form of posttest-only control group design and the simple random sampling by the lottery method was used to select 30 cases. In the data collection, the tissue autopsy of livers and kidneys was collected

and prepared by using tissue processing method and Hematoxylin and Eosin Staining technique. Then the data were analyzed in descriptive statistics, i.e. frequency, percentage, means, standard deviation; and in inferential statistics, i.e. t-test independent, one-way ANOVA and the Scheffe's Post Hoc Comparison. The results of this research are as follows 1) Different types of solutions had a different efficiency of tissue autopsy at the significance level of 0.01. Lactic acid with 0.2% concentration and 10% formalin had the most efficiency of the tissue autopsy at the mean of 4.00, followed by lactic acid with 0.4% concentration at 3.97, lactic acid with 0.3% concentration at 3.92 and lactic acid with 0.1% concentration at 3.67, respectively. In the comparison of economic efficiency, lactic acid with 0.2% concentration was cheaper than 10% formalin and lactic acid is nontoxic to the respiratory system and carcinogen to human. 2) Regarding the efficiency between liver and kidney in forensic autopsy, lactic acid with different concentrations and 10% formalin were found different at the significance level of 0.01. Accordingly, the kidney in forensic autopsy was efficiency maintained at the mean of 3.95, whereas the liver in forensic autopsy was efficiency maintained at the mean of 3.87.

Keywords : Lactic Acid, Formalin, Liver, Kidney

1. บทนำ

การวิเคราะห์หาสาเหตุการตาย คือ การหาเหตุต้นกำเนิดที่ทำให้เกิดโรคหรือความผิดปกติ หรือการบาดเจ็บจากเหตุการณ์หลายอย่าง เช่น อุบัติเหตุ การถูกทำร้าย เป็นต้น ประกอบกันจนทำให้ตาย สิ่งที่เกี่ยวข้องนี้เป็นสิ่งที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ลงในหนังสือรับรองการตายทั้งหมด แต่การที่มีหลายโรคหรือหลายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตายในคนคนเดียว ทำให้มีความยุ่งยากในการเปรียบเทียบหรือทำสถิติสาเหตุการตายระหว่างประเทศ จึงต้องมีนิยามอีกคำหนึ่งคือ สาเหตุการตายต้นกำเนิด (Underlining cause of death) ซึ่งจะมีเพียงโรคหรือเหตุการณ์เดียวเท่านั้นในการตายของแต่ละคน การวิเคราะห์หาสาเหตุการตายของประชากรในประเทศ มีประโยชน์ในการวางแผนป้องกันสาเหตุการตายนั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเทศไทยมีการรวบรวมข้อมูลสถิติการตายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 และในปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขได้รับข้อมูลการตายจากข้อมูลมรณบัตรของกระทรวงมหาดไทย มาวิเคราะห์สรุปเป็นรายงานสถิติการตาย โดยจากสถิติพบว่าคนไทยเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเป็นอันดับ 1 นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เฉลี่ย 100 คนต่อประชากร 100,000 คน ซึ่งมีผู้ป่วยรายใหม่เกิดขึ้นทุกปี ในขณะที่การเสียชีวิตด้วยอุบัติเหตุเป็นอันดับ 2 อยู่ที่ 50 คนต่อประชากร 100,000 คน (Strategy and Planning Division, 2017) โดยปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งมี 3 ปัจจัยหลัก คือ 1) สิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกาย 2) พฤติกรรม 3) พันธุกรรม การวิเคราะห์หาสาเหตุการตายที่กล่าวมาข้างต้นนั้นยังต้องอาศัยวัตถุพยาน ซึ่งวัตถุพยานแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ วัตถุพยานทางกายภาพ เก็บได้จากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น อาวุธ เขม่าดินปืน สี เป็นต้น วัตถุพยานทางชีววิทยา เก็บได้มาจากสิ่งมีชีวิตหรือเป็นส่วนของสิ่งมีชีวิตมาก่อน เช่น คราบเลือด เส้นผม เนื้อเยื่อ ลายนิ้วมือ เป็นต้น จากวัตถุพยานทั้ง 2 ประเภทในทางการสืบสวนคดีอาญา ถือว่าวัตถุพยานทางชีววิทยาเป็นวัตถุพยานเพียงประเภทเดียวที่สามารถแสดงความสัมพันธ์โดยตรงขณะที่เกิดเหตุการณ์ขึ้น ระหว่างผู้กระทำความผิดกับผู้เสียหายได้ (Panic, 2021) ซึ่งการเก็บรวบรวมและจัดส่งวัตถุพยานจากสถานที่เกิดเหตุอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในชั้นสืบสวนและสอบสวน และในชั้นศาล ดังนั้นในงานนิติพยาธิ ทางด้านวัตถุพยานชิ้นเนื้อได้มีการจัดเก็บรักษาสภาพวัตถุพยานชิ้นเนื้อที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาสาเหตุการตาย ได้แก่ สมอง หัวใจ ตับ ไต ม้าม ฯลฯ ด้วยฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% ฟอร์มาลีนมีชื่อทางการค้าที่หลากหลาย ที่รู้จักกันทั่วไปชื่อว่า ฟอร์มัลดีไฮด์ มีสถานะเป็นก๊าซ กลิ่นฉุน และมีความพิษต่อระบบทางเดินหายใจ หากได้รับในรูปของไอระเหยจะทำให้เกิดการระคายเคืองตา แสบจมูก หลอดลมบวม ไอ เจ็บคอ หากได้รับจากสัมผัสโดยตรงจะทำให้ผิวหนังบริเวณนั้นเกิดการระคายเคือง (Chaniphun, 2003)

ซึ่งในบางประเทศได้มีการระบุในข้อกฎหมายเกี่ยวข้องกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เช่น ประเทศควิเบกและแคนาดา กำหนดค่าในอากาศสูงสุดไม่เกิน 2 ppm ส่วนในพื้นที่อยู่อาศัยกำหนดให้อยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.4 ppm บุคคลที่สัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานต่อวันเฉลี่ยอย่างน้อย 8 ชั่วโมงจะต้องไม่เกิน 0.75 ppm การสัมผัสในระยะสั้นจะต้องไม่เกิน 2 ppm และทางสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (EPA) ได้กำหนดให้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตราย ควบคุมภายใต้พระราชบัญญัติอากาศบริสุทธิ์ (Kim, Jahan and Lee, 2011) ทางองค์กรวิจัยมะเร็งนานาชาติ (IARC) ได้จัดให้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่มที่ 1 หากได้รับในระยะยาวส่งผลให้เกิดมะเร็ง เช่น มะเร็งหลังโพรงจมูก (Cogliano *et al.*, 2005)

จากงานวิจัยที่มีการใช้กรดแลคติกความเข้มข้น 0.5-1% ในการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในเนื้อเยื่อระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลายของแมว พบว่ากรดแลคติกสามารถรักษาสภาพให้เซลล์มีความกลมและปลอกไมอีลีนยังคงความสมบูรณ์ และทำให้การย้อมสีสามารถติดสีได้ดีมากขึ้น แต่เซลล์บวมน้ำเล็กน้อย ลักษณะของเส้นใยไม่ค่อยมีความต่อเนื่อง (Davenport, 2009) จากงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บไส้กรอกเวียนนาโดยใช้กรดแลคติกเข้มข้น 0%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% ประเมินผลจากทางด้านจุลินทรีย์ ลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่ากรดแลคติกที่ทดสอบด้วยวิธีแช่ ความเข้มข้นที่ยอมรับได้คือ 1.5% และวิธีฉีดพ่น ความเข้มข้นที่ยอมรับได้คือ 2% นำสองวิธีนี้มาศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้วัตถุกันเสียชนิด benzoate/sorbate 0.08% น้ำหนักโดยน้ำหนักพบว่า กรดแลคติกสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นได้ดีกว่าและให้สีที่เด่นชัดกว่า (Orose, 2017) และจากงานวิจัยที่ศึกษาการลดจำนวนจุลินทรีย์ในเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์โดยการใช้กรดอินทรีย์ พบว่ากรดแลคติกสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถใช้แทนน้ำยาเคมีฆ่าเชื้อได้และไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Suchirat, 2010) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยใช้จุลินทรีย์จากชีวภาพ โดยใช้กรดแลคติก กรดแลคเตท และกรดอะซิเตทจากกระบวนการหมัก พบว่าในกระบวนการดังกล่าวไม่มีการสูญเสียอะตอมและไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการแปลงทางชีวภาพ เมื่อนำมาเป็นสารเคมีใช้ในการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ เช่น พอลิแลคเตท ซึ่งสามารถผสมกับโพลีเอสเตอร์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ ทำให้คุณลักษณะของพลาสติกสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติและช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ (Ishizaki, 1997) และเนื่องด้วยกรดแลคติกสามารถผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีหรือการเมทาบอลิสซึมของจุลินทรีย์ เป็นของเหลว ไม่มีสี ละลายในน้ำและตัวทำละลายได้ดี และสามารถตกผลึกได้หากมีความเข้มข้นสูง และเป็นโมโนเมอร์ของการสังเคราะห์แลคติกโพลิเมอร์ ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ โดยแนวโน้มความต้องการกรดแลคติกสูงขึ้นในแต่ละปี คาดคะเนอาจจะสูงถึง 367.3 แสนเมตริกตัน ในปี พ.ศ. 2560 (Kanokwan, 2013) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% สำหรับนำมาใช้การรักษาสภาพชิ้นเนื้อจากผู้เสียชีวิตทางนิติพยาธิ ซึ่งกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกัน ได้แก่ 0.1%, 0.2%, 0.3% และ 0.4% เพื่อเป็นแนวทางในการใช้รักษาสภาพชิ้นเนื้อและลดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

2. วิธีการทดลอง

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารเคมี ได้แก่ กรดแลคติก, ฟอร์มาลีน, ถุงมือ, ผ้าปิดจมูก
2. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมชิ้นเนื้อ ได้แก่ ใบมีดผ่าตัด (Surgical blade), ขวดพลาสติกแบบมีฝาปิด สำหรับใส่ตัวอย่างชิ้นเนื้อ, มีดตัดไมโครโตม, เขียงสำหรับตัดเล็มชิ้นเนื้อ, ไม้บรรทัด, ตลับใส่ชิ้นเนื้อ, กล้องจุลทรรศน์, เครื่องย้อมสไลด์ชิ้นเนื้ออัตโนมัติ รุ่น INTELSINT-AUS1, เครื่องเตรียมชิ้นเนื้อด้วยน้ำยาเคมีอัตโนมัติ รุ่น Tissue-Tek VIP6, เครื่องตัดชิ้นเนื้อ รุ่น AEM 480, เครื่องหล่อบล็อกชิ้นเนื้อ รุ่น MEDITE TES VALIDA, สไลด์ฝา ขนาด 25.4x76.2 mm, กระจกสไลด์ (cover glasses) ขนาด 24x50 mm, สี Hematoxylin, สี Eosin, 95% alcohol, Ethanol, น้ำยา Xylene, น้ำยา Bluing, น้ำยา Ottix plus, ขี้ผึ้งเหลวสังเคราะห์, น้ำยา permount media

การเตรียมสารเคมี

กรดแลคติกเข้มข้น 0.1% เตรียมได้จากกรดแลคติก (ที่ความเข้มข้น 85%) 1.2 ml ผสมกับน้ำ 998.8 ml

กรดแลคติกเข้มข้น 0.2% เตรียมได้จากกรดแลคติก (ที่ความเข้มข้น 85%) 2.4 ml ผสมกับน้ำ 997.6 ml

กรดแลคติกเข้มข้น 0.3% เตรียมได้จากกรดแลคติก (ที่ความเข้มข้น 85%) 3.5 ml ผสมกับน้ำ 996.5 ml

กรดแลคติกเข้มข้น 0.4% เตรียมได้จากกรดแลคติก (ที่ความเข้มข้น 85%) 4.7 ml ผสมกับน้ำ 995.3 ml

ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% เตรียมได้จากฟอร์มัลดีไฮด์ 100 ml ผสมกับน้ำ 900 ml

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้เสียชีวิต มีเกณฑ์การคัดเลือกคือ มีลักษณะการเสียชีวิตแบบปกติและไม่มีการคั่งเลือด เก็บจากอวัยวะตับและไต ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์จำนวน 80 ราย จากนั้นสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีการจับสลาก (Lottery) ให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย

การเตรียมชิ้นเนื้อและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเตรียมชิ้นเนื้อ นำกลุ่มตัวอย่างชิ้นเนื้อที่เก็บจากอวัยวะตับและไต มาตัดเล็มให้มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยมีขนาด 10x10x3 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละรายตัดเล็มอย่างละ 5 ชุด ใส่ลงในน้ำยาที่เตรียมไว้ในขวดพลาสติกแบบมีฝาปิด ได้แก่ กรดแลคติกเข้มข้น 0.1% กรดแลคติกเข้มข้น 0.2% กรดแลคติกเข้มข้น 0.3% กรดแลคติกเข้มข้น 0.4% และฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% แช่ทิ้งไว้ 6-8 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำตัวอย่างชิ้นเนื้อใส่ลงในตลับใส่ชิ้นเนื้อ เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อด้วยน้ำยาเคมี (Tissue Processing)

2. การเตรียมชิ้นเนื้อด้วยน้ำยาเคมี (Tissue Processing) โดยใช้เครื่องเตรียมชิ้นเนื้อด้วยน้ำยาเคมีอัตโนมัติ รุ่น Tissue-Tek VIP6 มีขั้นตอนดังนี้ 1) การตรึงชิ้นเนื้อ (Fixation) ขั้นตอนนี้ไม่ได้ถูกนำมาใช้ในการวิจัยนี้ 2) การนำน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (Dehydration) โดยใช้น้ำยา ethanol จากความเข้มข้นต่ำไปสูง 3) การทำให้เนื้อเยื่อใส (Clearing) โดยการนำสารเคมีตัวใหม่เข้ามาแทนที่ และเป็นตัวกลางที่จะนำขี้ผึ้งเหลวสังเคราะห์เข้าสู่เซลล์และเนื้อเยื่อ โดยจะใช้น้ำยา Ottix plus 4) การแทรกซึมของพาราฟิน (Infiltration) คือการนำขี้ผึ้งเหลวสังเคราะห์เข้าสู่เซลล์และเนื้อเยื่อ เพื่อให้เกิดการคงรูป มีความแข็งและสม่ำเสมอเท่ากัน

3. การหล่อบล็อกชิ้นเนื้อ (Embedding)

4. การตัดบล็อกชิ้นเนื้อ (Sectioning) เป็นการตัดชิ้นเนื้อให้เป็นแผ่นบาง ขนาด 3-5 ไมครอน

5. การย้อมสีสไลด์ชิ้นเนื้อ (Staining) โดยการย้อมสีด้วยเทคนิค Hematoxylin and Eosin Staining ใช้เครื่องย้อมสีอัตโนมัติ รุ่น INTELSINT-AUS1 มีขั้นตอนดังนี้ 1) การนำพาราฟินออก (Deparaffinization) โดยนำสไลด์อบในตู้อบ hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที และนำพาราฟินออกด้วยน้ำยา Xylene อีกครั้ง 2) การนำน้ำเข้าสู่เซลล์ (Rehydration) เพื่อทำให้เนื้อเยื่อชุ่มน้ำและเตรียมให้เซลล์สามารถติดสีได้ดีขึ้น โดยใช้น้ำยา ethanol alcohol จากความเข้มข้นสูงไปต่ำ 3) การทำให้นิวเคลียสติดสี (Nuclear stain) ด้วยสี Hematoxylin ซึ่งนิวเคลียสจะติดสีน้ำเงิน 4) การย้อมสีซ้ำ (Counter stain) เพื่อทำให้เซลล์ซึ่งถูกล้างสีออกไปมีสีที่แตกต่างจากสีที่ใช้ในตอนเริ่มต้น ด้วยสี Eosin ซึ่งไซโทพลาสซึมจะติดสีแดง 5) การนำน้ำออกจากเซลล์ (Dehydration) โดยใช้น้ำยา ethanol alcohol จากความเข้มข้นต่ำไปสูง 6) การทำให้เนื้อเยื่อใส (Clearing) โดยใช้น้ำยา Xylene

6. เคลือบสไลด์ชิ้นเนื้อด้วยน้ำยา permount media

7. การอ่านผลเพื่อประเมินคุณภาพสไลด์ชิ้นเนื้อ ใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพสไลด์ของภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี โดยประสิทธิภาพของการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ หมายถึง ผลการรักษาสภาพชิ้นเนื้อซึ่งประเมินจากลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คือ 1) การติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin 2) การติดสีแดงของ Eosin และ 3) ความสมบูรณ์ของเซลล์ โดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1) ระดับ 1 หมายถึง Unsatisfactory (ควรปรับปรุง) 2) ระดับ 2 หมายถึง Poor (พอใช้) 3) ระดับ 3 หมายถึง Moderate (ปานกลาง) 4) ระดับ 4 หมายถึง Good (ดี) 5) ระดับ 5 หมายถึง Excellent (ดีมาก)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดค่าตัวแปร การกำหนดตัวแปรต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง มีดังนี้

1) ชนิดของอวัยวะที่นำมาทดลอง ข้อมูลระดับนามบัญญัติโดยกำหนดให้ 1 = ตับ, 2 = ไต

2) ประเภทของน้ำยาที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ข้อมูลระดับนามบัญญัติโดยกำหนดให้ 1 = กรดแลคติกเข้มข้น 0.1%, 2 = กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%, 3 = กรดแลคติกเข้มข้น 0.3%, 4 = กรดแลคติกเข้มข้น 0.4%, 5 = ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%

2. คะแนนเฉลี่ย ใช้สูตรการคำนวณช่วงความกว้างของอันตรภาคชั้น แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด (4.21 - 5.00) มาก (3.41 - 4.20) ปานกลาง (2.61 - 3.40) น้อย (1.81 - 2.60) น้อยที่สุด (1.00 - 1.80)

3. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อระหว่างประเภทของน้ำยา โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีการของ Scheffe

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในอวัยวะตับและไต โดย t-test Independent

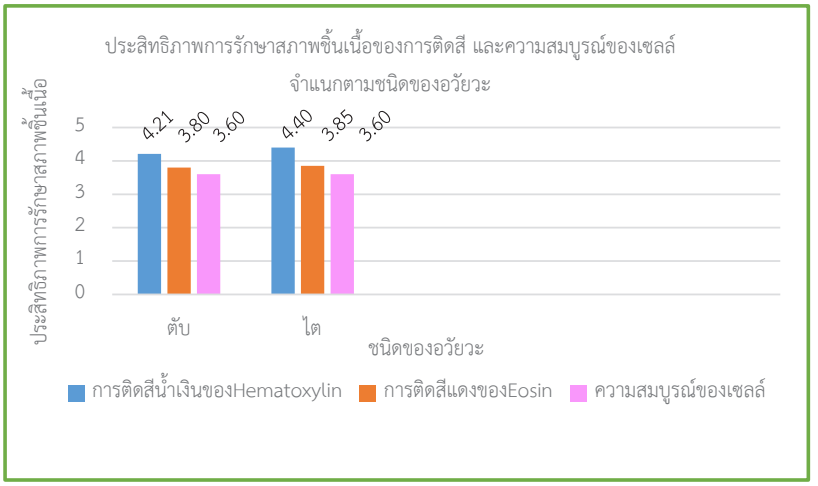
3. ผลการศึกษา

3.1 วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ด้วยสถิติบรรยาย (ค่าร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าระดับประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของการติดสีและความสมบูรณ์ของเซลล์ จำแนกตามชนิดของอวัยวะ

การติดสีและความสมบูรณ์ของเซลล์	ชนิดของอวัยวะ	Mean	S.D.	ค่าระดับ
การติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin	ตับ	4.21	0.60	มากที่สุด
	ไต	4.40	0.50	มากที่สุด
การติดสีแดงของ Eosin	ตับ	3.80	0.40	มาก
	ไต	3.85	0.48	มาก
ความสมบูรณ์ของเซลล์	ตับ	3.60	0.49	มาก
	ไต	3.60	0.49	มาก
ประสิทธิภาพ	ตับ	3.87	0.22	มาก
	ไต	3.95	0.16	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในการติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin ที่อวัยวะไต มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่อวัยวะตับเท่ากับ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 อยู่ในค่าระดับมากที่สุด การติดสีแดงของ Eosin ที่อวัยวะไต มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่อวัยวะตับเท่ากับ 3.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 อยู่ในค่าระดับมาก และความสมบูรณ์ของเซลล์ที่อวัยวะไตและตับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ซึ่งเท่ากับ 3.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 อยู่ในค่าระดับมาก ซึ่งประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในอวัยะตับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 และอวัยวะไต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.95 แสดงดังภาพที่ 1

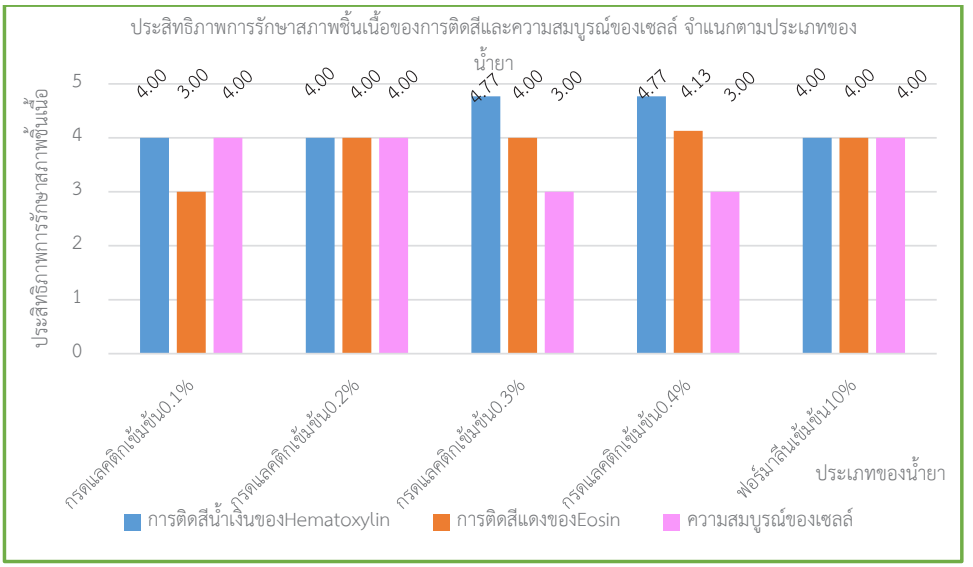


ภาพที่ 1 กราฟแสดงประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของการติดสี และความสมบูรณ์ของเซลล์ จำแนกตามชนิดของอวัยวะ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าระดับประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของการติดสีและความสมบูรณ์ของเซลล์ จำแนกตามประเภทของน้ำยา

การติดสีและความสมบูรณ์ของเซลล์		Mean	S.D.	ค่าระดับ
การติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin	กรดแลคติกเข้มข้น 0.1%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.3%	4.77	0.65	มากที่สุด
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.4%	4.77	0.65	มากที่สุด
	ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%	4.00	0.00	มาก
การติดสีแดงของ Eosin	กรดแลคติกเข้มข้น 0.1%	3.00	0.00	ปานกลาง
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.3%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.4%	4.13	0.34	มาก
	ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%	4.00	0.00	มาก
ความสมบูรณ์ของเซลล์	กรดแลคติกเข้มข้น 0.1%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.3%	3.00	0.00	ปานกลาง
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.4%	3.00	0.00	ปานกลาง
	ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%	4.00	0.00	มาก
ประสิทธิภาพ	กรดแลคติกเข้มข้น 0.1%	3.67	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%	4.00	0.00	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.3%	3.92	0.29	มาก
	กรดแลคติกเข้มข้น 0.4%	3.97	0.29	มาก
	ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%	4.00	0.00	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อประเมินจากการติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin ในน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.3% และน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 อยู่ในระดับมากที่สุด การติดสีแดงของ Eosin ในน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 อยู่ในระดับมาก ส่วนความสมบูรณ์ของเซลล์ ในน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.1% น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% และน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 อยู่ในระดับมาก ซึ่งประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% และน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.3% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.3% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของการติดสีและความสมบูรณ์ของเซลล์ จำแนกตามประเภทของน้ำยา

3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อระหว่างประเภทของน้ำยา โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีการของ Scheffe

สมมติฐานข้อที่ 1 กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$
$$H_1 : \mu_1 \# \mu_2 \# \mu_3 \# \mu_4 \# \mu_5$$

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ จำแนกตามประเภทของน้ำยา

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	4.726	4	1.181	52.165	.000*
ภายในกลุ่ม	6.681	295	.023		
รวม	11.407	299			

*p < 0.01

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่า p ที่คำนวณได้เท่ากับ .000 มีค่าน้อยกว่า 0.01 จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 สรุปได้ว่า กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีการของ Scheffe แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ จำแนกตามประเภทของน้ำยา

ประเภทของน้ำยา	Mean	กรดแลคติก เข้มข้น 0.1%	กรดแลคติก เข้มข้น 0.2%	กรดแลคติก เข้มข้น 0.3%	กรดแลคติก เข้มข้น 0.4%	ฟอร์มาลีน เข้มข้น 10%
กรดแลคติกเข้มข้น 0.1%	3.67	-	-3.3333*	-.25556*	-.30000*	-3.3333*
กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%	4.00		-	.07778	.03333	.00000
กรดแลคติกเข้มข้น 0.3%	3.92			-	-.04444	-.07778
กรดแลคติกเข้มข้น 0.4%	3.97				-	-.03333
ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%	4.00					-

*p < 0.01

จากตารางที่ 4 เมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ พบว่า รายคู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มี 4 คู่ ได้แก่ 1) น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.1% กับน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% 2) น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.1% กับน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.3% 3) น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.1% กับน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% และ 4) น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.1% กับน้ำยา ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% นอกนั้นไม่แตกต่างกัน

3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในอวัยวะตับและไต โดย t-test Independent

สมมติฐานข้อที่ 2 กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในอวัยวะตับและไตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

$H_0 : \mu_{ไต} = \mu_{ตับ}$

$H_1 : \mu_{ไต} > \mu_{ตับ}$

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ ระหว่างอวัยวะตับและไต

ชนิดของอวัยวะ	N	Mean	S.D.	t	p
ตับ	150	3.87	0.60	-3.618	.000*
ไต	150	3.95	0.50		

*p< 0.01

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่า p ที่คำนวณได้ = .000 มีค่าน้อยกว่า 0.01 จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 สรุปได้ว่า กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อในอวัยวะตับและไตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 6 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ ระหว่างน้ำยากรด

การเปรียบเทียบ	กรดแลคติกเข้มข้น 0.2%	ฟอร์มาลีนเข้มข้น 10%
ราคา	0.50 บาท/1 ครั้ง	25 บาท/1 ครั้ง
สารก่อมะเร็งในมนุษย์	ไม่มี	มี
พิษต่อระบบทางเดินหายใจ	ไม่มี	มี
ประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อ	4.00	4.00
- การติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin - การติดสีแดงของ Eosin - ความสมบูรณ์ของเซลล์	ไม่แตกต่างกัน	ไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อระหว่างน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% และน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% มีค่าประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อเท่ากัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในการติดสีและความสมบูรณ์ของเซลล์ แต่ที่แตกต่างกันคือกรดแลคติกเข้มข้น 0.2% มีราคาถูกกว่า ซึ่งราคาการใช้ต่อครั้งเท่ากับ 0.50 บาท ไม่มีสารก่อมะเร็งในมนุษย์ และไม่มีความเป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ

4. สรุปผลและอภิปรายผล

1. ประเภทของน้ำยาต่างกัน มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยน้ำยาที่มีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อเท่ากันกับน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% คือ น้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และพบว่าประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของการติดสีในน้ำยากรดแลคติกที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีค่าประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อเพิ่มมากขึ้น โดยที่การติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin ในน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.3% และน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 และที่การติดสีแดงของ Eosin ในน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.4% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Davenport (2009) ได้ศึกษาประสิทธิภาพระหว่างกรดกับสารละลายฟอร์มาลีนที่เป็นกลางในการรักษาสภาพเซลล์ของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลายของแมว พบว่ากรดแลคติกความเข้มข้น 0.5-1% สามารถรักษาสภาพให้เซลล์มีความกลมและปลอกไมอีลีนยังคงความสมบูรณ์ และทำให้การย้อมสีสามารถติดสีได้ดีมากขึ้น แต่เซลล์บวมน้ำเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าน้ำยากรดแลคติกเข้มข้น 0.2% มีราคาถูกกว่าน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% ซึ่งมีราคาในการใช้ต่อครั้งเท่ากับ 0.50 บาท และไม่เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ รวมถึงไม่มีสารก่อมะเร็งในมนุษย์

2. ประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อของกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างกันและฟอร์มาลีนเข้มข้น 10% ในอวัยวะตับและไต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยที่อวัยวะไตมีประสิทธิภาพการรักษาสภาพชิ้นเนื้อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.95 และอวัยวะตับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kiernan (2008) ได้ศึกษาระบบสำหรับการประเมินเชิงปริมาณของการรักษาสภาพชิ้นเนื้อผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงจากอวัยะไตและสมองของหนู เนื่องจากโครงสร้างของเซลล์แต่ละอวัยวะมีความแตกต่างกันมากจึงต้องคำนึงถึงอวัยวะที่จะเลือกใช้ในการศึกษา โดยเลือกศึกษาในอวัยวะไตและสมอง เนื่องจากมีโครงสร้างที่หลากหลายประกอบอยู่ด้วยกันและสามารถเห็นลักษณะการรักษาสภาพเซลล์ที่ไม่ดีได้ชัดกว่าอวัยวะอื่น ดังนั้นจึงต้องปรับเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อให้มีความเหมาะสมและไปในทางเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยขอเสนอแนะโดยแยกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการแพทย์ โดยนำมาประยุกต์ใช้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับสารที่ใช้ทดแทนฟอร์มาลีน เพื่อลดอันตรายและปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดจากการใช้ฟอร์มาลีนลง แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องการข้อมูลที่ถูกต้องและมากเพียงพอทั้งด้าน

กลไกการออกฤทธิ์ ความปลอดภัย และประสิทธิผลทางคลินิก เพื่อส่งเสริมปรับใช้เป็นทางเลือก

2. ด้านพยาธิวิทยา เนื่องจากกรดแลคติกมีผลทำให้การย้อมสีติดดีมากขึ้น ควรส่งเสริมให้มีการนำกรดแลคติกมาปรับใช้ร่วมด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องการข้อมูล ผลดี และผลเสียที่อาจเกิดขึ้นต่อการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับน้ำยาประเภทอื่น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ด้านประเด็นด้านการศึกษา ควรมีการนำตัวแปรควบคุมในงานวิจัยนี้ มาเป็นตัวแปรต้นในการศึกษา เช่น ขนาดของอวัยวะ ปริมาณน้ำยาที่แช่ชิ้นเนื้อ และการย้อมสีสไลด์ เป็นต้น และควรมีการดำเนินการวิจัยโดยใช้เครื่องมือการวิจัยอื่น เช่น แบบทดสอบทางกายภาพ แบบสำรวจความพึงพอใจ และการย้อมสีทางอิมมูโนฮีสโตเคมีในด้านเทคนิคต่าง ๆ เช่น Gomori's methenamine silver (GMS) และแอนติบอดี เป็นต้น เพื่อดูผลกระทบและประสิทธิภาพของกรดแลคติกในด้านอื่น ๆ

5. เอกสารอ้างอิง

Chaniphun, B. 2003. **Magazine topic: Know before you eat formalin and food**. Moh-Chao-Ban Magazine. 165. (in Thai)

Cogliano, V., Y. Grosse, R. Baan, and et al. 2005. **Meeting report: summary of IARC monographs on formaldehyde, 2-butoxyethanol, and 1-tert-butoxy-2-propanol**. Environmental Health Perspectives. 113(9): 1205-1208.

Davenport, H. A. 2009. **Acid Versus Neutral Formalin Solution as a Neurological Fixative**. Stain Technology. 9(2): 49-52.

Kanokwan, Y. 2013. **Production of lactic acid from starches with lactic bacteria**. Applied Microbiology Journal. 40(4): 40-46. (in Thai)

Kiernan, J. A. 2008. **A system for quantitative evaluation of fixatives for light microscopy using paraffin sections of kidney and brain**. Biotechnic and Histochemistry. 84(1): 1-10.

Kim, K. H., S. A. Jahan, and J. T. Lee. 2011. **Exposure to Formaldehyde and Its Potential Human Health Hazards**. Environmental Science and Health. 29(4): 277-299.

Orose, R. 2017. **Prolonged storage life of vienna Sausage using lactic acid**. Master's thesis. Deparment of Food Technology Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)

Panic, W. 2021. **Biological evidence**. Microbiology Journal. The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. http://biology.ipst.ac.th/?p=102. Accessed 3 January. 2021.

Strategy and Planning Division. 2017. **The importance of death and Cause of Death**. Death Certificate Record Guide Ministry of Public Health. 1(1): 1-3. (in Thai)

Suchirat, K. 2010. **Reduction of microbial load on chicken meat and products using non-hazardous organic compound in production line**. Master's thesis. Deparment of Microbiology King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. (in Thai)

(Received: 14/May/2021, Revised: 24/Dec/2021, Accepted: 27/Dec/2021)

การใช้ประโยชน์ของเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลทุเรียนและมังคุด สำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง

Utilization of Fruit Orchard Waste: Durian and Mangosteen for Charcoal Briquette Production

อมร วิสิทธิวงค์

Amon Visittiwong

สาขาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ

Sustainable Land Use and Natural Resource Management, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok

E-mail: amonvisi@gmail.com โทร. 0813407039

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผล ทุเรียน และมังคุด ได้แนวคิดจากการใช้ประโยชน์จากของเสียทางการเกษตรกรรม โดยในสวนไม้ผลนั้นของเสียประกอบด้วย กิ่งไม้ใหญ่ กิ่งไม้เล็ก ใบไม้ ผลที่ไม่ได้คุณภาพ ที่เกิดจากการตัดแต่งไม้ผลในแต่ละฤดูการผลิต ซึ่งพบได้มากในสวนไม้ผล งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลที่มีสัดส่วนวัตถุดิบ 1:1:1:1 ได้แก่ กิ่งใหญ่ กิ่งเล็ก ใบ ผล โดยมีสัดส่วนตัวประสาน 8:2 และ 7:3 โดยน้ำหนัก มีการใช้ตัวประสาน 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาล ทำการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยมีการทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลการทดสอบ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากสวนไม้ผลทุเรียนและมังคุด มีค่าความร้อนสูงกว่า 5,000 แคลอรี่ต่อกรัม ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรี่ต่อกรัม ผลการวิเคราะห์ต้นทุน การผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีกากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 8:2 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 12 บาทต่อกิโลกรัม จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 0.42 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ กิ่งไม้ ใบไม้ และผลไม้ ที่เป็นเศษเหลือทิ้งภายในพื้นที่มาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้ต่อไป

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง ทุเรียน มังคุด แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล

Abstract

The production of pressed charcoal from the orchard waste: durian and mangosteen, was obtained from the utilization of agricultural waste. In the orchard, the waste consists of large branches, small branches; bad quality fruit leaves resulting from fruit pruning in each production season which is found in orchards. This research studied the production of briquette charcoal from waste from fruit orchard with the ratio of raw materials 1:1:1:1 including large branches, small branches, leaves, and fruit. They were mixed with binders at the ratio of 8:2 and 7:3 by weight. There were 2 types of binders including cassava flour and molasses in producing briquette charcoal. The properties of briquette were analyzed according to ASTM to be in accordance with Thai community Product Standard. The results show that the charcoal from the orchard, durian and mangosteen had calorific value which was higher than Thai Community Product Standard which stated that charcoal briquette shall bot have less calorific value lower than 5,000 calories per gram. The results of economics analysis found that the production cost of the charcoal briquette with molasses as binders

in the ratio of 8:2 was 6 baht per kilogram and the payback period is approximately 0.42 years. The results of the study can be used to encourage farmers to use agricultural waste such as twigs, leaves and fruit that is wastes in the area to be used to increase value.

Keywords : Charcoal briquette, Durian, Mangosteen, Cassava flour, Molasses

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านพลังงาน ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยมีเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรที่ยังมิได้นำมาใช้ประโยชน์อยู่มากมาย (Ministry of Energy, 2011) โดยเฉพาะในสวนไม้ผลทุเรียน และมังคุด การดูแลรักษาต้นไม้ผล ต้องมีการตัดแต่งบำรุงรักษาทุกปี จะได้เศษเหลือทิ้งที่เกิดขึ้น ได้แก่ กิ่งไม้ใหญ่ กิ่งไม้เล็ก ใบไม้ และผลผลิตที่ไม่ได้คุณภาพ เป็นจำนวนมากในแต่ละปีการผลิต ซึ่งเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลเหล่านี้จะมีการทำลายภายในสวน โดยการเผา การฝัง โดยมีการทิ้งตามที่ต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลทุเรียน ผลมังคุด เพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อให้เกษตรกรชาวสวนสามารถนำเชื้อเพลิงนี้กลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้มเป็นทางเลือกและยังช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดปริมาณเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลต่าง ๆ ได้อีกด้วย

เชื้อเพลิงอัดแท่งนี้เป็นการนำเอาเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลกลับมาใช้ประโยชน์ โดยวัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากของเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการอัดแท่ง ทำให้มีค่าความหนาแน่นสูงขึ้น

ทุเรียน มังคุด เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูก 1,312,714 ไร่ ซึ่งมีพื้นที่ให้ผลผลิตรวม 1,130,097 ตันต่อปี ซึ่งการนำเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลมาเพื่อเป็นพลังงานทดแทนมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการนำเศษเหลือทิ้งในสวนไม้ผลทุเรียน และมังคุด ซึ่งเป็นของเสียทางการเกษตร มาศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งพบได้มากภายในสวนไม้ผล เพื่อนำไปใช้งานทดแทนไม้ฟืนและก๊าซหุงต้ม โดยมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนเพียงพอต่อการประกอบอาหาร มีราคาประหยัด และเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้พัฒนาวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ในท้องถิ่นให้มีคุณค่าเกิดประโยชน์ด้านเชื้อเพลิง

2. วิธีการศึกษา

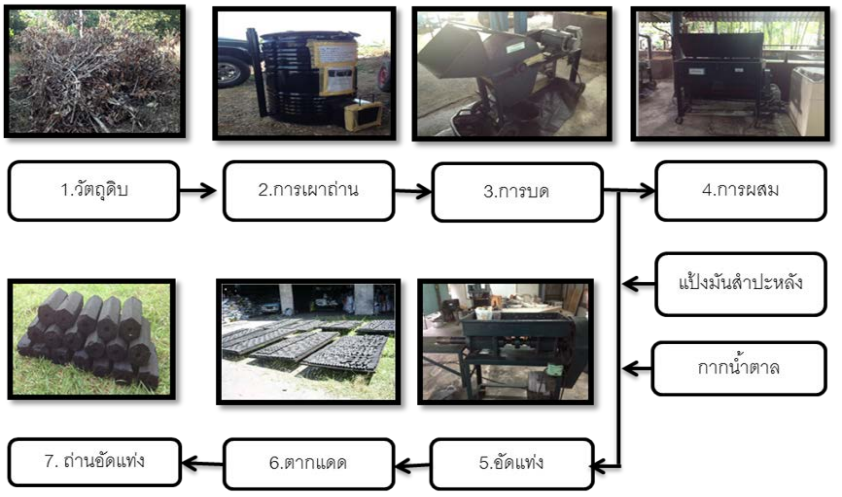
2.1 การเก็บข้อมูล

สุ่มเก็บรวบรวมเศษเหลือทิ้งจากสวนทุเรียน และสวนมังคุด ที่อำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี ช่วงระยะเวลาการเก็บเศษเหลือทิ้ง คือหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต คือช่วงเดือน ก.ค. - พ.ย. ของทุกปี เมื่อเก็บแล้วทำการแยกส่วนต่าง ๆ ของเศษเหลือทิ้ง จะได้ กิ่งใหญ่ กิ่งเล็ก ใบ และผล ตามภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงเศษเหลือทิ้งในสวนไม้ผลในภาคตะวันออก

2.2 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรกร

ในการผลิตถ่านอัดแท่งนั้นต้องมีการนำวัตถุดิบจากไม้ผลมาเปลี่ยนรูปให้เป็นถ่านแล้วบดเป็นผงให้มีขนาดอนุภาคที่สามารถนำมาอัดแท่งได้ โดยการจับตัวของผงถ่านจะมีการใช้ตัวประสาน 2 ตัว ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล (Bussarakhamwadi, 2004) ทำให้สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านได้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลทุเรียน เงาะ และมังคุด

2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของถ่านอัดแท่ง

นำถ่านที่อัดแท่งแล้วไปทำการตากแดด 2 วัน เพื่อลดความชื้น และทำให้แข็งตัวเกาะกันแน่นบรรจุลงกล่องพลาสติกปิดฝาให้แน่น นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์ทางด้านเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณความชื้น (ASTM D3174) ปริมาณสารระเหย (ASTM D3175) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ASTM D3172) ปริมาณขี้เถ้า (ASTM D3174) และค่าความร้อน (ASTM D240) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ (American Standard of Testing Material, 1999) ซึ่งจากการทดสอบได้ใช้แผนการทดสอบแบบ 3X2 Factorial Experiment in CRD วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชนิดพืชและตัวประสาน

3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลถ่านอัดแท่ง จากเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผล โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ผลการตอบแทนของโครงการตัวชี้วัดผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ผลตอบแทน ระยะเวลาคืนทุน (Isarangkun, 2012)

3. ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งที่ได้จากต้นไม้ผลทุเรียน และมังคุด ก่อนที่จะทำการเผาเป็นถ่าน ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร

สวนไม้ผล	ปริมาณขี้เถ้า (%)				ปริมาณความ ร้อน cal/g
	กิ่งใหญ่	กิ่งเล็ก	ใบไม้	ผล	
ทุเรียน	3.14	3.63	5.06	4.4	5,134
มังคุด	5.59	4.58	9.22	7.4	5,457

จากตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของวัตถุดิบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มาตรฐานเลขที่ มผช.238/2547 ต้องมีค่าขี้เถ้าไม่เกินร้อยละ 8 และค่าความร้อน ไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม พบว่า เศษเหลือทิ้งในสวนทุเรียน ให้คุณสมบัติในส่วนของขี้เถ้าและความร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนมังคุด มีปริมาณขี้เถ้าส่วนใบเกินมาตรฐานถ่านอัดแท่ง แต่ในด้านความร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้รู้ได้ว่าวัตถุดิบที่ได้จากสวนไม้ผลทุเรียน และมังคุด สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 2 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากสวนไม้ผล ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง

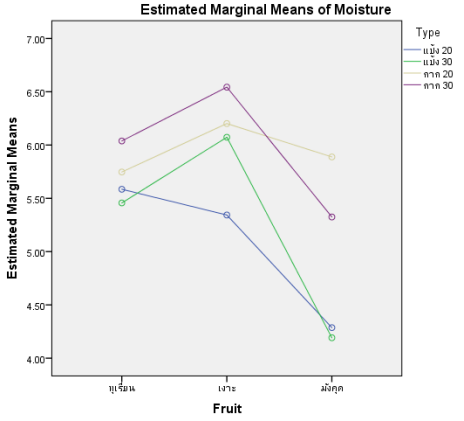
ไม้ผล	อัตราส่วนผสม	ความชื้น (%)	ขี้เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	ความร้อน (cal/g)
ทุเรียน	8:2	5.32	9.67	38.97	48.03	5,489
	7:3	6.12	10.27	41.12	42.49	5,100
มังคุด	8:2	4.76	9.5	29.29	56.45	5,840
	7:3	5.89	10.59	20.68	52.82	5,211

จากตารางที่ 2 เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง นำมาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มาตรฐานเลขที่ มผช.238/2547 พบว่า ค่าความชื้นไม่เกิน 8% และมีค่าความร้อนเกิน 5,000 cal/g ทำให้ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานได้

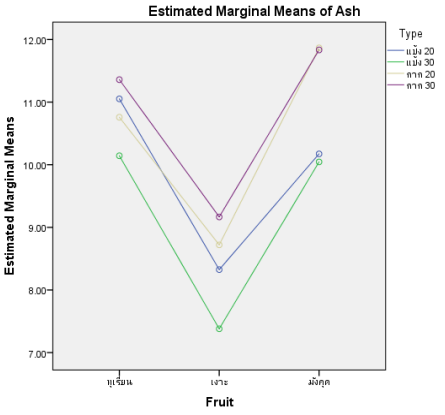
ตารางที่ 3 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากสวนไม้ผล ตัวประสานกากน้ำตาล

ไม้ผล	อัตราส่วนผสม	ความชื้น (%)	ขี้เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	ความร้อน (cal/g)
ทุเรียน	8:2	5.18	9.19	33.34	52.29	5,640
	7:3	6.22	11.17	37.08	45.53	5,205
มังคุด	8:2	6.38	10.79	29.66	53.17	5,574
	7:3	4.48	11.50	31.28	52.74	5,597

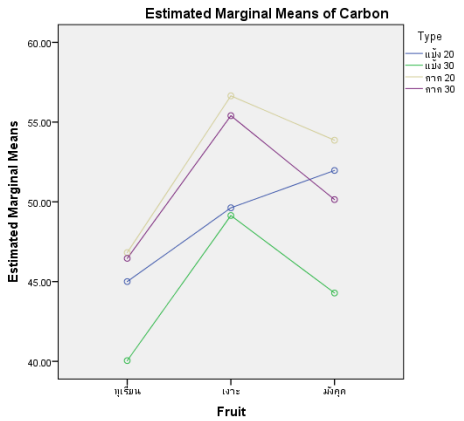
จากตารางที่ 3 เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้ตัวประสานกากน้ำตาล นำมาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มาตรฐานเลขที่ มผช.238/2547 พบว่า ค่าความชื้นไม่เกิน 8% และมีค่าความร้อนเกิน 5,000 cal/g ทำให้ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานได้



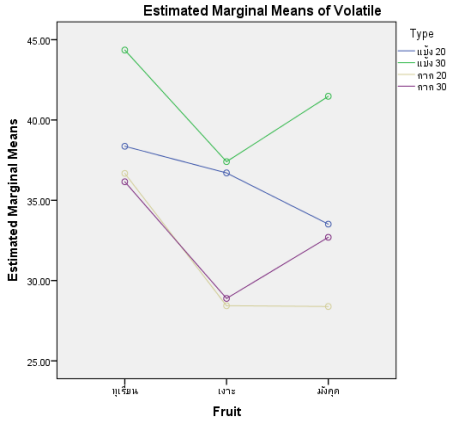
ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของชนิดพืชกับตัวประสานที่มีผลต่อความชื้นของถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของชนิดพืชกับตัวประสานที่มีผลต่อขี้เถ้าของถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของชนิดพืชกับตัวประสานที่มีผลต่อคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของชนิดพืชกับตัวประสานที่มีผลต่อสารระเหยของถ่านอัดแท่ง

ข้อมูลในตารางที่ 2 และ 3 มาจากการนำวัตถุดิบ ได้แก่ กิ่งไม้ใหญ่ กิ่งไม้เล็ก ใบไม้ และผล พบว่า ตัวประสานทั้ง 2 ชนิด จะให้คุณสมบัติที่ต่างกัน โดยพิจารณาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง มาตรฐานเลขที่ มผช.238/2547 ในส่วนของค่าปริมาณขี้เถ้า ตัวประสานแป้งมันสำปะหลังจะให้ค่าปริมาณขี้เถ้าต่ำกว่าตัวประสานกากน้ำตาล และค่าความร้อน ตัวประสานกากน้ำตาลให้ค่าความร้อนมากกว่าตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง โดยเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลมังคุด นั้นให้ค่าความร้อนดีที่สุด ที่อัตราส่วนผสม 8:2 โดยน้ำหนัก จากความสัมพันธ์ จากภาพที่ 2, 3, 4 และ 5 พบว่าอัตราส่วนผสม 8:2 ของตัวประสานแป้งมันสำปะหลังมีความสัมพันธ์กับชนิดของพืชมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังตารางที่ 4 พบว่าตัวประสานกากน้ำตาล 8.2 ลงทุนปีแรก เท่ากับ 192,000 บาท โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี กำหนดราคาขายอยู่ที่กิโลกรัมละ 12 บาท จะใช้ระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด เท่ากับ 0.42 ปี และกากน้ำตาล 7:3 ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 0.49 ปี

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

อัตราส่วน	แป้งมัน		กากน้ำตาล		หน่วย
	8:2	7:3	8:2	7:3	
ต้นทุนรวม	557,627.112	659,027.11	479,627.11	542,027.11	บาท/ปี
ต้นทุนรวม/กก	7.149	8.449	6.149	6.949	บาท/กก
ต้นทุนคงที่/กก	0.522	0.522	0.522	0.522	บาท/กก
ตัวทุนแปรผัน/กก	6.627	7.927	5.627	6.427	บาท/กก
จุดคุ้มทุน	7,575.293	9,993.299	6386.589	7303.423	กก
ผลตอบแทน	197.069	144.257	237.694	205.194	%
คืนทุน	0.507	0.693	0.421	0.490	ปี

4. สรุปผลการวิจัย

การใช้ประโยชน์ของเศษเหลือทิ้งจากสวนไม้ผลทุเรียนและมังคุด สำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง มาศึกษาศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือทิ้งในสวนไม้ผล พบว่า ถ่านอัดแท่งที่ได้จากเศษเหลือทิ้งจากต้นไม้ผลทุเรียน และต้นไม้ผลมังคุด มีมาตรฐานตามผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณขี้เถ้าไม่เกิน 8% และ ความร้อนเกิน 5,000 Cal/g

ตัวประสานที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง พบว่า ส่วนของอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่มีปริมาณผงถ่าน 8 ต่อตัวประสาน 2 ให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าอัตราส่วนผงถ่าน 7 ต่อตัวประสาน 3 โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.51 ปี ที่สัดส่วน 8:2 สำหรับแป้งมันสำปะหลัง และคืนทุน 0.42 ปี ที่สัดส่วน 7:3 สำหรับกากน้ำตาล ขึ้นอยู่กับการกำหนดราคาซื้อขาย ตามลำดับ

5. เอกสารอ้างอิง

American Standard of Testing Material. 1999. **Proximate Analysis of Coal and Coke**. American Society for Testing and Materials, U.S.A.

Asawaruchikulchai. 2011. **Utilization of durian peel and mangosteen peel in the form of briquette fuel**. Mahidol University, Nakhon Pathom. (in Thai)

Bhattachary and Ram M. Shrestha. 1990. **Biocoal: Technology and Economics**. Asian Institute of Technology. Division of Energy Technology; Regional Energy Resources Information Center, 1990.

Botany. 2004. **Role of Yeast in Production of Alcoholic Beverage**. Accessed 13 July 2004. Available from http://www.botany.hawaii.edu.

Bussarakhamwadi. 2004. **Properties of Charcoal Briquettes from Cassava Rhizome with Reference to Raw Material Sources, Powder Sizes, and Intermediate Ratio**. Kasetsart University. Bang Khen Campus, Bangkok. (in Thai)

Coal & Coke testing. 2013. **Inspectorate Hellas-Laboratory**. Source: http://www.inspectorate.gr/test_bv/common/docs/InspectorateCoalTesting.pdf. September 29, 2013.

D-Lab Charcoal Process at MIT. 2010. **Fuel from the Fields Charcoal**. Massachusetts institute of Technology. Everett M. Rogers. 1995. DIFFUSION OF INNOVATIONS. (4th Ed.). New York: Free Press.

Ganesan and B.P. Nema. 2006. **Charcoal making from agricultural residues**. Central Institute of Agricultural Engineering Berasia Road, Bhopal-462038, India.

Isarangkun. 2012. **Economic Value Analysis**. National Institute of Development Administration. Bangkok. (in Thai)

Ministry of Energy. 2011. **Project to promote the production and use of combined heat energy from biomass in the industrial sector**. Source: http://webkc.dede.go.th/testmax/node/194, 15 September 2013.

Thai Industrial Standards Institute. 2004. **Community Product Standards**. Charcoal briquettes. Source: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps238_47.pdf, 18 August 2013.

Yachansuek. 2005. **Analysis of cost and financial returns of establishing a charcoal briquette production business from coconut shell in San Sai District Chiang Mai Province**. Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)

(Received: 9/Sep/2020, Revised: 27/Dec/2021, Accepted: 29/Dec/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 ฟรีเชียน 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 8 ตัวอักษร 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**

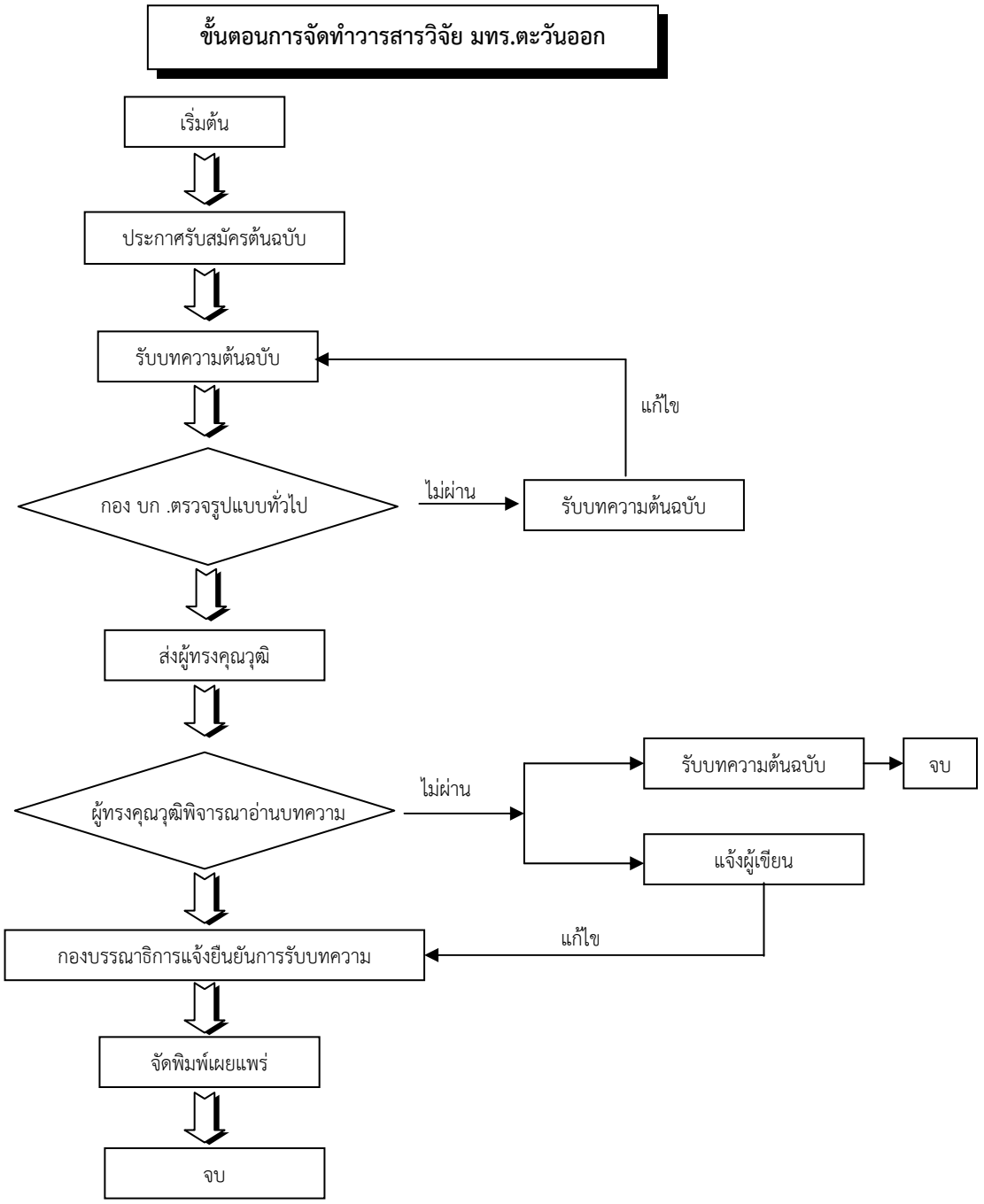
เนื้อหาตาราง ขนาด 12

ขอบล่าง 2.0 ซม.

หลักเกณฑ์การประเมินบทความเพื่อตอบรับการตีพิมพ์

กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น เกี่ยวกับความถูกต้องของรูปแบบทั่วไป ถ้าไม่ผ่านการพิจารณาจะส่งกลับไปแก้ไข 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