เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal

ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2566 ISSN 2408-266X

Volume 9 No.1 January-June 2023

บทความวิจัย

- การวิเคราะห์ค่าสุดขีดของคลื่นทะเลบริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทย ในจังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี
- ผลของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารชักนำการอักเสบ
- ผลของโยคะต่อสุขภาพกายและจิตของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน
- ผลของสภาวะการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่อการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและการตั้งตำรับเครื่องสำอาง
- เปรียบเทียบลักษณะภายนอกและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการกับจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดสมุทรสงคราม
- ความหลากหลายของพืชที่มีท่อลำเลียงในแปลงรวบรวมพันธุ์พืชป่าชายหาดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ป่าทุ่งใสไช อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
- การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการตรวจจับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ที่ไม่มีการออกสำรวจภัย
- คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ความเป็นพิษต่อเซลล์และการทำให้ดินสอพองปราศจากเชื้อ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566

ISSN 2408-266X

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วยสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเพื่อส่งเสริมให้เกิดความรู้ทางวิชาการแก่สังคมทั่วไป และสนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักศึกษาเสนอผลงานวิชาการ

กำหนดเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

บทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนกับความคิดเห็นในข้อเขียนเหล่านั้น

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ (peer review)

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายนอก

ศาสตราจารย์ ดร.บุษบา ยงสมิทธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ สมสุข	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ดลินา ตันหยง	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ภญ.วารี ลิมป์วิกรานต์	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธางกูร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.จิตบรรจง ตั้งปอง	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงยศ อนุชปรีดา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนิภา นันทะวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.สฤณี กลันทกานนท์ ทองทรง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เศรษฐเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ศิริพรอดุลศิลป์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.พรพรม ย่อยสูงเนิน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ภทรวรรณ แสงนวกิจ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ จินตสถาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรวิชญ์ กุมพล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล วัฒนพงศกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร ทองศรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวัชร อัศวสัมฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชานนท์ พรมสกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร จำเนียรสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์ พรรนิภา ศิริเพิ่มพูล	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์ ดร.อุรุษา แทนขำ	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ มีวาสนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนะ	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ บุญรัตนกรกิจ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพรรณ สุนทรโชติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กนกกันฑพงษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภก.วีรวัฒน์ ตีรณะชัยดีกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภา ลีละวัฒน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายสัตวแพทย์ปธานิน จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิวธวัฒ นาพิรุณ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา เพ็ญโรจน์	มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตศิริ ราชตนะพันธุ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา มาลาพันธุ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายใจ ชาญเศรษฐิกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย วิริยะพงษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงอรุณ อิสระมาลัย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นราทิพย์ จั่นสกุล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ชัยสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี มนูรักษ์ชินากร	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี เจียมพานิชยกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจีรา อินต๊ะใส	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ อินทโกสุม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพิศ สอนโยธา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนากานต์ เกียรติอร่ามกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาสินี ปีระจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณภัทณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อภิรติกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณ์ ดำสุด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา แก้วกระจาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐินี ดีแท้	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร มัชฌิมะปุระ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชนาถ แช่มช้อย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เตมีย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร แนวบุตร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศนิ จิระสถิตย์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมาพร ทาไธสง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรวัสส์ พุ่มอยู่	มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ พรหมเด่น	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพิน สุนทรวัฒน์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอนก สาวะอินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อาจารย์ ดร.พงศกร บำรุงไทย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.เทวฤทธิ์ เบิกบาน	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.กภ.ฉัตรชัย พิมศักดิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ในฐานะเป็นสื่อกลางสำคัญในการแลกเปลี่ยนความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการของคณาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย และนักวิชาการ เพื่อก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ผลงานวิชาการทั้งทางด้านการศึกษาและการวิจัยให้ก้าวหน้าต่อไป วารสารฉบับนี้เป็นฉบับที่ 1 ของปี พ.ศ. 2566 (มกราคม - มิถุนายน) ซึ่งเป็นปีที่ 9 ของการดำเนินงานวารสาร ประกอบด้วยบทความวิจัย จำนวน 8 เรื่อง โดยมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี ซึ่งบทความเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการกลั่นกรองทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาวิชาเพื่อให้ได้คุณภาพและถูกต้องทางวิชาการ ตามเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index-TCI) โดยวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้ผ่านการรับรองคุณภาพอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1 จากการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 4 พ.ศ. 2563-2567 ครั้งที่ 2 (2564-2567)

กองบรรณาธิการวารสารจะยังคงรักษาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร โดยปรับปรุงการดำเนินงานของกองบรรณาธิการวารสารในทุกฝ่าย เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI โดยเฉพาะอย่างยิ่งบทความทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ (Peer-review) ตรวจสอบสอบบทความอย่างน้อย 3 ท่าน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อควบคุมคุณภาพบทความของวารสารให้ได้มาตรฐานระดับสูง รวมทั้งผู้เขียนบทความในการแก้ไขบทความจนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้อ่านและผู้สนใจ เพื่อนำประโยชน์ไปใช้ในการอ้างอิง พัฒนางานวิจัย ตลอดจนสามารถนำมาปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้กองบรรณาธิการใคร่ขอเชิญชวนท่านผู้สนใจส่งบทความมาตีพิมพ์ที่วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยสามารถส่งต้นฉบับตามรายละเอียดในท้ายเล่มนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสิริ วนรัฐิกาล
หัวหน้ากองบรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย **หน้า**

- การวิเคราะห์ค่าสุดขีดของคลื่นทะเลบริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทย ในจังหวัดตราด เพชรบุรีและสุราษฎร์ธานี 8
  Extreme Value Analysis of the Ocean Wave around the Gulf of Thailand in Trat, Phetchaburi, and Surat Thani Provinces
  วิกานดา ผาพันธ์ ดั่งหทัย กระแสร์ชล เบญญาภา จ่างแสง กมลอร มุลเมฆ และ เฉลิมรัช นนทะภา

- ผลของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารชักนำการอักเสบ..... 28
  Modulatory effect of Plab Plueng Khao (Crinum wattii) bulb extract on antioxidant activity and pro-inflammatory mediators
  ศิริลักษณ์ กมลวรรณสิทธิ์ บังอร ประจันบาล และ เอกรัฐ คำเจริญ

- ผลของโยคะต่อสุขภาพกายและจิตของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน 44
  The Effects of Yoga on Village Health Volunteers' Mental and Physical Health
  สิริทรัพย์ สีหะวงษ์ ศิริพร จันทนสกุลวงศ์ ปิยณัฐ สร้อยคำ และ พฤฒินี นนท์ตุลา

- ผลของสภาวะการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่อการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส 55
  และการตั้งตำรับเครื่องสำอาง
  Effect of extraction conditions of Nam Dok Mai Thong mango on antioxidant, tyrosinase inhibition and cosmetic formulations
  เบญจมาส ไชยลาภ และ ธเนศวร นวลใย

- เปรียบเทียบลักษณะภายนอกและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการกับจังหวัด..... 69
  สมุทรสาครและจังหวัดสมุทรสงคราม
  Comparison of the external appearance and chemical composition of gourami in Samut Prakan, Samut Sakhon, and Samut Songkhram provinces
  มธุรส อ่อนไทย ผุสดี สิรยากร อุมา รัตนเทพี ศิริวรรณ ตันตระวาณิชย์ สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา และ เกษม พลายแก้ว

- ความหลากหลายของพืชที่มีท่อลำเลียงในแปลงรวบรวมพันธุ์พืชป่าชายหาดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช..... 83
  อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ป่าทุ่งใส่ไช
  อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
  Vascular plant diversity in the plant genetic conservation area project under The Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG) at Sai-Chai, Chaiya district, Surat Thani province
  เยาวพรรณ สนธิกุล ธีร ศรีสวัสดิ์ สุรพล ฐิติธนากุล วิกันดา รัตนพันธ์ และ นิตยา อัมรัตน์

- การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการตรวจจับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ 93
  ที่ไม่มีการออกสำรวจภัย
  Applying Machine Learning to Detect Automobile Insurance Claims without Surveys
  กิตติศักดิ์ จังพานิช ศุภเบญญา สีวันนา วรรณพร เชาวน์ชวานิล กุลภัสสรณ์ ชีวาลักขณาลิขิต และ ธีระวัฒน์ สิมมาจันทร์

- คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ความเป็นพิษต่อเซลล์และการทำให้ดินสอพองปราศจากเชื้อ 109
  Physicochemical properties, cytotoxicity, and marl sterilization
  วิชาญ จันทร์วิทยานุชิต ปวีณา ว่องตระกูล พรปวีร์ โพนสิม สมหญิง งามอุรุเลิศ สุวรรณา เสมศรี และ อิสยา จันทร์วิทยานุชิต

การวิเคราะห์ค่าสุดขีดของคลื่นทะเลบริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทยในจังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี

Extreme Value Analysis of the Ocean Wave around the Gulf of Thailand in Trat, Phetchaburi, and Surat Thani Provinces

วิกานดา ผาพันธ์[1,2] ดั่งหทัย กระแสร์ชล[1] เบญญาภา จ่างแสง[1] กมลอร มุลเมฆ[1] และ เฉลิมรัช นนทะภา[3]*

[1]ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2]กลุ่มวิจัยการเรียนรู้เชิงสถิติและการอนุมาน มจพ. กรุงเทพมหานคร 10800

[3]ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Wikanda Phaphan[1,2], Dunghathai Krasaechon[1], Benyapa Jangsang[1], Kamonon Moonmake[1] and Chalermrat Nontapa[3]*

[1]Department of Applied Statistics, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

[2]Research Group in Statistical Learning and Inference, KMUTNB, Bangkok, 10800

[3]Department of Statistics, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

***Corresponding author:** chalermrat.n@cmu.ac.th

Received: 5 January 2023/ Revised: 19 March 2023/ Accepted: 24 March 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์หาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมจากทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory) สำหรับข้อมูลความสูงของคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณรอบๆ ชายฝั่งอ่าวไทยทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ ตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี รายสัปดาห์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2562 โดยเปรียบเทียบ 2 การแจกแจงคือ การแจกแจงสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value : GEV) และการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution : GPD) และใช้วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimate : MLE) สำหรับการแจกแจง GEV และวิธีค่าสูงสุดที่มีค่าเกินค่าเกณฑ์ที่กำหนด (Peak Over Threshold : POT) สำหรับการแจกแจง GPD เพื่อคาดการณ์ระดับการเกิดซ้ำ (Return Level) ค่าสุดขีดของความสูงคลื่นทะเลในอีก 2 ปี 5 ปี 10 ปี และ 20 ปี ข้างหน้า โดยใช้สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike' s Information Criterion: AIC) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตัวแบบ ผลการวิจัยพบว่าข้อมูลความสูงคลื่นทะเลรอบ ๆ ชายฝั่งบริเวณที่คัดเลือกรายสัปดาห์เหมาะสมกับการแจกแจง GPD ซึ่งข้อสรุปจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการและป้องกันปัญหาพื้นที่ชายฝั่งทะเลสำหรับการกัดเซาะของคลื่นทะเลที่

เกิดขึ้นทั้ง 3 จังหวัด รวมถึงบริเวณใกล้เคียงอีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางป้องกันให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุดต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศรอบ ๆ บริเวณชายฝั่ง

คำสำคัญ: ความสูงคลื่นนัยสำคัญ การแจกแจงสุดขีดวางนัย การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีเกินเกณฑ์

Abstract

The purpose of this study was to analyze an appropriate model from the extreme value theory for the data of wave height in the ocean around a shoreline on the Gulf of Thailand in the Trat, Phetchaburi, and Surat Thani provinces. The data were collected weekly between 2007 and 2019. Two distributions we employed to compare the data of wave height were Generalized Extreme Value and Generalized Pareto distribution. We employed the Maximum Likelihood Estimate to estimate parameters for Generalized Extreme Value and used Peak Over Threshold for GPD to anticipate the Return Level of the wave height in the ocean in the next two years, five years, ten years, and twenty years, which we used Akaike's Information Criterion as the selection criteria for the model. The results revealed that the data of the wave height in the ocean around the shoreline of three provinces, which collected weekly were suitable for GPD. From the results, we were able to use it as a guideline to plan an arrangement and prevent coastal areas from erosion of all five areas, including nearby areas. Also, it even helps to prevent the environment and ecosystems around the coast.

Keywords: Significant wave height, Generalized Extreme value distribution, Generalized Pareto distribution, Maximum likelihood, Threshold methods

บทนำ

ประเทศไทยมีรายได้เฉลี่ยจากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว 1.7 พันล้านบาทต่อปี โดยมีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างชาติถึง 36 ล้านคนต่อปี [1] ซึ่งใน 10 จังหวัดที่มีนักท่องเที่ยวมากที่สุดล้วนเป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลทั้งสิ้น ดังนั้นทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งไทยจึงมีความสำคัญต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก แต่ในขณะที่สามารถสร้างรายได้จากทรัพยากรทะเลและชายฝั่งมากมาย สภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลกลับเสื่อมโทรมลงทุกขณะ

ปัญหาที่ต้องเร่งหาทางแก้ไขและป้องกันมากที่สุดในปัจจุบัน คือ ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเล [2] เนื่องจากมีผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยในบริเวณชายฝั่งทั้งอ่าวไทยและอันดามัน ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีประชาชนอาศัยอยู่ราว 12 ล้านคน สามารถแบ่งได้เป็น 2 สาเหตุหลัก ๆ ประการแรก คือ เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ต้องการพัฒนาหรือบุกรุกพื้นที่ตามแนวชายฝั่ง อีกประการหนึ่ง คือกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งเป็นสาเหตุที่มีผลให้เกิดปัญหาดังกล่าวมากที่สุดในปัจจุบัน นั่นคือการเกิดขึ้นของระดับน้ำทะเลจากการที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ทำให้น้ำทะเลรุกเข้าไปในแผ่นดินมากทำให้เกิดการกัดเซาะมากขึ้น

ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งส่งผลให้ระบบนิเวศในบริเวณชายฝั่งถูกทำลายและสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมไม่ว่าจะบริเวณป่าชายเลน แนวปะการังและพื้นที่อนุบาลสัตว์น้ำ นอกจากนั้นยังส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของประชาชนบริเวณชายฝั่ง ที่ต้องสูญเสียที่อยู่อาศัยและไม่สามารถประกอบอาชีพเดิมได้ สูญเสียรายได้หลักของประเทศที่จะได้จากนักท่องเที่ยวทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากสภาพแวดล้อมของชายฝั่งไม่สมบูรณ์ดังเดิม ไม่เป็นที่ดึงดูดให้เกิดกิจกรรมทางท่องเที่ยวทางทะเล โดยบริเวณที่เกิดปัญหา

การกัดเซาะและได้รับผลกระทบด้านชายฝั่งนั้น จะเกิดขึ้นกับด้านอ่าวไทยมากกว่าอันดามัน เนื่องจากมีพื้นที่มากกว่าและเป็นทะเลเปิด โดยจะเกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณพื้นที่ราบน้ำขึ้นถึง บริเวณป่าชายเลนและหาดทราย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาในจังหวัดที่ติดชายฝั่งอ่าวไทยและเป็นแหล่งเศรษฐกิจอันดับต้น ๆ ของประเทศ ทั้งหมด 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง จากสาเหตุระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นและรุกเข้าชายฝั่งอย่างรุนแรง ในการศึกษาจึงมุ่งเน้นข้อมูลของระดับความสูงคลื่นเพื่อหาทางแก้ไขและป้องกันปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง

การศึกษาครั้งนี้เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์ค่าสุดขีด (Extreme Value Analysis) [3] แตกต่างจากการคำนวณความสูงคลื่นในงานวิจัยส่วนใหญ่ที่นิยมใช้แบบจำลอง SWAN (Simulating Waves Nearshore) [4] เนื่องจากทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) [5] เป็นการนำการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในส่วนของปลายหาง ที่มีค่าน้อยมากมาวิเคราะห์สร้างแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจหากมีแนวโน้มที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สุดขีดนั้นอีก นอกจากนั้นการวิเคราะห์ค่าสุดขีด (Extreme Value Analysis) ได้ถูกประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เช่น การวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสมจากทฤษฎีค่าสุดขีดสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำสูงสุดในแต่ละสัปดาห์ของเขื่อนขุนด่านปราการชล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2561 ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution) [6] และ การวิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมจากทฤษฎีค่าสุดขีดกับข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของ PM2.5 รายชั่วโมงและรายสัปดาห์ ใน 3 เขตธุรกิจของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ เขตวังทองหลาง เขตดินแดง เขตปทุมวัน ภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution : GEV) และการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) [7] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยการวิเคราะห์ค่าสุดขีดของสภาพคลื่นทะเลและลมรอบ ๆ เกาะฟาราซานทางตอนใต้ของทะเลแดง [8] เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของสภาพคลื่นรอบ ๆ เกาะฟาราซาน เช่น ลักษณะทางกายภาพที่มีผลต่อกระแสลมและมรสุมประจำฤดู เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสภาพคลื่นที่ก่อให้เกิดปัญหาการกัดเซาะและผลกระทบที่ตามมากับปัญหามากมาย จึงใช้ทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) กับข้อมูลระดับความสูงคลื่นใน 3 จังหวัดที่ติดอ่าวไทย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เกิดปัญหาการกัดเซาะมาก ได้แก่ จังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นจังหวัดที่สร้างรายได้หลักๆ ให้กับประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว โดยเปรียบเทียบ 2 ตัวแบบคือ 1) ตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEV) [9] และ 2) ตัวแบบการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) เนื่องจากการแจกแจง GPD จะอธิบายลักษณะข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบมีหางหนา (Heavy-tailed Distribution) ได้ดีโดยปกติจะเหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมเป็นรายวัน ส่วนการแจกแจง GEV ที่นำมาพิจารณาเนื่องจากการแจกแจง GEV เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ค่าสุดขีดในช่วงคาบเวลาที่สนใจ เช่น รายปี รายเดือน รายไตรมาส รายสัปดาห์ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์โดยมีลักษณะเป็นข้อมูลรายสัปดาห์ จึงได้เลือกการแจกแจงทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน จากนั้นจะคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมมาคาดการณ์ระดับความสูงคลื่นสูงสุด ที่จะเกิดซ้ำในอีก 5 ปี 10 ปี และ 20 ปี ข้างหน้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลความสูงของคลื่นทะเลสูงสุดรายสัปดาห์ จำนวน 678 สัปดาห์ บริเวณรอบชายฝั่งทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ ตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2562

2. การคัดเลือกข้อมูล

การคัดเลือกข้อมูลสำหรับทำการศึกษาความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ความสูงคลื่นทะเลที่มีค่าสูงสุดมี 2 วิธีการดังนี้

2.1 Block Maxima

วิธี Block Maxima ใช้กับข้อมูลคาบเวลา ได้แก่ รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี โดยพิจารณาค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา ซึ่งเหมาะสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) เนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีขนาดความกว้างของช่วงหรือจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมซึ่งข้อมูลจะต้องเป็นอิสระกัน โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีดังกล่าวในการคัดเลือกข้อมูลสำหรับการนำไปวิเคราะห์หาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) โดยพิจารณาค่าสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นทะเลของบริเวณ 3 จังหวัด คือ ตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี เป็นรายวันแล้วจากนั้นเก็บข้อมูลเป็นรายสัปดาห์

2.2 Threshold Exceedance

วิธี Threshold Exceedance ใช้กับข้อมูลที่มีปริมาณมากและอยู่ในคาบเวลา เช่น รายชั่วโมง หรือรายวัน โดยพิจารณาร่วมกับวิธีเกินเกณฑ์ (Threshold Methods) และใช้ข้อมูลที่มีค่าสูงสุดเกินกว่าเกณฑ์ (Threshold) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตัวแบบจำลองที่เหมาะสม ซึ่งเหมาะสมสำหรับการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) งานวิจัยนี้ใช้วิธี Threshold Exceedance สำหรับการคัดเลือกข้อมูลความสูงคลื่นทะเลของแต่ละพื้นที่ในแต่ละจังหวัดเป็นรายสัปดาห์ เพื่อการวิเคราะห์หาตัวแบบจำลองสำหรับการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) ในการกำหนดค่าเกณฑ์ (Threshold) ให้มีค่าไม่ต่ำกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

2.3 Quantile-Quantile plots (Q-Q plots)

การสร้างกราฟ Q-Q คือ การเปรียบเทียบค่าควอนไทล์ (Quantile) ของแบบจำลองกับค่าข้อมูลจริง โดยที่

$$\left\{\left(\hat{F}^{-1}\frac{i}{n+1}, x_{(i)}\right) : i = 1, 2, \ldots, n\right\} \qquad (1)$$

ถ้าแบบจำลองที่ได้มีการแจกแจงเหมือนกับข้อมูลจริง กราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งการสร้างกราฟนี้เป็นการพล็อตจุดควอนไทล์ของค่าคาดหวังของการแจกแจงที่ได้จากการสร้างแบบจำลองกับจุดควอนไทล์ของข้อมูลจริงที่ต้องการทดสอบว่าการแจกแจงมีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งการประมาณฟังก์ชันการแจกแจง $\hat{F}$ ถ้าข้อมูลที่ศึกษามีการแจกแจงที่เหมาะสม Q-Q plots จะอยู่ใกล้เส้นทแยงมุมซึ่งกราฟจะเป็นเส้นตรง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานทางสถิติ

ในการศึกษาคุณสมบัติของข้อมูลความสูงของคลื่นทะเลบริเวณดังกล่าวข้างต้น โดยทำการคัดเลือกข้อมูลสูงสุดรายสัปดาห์และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพื้นฐาน เพื่อดูภาพรวมของข้อมูลทั้งค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

3.2 การทดสอบความคงที่และแนวโน้มของข้อมูล

การทดสอบความคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลา ใช้วิธีการ Augmented Dickey-Fuller Test (ADF) [10] และการทดสอบแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลา ใช้วิธีการของ Mann-Kendall Test (MK) และการพล็อตกราฟแนวโน้ม

3.3 การกำหนดตัวแบบจำลอง

กำหนดตัวแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณรอบ ๆ ชายฝั่งอ่าวไทยรายสัปดาห์เพื่อวิเคราะห์หาตัวแบบค่าสุดขีดที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลระดับความสูงคลื่นของ 3 จังหวัด ได้แก่ ตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นจังหวัดที่ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและแหล่งเศรษฐกิจของประเทศไทย ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) โดยจะวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลาที่สนใจคือรายสัปดาห์ ซึ่งค่าสังเกตที่รวบรวมได้ควรจะมีจำนวนมากกว่า 30 ค่าขึ้นไป [3] และการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) จะใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์การแจกแจงของปลายหางของข้อมูลเหล่านี้เมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก หรือ ข้อมูลเก็บรวบรวมเป็นรายวัน

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป

$$f(X)=\frac{1}{\sigma}\left\{1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\left(1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\} \text{ สำหรับ } 1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)>0 \qquad (2)$$

โดยที่ μ แทน พารามิเตอร์ระบุตำแหน่ง (Location Parameter)

σ แทน พารามิเตอร์ระบุขนาด (Scale Parameter)

ξ แทน พารามิเตอร์ระบุรูปร่าง (Shape Parameter)

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป

$$f(X)=1+\left[\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{-1/\xi} \qquad (3)$$

โดยที่ σ แทน พารามิเตอร์ระบุขนาด (Scale Parameter)

ξ แทน พารามิเตอร์ระบุรูปร่าง (Shape Parameter)

เมื่อพิจารณาฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปและฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป สามารถกำหนดแบบจำลองของข้อมูลได้ดังนี้

ข้อมูลมีความคงที่ (Stationary) และไม่มีแนวโน้ม (Trend) จะได้รูปแบบจำลอง 1 แบบ ดังนี้

แบบจำลองที่ 1 : μ, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ข้อมูลไม่มีความคงที่ (Non-Stationary) และมีแนวโน้ม (Trend) จะได้รูปแบบจำลอง 5 แบบ ดังนี้

แบบจำลองที่ 2 : $\mu(t)=\beta_0+\beta_1 t$ โดยที่ σ และ ξ เป็นค่าคงที่

แบบจำลองที่ 3 : $\mu(t)=\beta_0+\beta_1 t$ และ $\sigma(t)=\exp(\alpha_0+\alpha_1 t)$ โดยที่ ξ เป็นค่าคงที่

แบบจำลองที่ 4 : $\mu(t)=\beta_0+\beta_1 t$ และ $\sigma(t)=\exp(\alpha_0+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2)$ โดยที่ ξ เป็นค่าคงที่

แบบจำลองที่ 5 : $\mu(t)=\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2$ และ $\sigma(t)=\exp(\alpha_0+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2)$ โดยที่ ξ เป็นค่าคงที่

เมื่อ t มีหน่วยเป็นรายสัปดาห์ โดยค่าพารามิเตอร์ของทุกตัวแบบจำลอง μ, σ และ ξ ที่เป็นค่าคงที่ประมาณค่าด้วยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation : MLE) ซึ่งใช้ฟังก์ชัน fevd ในโปรแกรมภาษา R ช่วยในการคำนวณ

3.4 การคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เหมาะสม

การคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เหมาะสมจะใช้เกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ(Akaike’ s Information Criterion: AIC) เป็นเกณฑ์แบบจำลองที่ให้ค่า AIC น้อยที่สุดแสดงว่าแบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ การคัดเลือกตัวแบบที่ให้ AIC มีค่าต่ำที่สุดซึ่งจะเป็นตัวแบบที่ดีที่สุดและเกณฑ์ AIC สามารถคัดเลือกตัวแบบได้ดีเมื่อตัวอย่างมีขนาด

ใหญ่เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการคัดเลือกตัวแบบสูงเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมในศาสตร์ต่าง ๆ ในปัจจุบันเนื่องจากไม่ต้องใช้ค่าพี (p-value) ในการสรุปผล และสามารถใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด หรือวิธีโมเมนต์ มีเพียงวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบเบส์เพียงวิธีเดียว ที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เกณฑ์ AIC เนื่องจากหากประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบส์แล้ว เกณฑ์ที่เหมาะสมในการพิจารณาตัวแบบจะเป็นเกณฑ์สารสนเทศของเบส์ (Bayesian Information Criterion) หรือ BIC

$$\mathrm{AIC} = -2\ln(\hat{b}) + 2p \tag{4}$$

โดย $\ln(\hat{b})$ คือ ล็อกภาวะน่าจะเป็น

p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในการแจกแจง

n คือ จำนวนค่าสังเกตในข้อมูล

3.5 การประมาณค่าระดับการเกิดซ้ำสูงสุด

ประมาณระดับการเกิดซ้ำของข้อมูล 3 จังหวัด ได้แก่ ตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี รายสัปดาห์ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยทุก ๆ ช่วงเวลา t กำหนดช่วงเวลาในงานวิจัยนี้เป็น 2 ปี 5 ปี 10 ปีและ 20 ปี

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานทางสถิติของคลื่นทะเลสุดสุด ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 – 2562

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของความสูงคลื่นทะเลบริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทย ทั้ง 3 จังหวัด โดยมีข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดรายสัปดาห์ (หน่วย : เมตร) จำนวน 678 สัปดาห์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2562 ผลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางสถิติของความสูงคลื่นทะเลสุงสุดรายสัปดาห์บริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทย (หน่วย:เมตร)

สถานี	จำนวนข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ตราด	678	1.431	1.544	18.00	0.500
เพชรบุรี	678	1.568	1.147	14.000	0.100
สุราษฎร์ธานี	678	0.806	0.659	6.000	0.100

จากตารางที่ 1 พบว่าความสูงคลื่นทะเลต่ำสุด คือ 0.1 เมตร โดยพบบริเวณจังหวัดเพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี ความสูงคลื่นสูงสุด คือ 18 เมตร พบบริเวณจังหวัดตราด ในช่วงสัปดาห์ที่ 347 หรือสัปดาห์ที่ 34 ซึ่งตรงกับเดือนสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่มีลมมรสุมพัดเข้าชายฝั่งส่งผลให้คลื่นทะเลสูงกว่าปกติ โดยเฉลี่ย 1.431 เมตร และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความสูงคลื่นทะเลในจังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี พบว่ามีค่าเป็น 1.431 1.568 และ 0.806 ตามลำดับ โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงคลื่นทะเลในจังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี เป็น 1.544 1.147 และ 0.659 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าหากพิจารณาเพียงแค่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้ว จะสรุปผลว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวไม่มาก ซึ่งแตกต่างจากความเป็นจริงที่มีค่าต่ำสุดและสูงสุดต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้นการใช้ตัวแบบทางทฤษฎีแบบปกติจึงไม่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้จึงหันมาใช้การแจกแจงค่าสุดขีดในการสร้างตัวแบบของข้อมูลความสูงคลื่นทะเล

2. การทดสอบความคงที่และแนวโน้มของความสูงคลื่นรายสัปดาห์

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่มีอนุกรมเวลามาเกี่ยวข้อง จึงต้องวิเคราะห์ด้วยคุณสมบัติอนุกรมเวลา นั่นคือ กระบวนการคงที่ (Stationary Process) และแนวโน้มที่เกิดขึ้นของความสูงคลื่น

ในการทดสอบความคงที่ของความสูงคลื่น จะตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0: ข้อมูลความสูงคลื่นไม่มีความคงที่

H_1: ข้อมูลความสูงคลื่นมีความคงที่

งานวิจัยนี้เลือกใช้การทดสอบความคงที่ของข้อมูลโดยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) test เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในการศึกษาความคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลา

การทดสอบ Unit Root โดยวิธีการ Augmented Dickey-Fuller เป็นสมการที่ปรับมาจากวิธีการ Dickey-Fuller ซึ่งสมการของ Dickey-Fuller มี 3 สมการ ที่ต้องทดสอบ (At Level) คือ

$$Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad \text{(Random Walk Process)} \tag{5}$$

$$Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad \text{(Random Walk with Drift)} \tag{6}$$

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad \text{(Random Walk with Drift around a Stochastic Trend)} \tag{7}$$

เมื่อมีการปรับสมการโดยการเพิ่มขบวนการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive Processes) เข้าไปในสมการ (5), (6) และ (7) จะได้สมการ ดังนี้

$$Y_t = \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^{m} Y_{t-1} + u_t \tag{8}$$

$$Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^{m} Y_{t-1} + u_t \tag{9}$$

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^{m} Y_{t-1} + u_t \tag{10}$$

ถ้ายอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) แสดงว่า Y_t มีลักษณะไม่นิ่ง (Nonstationary) หรือเรียกว่ามี Unit Root เมื่อค่าสถิติ t-Statistic ของสัมประสิทธิ์ในรูปสัมบูรณ์มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต (Mackinnon Critical Value)

ถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) หรือยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) แสดงว่า Y_t มีลักษณะนิ่ง (Stationary) หรือ เรียกว่าไม่มี Unit Root เมื่อค่าสถิติ t-Statistic ของสัมประสิทธิ์ในรูปสัมบูรณ์มีค่ามากกว่าค่าวิกฤต (Mackinnon Critical Value)

ในการทดสอบแนวโน้มของความสูงคลื่น จะทำการตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0: ข้อมูลความสูงคลื่นไม่มีแนวโน้ม

H_1: ข้อมูลความสูงคลื่นมีแนวโน้ม

ค่าแนวโน้มของข้อมูลเป็นการเคลื่อนไหวในช่วงระยะเวลาที่ค่อนข้างนานพอสมควรโดยวิธีที่ใช้ทดสอบคือวิธี Mann-Kendall ซึ่งเป็นการทดสอบทางสถิติแบบไม่มีพารามิเตอร์ที่นิยมอย่างมาก สำหรับการที่จะนำมาวิเคราะห์หาแนวโน้มของอนุกรมเวลาของข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา ในการจัดกลุ่มแนวโน้มที่มีนัยสำคัญของแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและแนวโน้มที่ลดลงและสำหรับอนุกรมเวลา $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$ สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทางจะมีการแจกแจงของ x_k และ x_j ซึ่งจะมีค่าไม่เหมือนกันกับทุกค่าของ k โดย $j \le n$ ด้วย $k \ne j$ โดยสถิติทดสอบ S สามารถคำนวณได้โดยสมการ (11)

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sign(x_j - x_k) \tag{11}$$

เมื่อ $sign(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & ; \ (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & ; \ (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & ; \ (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$

และค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของสถิติทดสอบ S สามารถหาได้จากสมการ (12) และ (13)

$$E(S)=0 \tag{12}$$

$$Var=\frac{\left[n(n-1)(2n+5)-\sum_{j=1}^{m}t_j(t_j-1)(2t_j+5)\right]}{18} \tag{13}$$

การแจกแจงความโน้มเอียงของ S และแนวโน้มที่มีนัยสำคัญสามารถทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบค่าตัวแปรมาตรฐาน Z จากสมการ (14)

$$z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & ;\ S>0\\ 0 & ;\ S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & ;\ S<0\end{cases} \tag{14}$$

ซึ่งค่าบวกของ Z ในสมการ เป็นการแสดงถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าลบของ Z แสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง

ตารางที่ 2 การทดสอบความคงที่และแนวโน้มของข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดรายสัปดาห์

สถานี	การทดสอบทางสถิติ			
	ADF		MK	
	ค่าสถิติ	P-value	ค่าสถิติ	P-value
ตราด	-4.168	0.01	-0.681	0.496
เพชรบุรี	-4.642	0.01	3.385	0.001
สุราษฎร์ธานี	-5.19	0.01	-2.342	0.019

โดยค่าที่แสดงดังตารางที่ 2 เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบความคงที่และแนวโน้มด้วยโปรแกรม R Studio จะพิจารณาค่า P-Value ทั้งสามพื้นที่รอบ ๆ อ่าวไทย โดยพิจารณาค่า P-Value ของวิธีการ Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.01 ทั้งสามพื้นที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปผลว่าข้อมูลชุดนี้อยู่ภายใต้กระบวนการคงที่ทั้ง 3 จังหวัด และเมื่อพิจารณาค่า P-Value ของวิธีการ Mann-Kendall (MK) Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า มีเพียงจังหวัดตราดที่ความสูงคลื่นทะเลไม่มีแนวโน้ม (P-Value > 0.05) ส่วนจังหวัดเพชรบุรี และสุราษฎร์ธานีความสูงคลื่นทะเลนั้นมีแนวโน้ม (P-Value < 0.05)

3. การกำหนดตัวแบบจำลองที่เหมาะสม

3.1 ตัวแบบจำลองการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) ของความสูงคลื่นทะเลสูงสุด

3.1.1. บริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

การหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดรายสัปดาห์ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการแจกแจงของตัวแบบจำลอง ภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike’ s Information Criterion : AIC) แสดงดังตารางที่ 3 โดย

ตารางที่ 3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นสูงสุดรายสัปดาห์

รูปแบบ	ตัวแบบที่ใช้	AIC
1	$\hat{\mu}=0.8274812$, $\hat{\sigma}=0.4555868$, $\hat{\xi}=0.5019302$	1450.243
2	$\mu(t)=0.8155092+0.00003557765t$ $\hat{\sigma}=0.8155092$, $\hat{\xi}$=0.5014695	1451.881
3	$\mu(t)=0.7476608+0.00006462679t$ $\sigma(t)=\exp(-0.7936559+0.4250051t)$ $\hat{\xi}=0.3848715$	1430.368
4	$\mu(t)=0.7613954+0.00002841229t$ $\sigma(t)=\exp\left(-0.7459649+0.4230645t-0.0001314722t^2\right)$ $\hat{\xi}=0.3799692$	1432.027
5	$\mu(t)=0.6863534+0.0007194454t-0.000001011498t^2$ $\sigma(t)=\exp\begin{pmatrix}-1.003887+0.4302829t+0.002149482t^2\\-0.000003326934t^3\end{pmatrix}$ $\hat{\xi}=0.3627765$	**1429.595**

รูปแบบ 1 คือ ตัวแบบที่ข้อมูลมีความคงที่ (Stationary) และไม่มีแนวโน้ม (Trend) จึงกำหนด μ , σ และ ξ เป็นค่าคงที่

รูปแบบ 2 คือ ตัวแบบที่ข้อมูลไม่มีความคงที่ และมีแนวโน้ม กำหนด σ และ ξ เป็นค่าคงที่

รูปแบบ 3 คือ ตัวแบบที่ข้อมูลไม่มีความคงที่ และมีแนวโน้ม กำหนด ξ เป็นค่าคงที่

รูปแบบ 4 คือ ตัวแบบที่ข้อมูลไม่มีความคงที่ และมีแนวโน้ม กำหนด σ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในรูปพหุนามดีกรีสอง และ ξ เป็นค่าคงที่

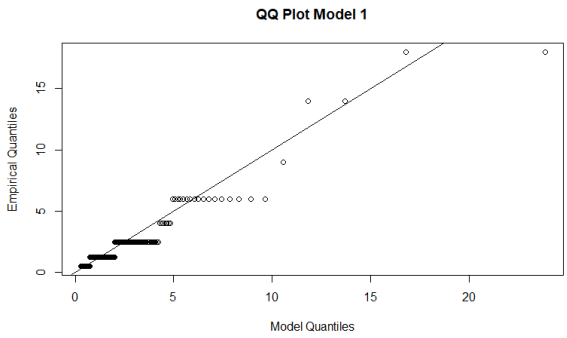
รูปแบบ 5 คือ ตัวแบบที่ข้อมูลไม่มีความคงที่ และมีแนวโน้ม กำหนด μ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในรูปพหุนามดีกรีสอง σ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในรูปพหุนามดีกรีสาม และ ξ เป็นค่าคงที่

โดยค่าที่แสดงดังตารางที่ 3 เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม R Studio ของวิธีการค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป โดยใช้เกณฑ์ AIC ในการหาค่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด หากพิจารณาจากค่า AIC จะพบว่า รูปแบบของแบบจำลองที่ 5 ให้ค่า AIC น้อยที่สุด นั่นหมายความว่าตัวแบบนี้มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับข้อมูลระดับความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งของจังหวัดตราดรายสัปดาห์ สามารถอธิบายได้ว่า $x \sim GEV(\mu(t),\ \sigma(t),\ \hat{\xi})$ เมื่อ

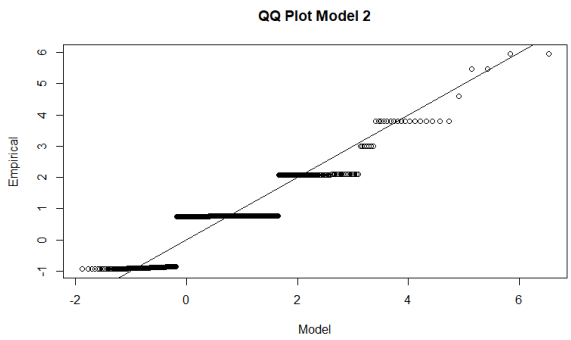
$$\mu(\mathrm{t})=0.6863534+0.0007194454\mathrm{t}+0.000001011498\mathrm{t}^2,$$

$$\sigma(\mathrm{t})=\exp(-1.003887+0.4302829\mathrm{t}+0.002149482\mathrm{t}^2-0.000003326934\mathrm{t}^3)\ ,\ \hat{\xi}=0.3627765$$

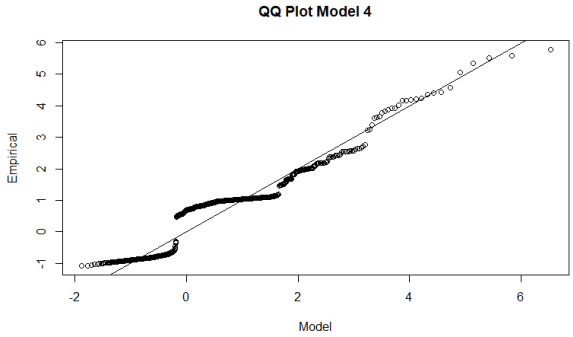
หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์ μ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในพหุนามดีกรีสอง และพารามิเตอร์ σ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงสมการแนวโน้มแบบพหุนามดีกรีสามโดยที่ $\sigma(\mathrm{t})=\exp(-1.003887+0.4302829\mathrm{t}+0.002149482\mathrm{t}^2-0.000003326934\mathrm{t}^3)$ และมีพารามิเตอร์ $\hat{\xi}$ คงที่ มีค่าเท่ากับ 0.3627765



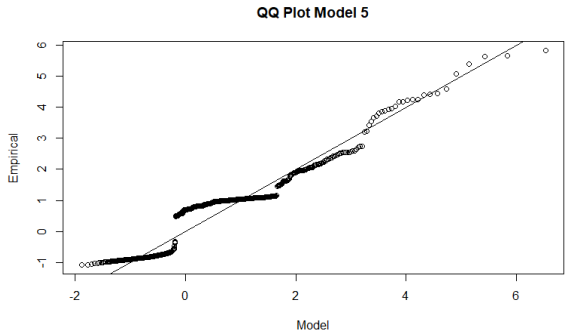
ภาพที่ 1 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 1



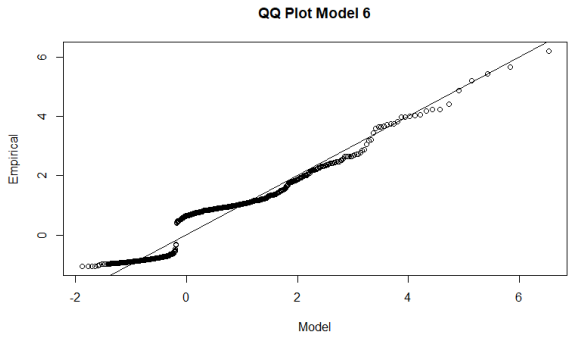
ภาพที่ 2 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 2



ภาพที่ 3 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 3



ภาพที่ 4 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 4



ภาพที่ 5 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 5

จากภาพที่ 5 พบว่ารูปกราฟ Quantile Plots เป็นเส้นตรง และมีเพียงไม่กี่จุดที่เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรง แสดงว่าตัวแบบที่ 5 เหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นตัวแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ตัวแบบที่ 5 มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล

3.1.2 บริเวณชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี

การหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรีรายสัปดาห์ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการแจกแจงของตัวแบบจำลอง ภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike’ s Information Criterion : AIC) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นสูงสุดรายสัปดาห์

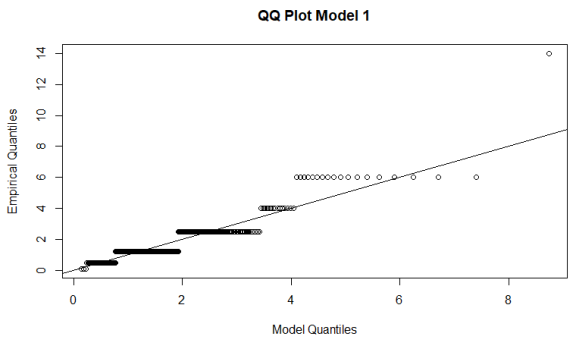
รูปแบบ	ตัวแบบที่ใช้	AIC
1	$\hat{\mu}=1.0799764$, $\hat{\sigma}=0.5953813$, $\hat{\xi}=0.1891361$	1586.990
2	$\mu(t)=0.9749450552+0.0003147103t$ $\hat{\sigma}=0.5894549173$, $\hat{\xi}=0.1926313251$	1578.242
3	$\mu(t)=0.969891291+0.0003063133t,$ $\sigma(t)=\exp(-0.5261231133+0.1357489903t),$ $\hat{\xi}=0.1806880333$	1578.551
4	$\mu(t)=0.9314661724+0.0004221102t,$ $\sigma(t)=\exp\left(-0.6110919435+0.1399447809t+0.0002494562t^2\right),$ $\hat{\xi}=0.1786920065$	1578.625
5	$\mu(t)=0.737484+0.00230574t-0.000002860172t^2,$ $\sigma(t)=\exp\begin{pmatrix}-0.8095378+0.1700278t+0.0002172953t^2\\-0.000002998871t^3\end{pmatrix},$ $\hat{\xi}=0.1606761$	**1562.645**

โดยค่าที่แสดงดังตารางที่ 4 เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากฟังก์ชัน fevd ของวิธีการค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป โดยใช้เกณฑ์ AIC ในการหาค่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่า AIC จะพบว่า รูปแบบของแบบจำลองที่ 5 ให้ค่า AIC น้อยที่สุด นั่นหมายความว่าตัวแบบนี้มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับข้อมูลระดับความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งของจังหวัดเพชรบุรีรายสัปดาห์ สามารถอธิบายได้ว่า $x \sim GEV(\mu(t),\ \sigma(t),\ \hat{\xi})$ เมื่อ

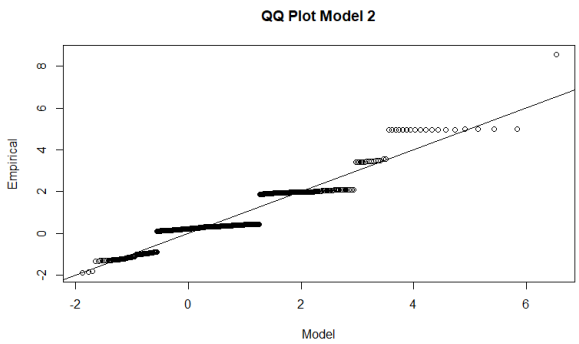
$$\mu(t)=0.737484+0.00230574t+0.000002860172t^2,$$

$$\sigma(t)=\exp(-0.8095378+0.1700278t+0.0002172953t^2-0.000002998871t^3)\ ,\ \hat{\xi}=0.1606761$$

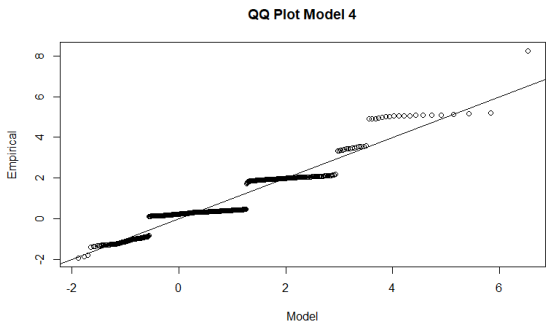
หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์ μ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในพหุนามดีกรีสอง และพารามิเตอร์ σ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงสมการแนวโน้มแบบพหุนามดีกรีสามโดยที่ $\sigma(t)=\exp(-1.452837+0.0001185096t+0.001874835t^2-0.000003204035t^3)$ และพารามิเตอร์ $\hat{\xi}$ คงที่ มีค่าเท่ากับ 3.83566



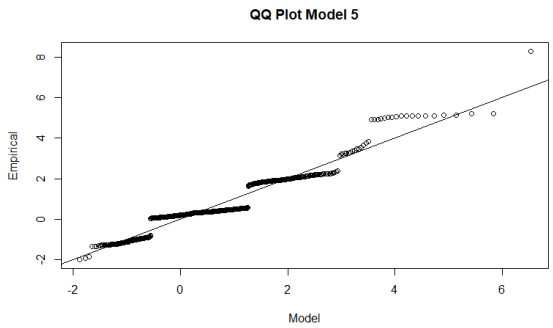
ภาพที่ 6 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 1



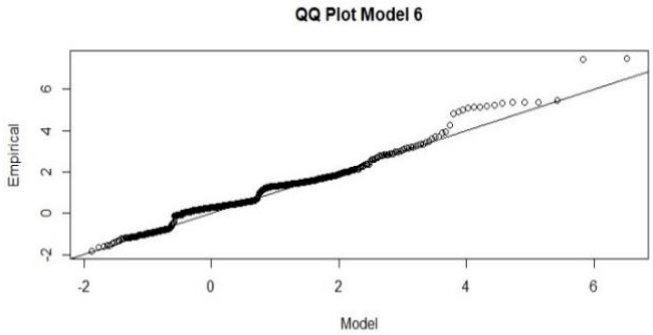
ภาพที่ 7 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 2



ภาพที่ 8 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 3



ภาพที่ 9 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 4



ภาพที่ 10 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 5

จากภาพที่ 10 พบว่าตำแหน่งของข้อมูลบนกราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 5 เป็นเส้นตรง และมีเพียงไม่กี่จุดที่เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรง แสดงว่าตัวแบบที่ 5 เหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นตัวแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ตัวแบบที่ 5 มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล

3.1.3 บริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี

การหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานีรายสัปดาห์ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการแจกแจงของตัวแบบจำลอง ภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike’ s Information Criterion : AIC) แสดงดังตารางที่ 5

โดยค่าที่แสดงดังตารางที่ 4 เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป โดยใช้เกณฑ์ AIC ในการหาค่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด หากพิจารณาจากค่า AIC จะพบว่า รูปแบบของแบบจำลองที่ 5 ให้ค่า AIC น้อยที่สุด นั่นหมายความว่าตัวแบบนี้มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับข้อมูลระดับความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งของจังหวัดสุราษฎร์ธานีรายสัปดาห์ สามารถอธิบายได้ว่า $x \sim GEV(\mu(t),\ \sigma(t),\ \hat{\xi})$ เมื่อ

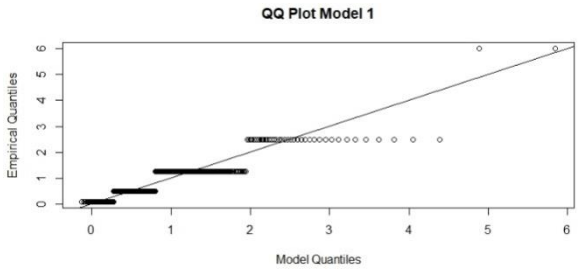
$$\mu(\mathrm{t}) = 0.5435286 - 0.0007614952\mathrm{t} + 0.0000007108899\mathrm{t}^2,$$

$$\sigma(\mathrm{t}) = \exp(-1.246407 + 1.064578\mathrm{t} + 0.002333115\mathrm{t}^2 - 0.000003233281\mathrm{t}^3)\ ,\ \hat{\xi} = 0.07310725$$

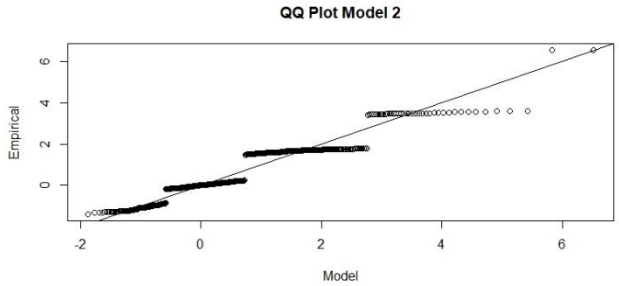
หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์ μ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในพหุนามดีกรีสอง และพารามิเตอร์ σ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงสมการแนวโน้มแบบพหุนามดีกรีสามโดยที่ $\sigma(\mathrm{t}) = \exp(-1.246407 + 1.064578\mathrm{t} + 0.002333115\mathrm{t}^2 - 0.000003233281\mathrm{t}^3)$ และมีพารามิเตอร์ $\hat{\xi}$ คงที่ มีค่าเท่ากับ 0.07310725

ตารางที่ 5 การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นสูงสุดรายสัปดาห์

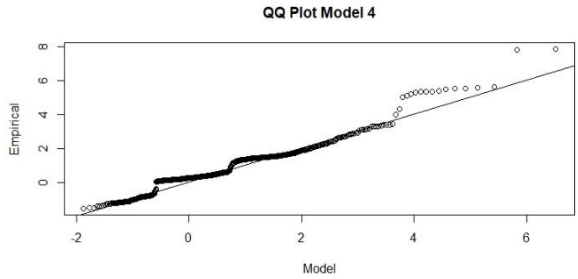
รูปแบบ	ตัวแบบที่ใช้	AIC
1	$\hat{\mu}=0.4873437$, $\hat{\sigma}=0.3945171$, $\hat{\xi}=0.2030115$	1042.419
2	$\mu(t)=0.5694896236-0.0002431492t$ $\hat{\sigma}=0.3888874759$, $\hat{\xi}=0.2125365633$	1032.474
3	$\mu(t)=0.4810595393-0.0002465403t$ $\sigma(t)=\exp(-0.9479382491+0.9910012173t)$ $\hat{\xi}=0.0892826389$	978.1514
4	$\mu(t)=0.4798362-0.0002421381t$ $\sigma(t)=\exp(-0.9609782+0.9893347t+0.00003990543t^2)$ $\hat{\xi}=0.08869072$	980.0983
5	$\mu(t)=0.5435286-0.0007614952t+0.0000007108899t^2$ $\sigma(t)=\exp\begin{pmatrix}-1.246407+1.064578t+0.002333115t^2\\-0.000003233281t^3\end{pmatrix}$ $\hat{\xi}=0.07310725$	**967.978**



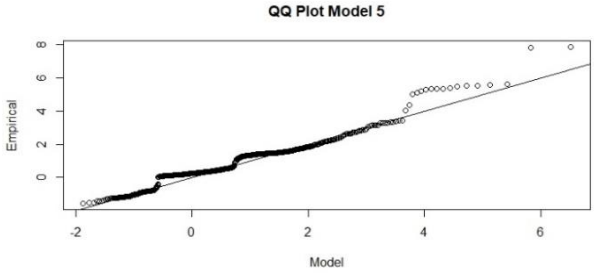
ภาพที่ 11 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 1



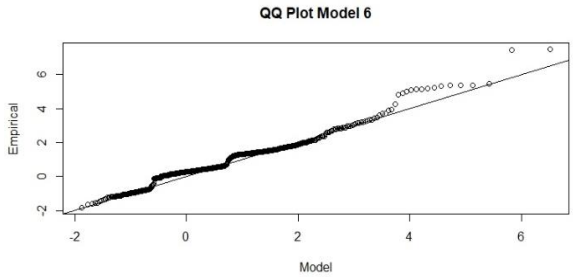
ภาพที่ 12 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 2



ภาพที่ 13 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 3



ภาพที่ 14 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 4



ภาพที่ 15 กราฟ Quantile Plots ของตัวแบบที่ 5

จากภาพที่ 15 พบว่ารูปกราฟ Quantile Plots เป็นเส้นตรง และมีเพียงไม่กี่จุดที่เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรง แสดงว่าตัวแบบที่ 5 เหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นตัวแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ตัวแบบที่ 5 มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล

ดังนั้นภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) โดยพิจารณาด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (AIC) และกราฟ Quantile Plots ตัวแบบที่ 5 เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

3.2 ตัวแบบจำลองการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) ของความสูงคลื่นทะเลสูงสุด

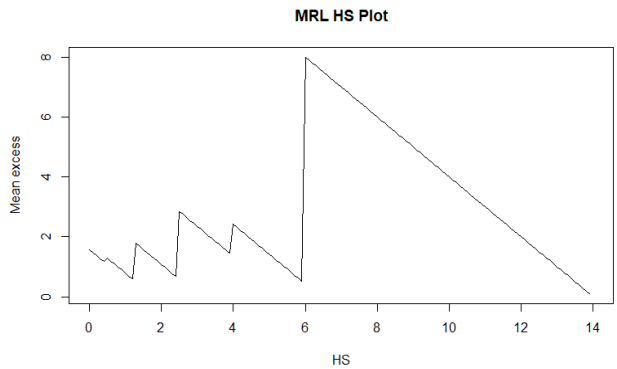
3.2.1 บริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด

(1) การคัดเลือกค่าเกณฑ์ (μ_0)

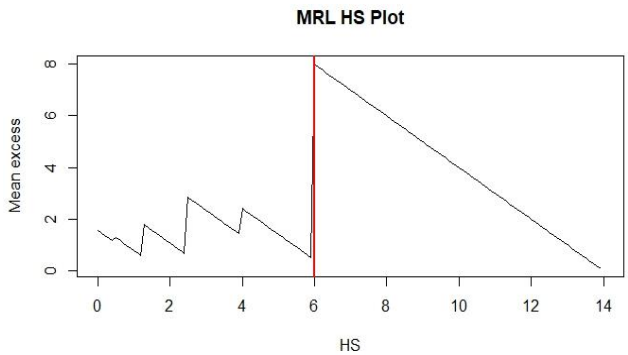
จากกราฟความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Residual Life Plot : MRL) ดังภาพที่ 16 เป็นกราฟที่ได้จากการประมาณค่าเกณฑ์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป จะสังเกตได้ว่ากราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงเมื่อค่า $\mu = 5.99$ การกำหนดค่าเกณฑ์ของข้อมูลจะมีข้อมูลทั้งหมด 22 ค่าที่มีค่าสูงกว่า 5.99 ดังนั้นจึงทำการตัดค่าเกณฑ์ได้ ดังภาพที่ 17

(2) การกำหนดตัวแบบจำลองและประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

การหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราด รายสัปดาห์ จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบจำลองภายใต้การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) ด้วยฟังก์ชัน gpd.fit ซึ่งให้ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของตัวแบบ GPD (Maximum-likelihood Fitting for the GPD Model) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike' s Information Criterion : AIC) แสดงดังตารางที่ 6

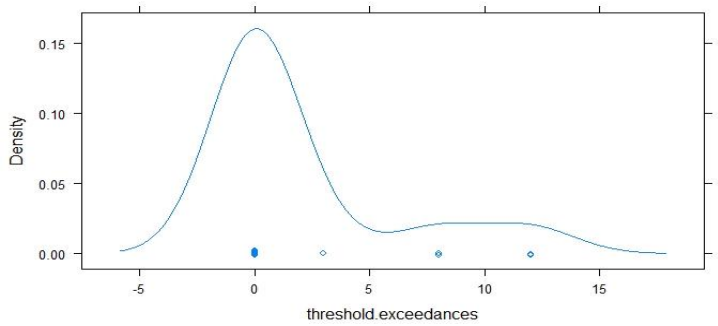


ภาพที่ 16 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Residual Life Plot : MRL) ของความสูงคลื่นทะเลสูงสุด



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการตัดค่าเกินเกณฑ์ที่ 5.99

เมื่อตัดค่าเกณฑ์จำนวน 22 ข้อมูลมาแสดงกราฟฟังก์ชันการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป ได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กราฟแสดงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไปของค่าเกินเกณฑ์

ตารางที่ 6 การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นสูงสุดรายสัปดาห์

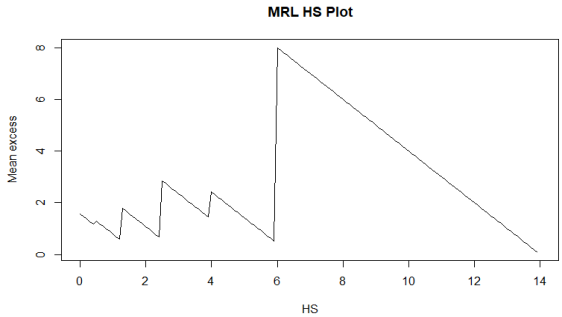
ตัวแบบที่ใช้	AIC
$\hat{\sigma} = 0.01477144$, $\hat{\xi}$=2.35485503	-33.8602

ตารางที่ 6 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป โดยใช้รูปแบบที่ 1 มีค่าประมาณพารามิเตอร์บ่งขนาดมีค่าเท่ากับ 0.01477144 ค่าประมาณพารามิเตอร์บ่งรูปร่างมีค่าเท่ากับ 2.35485503 และคำนวณค่า AIC ได้เท่ากับ -33.8602 ซึ่งจะนำไปใช้เปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

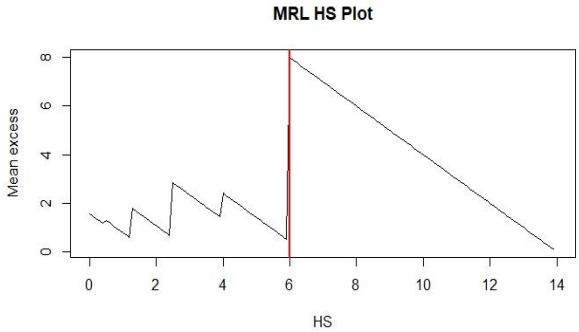
3.2.2 บริเวณชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี

(1) การคัดเลือกค่าเกณฑ์ (μ_0)

จากกราฟความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Residual Life Plot : MRL) ดังภาพที่ 19 เป็นกราฟที่ได้จากการประมาณค่าเกณฑ์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงเมื่อค่า $\mu = 5.99$ การกำหนดค่าเกณฑ์ของข้อมูลจะมีข้อมูลทั้งหมด 19 ค่าที่มีค่าสูงกว่า 5.99 จึงทำการตัดค่าเกณฑ์ได้ ดังภาพที่ 20

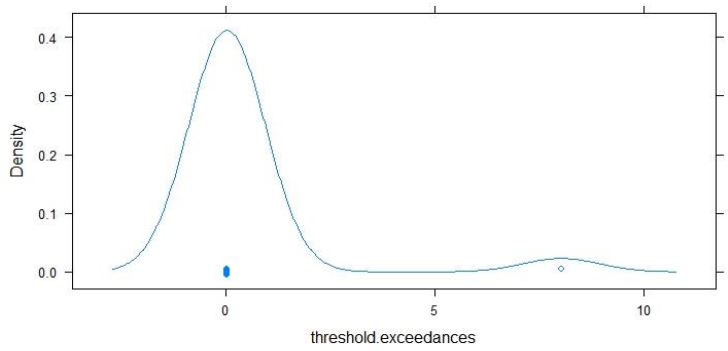


ภาพที่ 19 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Residual Life Plot : MRL) ของความสูงคลื่นทะเลสูงสุด



ภาพที่ 20 กราฟแสดงการตัดค่าเกินเกณฑ์ที่ 5.99

เมื่อตัดค่าเกณฑ์จำนวน 19 ข้อมูลมาแสดงกราฟฟังก์ชันการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป ได้ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 กราฟแสดงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไปของค่าเกินเกณฑ์

(2) การกำหนดตัวแบบจำลองและประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

การหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรีรายสัปดาห์ โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบจำลองภายใต้การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike’ s Information Criterion : AIC) แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นสูงสุดรายสัปดาห์

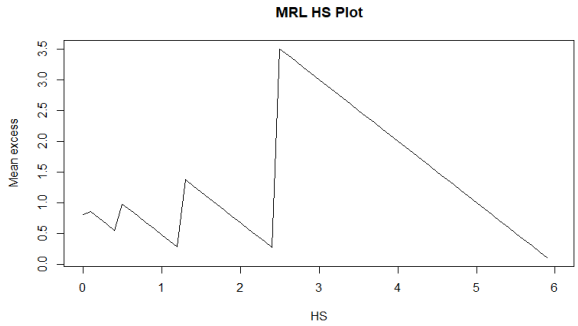
ตัวแบบที่ใช้	AIC
$\hat{\sigma} = 0.01125126$, $\hat{\xi} = 0.89368212$	-94.55572

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป โดยใช้รูปแบบที่ 1 มีค่าประมาณพารามิเตอร์บ่งขนาดมีค่าเท่ากับ 0.01125126 ค่าประมาณพารามิเตอร์บ่งรูปร่างมีค่าเท่ากับ 0.89368212 และคำนวณค่า AIC ได้เท่ากับ -94.55572 ซึ่งจะนำไปใช้เปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

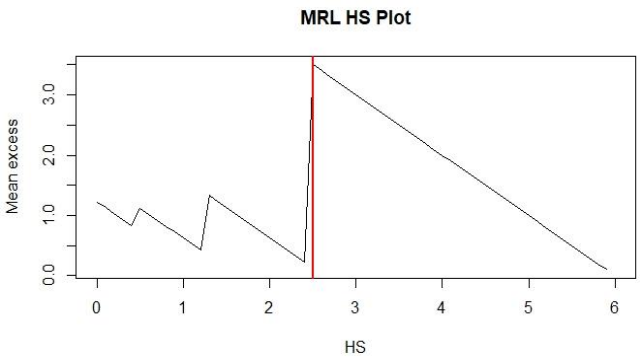
3.2.3 บริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี

(1) การคัดเลือกค่าเกณฑ์ (μ_0)

จากกราฟความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Residual Life Plot : MRL) ดังภาพที่ 22 เป็นกราฟที่ได้จากการประมาณค่าเกณฑ์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงเมื่อค่า $\mu = 2.499$ การกำหนดค่าเกณฑ์ของข้อมูล มีทั้งหมด 41 ค่าที่มีค่าสูงกว่า 2.45 ดังนั้นจึงทำการตัดค่าเกณฑ์ได้ ดังภาพที่ 23

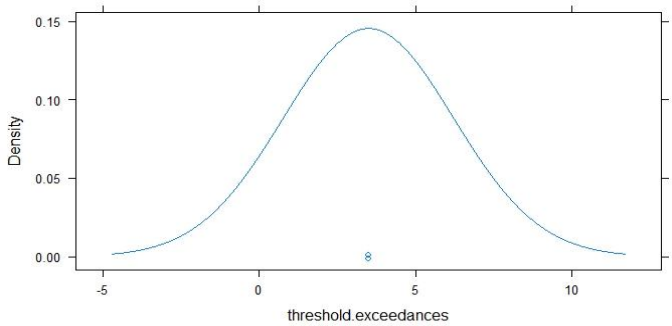


ภาพที่ 22 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Residual Life Plot : MRL) ของความสูงคลื่นทะเลสูงสุด



ภาพที่ 23 กราฟแสดงการตัดค่าเกินเกณฑ์ที่ 2.499

เมื่อตัดค่าเกณฑ์จำนวน 41 ข้อมูลมาแสดงกราฟฟังก์ชันการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป จะเป็นได้ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 กราฟแสดงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของฟังก์ชันการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไปของค่าเกินเกณฑ์

(2) การกำหนดตัวแบบจำลองและประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

การหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี รายสัปดาห์ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike’ s Information Criterion : AIC) แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของข้อมูลความสูงคลื่นสูงสุดรายสัปดาห์

ตัวแบบที่ใช้	AIC
$\hat{\sigma} = 0.001107425$, $\hat{\xi} = 1.010311554$	-389.2233

ตารางที่ 8 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป โดยใช้รูปแบบที่ 1 พบว่ามีค่าประมาณพารามิเตอร์บ่งขนาดมีค่าเท่ากับ 0.001107425 และค่าประมาณพารามิเตอร์บ่งรูปร่างมีค่าเท่ากับ 1.010311554 และคำนวณค่า AIC ได้เท่ากับ -389.2233 ซึ่งจะนำไปใช้เปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบตัวแบบของข้อมูลความสูงคลื่นทะเลรายสัปดาห์บริเวณ 3 จังหวัดรอบชายฝั่งอ่าวไทยด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (AIC)

สถานี	AIC	
	GEV	GPD
ตราด	1429.595	**-33.860**
เพชรบุรี	156.645	**-94.558**
สุราษฎร์ธานี	967.978	**-389.223**

ค่าที่แสดงในตารางที่ 9 เป็นค่าที่นำมาจากตารางการหาค่าประมาณพารามิเตอร์ โดยใช้เกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (AIC) เพื่อเปรียบเทียบหาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่นทะเลบริเวณชายฝั่งรอบอ่าวไทย โดยใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) ภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) และการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดด้วยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (AIC) ที่มีค่าน้อยที่สุด พบว่าทั้งสามจังหวัด ตัวแบบที่ 1 จากการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) ด้วยข้อมูลรายสัปดาห์ มีความเหมาะสมในการสร้างตัวแบบจำลองมากที่สุด

การประมาณระดับการเกิดซ้ำ

ตารางที่ 10 ระดับการเกิดซ้ำของข้อมูลความสูงคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณ 3 จังหวัด ภายใต้การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD)

จังหวัด	ระดับการเกิดซ้ำ (Return Level)			
	2 year-level	5 year-level	10 year-level	20 year-level
ตราด	6.367323	6.809452	7.418821	8.447964
เพชรบุรี	6.164377	6.401440	6.765220	7.441091
สุราษฎร์ธานี	2.548254	2.624973	2.753866	3.013500

จากตารางที่ 10 แสดงค่าระดับการเกิดซ้ำ ด้วยฟังก์ชัน return.level โดยใช้วิธีการ Return Level สังเกตเห็นได้ว่าเมื่อรอบการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ระดับการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นตามแต่จะเกิดซ้ำไม่สูงไปกว่าเดิมมาก โดยค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของความสูงคลื่นทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดรายสัปดาห์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในรอบ 2 ปี ซึ่งตรงกับปี พ.ศ. 2564 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุดอยู่ที่ 6.367323 เมตร สำหรับรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2567 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 6.809452 เมตร รอบการเกิดซ้ำ 10 ปี ตรงกับปี พ.ศ.2572 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 7.418821 เมตร และรอบการเกิดซ้ำ 20 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2592 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 8.447964 โดยการเกิดซ้ำในทุก ๆ รอบปี

ส่วนค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของความสูงคลื่นทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรีรายสัปดาห์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในรอบ 2 ปี ซึ่งตรงกับปี พ.ศ. 2564 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุดอยู่ที่ 6.164377 เมตร รอบการเกิดซ้ำ 5 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2567 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 6.401440 เมตร รอบการเกิดซ้ำ 10 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2572 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 6.765220 เมตร และรอบการเกิดซ้ำ 20 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2592 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 7.441091 โดยการเกิดซ้ำในทุกๆรอบปี

และค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของความสูงคลื่นทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานีรายสัปดาห์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในรอบ 2 ปี ซึ่งตรงกับปี พ.ศ. 2564 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุดอยู่ที่ 2.548254 เมตร สำหรับรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2567 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 2.624973 เมตร รอบการเกิดซ้ำ 10 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2572 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 2.753866 เมตร และรอบการเกิดซ้ำ 20 ปี ตรงกับปี พ.ศ. 2592 มีโอกาสที่จะเกิดอัตราระดับความสูงคลื่นสูงสุด 3.013500 โดยการเกิดซ้ำในทุก ๆ รอบปี

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลความสูงคลื่นรอบ ๆ ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทั้ง 3 จังหวัด อันได้แก่ จังหวัดตราด เพชรบุรีและสุราษฎร์ธานี โดยใช้ทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory) เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (AIC) พบว่าการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) เหมาะสมกับข้อมูลรายสัปดาห์มากที่สุด จากตารางที่ 10 แสดงระดับการเกิดซ้ำในรอบ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี ของข้อมูลความสูงคลื่นบริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทยทั้ง 3 จังหวัด ภายใต้การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (GPD) พบว่าเมื่อรอบปีการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าระดับการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งข้อสรุปจากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนจัดการและป้องกันปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งรอบ ๆ อ่าวไทยและบริเวณใกล้เคียง สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาข้อมูลของปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความสูงคลื่นทะเล ประกอบเพื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของความสูงคลื่นทะเลด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Ministry of tourism & Sport. International Tourist Arrivals to Thailand. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 15 พ.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://www.mots.go.th/
2. Department of Marine and Coastal Resources. Coastal erosion. [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 15 พ.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dmcr.go.th/detailLib/2394(2015)
3. ปิยภัทร บุษบาบดินทร์. การวิเคราะห์ค่าสุดขีดด้วย R. มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2560.
4. Noojeensang K, Waewsak J. Assessment of Sea Wave Power Potential in the Gulf of Thailand Using Simulating WaveNearshore (SWAN). TSUJ 2016;19(1):12-20.
5. Coles S. An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. London: Springer-Verlag London; 2001.
6. ชินวัฒน์ เมืองแก้ว, พงศธร พรธีรนารถ, นภดล ทองถาวร. แบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนขุนด่านปราการชล. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2561.
7. เอมิกา พูนวัฒนานุกูล, มนิศา แย้มศรี, หทัยชนก ลักษณา. การวิเคราะห์ตัวแบบค่าสุดขีดของปริมาณความเข้มข้นPM2.5 ในเขตธุรกิจของกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2562.

8. Shamji VR, Aboobacker VM, Vineesh TC. Extreme value analysis of wave climate around Farasan Islands, southern Red Sea. Ocean Eng 2020;207:107395.

9. Embrechts P, Klüppelberg C, Mikosch T. Modelling extremal events for insurance and finance. Berlin: Springer Verlag; 1997.

10. Dickey AD, Fuller AW. The likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. Econometrica 1981;49(4):1057-72.

ผลของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารชักนำการอักเสบ

Modulatory effect of Plab Plueng Khao (*Crinum wattii*) bulb extract on antioxidant activity and pro-inflammatory mediators

ศิริลักษณ์ กมลวรรณสิทธิ์ บังอร ประจันบาล และ เอกรัฐ คำเจริญ*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว 27160

Sirilak Kamonwannasit, Bung-on Prajanban and Agarat Kamcharoen*

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus 27160

***Corresponding author**: agarat.kam@gmail.com

Received: 10 January 2023/ Revised: 23 March 2023/ Accepted: 30 March 2023

บทคัดย่อ

การศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาด้วยตัวทำละลายต่างๆ พบว่าสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขา (*Crinum wattii* Baker) มีสารพฤกษเคมีกลุ่มแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และซาโปนิน พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยเฉพาะส่วนที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ สารสกัดคลอโรฟอร์มและสารสกัดเอทานอลมีความเป็นพิษต่อเซลล์แมคโครฟาจ RAW264.7 มากกว่าสารสกัดอื่น ๆ สารสกัดคลอโรฟอร์มสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ได้มากกว่าสารสกัดเอทานอล สารสกัดน้ำ และสารสกัดเอทิลอะซิเตท ตามลำดับ สารสกัดเอทานอลสามารถลดการแสดงออกของยีน iNOS ในภาวะที่มี LPS ชักนำได้ดี แต่เพิ่มการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบทั้ง TNF-α, IL-1β, IL-6 และ COX-2 ในภาวะที่มี LPS ชักนำ ในขณะที่สารสกัดมีผลในการลดการแสดงออกของยีน COX-1 ซึ่งแสดงถึงความเป็นพิษของสารสกัด อาจจะเป็นผลของสารกลุ่มอัลคาลอยด์ที่มีอยู่ในหัวพลับพลึงเขาและสารสกัดที่ทดสอบนี้มีความเป็นพิษผ่านกลไกของการอักเสบ

คำสำคัญ: พลับพลึงเขา ความเป็นพิษ การอักเสบ องค์ประกอบทางพฤกษเคมี

Abstract

Phytochemical screening and bioactivity of Plab Plueng Khao (*Crinum wattii* Baker) bulb extract with various solvents were studied. The results showed that alkaloids, flavonoids, tannins and saponins were consisted in the extracts. In addition, the extracts showed high antioxidant activity especially organic solvents. For cytotoxicity against RAW264.7 cells, the chloroform, and ethanol extracts had higher cytotoxic effect than the others. The chloroform extract could better suppress nitric oxide production than the ethanol, water, and ethyl acetate extracts. The ethanol extract suppressed the expression of the iNOS gene but increased the expression of inflammatory-related genes, includingTNF-a, IL-1b, IL-6, and COX-2 in the LPS-inducing condition. Moreover, the ethanol extract suppressed the expression of the COX-1 gene,

indicating the toxicity of the extract. These results indicated that the *C. wattii* extract might show cytotoxicity to the test cells due to the alkaloid content and inflammatory mechanism.

Keywords: *Crinum wattii* Baker, cytotoxicity, inflammation, phytochemical composition

บทนำ

พลับพลึงเขา (Plab Plueng Khao) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Crinum wattii* Baker เป็นพืชหายากอยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae เป็นพืชล้มลุก มีหัวใต้ดิน มักขึ้นอยู่บนดิน ในน้ำ ซึ่งทั่วโลกมีพืชในวงศ์นี้ 59 สกุล 850 สายพันธุ์ โดยในประเทศไทยพบพืชในวงศ์พลับพลึงเพียง 12 สกุล 30 สายพันธุ์ [1] โดยเป็นสายพันธุ์พื้นเมือง 6 สายพันธุ์ได้แก่ พลับพลึงป่าหรือกระเทียมช้าง (*C. amoenum* Roxb. ex Ker-Gawl) พลับพลึงขาว (*C. asiaticum* L.) ว่านคอแดงหรือว่านแร้งคอดำ (*C. latifolium* L.) พลับพลึงธาร (*C. thaianum* J. Schulze) พลับพลึงน้ำหรือพลับพลึงแม่น้ำโขง (*C. viviparum* (Lam.) R. Ansari & V.J. Nair) และพลับพลึงเขาหรือบัวบก (*C. wattii* Baker) [2] โดยพลับพลึงธารขึ้นในลำธารน้ำใสสะอาดในพื้นที่จังหวัดระนองและพังงา ซึ่งเป็นพืชถิ่นเดียวของไทย [1, 3] พลับพลึงป่าหรือกระเทียมช้างพบทั่วประเทศไทย [4] พลับพลึงขาวและพลับพลึงน้ำพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ว่านคอแดงพบในจังหวัดสตูล ส่วนพลับพลึงเขาพบในจังหวัดพิษณุโลก [3] และสระแก้ว [5] โดยอยู่ในป่าเต็งรังในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านพร้าว อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ซึ่งเป็นพื้นที่ติดกับมหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

พืชสกุลนี้เป็นพืชพิษ ไม่สามารถรับประทานได้โดยเฉพาะส่วนหัว และสารพิษส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มแอลคาลอยด์ซึ่งมีมากกว่า 150 ชนิด [6] อย่างไรก็ตามพืชพิษอาจมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายอย่างซึ่งเป็นประโยชน์ในทางการแพทย์ได้ แม้ส่วนหัวของพืชชนิดนี้มีสารกลุ่มแอลคาลอยด์เป็นองค์ประกอบมาก [7] แต่มีรายงานว่ามีการใช้พืชสกุลนี้เป็นยาพื้นบ้านในพื้นที่แอฟริกา เอเชียเขตร้อน และอเมริกาใต้ ในการรักษาอาการเจ็บป่วยหลายชนิด สารสกัดและสารสำคัญจากพืชชนิดนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลินทรีย์ [8-11] ต้านการอักเสบ [12, 13] ต้านมะเร็ง [14-16] เป็นต้น

สารกลุ่มแอลคาลอยด์เป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการป้องกันตัวเอง เนื่องจากความเป็นพิษของสารแต่ความเป็นพิษนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณ ระยะเวลาในการได้รับ ความไวต่อสารพิษของผู้รับ ตำแหน่งของการออกฤทธิ์ ในขณะเดียวกันสารกลุ่มแอลคาลอยด์หลายชนิด เช่น morphine, strychnine, quinine, ephedrine และ nicotine มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้ เช่น ใช้เป็นยาชาหรือยาสลบ ยาแก้ปวด มีฤทธิ์ปกป้องหัวใจและต้านการอักเสบ [17] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษและสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของพลับพลึงเขา ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิจัยความเป็นพิษต่อเซลล์ของพืชเพื่อให้การนำมาใช้ประโยชน์มีความปลอดภัยมากขึ้น

การอักเสบ (inflammation) เป็นการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของร่างกายเพื่อจัดการกับสิ่งแปลกปลอมที่บุกรุก เช่น เชื้อก่อโรค เซลล์มะเร็ง โดยปกติการอักเสบเป็นการตอบสนองระยะสั้น เมื่อสามารถกำจัดสิ่งแปลกปลอมนั้นเรียบร้อยแล้วการอักเสบนั้นจะถูกควบคุมให้ลดลงจนกลับเข้าสู่ความสมดุลตามปกติของร่างกาย ดังนั้น ร่างกายจะมีกลไกในการรักษาสมดุลของการสร้างและการทำงานของสารชักนำการอักเสบ (pro-inflammatory mediators) และสารต้านการอักเสบ (anti-inflammatory mediators) เช่น ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) โดยสภาวะปกติไนตริกออกไซด์จะมีคุณสมบัติต้านการอักเสบ แต่ในขณะเดียวกันในสภาวะที่ผิดปกติที่มีการอักเสบ ไนตริกออกไซด์จะทำหน้าที่เป็นสารชักนำการอักเสบเพิ่มมากขึ้น [18] หากการควบคุมกระบวนการรักษาสมดุลนั้นผิดปกติ อาจทำให้เกิดการสร้างสารชักนำการอักเสบหลายชนิดมากเกินความจำเป็นและหากไม่สามารถลดระดับลงมาได้ จะส่งผลให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อและอวัยวะจนส่งผลให้เกิดพยาธิสภาพแก่ร่างกายได้ เช่น การปวด บวม ร้อนและแดง ซึ่งเป็นผลมาจากสารชักนำการอักเสบ เช่น ไนตริกออกไซด์ เป็นต้น [19]

นอกจากนี้มีสารชักนำการอักเสบที่สำคัญ เช่น interleukin-1b (IL-1b), IL-6, tumor necrosis factor-a (TNF-a), interferon-g (IFN-g), inducible nitric oxide synthase (iNOS), cyclooxygenase-2 (COX-2) สารชักนำการอักเสบเหล่านี้มีความสำคัญในการกำจัดเชื้อก่อโรคและเซลล์มะเร็ง อย่างไรก็ตามสารชักนำการอักเสบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดการตายของเซลล์และเนื้อเยื่อได้เช่นกัน [20, 21] หากร่างกายถูกกระตุ้นให้มีการสร้างและหลั่งสารชักนำการอักเสบหรือไซโตไคน์ (cytokine) มากผิดปกติจะนำไปสู่กลุ่มอาการจากการหลั่งไซโตไคน์ (cytokine release syndrome) ที่เรียกว่าภาวะร่างกายอักเสบอย่างรุนแรง หรือ cytokine storm ซึ่งเกิดจากร่างกายมีการหลั่งสารชักนำการอักเสบอย่างมากและไม่สามารถควบคุมได้ ไซโตไคน์เหล่านี้จะส่งผลกระทบและทำลายเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆอาจรุนแรงจนทำให้เกิดการเสียชีวิตได้ [21, 22] ซึ่งการยับยั้งการทำงานของไนตริกออกไซด์ และสารชักนำการอักเสบที่เกี่ยวข้องจึงเป็นแนวทางสำคัญในการควบคุมและบรรเทาอาการอักเสบหรือโรคที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขา ซึ่งพบพืชชนิดนี้ในพื้นที่จังหวัดสระแก้วและยังไม่มีรายงานที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นในการศึกษาต่อยอดและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างพืชและสารสกัด

เก็บตัวอย่างพลับพลึงเขาในพื้นที่มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว อำเภออวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยตัวอย่างพืชหมายเลข AgriTech-003 ได้รับการตรวจพิสูจน์โดยนักพฤกษศาสตร์ ดร. จักรพงษ์ รัตตะมณี นำส่วนหัวพลับพลึงเขามาล้างทำความสะอาด ตัดเป็นชิ้นขนาดเล็ก อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และบดให้ละเอียด

สกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ เอทิลอะซิเตท (ethyl acetate extract) เอทานอล (ethanol) คลอโรฟอร์ม (chloroform) และน้ำกลั่น โดยชั่งผงตัวอย่างอบแห้ง 20 กรัม เติมตัวทำละลายแต่ละชนิดปริมาตร 400 มิลลิลิตร สำหรับสารสกัดคลอโรฟอร์ม (Chloroform extract หรือ CF) สารสกัดเอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate extract หรือ EA) และสารสกัดเอทานอล (Ethanol extract หรือ ET) เตรียมโดยการใช้ชุดสกัดซอกห์เลต (Soxhlet apparatus) ขณะที่สารสกัดน้ำ (Water extract หรือ WT) เตรียมโดยการต้มในน้ำเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 ×g เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) และนำสารสกัดเข้มข้นทั้ง 4 ชนิด มาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dryer)

การศึกษาความเป็นพิษ การสร้างไนตริกออกไซด์ และการแสดงออกของยีน สารสกัดถูกนำมาละลายด้วยไดเมททิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl Sulfoxide, DMSO) ให้ได้ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วกรองด้วยตัวกรองสารขนาดเล็กสำหรับหลอดฉีดยา (syringe filter) ขนาด 0.4 ไมโครเมตร เพื่อใช้เป็นสารละลายเข้มข้น (stock solution) ในการศึกษาต่อไป

2. การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

การศึกษาสารพฤกษเคมีในสารสกัดเป็นวิธีการทดสอบเชิงคุณภาพ โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารสกัด และสารเคมีที่ใช้ทดสอบ เพื่อคัดกรองชนิดพฤกษเคมีเบื้องต้นที่มีในสารสกัด โดยทดสอบหาสารกลุ่มสารสำคัญต่างๆ กับสารเคมีดังนี้

การทดสอบแอลคาลอยด์ใช้การทดสอบด้วยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือเกิดตะกอนด้วยน้ำยาทดสอบ Wagner’s reagent การทดสอบฟวาโวนอยด์ใช้ปฏิกิริยาไซยานิดิน ให้สารละลายสีส้ม-แดง น้ำเงินหรือเขียว การทดสอบการเกิดฟองของซาโปนินโดยนำสารสกัดมาเขย่ากับน้ำทำให้เกิดเป็นฟองโดยมีลักษณะคล้ายรังผึ้งและตั้งทิ้งไว้ ฟองจะมีความคงตัว 15-20 นาที [23]

การทดสอบแทนนินโดยใช้สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ซึ่งจะให้สารละลายสีน้ำเงินดำหรือเขียวดำ การทดสอบเทอร์พีนอยด์ด้วยวิธี Salkowski's test บริเวณรอยต่อของสารละลายจะปรากฏสีน้ำตาล เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มขึ้น การทดสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์โดยทดสอบส่วนสเตียรอยด์นิวเคลียสด้วยวิธีของ Liebermann-Burchard โดยการเติมกรดอะซิติกและกรดซัลฟูริกเข้มข้น จะทำให้เกิดสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียว และ การทดสอบส่วนน้ำตาลดีออกซีด้วยวิธี Keller-Kiliani's test โดยการเติมกรดอะซิติกเข้มข้น สารละลายเฟอริกคลอไรด์ และกรดซัลฟูริกเข้มข้น จะปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลบริเวณรอยต่อระหว่างสารสกัดกับกรดซัลฟูริก [24]

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในการศึกษานี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ 3 วิธี ดังนี้

3.1 ABTS radical cation scavenging activity assay

การทดสอบด้วยวิธี ABTS (2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) ทำตามวิธีของ Re และคณะ [25] โดย ABTS radical cation ($ABTS^{\bullet+}$) ถูกสร้างจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง ABTS 14 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และ potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) 4.9 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการเจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ working solution ทำละลายสารสกัดด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เจือจางสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ จำนวน 950 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร การทดลองชุดควบคุม (positive control) ใช้กรดแทนนิก (tannic acid) แทนสารสกัด คำนวณค่า antioxidant activity โดยแสดงผลในค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ ได้ร้อยละ 50 (scavenging concentration, SC_{50}) โดยใช้กรดแทนนิก (สารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน) แทนสารสกัดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัด

3.2 DPPH radical scavenging activity assay

การทดสอบด้วยวิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ทำตามวิธีของ Bor และคณะ [26] โดยทำละลายสารสกัดด้วย DMSO ให้มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เจือจางสารสกัดให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH ในเมทานอล 50 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และเติมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ปริมาตร 850 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร การทดลองชุดควบคุม (positive control) ใช้กรดแอสคอบิก (ascobic acid) แทนสารสกัด คำนวณค่า antioxidant activity โดยแสดงผลในค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ ได้ร้อยละ 50 (scavenging concentration, SC_{50}) โดยใช้กรดแอสคอบิก (สารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน) แทนสารสกัดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัด

3.3 Ferric reducing antioxidant power assay

การทดสอบด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay ตามวิธีของ Dordevic และคณะ[27] โดยทำการเตรียมสารละลาย FRAP ซึ่งประกอบด้วยสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ 300 มิลลิโมลาร์ พีเอช 3.6 สารละลาย TPTZ (2, 4, 6-tripyridyl-s-triazine) เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 40 มิลลิโมลาร์ และสารละลายเฟอริกคลอไรด์ 20 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 10:1:1 (v/v) โดยทำละลายสารสกัดด้วย DMSO ให้มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เจือจางสารสกัดให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร และใช้เฟอร์รัสซัลเฟต

($FeSO_4$) เป็นสารมาตรฐาน คำนวณค่าความสามารถในการให้อิเล็กตรอนโดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากสารสกัดกับกราฟมาตรฐานของ $FeSO_4$ และรายงานผลในรูปของไมโครโมลของเฟอริกต่อกรัมสารสกัด (μmol Fe^{2+}/mg extract)

4. การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxicity)

ทำการเลี้ยงเซลล์แมคโคราฟาจ RAW264.7 ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่มี 10% Fetal bovine serum และ 1% Antibiotic-Antimycotic solution ซึ่งประกอบด้วยเพนิซิลิน (penicillin) 10,000 ยูนิต สเตรปโตมัยซิน (streptomycin) 10 มิลลิกรัม และแอมโฟเทอริซิน บี 25 ไมโครกรัม โดยเพาะเลี้ยงใน 96-well plate ประมาณ 1×10^4 เซลล์ต่อหลุม อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน ทำการเจือจางสารสกัดให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้นทำการดูดอาหารเลี้ยงเซลล์จากหลุมทิ้งแล้วเติมสารสกัดที่เจือจางแล้ว ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม ทำความเข้มข้นละ 3 หลุม และทำ 3 ซ้ำ เลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน แล้วนำเซลล์มาทดสอบความมีชีวิต (cell viability) ด้วยวิธี MTT assay [28] ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร แล้วคำนวณการมีชีวิตของเซลล์ และความเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxicity) แสดงผลการทดสอบด้วยค่า IC_{50}

5. การทดสอบการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์

ทำการเลี้ยงเซลล์แมคโครฟาจ RAW264.7 ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่มี 10% Fetal bovine serum และ 1% Antibiotic-Antimycotic solution โดยเพาะเลี้ยงใน 96-well plate หลุมละประมาณ 2×10^5 เซลล์ต่อหลุม เลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน ทำการเจือจางสารสกัดให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้น ทำการดูดอาหารเลี้ยงเซลล์จากหลุมทิ้งแล้วเติมสารสกัดที่เจือจางแล้ว ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม โดยใช้ความเข้มข้นในระดับที่ต่ำกว่าค่า IC_{50} ของการทดลองความเป็นพิษต่อเซลล์ และในสภาวะที่กระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ ทำการเติม *Escherichia coli* lipopolysaccharides (LPS) เข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม ส่วนหลุมที่ไม่ต้องการการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ ทำการเติมอาหารเลี้ยงเซลล์เปล่าปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม แทน LPS ความเข้มข้นละ 3 หลุม และทำ 3 ซ้ำ เลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 วัน แล้วนำน้ำเลี้ยงเซลล์มา 50 ไมโครลิตร มาทำการทดสอบหาปริมาณไนตริกออกไซด์ โดยการทำปฏิกิริยากับ 50 ไมโครลิตร ของสารละลาย Griess reagent [29] ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร แล้วคำนวณการสร้างไนตริกออกไซด์ (nitric oxide production) แสดงผลการทดสอบด้วยค่า IC_{50}

6. การวิเคราะห์การแสดงออกของยีน

สารสกัดเอทานอล (ET) ถูกเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์การแสดงออกของยีนด้วยวิธีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในสภาพจริง (real-time PCR) โดยเพาะเลี้ยงเซลล์ RAW264.7 (2×10^5 cells/well) โดยใช้ 24-well plate ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่มี 10% Fetal bovine serum และ 1% Antibiotic-Antimycotic solution แล้วบ่มไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเจือจางสารสกัด ET ให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาวะที่มีหรือไม่มี LPS 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นบ่มต่อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเซลล์ไปสกัด whole cell RNA โดยใช้ E.Z.N.A.® Total RNA Kit (Omega Bio-tek, GA) โดยใช้ RNA (1 ไมโครกรัม) เป็นต้นแบบสำหรับการสังเคราะห์ cDNA ด้วยวิธีการทำ Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction โดยใช้ Viva cDNA synthesis kit (Vivantis, Malaysia) จากนั้นนำ cDNA ต้นแบบ (10 ng/μl) มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในสภาพจริง โดยใช้เครื่อง CFX96 Touch Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad, USA) ใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป Hot FIREPol® EvaGreen qPCR Mix Plus (no ROX) (Solis BioDyne, Estonia) ไพรเมอร์ที่ใช้ คือ iNOS, IL-1b, IL-6, TNF-a, COX-1, COX-2 และ b-actin (ตารางที่ 1) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับขั้นตอนการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในสภาพจริง แสดงในตารางที่ 2 แล้ว

วิเคราะห์หาปริมาณการแสดงออกของยีนโดยคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ของการแสดงออกของยีนจากสูตร 2^{-DDCt} ตามวิธีการของ Rahmati-Yamchi และคณะ [30]

$$2^{-DDCT} = 2^{-[Ct,\ target\ (test)-Ct,\ target\ (calibrator)]\ -\ [Ct,\ ref\ (test)\ -\ Ct,\ ref\ (calibrator)]}$$

เมื่อ Ct, target (test) = ค่ารอบปฏิกิริยาที่ตรวจพบยีน (Cycle threshold; Ct) บ่งบอกถึงยีนที่สนใจที่ใช้ทดสอบ

Ct, target (calibrator) = ค่ารอบปฏิกิริยาที่ตรวจพบยีน (Cycle threshold; Ct) บ่งบอกถึงยีนที่สนใจที่เป็นชุดควบคุม

Ct, ref (test) = ค่ารอบปฏิกิริยาที่ตรวจพบยีน (Cycle threshold; Ct) บ่งบอกถึงยีนพื้นฐาน (housekeeping gene) ที่ใช้ทดสอบ

Ct, ref (calibrator) = ค่ารอบปฏิกิริยาที่ตรวจพบยีน (Cycle threshold; Ct) บ่งบอกถึงยีนพื้นฐาน (housekeeping gene) ที่เป็นชุดควบคุม

ตารางที่ 1 ดีเอ็นเอตั้งต้น (Oligonucleotide primers) ที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในสภาพจริง

Gene		Primer Sequence (5¢-3¢)	References
TNF-a	Forward	ATGAGCACAGAAAGCATGATC	[31]
	Reverse	TACAGGCTTGTCACTCGAATT	
iNOS	Forward	AATGGCAACATCAGGTCGGCCATCACT	[31]
	Reverse	GCTGTGTGTCACAGAAGTCTCGAACTC	
IL-1b	Forward	CAGGATGAGGACATGAGCACC	[32]
	Reverse	CTCTGCAGACTCAAACTCCAC	
IL-6	Forward	CATCCAGTTGCCTTCTTGGGA	[32]
	Reverse	GCATTGGAAATTGGGGTAGGAAG	
COX-2	Forward	GGAGAGACTATCAAGATAGT	[31]
	Reverse	ATGGTCAGTAGACTTTTACA	
COX-1	Forward	AGTGCGGTCCAACCTTATCC	[31]
	Reverse	CCGCAGGTGATACTGTCGTT	
b-actin	Forward	TCATGAAGTGTGACGTTGACATCCGT	[31]
	Reverse	CCTAGAAGCATTTGCGGTGCACGATG	

ตารางที่ 2 อุณหภูมิในแต่ละขั้นตอนของการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในสภาพจริง

ขั้นตอน	อุณหภูมิ	เวลา	จำนวนรอบ
Initial activation	95°C	12 นาที	1
Denaturation	95°C	15 วินาที	40
Annealing	54°C (TNF-a, IL-1b และ b-actin) 55°C (COX-1 และ b-actin) 60°C (COX-2, iNOS และ b-actin) 65°C (IL-6 และ b-actin)	20 วินาที	
Elongation	72°C	20 วินาที	

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการศึกษานี้แสดงด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-Way ANOVA และ multiple comparison (LSD) ด้วยโปรแกรม SPSS โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อค่า *P*-value $\leq$ 0.05

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพฤกษเคมีของสารสกัดพลับพลึงเขาด้วยวิธีการคัดกรองทางเคมีของสารพฤกษเคมีเบื้องต้น พบว่า สารสกัดเอทานอล สารสกัดเอทิลอะซิเตท และสารสกัดคลอโรฟอร์มมีสารกลุ่มแทนนิน ซาโปนิน แอลคาลอยด์ และฟลาโวนอยด์ เช่นเดียวกับสารสกัดน้ำ แต่สารสกัดน้ำไม่พบสารกลุ่มซาโปนิน นอกจากนี้ สารสกัดทั้ง 4 ชนิดไม่พบสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์และคาร์ดิแอคกลัยโคไซด์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 พฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขา

สารสกัด	สารพฤกษเคมี					
	แอลคาลอยด์	ฟลาโวนอยด์	ซาโปนิน	แทนนิน	เทอร์พีนอยด์	คาร์ดิแอคกลัยโคไซด์
สารสกัดคลอโรฟอร์ม	+	+	+	+	-	-
สารสกัดเอทิลอะซิเตท	+	+	+	+	-	-
สารสกัดเอทานอล	+	+	+	+	-	-
สารสกัดน้ำ	+	+	-	+	-	-

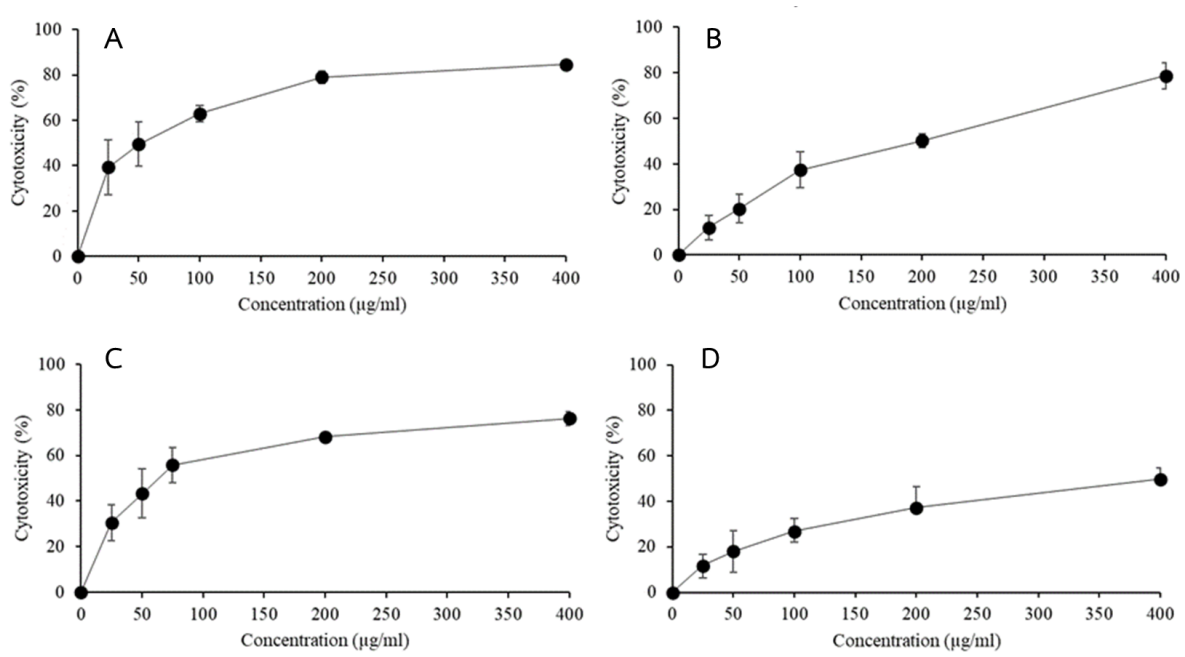
(+) = พบ, (-) ไม่พบ

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดจากพลับพลึงเขาที่ทดสอบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (ตารางที่ 4) โดยจากการศึกษาด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าสารสกัดเอทานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด และจากการทดสอบด้วยวิธี FRAP พบว่าสารสกัดเอทิลอะซิเตทมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ส่วนสารสกัดน้ำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

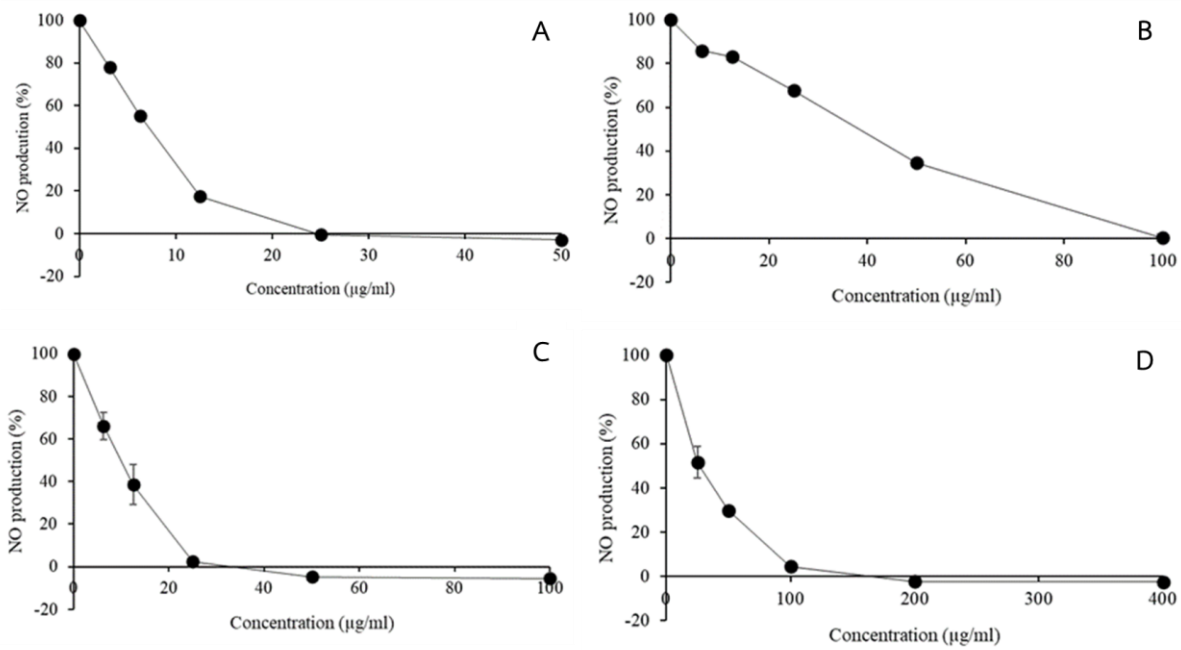
ตารางที่ 4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขา

สารสกัด	สารมาตรฐาน	ABTS EC_{50} (µg/ml)	DPPH EC_{50} (µg/ml)	FRAP (µmol Fe^{2+}/mg extract)
สารสกัดคลอโรฟอร์ม		35.74±2.01	1.47±2.02	142.60±2.83
สารสกัดเอทิลอะซิเตท		31.07±3.14	3.75±1.13	302.80±7.07
สารสกัดเอทานอล		28.64±2.94	1.35±1.09	87.40±5.66
สารสกัดน้ำ		36.96±3.06	5.06±1.59	49.40±0.57
	Tannic acid	2.21±0.04	-	-
	Ascorbic acid	-	0.40±1.49	-

เมื่อนำสารสกัดมาทดสอบความเป็นพิษโดยใช้เซลล์แมคโครฟาจ RAW264.7 พบว่าสารสกัดเอทานอลและสารสกัดคลอโรฟอร์มมีความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ทดสอบค่อนข้างสูงและมากกว่าสารสกัดเอทิลอะซิเตทและสารสกัดน้ำ (ภาพที่ 1 และตารางที่ 5) และเมื่อทำการทดสอบผลของสารสกัดที่มีต่อการสร้างไนตริกออกไซด์ที่ถูกชักนำการสร้างด้วย LPS พบว่าสารสกัดทุกชนิดสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ได้ดีโดยสารสกัดคลอโรฟอร์มสามารถยับยั้งได้สูงกว่าสารสกัดเอทานอล สารสกัดน้ำ และสารสกัดเอทิลอะซิเตท ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางที่ 5) โดยค่า IC_{50} ของการทดสอบการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ คือ ความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งไนตริกออกไซด์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดคลอโรฟอร์มความเข้มข้นน้อยที่สุดคือ 7.43 ± 0.19 สามารถยับยั้งไนตริกออกไซด์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 1 ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดที่มีต่อการเจริญของเซลล์แมคโครฟาจ RAW264.7 โดย A) สารสกัดคลอโรฟอร์ม (CF) B) สารสกัดเอทิลอะซิเตท (EA) C) สารสกัดเอทานอล (ET) และ D) สารสกัดน้ำ (WT)



ภาพที่ 2 ผลของสารสกัดในการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์จากเซลล์แมคโครฟาจ RAW264.7 ที่ถูกชักนำด้วย LPS โดย A) สารสกัดคลอโรฟอร์ม (CF) B) สารสกัดเอทิลอะซิเตท (EA) C) สารสกัดเอทานอล (ET) และ D) สารสกัดน้ำ (WT)

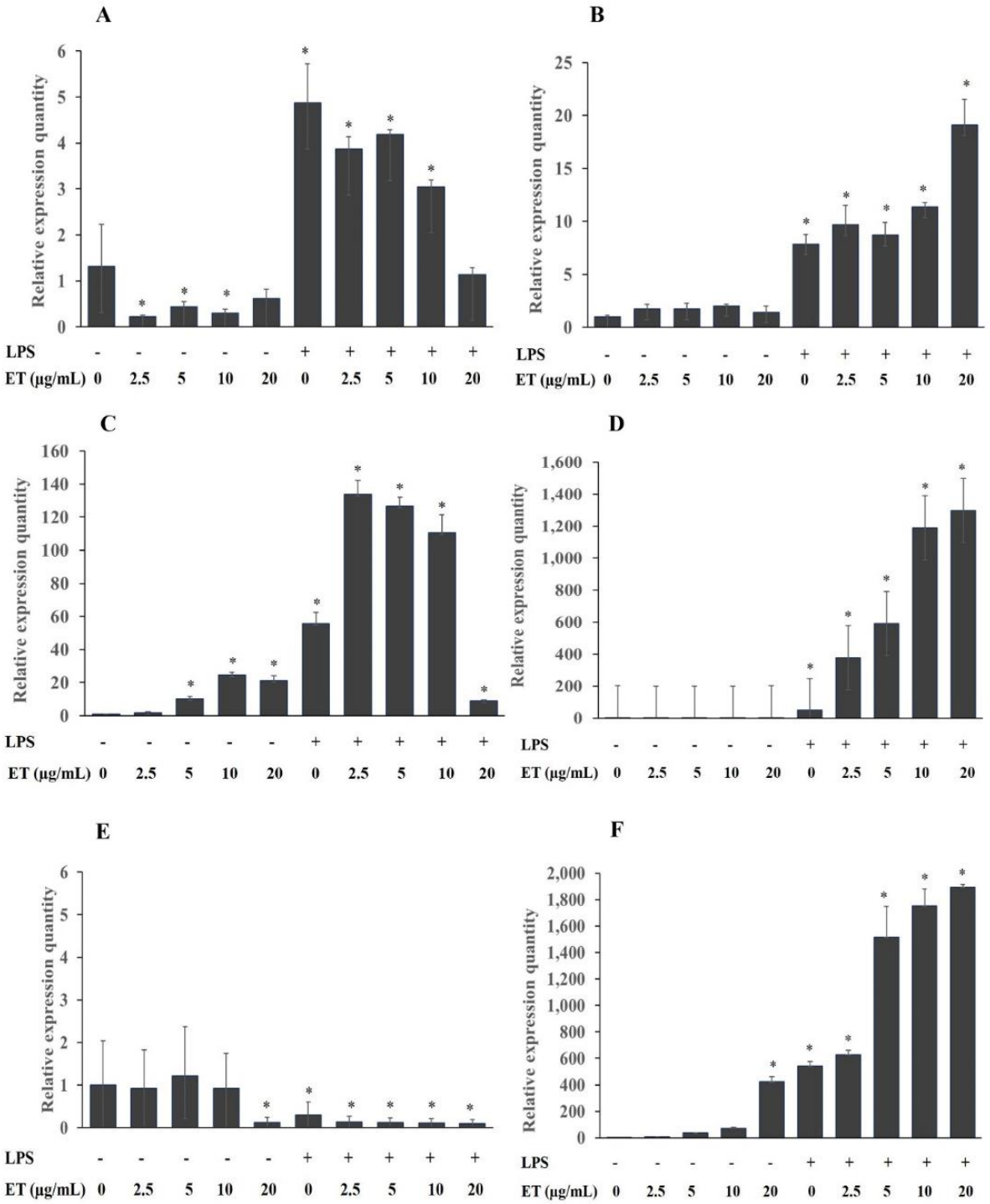
ตารางที่ 5 ค่า IC_{50} ของสารสกัดที่มีความเป็นพิษ และการยับยั้งไนตริกออกไซด์ของเซลล์แมคโครฟาจ RAW264.7

สารสกัด	IC_{50} (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	
	การทดสอบความเป็นพิษ	การยับยั้งไนตริกออกไซด์
สารสกัดคลอโรฟอร์ม	68.01 ± 8.48[a]	7.43 ± 0.19[a]
สารสกัดเอทิลอะซิเตท	177.59 ± 21.98[b]	38.16 ± 0.55[b]
สารสกัดเอทานอล	63.03 ± 12.62[a]	10.04 ± 1.88[c]
สารสกัดน้ำ	≥ 400	33.11 ± 0.92[d]

หมายเหตุ [a - d] แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสารสกัดในการทดสอบเดียวกัน ($P < 0.05$)

จากการศึกษาผลของสารสกัดพลับพลึงเขาที่มีต่อการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ ได้แก่ ยีน iNOS, TNF-a, IL-1b, IL-6, COX-1 และ COX-2 โดยเปรียบเทียบกับยีน b-actin ซึ่งผู้วิจัยทำการเลือกสารสกัดเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 0 - 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และผลการศึกษาในภาวะที่ไม่มี LPS ชักนำให้เกิดการแสดงออกของยีนเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าสารสกัดไม่มีผลต่อการแสดงออกของยีน TNF-a และ IL-6 มีผลในการลดการแสดงออกของยีน iNOS และ COX-1 แต่มีผลในการเพิ่มของยีน IL-1b และ COX-2 (ภาพที่ 3) ส่วนภาวะที่มีการชักนำด้วย LPS ให้เกิดการแสดงออกของยีน พบว่ายีนทุกชนิดมีการแสดงออกเพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ยกเว้นยีน COX-1 และเมื่อทำการทดสอบโดยกระตุ้นด้วย LPS ร่วมกับสารสกัดเอทานอล (ET) แล้วเปรียบเทียบผลกับภาวะที่มี LPS กระตุ้นเพียงอย่างเดียว พบว่าสารสกัด ET สามารถลดการแสดงออกของยีน iNOS ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้การแสดงออกของยีนลดลงในระดับเดียวกันกับชุดควบคุม (ภาพที่ 3A) ซึ่งสัมพันธ์กับผลของการสร้างไนตริกออกไซด์ (ภาพที่ 2C) นอกจากนี้สารสกัด ET ยังลดการแสดงออกของยีน COX-1 อีกด้วย (ภาพที่ 3E) ในทางตรงกันข้าม สารสกัด ET มี

ผลในการเพิ่มของยีน TNF-a, IL-1b, IL-6 และ COX-2 สูงขึ้นอย่างมาก แบบ dose dependent manner ในภาวะที่มี LPS ชักนำร่วมด้วย (ภาพที่ 3B, 3C, 3D และ 3F ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะที่มี LPS กระตุ้นเพียงอย่างเดียว ยกเว้น IL-1b ที่ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งลดการแสดงออกของยีนลงต่ำกว่าภาวะที่มี LPS กระตุ้นเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 3C) แสดงให้เห็นว่า สารสกัดที่ทดสอบเสริมฤทธิ์ของ LPS ในการเพิ่มการแสดงออกของยีน TNF-a, IL-1b, IL-6 และ COX-2 แต่ลดการแสดงออกของ COX-1 ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของสารสกัดที่ทดสอบ



ภาพที่ 3 ผลของสารสกัดเอทานอลที่มีต่อการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ เมื่อ A) iNOS, B) TNF-a, C) IL-1b, D) IL-6, E) COX-1 และ F) COX-2 โดย * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ ภาวะที่ไม่มีการเติม LPS และ ET ($P < 0.05$)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาโดยใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน พบว่าสารสกัดจากตัวทำละลายทุกชนิดมีสารพฤกษเคมีในกลุ่มแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน เช่นเดียวกับที่พบในพลับพลึงสายพันธุ์อื่น เช่น *C. ornatum* [8], *C. asiaticum, C. brachynema, C. malabaricam, C. pratense*, *C. solapurense*, *C. viviparum*, *C. woodrowii* [14], *C. latifolium* [11, 14], *C. jagus* [10, 14, 33], *Crinum x amabile* [34], และ *C. zeylanicum* [35] โดยแอลคาลอยด์มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านเชื้อรา ฤทธิ์ต้านเบาหวาน ขณะที่ฟลาโวนอยด์และแทนนินมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมยา สารเคมี เครื่องสำอาง และอาหาร [7]

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพลับพลึงเขา ด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP ซึ่งเป็นวิธีทดสอบในหลอดทดลอง (*in vitro*) ซึ่งมีความแตกต่างกันของกลไกการทดสอบและกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีสมบัติแตกต่างกัน ทำให้แต่ละวิธีมีผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน โดยวิธี DPPH เป็นการทดสอบความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมของสารต้านอนุมูลอิสระแก่อนุมูลของ DPPH ขณะที่วิธี ABTS เป็นการทดสอบความสามารถในการให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระ [36] และวิธี FRAP เป็นการทดสอบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระ [37] จากผลการศึกษาของสารสกัดพลับพลึงเขาพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี สอดคล้องกับผลการทดสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดพลับพลึงเขาที่พบว่ามีสารฟลาโวนอยด์ แอลคาลอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวได้มีรายงานว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [38]

จากผลการศึกษาที่พบว่าสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขามีฤทธิ์ทำให้การสร้างสารชักนำการอักเสบหลายชนิด ได้แก่ IL-1b, IL-6, TNF-a และ COX-2 เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อกระตุ้นร่วมกับ LPS ที่ชักนำให้เกิดการอักเสบ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาสามารถทำให้เกิดการอักเสบอย่างรุนแรงได้ สอดคล้องกับผลการทดสอบความเป็นพิษ พบว่าสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขามีความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ทดสอบค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นผลของแอลคาลอยด์ที่เป็นองค์ประกอบ และเป็นไปได้ว่าสารสกัดที่ทดสอบอาจจะกระตุ้นให้เกิดการหลั่งสารชักนำการอักเสบออกมาอย่างมากมายหรือเกิด inflammatory cytokine storm จนทำให้เซลล์ที่ทดสอบแตกและตายในที่สุด มีรายงานการศึกษาผลของสารสกัดและสารแอลคาลอยด์ที่แยกได้จากรากของ *Chelidonium majus* ที่มีต่อการสร้างไซโตไคน์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบและความเป็นพิษ พบว่าสาร berberine, chelidonine และ chelerythrine สามารถลดการหลั่ง TNF-a ได้ ส่วนสาร sanguinarine สามารถลดการหลั่ง IL-1b ได้ดี แต่มีผลในการเพิ่ม IL-8 และ TNF-a และมีความเป็นพิษสูง ส่วนสาร coptisine มีความเป็นพิษสูงเช่นกันแต่สามารถลดการหลั่งไซโตไคน์ต่าง ๆ ได้เล็กน้อย แม้ทดสอบสารแอลคาลอยด์เหล่านี้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.625–2.5 ไมโครโมลาร์) แต่ยังพบความเป็นพิษ สำหรับสารสกัด *C. majus* ที่ความเข้มข้นต่ำ (1.25–12.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) สามารถกระตุ้นให้เพิ่มการหลั่งไซโตไคน์ที่ทดสอบขึ้นและมีความเป็นพิษสูงขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น [39] การเกิด inflammatory cytokine storm เป็นภาวะของการอักเสบที่ไม่สามารถควบคุมได้ แล้วก่อให้เกิดพยาธิสภาพต่อร่างกายมีตั้งแต่อาการเบาจนถึงรุนแรง เช่น ไข้ ปวดหัว อาเจียน โลหิตจาง ตับม้ามโต ตับวาย ไตวาย เสียชีวิต เป็นต้น ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของไซโตไคน์ เช่น IL-1, IL-6, IL-18, IFN-g และ TNF-a [18, 38, 39] เป็นต้น ที่ถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากมายทำให้เกิดการตายของเซลล์อันเป็นผลจากการอักเสบ หรือเรียกว่า inflammatory cell death ซึ่งเซลล์จาก innate immune system เช่น macrophages, dendritic cells เป็นต้น เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้น เช่น เชื้อก่อโรค จะเกิดการสร้างไซโตไคน์เพื่อตอบสนองและกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่บุกรุกนั้น แต่หากการสร้างไซโตไคน์เกิดการสูญเสียการควบคุมแล้ว อาจเกิดภาวะที่ไซโตไคน์นั้น โดยเฉพาะ IL-6, IFN-g และ TNF-a ย้อนกลับมากระตุ้นให้มีการสร้างไซโตไคน์ดังกล่าวมากขึ้น ในลักษณะ positive feedback loop ในขณะที่การเกิด negative feedback ไม่สามารถเกิดขึ้นได้หรือเกิดขึ้นแต่ไม่เพียงพอในการควบคุมจึงสร้างไซโตไคน์ต่าง ๆ มากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดภาวะ cytokine storm ไซโตไคน์เหล่านี้และอนุมูลอิสระที่ถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากมายจะทำให้เกิดการแตกของเซลล์โดยตรง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อและอวัยวะที่รุนแรงขึ้น [20-22, 40-42]

สารสกัดสามารถลดการแสดงออกของยีน COX-1 ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของสารที่ทดสอบ เนื่องจาก COX-1 เป็นเอนไซม์ที่พบได้ในเนื้อเยื่อทั่วร่างกายและมีบทบาทในการช่วยรักษาสมดุลการทำงานของเนื้อเยื่อและอวัยวะ เช่น ช่วยปกป้องกระเพาะอาหารและลำไส้จากน้ำย่อย [43] ในขณะที่ COX-2 จะเป็นเอนไซม์ที่ต้องมีการกระตุ้นการสร้างจากสารชักนำการอักเสบ ซึ่งพบได้ในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบและเนื้อเยื่อบริเวณที่มีการอักเสบ [44] การยับยั้งการสร้างเอนไซม์ COX-1 นี้จะส่งผลให้เนื้อเยื่อเหล่านั้นถูกทำลายได้ เช่น แผลในกระเพาะอาหารอันเป็นผลข้างเคียงของการใช้ยากลุ่ม nonsteroid anti-inflammatory drugs (NSAID) ที่ยับยั้งการสร้าง COX-1 และ COX-2 อย่างไม่จำเพาะ ซึ่งการยับยั้ง COX-1 จะแสดงถึงความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร [45] ดังนั้นการที่สารสกัดจากหัวพลับพลึงเขายับยั้งการแสดงออกของยีน COX-1 นี้ อาจเป็นผลจากสารที่เป็นองค์ประกอบของสารสกัดที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ทดสอบและลดการสร้างเอนไซม์ COX-1 ได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขา อาจเป็นไปได้ว่าแอลคาลอยด์ที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดดังกล่าวเป็นสารที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ทดสอบนี้ สอดคล้องกับ Mahomoodally และคณะ [15] ที่รายงานว่าพืชจีนัส *Crinum* มีสารกลุ่มแอลคาลอยด์มากกว่า 118 ชนิด ที่แตกต่างกัน และมีความเป็นพิษโดยเฉพาะส่วนหัว แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานการใช้พืชตระกูลนี้เป็นยาพื้นบ้านในการรักษาโรค เช่น ใช้ *C. asiaticum* L. ในการรักษาฝี ฟกช้ำ อาการบวมแดง ไข้ กระดูกหัก อาการเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ไส้เลื่อน คางทูม โรคไขข้ออักเสบ ต่อมทอนซิลอักเสบ ปัสสาวะลำบาก และอาเจียน [46] เป็นต้น และยังมีรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ [47] ฤทธิ์ต้านการปวด [48] เป็นต้น และแม้ว่าแอลคาลอยด์ที่เป็นองค์ประกอบอาจมีความเป็นพิษ แต่สารกลุ่มนี้ยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่เป็นประโยชน์ เช่น ช่วยกระตุ้นให้น้ำหนักลดได้ มีฤทธิ์ระงับประสาท ฤทธิ์ต้านการปวด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [49, 50] เป็นต้น หากสามารถแยกสารสำคัญออกจากสารสกัดแล้วนำมาทดสอบฤทธิ์ได้ อาจทำให้พบสารที่มีประโยชน์ในทางการแพทย์ ในทำนองเดียวกันกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าสารสกัดพลับพลึงเขามีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์และการแสดงออกของยีน iNOS ได้ดี โดยสัมพันธ์กับผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วย นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าไนตริกออกไซด์มีผลต่อไอโซฟอร์มของ COX ที่แตกต่างกัน โดยไนตริกออกไซด์จะกระตุ้นการทำงานของ COX-1 แต่ยับยั้งการทำงานของ COX-2 [51] ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาที่ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์และการแสดงออกของยีน iNOS ทำให้มีไนตริคออกไซด์น้อยลงทำให้ไม่สามารถกระตุ้นการแสดงออกยีน COX-1 ได้และส่งผลให้เกิดการแสดงออกของยีน COX-2 เพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณของสารสกัดจากหัวพลับพลึงเขาเพิ่มขึ้นในช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ ซึ่งฤทธิ์ดังกล่าวอาจจะเป็นผลจากสารสำคัญชนิดอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบ จึงเป็นไปได้ว่าพลับพลึงเขานี้น่าจะมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นการแยกสารสำคัญให้บริสุทธิ์หรือแยกส่วนสกัดจะช่วยให้สามารถศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาได้อย่างชัดเจนมากขึ้นและทำให้สามารถแยกสารที่เป็นพิษออกไปได้

ผลจากการศึกษาครั้งนี้อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า สารสกัดจากหัวพลับพลึงเขามีสารหลายกลุ่มที่องค์ประกอบทางพฤกษเคมีรวมทั้งสารกลุ่มแอลคาลอยด์ด้วย สารสกัดมีความเป็นพิษค่อนข้างสูง และสารสกัดที่ความเข้มข้นต่ำมีฤทธิ์ในการเพิ่มการสร้างสาร ชักนำการอักเสบหลายชนิดซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของสารสกัดที่ทำให้เซลล์ที่ทดสอบตายได้ แต่อย่างไรก็ตามสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีและสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์และการแสดงออกของ iNOS ได้ดี ดังนั้นการศึกษาต่อไปควรมีการแยกสารบริสุทธิ์จากการสกัดดังกล่าวและศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและความเป็นพิษเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 งานประมาณด้านวิจัยศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) (เลขที่สัญญา ววน. 53/2565)

เอกสารอ้างอิง

1. ก่องกานดา ชยามฤต, นันท์นภัส ภัทรหิรัญไตรสิน. ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้ 3. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด; 2551.
2. Tanming W. *Crinum serrulatum* Baker (Amaryllidaceae), a new record for Thailand. ว. พฤกษศาสตร์ไทย 2020;12(2):93-7.
3. ก่องกานดา ชยามฤต, ราชันย์ ภู่มา, นันท์นภัส ภัทรหิรัญไตรสิน. ทะเบียนรายชื่อพืชในประเทศไทย เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เดอะ อินเทอเรส; 2557.
4. มานพ ผู้พัฒน์, ปรีชา การะเกตุ, ขวัญใจ คำมงคล, ศรัณย์ จิระกร. ป่าบุ่งป่าทาม ภาคอีสาน. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: บริษัทประชาชน จำกัด; 2561.
5. พนม สุทธิศักดิ์โสภณ, จักรพงษ์ รัตตะมณี. ความหลากชนิดของพืชพื้นล่างของป่าเต็งรังในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านพร้าว อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว. ว.มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 2562;11(22):104-18.
6. Fennell CW, Staden JV. Crinum species in traditional and modern medicine. J. Ethnophamacology 2001; 78(1):15-26.
7. Araujo RL, Pinho CLC, Farias FO, Igarashi-Mafra L, Mafra MR. *Crinum* L. species as a potential source of alkaloids: Extraction methods and relevance for medicinal and pharmacological applications. S Afr J Bot 2022;151:720-34.
8. Udebunam S, Udegbunam R, Nnaji T, Anyanwu M, Kene R, Anika S. Antimicrobial and antioxidant effect of methanolic *Crinum jagus* bulb extract in wound healing. J Intercult Ethnopharmacol 2015;4(3):239-48.
9. Rahman MA, Sharmin R, Uddin MN, Rana MS, Ahmed NU. Antibacterial, antioxidant and cytotoxic properties of *Crinum asiaticum* Bulb extract. Bangladesh J Microbiol 2011;28(1):1-5.
10. Salihu M, Batiha GES, Kasozi KI, Zouganelis GD, Sharkawi SMZ, Ahmed EI, et al. *Crinum jagus* (J. Thomps. Dandy): Antioxidant and protective properties as a medicinal plant on toluene-induced oxidative stress damages in liver and kidney of rats. Toxicol Rep 2022;9:699-712.
11. Kumar N, Mishra MK, Agrawal OP. In-vitro antioxidant activity of hydroalcoholic extract of *Crinum latifolium* using different method. IJHS 2022;6(S3):9475-81.
12. Doe P, Danquah CA, Ohemeng KA, Opare AE, Sharif A, Akua-Abora D, et al. Analgesic, anti-inflammatory, and anti-pyretic activities of *Crinum pedunculatum* R.Br. bulb extracts. Pharmacogn Res 2021;14(1):24-9.
13. Rahman MA, Sharmin R, Uddin MN, Zaman MU, Rana S, Ahmed NU. Antinociceptive and anti-inflammatory effect of *Crinum asiaticum* bulb extract. Asian J Pharm Clin Res 2011;4(3):34-7.
14. Ghane SG, Attar UA, Yadav PB, Lekhak MM. Antioxidant, anti-diabetic, acetylcholinesterase inhibitory potential and estimation of alkaloids (lycorine and galanthamine) from Crinum species: An important source of anticancer and anti-Alzheimer drug. Ind Crops Prod 2018;125:168-77.

15. Mahomoodally MF, Sadeer NB, Suroowan S, Jugreet S, Lobine D, Rengasamy KRR. Ethnomedicinal, phytochemistry, toxicity and pharmacological benefits of poison bulb – *Crinum asiaticum* L. S Afr J Bot 2021;136:16-29.

16. Refaat J, Kamel MS, Ramadan MA, Ali AA. *Crinum*; An endless source of bioactive principles: A review. Part V: biological profile. Int J Pharm Sci Res 2013;4(4):1239-52.

17. Kurek J. Alkaloids—Their Importance in Nature and Human Life. London: IntechOpen; 2019.

18. Sharma JN, Omran AA, Parvathy SS. Role of nitric oxide in inflammatory diseases. Inflammopharmacology 2007;15:252-9.

19. Guzik TJ, Korbut R, Guzik TD. Nitric oxide and superoxide in inflammation and immune regulation 2003;54(4):469-87.

20. Gupta KK, Khan MA, Singh SK. Constitutive inflammatory cytokine storm: A major threat to human health. J Interferon Cytokine Res 2020;40(1):19-23.

21. Karki R, Kanneganti TD. The 'Cytokine Storm': molecular mechanisms and therapeutic prospects. Trends Immunol 2021;42(8):681-705.

22. Chen P, Tang Y, He W, Yang R, Lan Z, Chen R, et al. Potential pathophysiological mechanisms underlying multiple organ dysfunction in cytokine release syndrome. Mediators Inflamm 2022;2022(1):1-17.

23. Yadav R, Agarwala M. Phytochemical analysis of some medicinal plants. J Phytol 2011;3(12):10-4.

24. De S, Dey Y, Ghosh A. Phytochemical investigation and chromatographic evaluation of the different extracts of tuber of *Amorphaphallus paeoniifolius* (Araceae). Int J Pharm Biol Res 2010;1(5):150-7.

25. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Evans CR. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med 1999;26(9-10):1231-7.

26. Bor JY, Chen HY, Yen GC. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. J Agric Food Chem 2006;54(5):1680-6.

27. Dordevic TM, Marinkovic SSS, Brankovic SID. Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. Food Chem 2010;119(3):957-63.

28. Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. J Immunol Methods 1983;65(1-2):55-63.

29. Sun J, Zhang X, Broderick M, Fein H. Measurement of nitric oxide production in biological systems by using Griess reaction assay. Sensors 2003;3(8):276-84.

30. Rahmati-Yamchi M, Ghareghomi S, Haddadchi G, Milani M, Aghazadeh M, Daroushnejad H. Fenugreek extract diosgenin and pure diosgenin inhibit the hTERT gene expression in A549 lung cancer cell line. Mol Biol Rep 2014;41(9):6247-52.

31. Won JH, Im HT, Kim YH, Yun KJ, Park HJ, Choi JW. Anti-inflammatory effect of buddlejasaponin IV through the inhibition of iNOS and COX-2 expression in RAW 264.7 macrophages via the NF-kappaB inactivation. Br J Pharmacol 2006;148(2):216-25.

32. Sugawara I, Yamada H, Mizuno S. Relative importance of STAT4 in murine tuberculosis. J Med Microbiol 2003;52(Pt 1):29-34.

33. Abubakar UD, Wakili FT. Phytochemical screening and elemental analysis of the *Crinum jagus* Bulb. J Chem Soc Nigeria 2017;42(2):53-5.

34. Diego V, Santiago P, Gisela P, Marlene G, Karen A, Susana A. In-vitro anti-inflammatory and cytotoxicity of *Crinum xamabile* grown in ecuador. Asian J Pharm Clin Res 2018;11(10):99-103.

35. Daben JM, Dashak DA, Lohdip AM. Quantitative evaluation of alkaloids, flavonoids, saponins, steroids and tannins contents from the successive solvent extracts of *Crinum zeylanicum* Bulb. J Chem Soc Nigeria 2021;46(5):0879-86.

36. บุหรัน พันธุ์สวรรค์. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2556;21(3).275-86.

37. สุชาดา มานอก, ปวีณา ลิ้มเจริญ. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 2558;15(1):106-17.

38. ลือชัย บุตคุป. สารประกอบฟีนอลิกและ ฤทธิ์ทางชีวภาพ. ว.วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2555;(31):443-55.

39. Zielinska S, Czerwinska ME, Dziagwa-Becker M, Drys A, Kucharski M, Jezierska-Domaradzka A. et al. Modulatory effect of *Chelidonium majus* extract and its alkaloids on LPS-stimulated cytokine secretion in human neutrophils. Molecules 2020;25(4):842.

40. Man SM, Karki R, Kanneganti TD. Molecular mechanisms and functions of pyroptosis, inflammatory caspases and inflammasomes in infectious diseases. Immunol Rev 2017;277(1):61-75.

41. Dinarello CA. Proinflammatory Cytokines. Chest 2000;118(2):503-8.

42. Karki R, Sharma BR, Tuladhar S, Williams EP, Zalduondo L, Samir P. et al. Synergism of TNF-a and IFN-g triggers inflammatory cell death, tissue damage, and mortality in SARS-CoV-2 infection and cytokine shock syndromes. Cell 2021;184(1):149-68.

43. Vane JR, Bakhle YS, Botting RM. Cyclooxygenases 1 and 2. Annu Rev Pharmacol Toxicol 1998;38:97-120.

44. Seibert K, Zhang Y, Leahy K, Hauser S, Masferrer J, Perkins W. Pharmacological and biochemical demonstration of the role of cyclooxygenase 2 in inflammation and pain. Proc Natl Acad Sci 1994;91(25);12013-7.

45. Warner TD, Giuliano F, Vojnovic I, Bukasa A, Mitchell JA, Vane JR. Nonsteroid drug selectivities for cyclo-oxygenase-1 rather than cyclo-oxygenase-2 are associated with human gastrointestinal toxicity: A full *in vitro* analysis. Proc Natl Acad Sci 1999;96(13):7563-8.

46. Haque M, Jahan S, Rahmatullah M. Ethnomedicinal uses of *Crinum asiaticum*: a review. World J Pharm Pharm Sci 2014;3(9):119-28.

47. Samud AM, Asmawi MZ, Sharma JN, Yusof APM. Anti-inflammatory activity of *Crinum asiaticum* plant and its effect on bradykinin-induced contractions on isolated uterus. Immunopharmacology 1999;43(2):311-6.

48. Asmawi M, Arafat O, Amirin S, Eldeen I. *In vivo* antinociceptive activity of leaf extract of *Crinum asiaticum* and phytochemical analysis of the bioactive fractions. Int J Pharmacol 2011;7:125-9.

49. Jeong YJ, Sohn EH, Jung YH, Yoon WJ, Cho YM, Kim I. Anti-obesity effect of *Crinum asiaticum* var. japonicum Baker extract in high fat diet-induced and monogenic obese mice. Biomed Pharmacother 2016;82:35-43.

50. Ratnasooriya W, Deraniyagala S, Bathige S, Hettiarachchi H. Leaf extract of *Crinum bulbispermum* has antinociceptive activity in rats. J Ethnopharmacol 2005;97(1):123-8.

51. Clancy R, Varenika B, Huang W, Ballou L, Attur M, Amin AR. Nitric oxide synthase/COX cross-talk: nitric oxide activates COX-1 but inhibits COX-2-derived prostaglandin production. J Immunol 2000;165(3):1582-7.

ผลของโยคะต่อสุขภาพกายและจิตของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน

The Effects of Yoga on Village Health Volunteers' Mental and Physical Health

สิริทรัพย์ สีหะวงษ์[1*] ศิริพร จันทนสกุลวงศ์[2] ปิยณัฐ สร้อยคำ[2] และ พฤฒินี นนท์ตุลา[3]

[1*]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

[2]คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

[3]สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

Sirisup Sihawong[1*], Siriporn Jantanasakulwong[2], Piyanat Soikham[2] and Pruetthinee Nontula[3]

[1*]Faculty of Nursing, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

[2] Faculty of Political Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

[3] Ubon Ratchathani Provincial Health Office, Ubon Ratchathani 34000

[*]**Corresponding author:** sirisup.s@ubu.ac.th

Received: 6 March 2023/ Revised: 20 April 2023/ Accepted: 25 April 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยแบบกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกโยคะที่มีต่อภาวะสุขภาพกายและจิตของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จำนวน 20 คน ในพื้นที่ตำบลธาตุ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ โปรแกรมการฝึกโยคะ ได้แก่ การฝึกหายใจ การฝึกสมาธิ และการฝึกท่าโยคะ ฝึกทั้งหมด 10 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง รวมใช้เวลาทั้งหมดในการฝึกโยคะ 5 สัปดาห์ และ 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ 1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป 2) แบบประเมินสุขภาพจิต ใช้แบบวัดความเครียดสวนปรุง (Suan Prung stress test) ชุด 20 ข้อ (SPST20) และ 3) แบบประเมินสุขภาพกาย ซึ่งปรับปรุงจากแบบทดสอบและเกณฑมาตรฐานสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย อายุ 19 - 59 ปี โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการวิจัยโดยใช้สถิติ paired samples t - test ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความเครียดของกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลอง (M = 36.60, SD = 12.16) ลดลงจากค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง (M = 44.05, SD = 15.20) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 4.33, $p < .01$) ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองของความอ่อนตัว (M = 15.30, SD = 4.87) เพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง (M = 12.20, SD = 5.17) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -4.30, $p < .01$) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาหลังการทดลอง (M = 29.05, SD = 3.93) เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง (M = 25.70, SD = 3.56) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -4.36, $p < .01$) และความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดหลังการทดลอง (M = 115.30, SD = 23.65) เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง (M = 76.05, SD = 31.13) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -5.67, $p < .01$)

คำสำคัญ: โยคะ สุขภาพกาย สุขภาพจิต

Abstract

This quasi-experimental research aimed at studying the effects of yoga on health volunteers' physical and mental health. The sample included 20 health volunteers from That sub-district, Warin Chamrap district, Ubon Ratchathani province. The research tools consisted of 1. a tool for experimentation, which is a yoga program for health volunteers, including breathing practice, meditation practice, and yoga practice program. The program was carried out ten times (twice a week for a total of 5 weeks), and 2. data collection tools were: 1) general information, 2) mental health assessment using the Suan Prung Stress Test with 20 questions (SPST20), and 3) a physical health assessment, adapted from a test and standard of physical fitness for people aged 19–59 years. The quality of methods were tested by three experts. The research used descriptive-statistical analysis to find the percentage, mean, SD, and paired sample t-test. The research found that the sample's mean stress score after the experiment (M = 36.60, SD = 12.16) was decreased from before participated (M = 44.05, SD = 15.20), with statistically significant (t = 4.33, $p < .01$). The mean flexibility after the experiment (M = 15.30, SD = 4.87), was higher than before participation (M = 12.20, SD = 5.17), with statistical significant (t = -4.30, $p < .01$). The leg muscle strength after the experiment (M = 29.05, SD = 3.93), was increasing than before participated (M = 25.70, SD = 3.56), with statistical significant (t = -4.36, $p < .01$). And, the endurance and cardiovascular endurance after the experiment (M = 115.30, SD = 23.65) were increasing than before participated (M = 76.05, SD = 31.13), with statistical significant (t = -5.67, $p < .01$)

Keywords: yoga, physical health, mental health

บทนำ

ในประเทศไทยได้มีการประยุกต์ใช้โยคะในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันความเจ็บป่วยแก่ผู้ป่วยและบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการนำโยคะมาใช้ในการบำบัดรักษา ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพแก่บุคคลที่มีปัญหาสุขภาพทางจิตใจและร่างกาย [1-6] โยคะจึงเป็นศาสตร์ที่น่าสนใจ มีความท้าทายในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการดูแลสุขภาพ ประเทศไทยมีจำนวนอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านทั่วประเทศ จำนวน 1,073,973 คน [7] อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในประเทศไทยคือบุคคลที่ได้รับการคัดเลือกและได้รับการอบรมตามหลักสูตรที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด โดยมีบทบาทหน้าที่สำคัญในฐานะผู้นำการเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมสุขภาพอนามัย ตลอดจนให้บริการสาธารณสุขด้านต่าง ๆ เช่น การส่งเสริมสุขภาพ การเฝ้าระวังและป้องกันโรค [8] ซึ่งในสภาวะการระบาดของโรค COVID-19 อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการคัดกรอง การกักตัว และการดูแลประเมินติดตามอาการกลุ่มเสี่ยง รวมทั้งมีบทบาทในการรณรงค์สื่อสารกับประชาชนในพื้นที่เกี่ยวกับมาตรการการป้องกันโรค การฉีดวัคซีน ซึ่งเป็นภาระงานที่ค่อนข้างหนัก ต้องทุ่มเททั้งแรงกายแรงใจ เสียสละเวลาส่วนตัวและจะต้องมีการอบรมศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้สามารถอธิบายทำความเข้าใจ และสื่อสารกับประชาชนให้รับรู้อย่างถูกต้อง ซึ่งบทบาทดังกล่าวอาจส่งผลต่อภาวะสุขภาพทั้งทางด้านจิตใจและร่างกาย [9] จากรายงานแสดงช่วงอายุของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 40.48 มีช่วงอายุ 51-60 ปี [10] ซึ่งอยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนปลายจนถึงวัยสูงอายุที่มักประสบกับปัญหาภาวะสุขภาพตามความเสื่อมของวัยและปัญหาการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังซึ่งเป็นปัญหาความเสี่ยงสุขภาพที่สำคัญของประเทศไทย [11] จากการทบทวน

วรรณกรรมพบว่าในประเทศไทยมีการใช้โยคะเพื่อการดูแลสุขภาพหลากหลายช่วงวัย ทั้งในหญิงตั้งครรภ์ วัยเด็ก วัยรุ่น วัยผู้ใหญ่ วัยทองจนถึงวัยสูงอายุ และมีการใช้โยคะเพื่อการดูแลสุขภาพในมิติต่าง ๆ กัน ทั้งการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังคือ โรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ผู้ป่วยโรคทางจิต ผู้ป่วยโรคมะเร็ง ผู้ที่มีความเครียด ใช้ในการดูแลสุขภาพมารดาระยะตั้งครรภ์และระยะหลังคลอด และนำมาใช้ในการฟื้นฟูสภาพร่างกายและจิตใจของกลุ่มเปราะบางคือ ผู้ติดยาเสพติด เด็กและเยาวชนที่อยู่ในสถานพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน โดยการศึกษาและงานวิจัย ส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะเน้นการใช้โยคะเพื่อการส่งเสริมสุขภาพทางกายคือ การเพิ่มสมรรถนะของร่างกายทั้งความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ลดไขมันและรอบเอว ลดความดันโลหิต การเพิ่มความจุปอด การส่งเสริมสุขภาพจิต ลดความเครียด และฟื้นฟูสภาวะสุขภาพในมารดาหลังคลอดที่ต้องการการฟื้นฟูทั้งร่างกายและจิตใจ [12] คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำศาสตร์ของโยคะมาใช้ส่งเสริมสุขภาพกายและจิตให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกโยคะที่มีต่อภาวะสุขภาพกายและจิตของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เมื่ออาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านได้ทดลองดูแลสุขภาพกายและจิตใจของตนเองด้วยการฝึกโยคะเห็นผลและประโยชน์จากการฝึกโยคะ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านสามารถนำไปขยายผลในการดูแลสุขภาพประชาชนในชุมชนในฐานะที่เป็นผู้นำด้านสุขภาพและผู้ดูแลสุขภาพของประชาชนในชุมชน เพื่อให้ประชาชนในชุมชนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดูแลสุขภาพของตนเองในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง

ประชากร คือ คืออาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านที่ปฏิบัติงานในตำบลธาตุ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จาก 11 หมู่บ้าน จำนวนทั้งหมด 136 คน [7]

กลุ่มตัวอย่าง การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ของการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างคือ ถ้าประชากรน้อยกว่า 1,000 คน ใช้กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 15-30 ของประชากร [13] ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ 136 คน กลุ่มตัวอย่างจึงควรมีจำนวน 20-40 คน ใช้เกณฑ์การคัดเข้าคือ มีอายุระหว่าง 20 - 59 ปี ไม่เคยฝึกโยคะมาก่อน ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย และสมัครใจเข้าร่วมการฝึกโยคะ เนื่องจากการฝึกโยคะเป็นรูปแบบกิจกรรมที่ต้องควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดจากครูโยคะโดยเฉพาะในผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการฝึกโยคะมาก่อน เมื่อพิจารณาจำนวนคณะผู้ควบคุมการฝึกโยคะมีจำนวน 2 คน คือ ครูโยคะ (จบการศึกษาด้านการเป็นครูโยคะจากประเทศอินเดีย) 1 คน ร่วมกับผู้ฝึกโยคะซึ่งมีประสบการณ์การฝึกมากว่า 2 ปี อีก 1 คน การวิจัยนี้จึงได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โปรแกรมการฝึกโยคะที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบไปด้วยการฝึกหายใจ การฝึกสมาธิ และการฝึกท่าโยคะที่มีการจัดเรียงท่าอย่างเหมาะสมสำหรับผู้ที่ยังไม่เคยฝึกโยคะมาก่อน ใช้เวลาในการฝึกครั้งละ 60 นาที ฝึกทั้งหมด 10 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง รวมใช้เวลาทั้งหมดในการฝึกโยคะ 5 สัปดาห์ มีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา ด้านการส่งเสริมสุขภาพ และด้านกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยา จำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของชุดท่า ความเหมาะสมในการเรียงลำดับชุดท่า เวลาที่ใช้ในการฝึก และความเหมาะสมสำหรับผู้ฝึกใหม่ ให้ข้อคิดเห็นและคณะผู้วิจัยปรับปรุงพัฒนาเครื่องมือตามข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกโยคะ

ลำดับที่	กิจกรรม/ท่า	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	ฝึกสมาธิ (meditations)	5
2	ฝึกหายใจ (breathing exercise)	5
3	วอร์มอัพ (warm up) ด้วยชุดท่านั่ง	10
4	ท่าไหว้พระอาทิตย์ แบบ A (sun salutation A) 2 รอบ	5
5	ท่าไหว้พระอาทิตย์ แบบ B (sun salutation B) 2 รอบ	5
6	**ชุดท่ายืน** - ท่าสุนัขก้มหน้า (downward facing dog) - ท่านักรบ 1 (warrior 1) - ท่านักรบ 2 (warrior 2) - ท่าปิรามิด (pyramid pose)	5
7	**ชุดท่ายืนด้วยเข่า** - ท่าอูฐ (camel pose) - ท่ากระต่าย (rabbit pose) - ท่าเด็ก (child's pose) - ท่าครึ่งหนุมาน (half monkey pose)	5
8	**ชุดท่านั่ง** - ท่านั่งก้มตัว (seated forward bend) - ท่าเรือ (full boat pose) - ท่าดอกบัว (lotus pose) - ท่านั่งบิดตัว (seated twist) - ท่าผีเสื้อ (butterfly pose)	5
9	**ชุดท่านอน** - ท่าดันพื้น (plank pose) - ท่าสฟิงซ์ (sphinx pose) - ท่าธนู (bow pose) - ท่านอนหงายบิดเอว (reclined spinal twist pose) - ท่ายืนด้วยไหล่ (shoulder stand)	10
10	ท่าศพ (corpse pose)	5
	รวม	60

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป เพศ อายุ โรคประจำตัว อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้

ส่วนที่ 2 การประเมินภาวะสุขภาพจิต ใช้แบบวัดความเครียดสวนปรุง (Suan Prung stress test) ชุด 20 ข้อ (SPST20) [14] ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่วัดความเปราะบางหรือความไวต่อความเครียด เป็นแบบวัดความเครียดที่ใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทยสำหรับวัดความเครียดในบุคคลทั่วไป การแปลผลแบบวัดความเครียดสวนปรุง ชุด 20 ข้อ มีคะแนน

รวมไม่เกิน 100 คะแนน โดยผลรวมที่ได้ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้ 0 – 24 คะแนน คือ เครียดน้อย, 25 – 42 คะแนน คือ เครียดปานกลาง, 43 – 62 คะแนน คือ เครียดสูง, 63 คะแนนขึ้นไป คือ เครียดรุนแรง

ส่วนที่ 3 การประเมินภาวะสุขภาพกาย ปรับปรุงจากแบบทดสอบและเกณฑมาตรฐานสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย อายุ 19 - 59 ปี [15, 16] ที่สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาได้จัดทำขึ้น ในปี พ.ศ.2562 เป็นแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายที่เหมาะสมต่อบริบทในปัจจุบันของประเทศไทย ประกอบด้วย 1. การประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (body composition assessment) ประกอบด้วยการคำนวณ ดัชนีมวลกาย (body mass index : BMI) การวัดรอบเอว การวัดมวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน การวัดความดันโลหิต จับชีพจร (pulse) การวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation)

2. การวัดความอ่อนตัว (flexibility) วัดจากการนั่งงอตัวไปข้างหน้า (sit and reach) ใช้กล่องเครื่องมือวัดความอ่อนตัว หน่วยเป็นเซนติเมตร

3. การวัดความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา (leg muscle strength and endurance) วัดจากการยืน-นั่ง บนเก้าอี้ 1 นาที (60 seconds sit ups) หน่วยเป็นครั้ง/นาที

4. การวัดความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด (cardiovascular endurance) วัดจากการยืนยกเข่าขึ้นลง 3 นาที (3 minutes step up and down) หน่วยเป็นครั้ง/3 นาที

การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา ด้านการส่งเสริมสุขภาพ และด้านกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาจำนวน 3 ท่าน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)=1.00

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ใช้สถิติเชิงพรรณนา โดยหาค่าจำนวน ความถี่ ร้อยละ คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้ได้มีการแบ่งระดับค่าคะแนนรวมของภาวะสุขภาพจิต ดังนี้ 0 – 24 คะแนน คือ เครียดน้อย, 25 – 42 คะแนน คือ เครียดปานกลาง, 43 – 62 คะแนน คือ เครียดสูง, 63 คะแนนขึ้นไป คือ เครียดรุนแรง การวิเคราะห์ภาวะสุขภาพทางกายและจิตเปรียบเทียบก่อนและหลังการวิจัย ใช้สถิติ paired samples t- test

จริยธรรมในการวิจัย

ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย คณะผู้วิจัยมีการเข้าพบกลุ่มตัวอย่างเพื่อชี้แจงข้อมูลเบื้องต้นของงานวิจัย ชี้แจงขั้นตอนวิธีการในการดำเนินการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามในเอกสารแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย โดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ (informed consent) โดยได้แจ้งกับกลุ่มตัวอย่างว่าการนำเสนอผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม ไม่มีการระบุตัวตนของกลุ่มตัวอย่าง งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ รหัสข้อเสนอ UBU-REC 121/2564 จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผ่านการรับรองเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ทุกคนเป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 34-59 ปี อายุเฉลี่ยคือ 51.65 ปี (SD = 6.64) มีโรคประจำตัวจำนวน 6 คน ซึ่งทุกคนเป็นโรคในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง ส่วนใหญ่มีอาชีพแม่บ้านและจบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิเคราะห์ภาวะสุขภาพทางกายพบว่ากลุ่มตัวอย่าง มีระดับของดัชนีมวลกายอ้วนระดับที่ 1 ทั้งก่อนและหลังการวิจัย จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 และส่วนใหญ่มีภาวะอ้วนลงพุงทั้งก่อนและหลังการวิจัย จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90.00 ภายหลังการวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย รอบเอว มวลไขมัน ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาและความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อ ความดันโลหิตตัวบน (systolic)

ความดันโลหิตตัวล่าง (diastolic) และชีพจรลดลง ผลการวิเคราะห์ภาวะสุขภาพจิตพบว่า ก่อนการวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีความเครียดอยู่ในระดับปานกลางและระดับสูง คะแนนความเครียดเฉลี่ย 44.05 คะแนน (SD= 15.20) ภายหลังการวิจัยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนความเครียดเฉลี่ย 36.60 คะแนน (SD= 12.16) การวิเคราะห์ภาวะสุขภาพกายและจิตเปรียบเทียบก่อนและหลังการวิจัย โดยใช้สถิติ paired samples t- test พบว่า ภายหลังการทดลองค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) และค่าเฉลี่ยคะแนนความเครียดของกลุ่มตัวอย่างลดลงจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ภาวะสุขภาพกายและจิต เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังการวิจัย โดยใช้สถิติ paired samples t- test

รายการภาวะสุขภาพ	Mean	SD	D	SD	t-value	Sig. (2-tailed)
สุขภาพกาย						
ดัชนีมวลกาย			19	0.51	-2.196	0.04
- ก่อนการวิจัย	25.73	3.23				
- หลังการวิจัย	25.98	3.29				
รอบเอว			19	2.05	-0.55	0.59
- ก่อนการวิจัย	90.10	8.35				
- หลังการวิจัย	90.35	7.06				
มวลกล้ามเนื้อ			19	2.06	1.70	0.11
- ก่อนการวิจัย	60.04	4.07				
- หลังการวิจัย	59.26	4.75				
มวลไขมัน			19	3.58	-1.91	0.07
- ก่อนการวิจัย	35.96	4.33				
- หลังการวิจัย	37.49	5.01				
ความดันโลหิตตัวบน (Systolic)			19	15.04	1.26	0.22
- ก่อนการวิจัย	130.30	16.84				
- หลังการวิจัย	126.05	7.86				
ความดันโลหิตตัวล่าง (Diastolic)			19	7.98	0.31	0.76
- ก่อนการวิจัย	79.30	9.36				
- หลังการวิจัย	78.75	7.91				
ชีพจร			19	11.95	1.05	0.31
- ก่อนการวิจัย	86.60	11.97				
- หลังการวิจัย	83.80	9.20				

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รายการภาวะสุขภาพ	Mean	SD	D	SD	t-value	Sig. (2-tailed)
สุขภาพกาย						
ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด			19	1.15	-0.20	0.85
- ก่อนการวิจัย	98.90	1.12				
- หลังการวิจัย	98.95	0.76				
ความอ่อนตัว			19	3.23	-4.30	0.00*
- ก่อนการวิจัย	12.20	5.17				
- หลังการวิจัย	15.30	4.87				
ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา			19	3.44	-4.36	0.00*
- ก่อนการวิจัย	25.70	3.56				
- หลังการวิจัย	29.05	3.93				
ความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด			19	30.95	-5.67	0.00*
- ก่อนการวิจัย	76.05	31.13				
- หลังการวิจัย	115.30	23.65				
สุขภาพจิต						
คะแนนความเครียด			19	7.69	4.33	0.00*
- ก่อนการวิจัย	44.05	15.20				
- หลังการวิจัย	36.30	12.16				

*$p < .01$

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ภาวะสุขภาพกายของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านภายหลังการเข้าร่วมวิจัย ด้านความอ่อนตัวพบว่าค่าเฉลี่ยความอ่อนตัวของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าภายหลังการฝึกโยคะ กลุ่มตัวอย่างมีความอ่อนตัวและความสามารถในการทรงตัวหรือความสมดุลของร่างกายเพิ่มขึ้น [17,18] เนื่องจากการฝึกโยคะช่วยเพิ่มระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อเมื่อเทียบกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝน [19] ซึ่งความอ่อนตัวส่งผลต่อความสามารถทางกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกายทั้งในการใช้ชีวิตประจำวันและขณะออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ช่วยลดหรือป้องกันอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และเอ็นข้อต่อ ด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโปรแกรมการฝึกโยคะในงานวิจัยนี้มีการออกแบบชุดฝึกท่าโยคะที่ผสมผสานระหว่างการออกกำลังกายแบบคาร์ดิโอ เวทเทรนนิ่ง และการฝึกความยืดหยุ่นของร่างกาย จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า การฝึกโยคะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทานของ

กล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่น และความคล่องตัว [20] ด้านความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด พบว่าค่าเฉลี่ยความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโปรแกรมการฝึกโยคะในงานวิจัยนี้มีการฝึกสมาธิและฝึกการหายใจร่วมด้วย การฝึกสมาธิสามารถลดความเครียดและส่งผลให้สามารถลดระดับความดันโลหิตลงช่วยให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น [21] สอดคล้องกับการศึกษาผลของโยคะในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของหญิงที่ศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย ที่ผลการศึกษาพบว่าภายหลังการวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้น [22] ความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดบ่งบอกถึงความสามารถของหัวใจและหลอดเลือดที่จะลำเลียงออกซิเจนและสารอาหารต่าง ๆ ไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงในขณะทำงาน ทำให้ร่างกายทำงานได้เป็นระยะเวลานาน หรือร่างกายมีความทนต่อการทำกิจกรรมมากขึ้น [15] ภายหลังการฝึกโยคะยังพบว่าค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตและชีพจรของกลุ่มตัวอย่างลดลง เนื่องจากโปรแกรมการฝึกโยคะในงานวิจัยนี้มีการฝึกสมาธิและฝึกการหายใจร่วมด้วย การฝึกสมาธิสามารถลดความเครียดและส่งผลให้สามารถลดระดับความดันโลหิตลงช่วยให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น [21] สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าสมาธิบำบัดช่วยลดความดันโลหิตในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [23, 24] และยังพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด บอกปริมาณออกซิเจนในร่างกาย แสดงถึงการทำงานของปอดและการไหลเวียนของเลือดในร่างกายในระดับพื้นฐาน [25] ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการทำงานของปอดและการไหลเวียนของเลือดในร่างกายที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรแกรมการฝึกโยคะในงานวิจัยนี้มีการฝึกสมาธิและฝึกการหายใจร่วมด้วย การฝึกสมาธิสามารถลดความเครียดและส่งผลให้สามารถลดระดับความดันโลหิตลงช่วยให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น [21]

ภาวะสุขภาพจิตของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านภายหลังการเข้าร่วมวิจัย พบว่าความเครียดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในโปรแกรมการฝึกโยคะมีการฝึกหายใจ การทำสมาธิ และมีชุดท่าที่ช่วยในการผ่อนคลายกล้ามเนื้อร่วมกับการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีการศึกษาที่พบว่าการฝึกสมาธิทำให้ร่างกายหลั่งสารที่ชื่อว่าเบตาเอนดอร์ฟิน (β – endorphin) ซึ่งสามารถช่วยลดความเจ็บปวด ลดความเครียด ทำให้รู้สึกสดชื่น อิ่มเอิบ สบาย และมีความสุข เพราะคลื่นสมองจะถูกปรับให้เข้าสู่สภาวะสมดุลและผ่อนคลาย [26] สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการฝึกผ่อนคลายกล้ามเนื้อร่วมกับการฝึกหายใจและฝึกสมาธิ ช่วยลดความเครียดได้ [27-30] อย่างไรก็ตาม ภายหลังเข้าร่วมการวิจัย อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านมีค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย รอบเอว และมวลไขมันในร่างกายเพิ่มมากขึ้น แต่มวลกล้ามเนื้อลดลง แสดงให้เห็นว่าการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักในการควบคุมน้ำหนักและลดไขมันในร่างกาย ซึ่งจากการศึกษาปัจจัยทำนายระดับไขมันในเลือดของผู้ที่มีภาวะไขมันในเลือดผิดปกติในชุมชน [31] พบว่ามีเพียงปัจจัยการรับประทานอาหารเท่านั้นที่สามารถทำนายระดับไตรกลีเซอไรด์และเอชดีแอล อีกทั้งก่อนเข้าร่วมการวิจัยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับของดัชนีมวลกายอ้วนระดับที่ 1 จำนวน 9 คน มีผู้มีดัชนีมวลกายอยู่ในระดับปกติเพียง 2 คน และส่วนใหญ่ยังมีภาวะอ้วนลงพุง จำนวน 18 คน ซึ่งดัชนีมวลกายที่เกินเกณฑ์ปกติและภาวะอ้วนลงพุงเป็นสาเหตุปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ดังจะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีโรคประจำตัวจำนวน 6 คน ซึ่งทุกคนเป็นโรคในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

การที่คณะผู้วิจัยเลือกที่จะทำวิจัยในกลุ่มนี้ เนื่องจากในพื้นที่ต่างจังหวัดหรือต่างอำเภอของประเทศไทย การฝึกโยคะเป็นสิ่งที่ใหม่และยังมีผู้ฝึกเป็นจำนวนน้อย กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านที่มีบทบาทเป็นผู้นำด้านสุขภาพและผู้ดูแลสุขภาพของประชาชนในชุมชน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้ทดลองดูแลสุขภาพกายและจิตใจของตนเองด้วยการฝึกโยคะ เมื่อเห็นผลและประโยชน์จากการฝึกโยคะกลุ่มตัวอย่างสามารถนำไปขยายผลในการดูแลสุขภาพประชาชนในชุมชน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยมีการถ่ายทำวิดิทัศน์และจดแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา ชื่อผลงาน “วิดิทัศน์สื่อประกอบการฝึกโยคะขั้นพื้นฐาน” และอัปโหลดวิดิทัศน์ลงในช่อง YOUTUBE เพื่อเป็นสื่อ

ประกอบการฝึกโยคะมอบให้กับกลุ่มตัวอย่างในการฝึกด้วยตนเองหรือเพื่อถ่ายทอดให้กับผู้อื่นในอนาคต รวมทั้งบุคคลทั่วไปที่สนใจสามารถฝึกตามได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย จากผลการวิจัยที่พบว่าโปรแกรมการฝึกโยคะช่วยลดความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เจ้าหน้าที่ทางสุขภาพหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำโปรแกรมการฝึกโยคะไปปรับใช้ในการดูแลผู้ที่มีปัญหาสุขภาพจิต เพื่อส่งเสริมสุขภาพจิตและป้องกันการเกิดโรคทางจิต นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ทางสุขภาพหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำโปรแกรมการฝึกโยคะไปปรับใช้เพื่อการส่งเสริมสุขภาพทางกายให้กับประชาชนทุกช่วงวัย เนื่องจากโปรแกรมการฝึกโยคะช่วยเพิ่มอ่อนตัว ความแข็งแรง ความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ข้อเสนอแนะด้านการวิจัยในอนาคต จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าภายหลังการฝึกโยคะกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวบน (systolic) ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวล่าง (diastolic) ค่าเฉลี่ยชีพจร (pulse rate) ลดลง และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation) เพิ่มขึ้น จึงมีความน่าสนใจและท้าทายที่จะนำการฝึกโยคะไปทดลองในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง และกลุ่มผู้ป่วยที่มีปัญหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation) ต่ำ เช่น ผู้ป่วยโรคโลหิตจาง (anemia) ผู้ป่วยโรคหอบหืด (asthma) ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (chronic obstructive pulmonary disease) ผู้ที่มีภาวะลองโควิด (long covid) เพื่อศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถานทูตอินเดียประจำประเทศไทยและได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มศึกษาอินเดียแห่งมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

1. Ross A, Friedmann E, Bevans M, Thomas S. National survey of yoga practitioners: Mental and physical health benefits. Complement Ther Med 2013;21:313-23.
2. Johns Hopkins. Benefits of Yoga. Medicine Maryland: The Johns Hopkins University [Internet]. 2021 [cited 2021 June 4]. Available from: https://www.hopkinsmedicine.org/health/ wellness-and-prevention/9-benefits-of-yoga.
3. Garfinkel M, Schumacher RH. Yoga. Rheum Dis Clin North Am 2000;26:125-32.
4. ยรรยงค์ พานเพ็ง, ปรียาวัลย์ ป้องกัน, กวิน บุญประโคน, อาทิตย์ ปัญญาคำ. ประสิทธิผลของการฝึกโยคะอาสนะและการฝึกบอดี้ฟังชันนอลที่มีต่อสุขสมรรถนะในวัยรุ่นหญิงที่มีน้ำหนักเกิน. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและนวัตกรรมสุขภาพ กลุ่มมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งประเทศไทย 2565;1:13-28.
5. ธนุพร ลาภไธสงค์, ธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ. ผลของการออกกำลังกายด้วยโยคะในระยะสั้นที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกายและสมรรถภาพทางกายของนักเรียนประถมศึกษาที่มีภาวะน้ำหนักเกิน จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 2565;10:81-100.
6. เมธาวี แสงสมส่วน, ฑิฆัมพร หอสิริ, สุชีรา ภัทรายุตวรรตน์. ผลของการจัดกิจกรรมโยคะต่อสุขภาวะทางจิตและคุณภาพชีวิตในวัยรุ่นตอนต้น. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 47 วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม; 2561. หน้า 754-64.

7. ระบบสารสนเทศงานสุขภาพภาคประชาชน กองสนับสนุนสุขภาพประชาชน. รายงานจำนวนอสม.จำแนกตามเพศ [อินเตอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 4 พ.ค. 2565]. เข้าถึงได้จากhttps://www.thaiphc.net/new2020/ content/1

8. กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือ อสม. ยุคใหม่. นนทบุรี: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2554.

9. ธเรศ กรัษนัยรวิวงศ์, ชาติชาย สุวรรณนิตย์, กฤษณ์ พงศ์พิรุฬห์, เกรียง ตั้งสง่า. ประสบการณ์การทำงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านร่วมกับบุคลากรสาธารณสุขของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในช่วงวิกฤติกาลโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019. วารสารกรมการแพทย์ 2564;46:5-8.

10. ระบบสารสนเทศงานสุขภาพภาคประชาชน กองสนับสนุนสุขภาพประชาชน. รายงานแสดงช่วงอายุของอสม. [อินเตอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 4 พ.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thaiphc.net/phc/phcadmin/administrator/Report/OSMRP00012.php

11. เกษร เกษมสุข, บังอร ฤทธิ์อุดม. การส่งเสริมพัฒนาการผู้ใหญ่วัยกลางคน : บทบาทของพยาบาล. วารสารศูนย์อนามัยที่ 9 2566;17:368-80.

12. สิริทรัพย์ สีหะวงษ์. การทูตเชิงวัฒนธรรม: โยคะเพื่อการดูแลสุขภาพในประเทศไทย. เอเชียปริทัศน์ 2564;42:63- 81.

13. อนุวัติ คูณแก้ว. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2560.

14. สุวัฒน์ มหัตนิรันดร์กุล, วนิดา พุ่มไพศาลชัย, พิมมาศ ตาปัญญา. การสร้างแบบวัดความเครียดสวนปรุง. วารสารสวนปรุง 2540;13:1-20.

15. สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. แบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายของประชาชน อายุ 19 - 59 ปี. [อินเตอร์เน็ต] 2562 [เข้าถึงเมื่อ 29 ส.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dpe.go.th/manual-preview-411291791796

16. ยลวรณัฏฐ์ จีรัชตกรณ์. การตรวจสมรรถภาพร่างกาย (Physical Fitness test). [อินเตอร์เน็ต] 2562 [เข้าถึงเมื่อ 29 ส.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1369

17. Shah N, Iftekher B, Kh SR. Effects of yoga on flexibility and balance: a quasi-experimental study. Asian j biol med sci-2017;3:276-81.

18. M JP, Brandon ME, Roch JL. Impact of 10-weeks of yoga practice on flexibility and balance of college athletes. Int J Yoga 2016;9:27–34.

19. Daniel JA, Muareen G. The effects of selected asanas in Iyengar yoga on flexibility: Pilot study J Bodyw Mov Ther 2014;18:399-404.

20. Tarsem S, Amandeep S, Sandeep K. Effects of 8 Week Yoga on Muscular Strength, Muscular Endurance, Flexibility and Agility of Female Hockey Players. Int j sci res 2015;5:97-101.

21. ยุพิน บุญนิธีวนิช. ผลของการฝึกหายใจแบบ SKT 1 ต่อการลดความดันโลหิตในหญิงตั้งครรภ์. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10 2561;16:69-80.

22. Anuj K, Devender K. Effect of Yoga for Development of Physical Fitness of College Girls.IRJMST 2014;5:34-8.

23. ณัฐธิดา พระสว่าง, รักชนก คชไกร, ยุพา จิ๋วพัฒนกุล. ผลของสมาธิบำบัด นั่งผ่อนคลาย ประสานกายประสานจิตร่วมกับการรักษาแบบเดิมต่อความดันโลหิตในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงชนิดไม่ทราบสาเหตุในหน่วยบริการปฐมภูมิ. วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ 2561;36:33-42.

24. อรอุมา ปัญญโชติกุล, สุธินา เศษคง และ สุขุมาภรณ์ ศรีวิศิษฐ์. ผลของสมาธิบำบัด SKT ในการลดระดับ ความดันโลหิตของผู้ที่มารับบริการโรงพยาบาลสิเกา จังหวัดตรัง. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้ 2560;4:245-55.

25. บดินทร์ ขวัญนิมิต. การวัดความอิ่มตัวออกซิเจนของฮิโมโกลบินจากชีพจรในผู้ใหญ่. สงขลานครินทร์เวชสาร 2549;25:245-52.

26. พรมงคล ฉันท์รัตนโยธิน. สมาธิและพุทธจิต ช่วยบำบัดความเครียด. วารสารพุทธจิตวิทยา 2561;3:57-64.

27. สุมนกาญจน์ พฤกษพิทักษ์. การฝึกผ่อนคลายกล้ามเนื้อร่วมกับการฝึกสมาธิเพื่อลดความเครียดของบุคลากรระดับปฏิบัติการ. วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม 2562;1:59-68.

28. อาภรณ์ สิงห์ชาดา, กุลวดี โรจน์ไพศาลกิจ และสมใจ นกดี. ผลของโปรแกรมการจัดการความเครียดต่อความเครียดข อ ง ผู้สูงอายุ. วารสาร มฉก.วิชาการ 2559;19:49-60.

29. Amit M, Ratna S, Ramesh LB. Effect of Meditation on Stress-Induced Changes in Cognitive Functions. J Evid Based Complementary Altern Med 2011;17:207-12.

30. Henry SRK, Lin Z, An AC, Hao YC, Ivy CYL, Manlin Z. Calligraphy and meditation for stress reduction: an experimental comparison. Psychol Res Behav Manag 2014;7:47–52.

31. สุปราณีย์ ฟูสุวรรณ, สุมาลี เลิศมัลลิกาพร และ จรัส สิงห์แก้ว. ปัจจัยทำนายระดับไขมันใน เลือดของผู้ที่มีภาวะ ไขมันในเลือดผิดปกติในชุมชน. พยาบาลสาร 2559;43:79-89.

ผลของสภาวะการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่อการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและการตั้งตำรับเครื่องสำอาง

Effect of extraction conditions of Nam Dok Mai Thong mango on antioxidant, tyrosinase inhibition and cosmetic formulations

เบญจมาส ไชยลาภ และ ธเนศวร นวลใย*

สาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล ประจวบคีรีขันธ์ 77110

Benjamat Chailap and Thanesuan Nuanyai*

Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Rattanakosin Wang Klai Kangwon Campus, Prachuap Khiri Khan 77110

***Corresponding author:** thanesuan.nua@rmutr.ac.th

Received: 11 March 2023/ Revised: 29 April 2023/ Accepted: 2 May 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในปริมาณสูงสุดของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างกันที่ 10, 30, 50, 70 และ 90% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และที่อุณหภูมิต่างกันคือ 25, 45 และ 65 องศาเซลเซียส สารสกัดถูกกรอง ระเหยจนแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนและเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจนตัวอย่างแห้ง สารสกัดหยาบได้รับการทดสอบการยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์ไทโรซิเนส จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกคือ เอทานอลร้อยละ 90 และอุณหภูมิการสกัดที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สารสกัดหยาบแสดงการต้านอนุมูลอิสระชนิด DPPH สูงสุดที่ 44.70% สารต้านอนุมูลอิสระชนิด ABTS ที่ 75.49% และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ 55.44% นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทดลองผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง 2 สูตร ได้แก่ โลชั่นบำรุงผิวและครีมทามือ โดยผสมสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในสัดส่วนร้อยละ 0-5 โดยน้ำหนักในตำรับเครื่องสำอาง วิเคราะห์ความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง พบว่าสินค้าทุกผลิตภัณฑ์ไม่แยกชั้น นอกจากนี้การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์พบว่าเครื่องสำอางที่ผสมสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีความคงตัวดี

คำสำคัญ: การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เครื่องสำอาง

Abstract

This research aimed to develop a method for extracting the highest amount of antioxidant and tyrosinase inhibition of Nam Dok Mai Sri Thong mango extract and application in cosmetic products. Ripe Nam Dok Mai Sri Thong mango was extracted with ethanol at different concentrations of 10, 30, 50, 70, and

90% by weight per volume, and different temperatures were 25, 45, and 65 °C. The extracts were filtrated and evaporated by a rotary evaporator and freeze dryer until dry. The crude extract was tested for antioxidant and tyrosinase inhibition. The experiment found that the optimum condition for extracting ripe Nam Dok Mai Sri Thong mango was 90 wt% ethanol and extraction temperature at 45 °C for 24 hours. Crude extract showed the highest DPPH antioxidant at 44.70%, ABTS antioxidant at 75.49%, and tyrosinase inhibition at 55.44%. The Nam Dok Mai Sri Thong mango crude extract was mixed in two formulas of cosmetic products, body lotion, and hand cream. It was mixing 0-5 percent by weight of Nam Dok Mai Sri Thong mango crude extract into cosmetic recipes. The product compatibility of cosmetic products was analyzed. It was found that all products did not separate. Moreover, the product's stability showed that cosmetics containing the Nam Dok Mai Sri Thong mango extract had good stability.

Keyword: Antioxidant, Tyrosinase inhibition, Nam Dok Mai Sri Thong mango, cosmetic

บทนำ

มะม่วง (Mango) เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีรสชาติอร่อย รับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุก ให้พลังงานสูง เป็นแหล่งที่สำคัญของโพแทสเซียม เส้นใยอาหาร และวิตามิน อุดมไปด้วยสารต้านสารอนุมูลอิสระ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นมะม่วงสายพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์เนื่องจากผลมีขนาดใหญ่ มีรสชาติอร่อย เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นจำนวนมาก สามารถทำรายได้ให้เกษตรกรอย่างต่อเนื่ อง โดยเฉพาะการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปยังต่างประเทศ จากปัญหาวิกฤตเชื้อไวรัสไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (Covid-19) ที่เกิดขึ้นในปี 2563 การส่งออกผลิตผลทางการเกษตรต้องหยุดชะงักลง มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่พึ่งพาการส่งออกเป็นหลักจึงได้รับผลกระทบ ทำให้เกิดภาวะล้นตลาดและราคาภายในประเทศตกต่ำ จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณการต้านอนุมูลอิสระ และการต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสในระดับที่สูง มีศักยภาพในการสกัดเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง แต่ปัญหาที่พบมักจะเกิดจากปริมาณแป้งและน้ำตาลในมะม่วงที่มีปริมาณสูงทำให้สารสกัดและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น

มะม่วง (*Mangifera indica* L) เป็นไม้ผลในวงศ์ Anacardiaceae อุดมไปด้วยสารกลุ่มโพลีฟีนอลหลากหลายชนิด ซึ่งพบได้ทุกส่วนของมะม่วง [1] จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากมะม่วงจะเน้นศึกษาที่ส่วนของเมล็ดเนื่องจากเป็นของเสียจากกระบวนการอุตสาหกรรม โดยกลุ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเมล็ดมะม่วง ได้แก่ แทนนิน กรดแกลลิก คูมาริน กรดคาเฟอิก วานิลลิน แมงจิเฟริน กรดเฟอรูลิคาซิด และกรดซินามิก [2] ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ [3-5] และฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนส [6] ดังนั้นเมล็ดมะม่วงจึงอาจเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอางได้ [7] มีการศึกษาการใช้ประโยชน์ของสารสกัดมะม่วงทางด้านเครื่องสำอางโดยใช้สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของมะม่วง เช่น เมล็ด [8-10] และใบ [11-12] มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นสายพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์ เมล็ดเล็ก ปริมาณเนื้อสูง นิยมบริโภคผลสดทั้งในและต่างประเทศ การศึกษาการใช้ประโยชน์มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อใช้เป็นสารสกัดในส่วนผสมของเครื่องสำอางเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดความเสี่ยงทางด้านราคาของมะม่วงน้ำดอกไม้ การเพิ่มมูลค่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ตกเกรด แต่การแปรรูปโดยขาดองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถแข่งขันกับผู้ประกอบการรายอื่นได้ ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำสารสกัดจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีมูลค่าสูงขึ้นได้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อนำสารสกัดที่ได้ทดลองมาผสมในสูตรเครื่องสำอาง และทดสอบเสถียรภาพของเครื่องสำอาง

เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้แก่วิสาหกิจชุมชนในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้

วิธีดำเนินการวิจัย

สารเคมีและตัวทำละลาย

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothaizoline-6-sulfonic acid) diammonium salt, Folin-Ciocalteau reagent, gallic acid, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid, ซื้อจากบริษัทซิกม่าอัลดิชประเทศสิงค์โปร์ (Sigma Aldrich, Singapore) ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ซื้อจากบริษัท อาร์ซีไอ แล็บสแกน จำกัด สารเคมีและตัวทำละลายที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเกรดวิเคราะห์ (analytical reagent grade; AR)

ตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

เก็บตัวอย่างในเดือน มีนาคม 2565 โดยเก็บตัวอย่างในอำเภอสามร้อยยอดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ตัวอย่างมะม่วงอบแห้งถูกเก็บรักษาที่สาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล ตำบลหนองแก อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

การสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

ปอกเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีความสุกระดับความแข็งอยู่ในช่วง 0.8 – 1.5 kg/cm^2 โดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลไม้ (GY-3 Fruit Penetrometer, China) โดยปอกเปลือกมะม่วงในบริเวณที่ต้องการวัด ใช้มือขวาถือเครื่องวัดและกดลงไปประมาณ 0.5 เซนติเมตร อ่านค่าที่วัดได้ นำผลมะม่วงล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง นำชิ้นเนื้อมะม่วงหั่นเต๋า ชั่งจำนวน 50 กรัม ผสมสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (10 – 90 % w/v) จำนวน 100 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปั่นมะม่วงให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นผสมด้วยความเร็วสูง (IKA, T25, Germany) นำขวดสารสกัดเขย่าชนิดบ่มอุณหภูมิ (JSSI-100C, Korea) ที่ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ (25, 45 และ 65 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำของผสมไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 6,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที นำสารสะลายใสไประเหยแห้งด้วยเทคนิคการระเหยแบบลดความดัน (IKA, RV10, Germany) นำสารละลายที่เหลือผสมน้ำปราศจากอิออนให้มีปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไประเหิดจุดเยือกแข็ง (Virtis, benchtop, USA) จนกว่าสารสกัดจะมีน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักสารสกัดเปรียบเทียบน้ำหนักผลมะม่วงสด

การต้านอนุมูลอิสระชนิดดีพีพีเอช (DPPH Assay) [13]

นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองละลายด้วยสารละลาย DMSO (50% w/v) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 5 mg/mL หรือสารละลายมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้นเท่ากับ 30 ug/mL จำนวน 50 uL ผสมกับสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) ที่ละลายในเมทานอล (1 mM, 150 uL) ผสมสารตัวอย่างที่จะทดสอบใน 96 well plate เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท (Biochrome, EZ2000, UK) ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 517 นาโนเมตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ลดลงตามสมการ

$$\text{Inhibition (\%)} = \{[A_{control} - (A_{test\ sample} - A_{blank})]/A_{control}\} \times 100\%$$

โดยที่ $A_{control}$ = 150 uL DPPH + 50 uL 50% Methanol

$A_{test\ sample}$ = 150 uL DPPH + 50 uL Sample/standard

A_{Blank} = 150 uL Methanol + 50 uL Sample/standard

การต้านอนุมูลอิสระชนิดเอบีทีเอส (ABTS Assay) [13]

นำสารละลาย ABTS (2,2´-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (7 mM, 5 mL) ผสมกับสารละลาย $K_2S_2O_8$ (2.45 mM, 88 uL) ทิ้งไว้ที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการเจือจางสารละลาย ABTS ให้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.70 ± 0.05 (734 nm) นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ละลายด้วยสารละลาย DMSO (50% w/v) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 5.0 mg/mL นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหรือสารละลายมาตรฐาน Trolox จำนวน 50 uL ผสมกับ 150 uL ของสารละลาย ABTS ใน 96 well plate เขย่าให้เข้ากัน ที่อุณหภูมิห้องบริเวณอับแสงเป็นเวลา 15 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท (Biochrome, EZ2000, UK) ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 734 นาโนเมตร (Biochrome, EZ2000, UK) และวัดค่าการดูดกลืนแสงของ ABTS ที่ลดลง ตามสมการ

$$\text{Inhibition (\%)} = \{[A_{control} - (A_{test\ sample} - A_{blank})]/A_{control}\} \times 100\%$$

โดยที่ $A_{control}$ = 150 uL ABTS + 50 uL 50%DMSO

$A_{test\ sample}$ = 150 uL ABTS + 50 uL Sample/standard

A_{Blank} = 150 uL Water + 50 uL Sample/standard

การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส [13]

นำสารสกัดหยาบของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองละลายด้วยสารละลาย DMSO (50% w/v) ให้มีความเข้มข้นที่ 2 mg/mL ผสม 80 uL phosphate buffer (pH 6.8) สารละลาย 25 mM L-DOPA จำนวน 40 uL และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจำนวน 40 uL ผสมให้เข้ากันใน 96-well microplate และเติม 150 U/mL ของเอนไซม์ไทโรซิเนสจำนวน 40 uL บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท (Biochrome, EZ2000, UK) โดยหาค่า %Inhibition ตามสูตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน kojic acid

$$\text{Inhibition (\%)} = \{[A_{control} - (A_{test\ sample} - A_{blank})]/A_{control}\} \times 100\%$$

โดยที่ $A_{control}$ = 80 uL phosphate buffer +40 uL 25 mM L-DOPA + 40 uL Tyrosinase + 40 uL 50% DMSO

$A_{test\ sample}$ = 80 uL phosphate buffer +40 uL 25 mM L-DOPA + 40 uL Tyrosinase + 40 uL Sample

A_{Blank} = 120 uL phosphate buffer +40 uL 25 mM L-DOPA + 40 uL Sample

การทดลองผสมสูตรเครื่องสำอางโดยใช้สารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและทดสอบเสถียรภาพของเครื่องสำอาง

นำสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองละลายในสารละลายกลีเซอรีนที่มีส่วนผสมของน้ำกลั่นร้อยละ 20 ผสมลงในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่แตกต่างกัน นำเครื่องสำอางที่ผสมแล้วทดสอบความคงตัวตาม มอก. 478-2555 หลังจากตั้งตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจะพิจารณาความเข้ากันได้ของสารสกัดและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยการสังเกตการแยกชั้น

การผสมสูตรโลชั่นบำรุงผิวกาย (body lotion)

การผสมสูตรโลชั่นบำรุงผิวกาย (body lotion) ได้ทดลองผสมสูตรทั้งหมดจำนวน 4 สูตร โดยใช้อัตราส่วนของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่แตกต่างกัน รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรโลชั่นบำรุงผิวกาย (body lotion)

Ingredients	Function	Formulas (%)			
		bodylotion-1	bodylotion -2	bodylotion -3	bodylotion -4
Sodium Acrylates/ Beheneth-25 Methacrylate Crosspolymer	emulsifier	1.75	1.75	1.75	1.75
Cyclopentasiloxane	emollient	2.00	2.00	2.00	2.00
Dimethicone	emollient	2.00	2.00	2.00	2.00
Isopropyl Myristate	emollient	6.00	6.00	6.00	6.00
Tocopheryl Acetate	moisturizing	1.00	1.00	1.00	1.00
Deionized water	solvent	70.44	70.44	70.44	70.44
Aloe vera extract	humectant	5.00	5.00	5.00	5.00
Stingless Bee Honey	humectant	5.00	5.00	5.00	5.00
Mango extract (%w/v)	humectant	5.00 (0%)	5.00 (1%)	5.00 (3%)	5.00 (5%)
Niacinamide	whitening	1.00	1.00	1.00	1.00
Methyl Gluceth-20	moisturizing	0.50	0.50	0.50	0.50
DMDM Hydantoin	preservative	0.30	0.30	0.30	0.30
Perfume	perfume	0.01	0.01	0.01	0.01
Total		**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

วิธีการผสม

1. ส่วน A: ละลาย Aloe vera extract, Stingless Bee Honey, Mango extract, Niacinamide และ Methyl Gluceth-20 ด้วย Deionized water คนให้เข้ากัน

2. ส่วน B: ผสม Dimethicone, Sodium Acrylates/ Beheneth-25 Methacrylate Crosspolymer, Isopropyl myristate และ Tocopheryl acetate เข้าด้วยกัน คนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3. นำส่วน A เทผสมในส่วน B คนให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบที่สูงสุด

4. เติม DMDM Hydantoin และ perfume ในผลิตภัณฑ์ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การผสมสูตรครีมบำรุงผิวมือ (hand cream)

การผสมสูตรครีมบำรุงผิวมือ (hand cream) ได้ทดลองผสมสูตรทั้งหมดจำนวน 4 สูตร โดยใช้อัตราส่วนของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่แตกต่างกัน รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สูตรครีมบำรุงผิวมือ (hand cream)

Ingredients	Function	Formulas (%)			
		Handcream-1	Handcream-2	Handcream-3	Handcream-4
Deionized Water	solvent	74.44	74.44	74.44	74.44
Acrylates/C10-30 Alkyl Acrylate Cross polymer	rheology modifier	0.50	0.50	0.50	0.50
Aloe vera extract	humectant	10.00	10.00	10.00	10.00
Methyl Gluceth-20	moisturizing	1.00	1.00	1.00	1.00
Mango extract (%w/v)	humectant	5.00 (0%)	5.00 (1%)	5.00 (3%)	5.00 (5%)
Dimethicone	emollient	1.00	1.00	1.00	1.00
Cyclopentaxiloxane	emollient	1.00	1.00	1.00	1.00
Tocopheryl Acetate	moisturizing	1.00	1.00	1.00	1.00
Isopropylmyristate	emollient	4.00	4.00	4.00	4.00
Acryaltes/Acrylamide Copolymer	emulsifier	1.75	1.75	1.75	1.75
DMDM Hydantoin	preservative	0.30	0.30	0.30	0.30
Perfume	perfume	0.01	0.01	0.01	0.01
Total		**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

วิธีการผสม

1. ส่วน A: ละลาย Aloe vera extract, Mango extract, Methyl Gluceth-20, และ Acrylates/C10-30 Alkyl Acrylate Cross polymer ด้วย Deionized water คนให้เข้ากัน

2. ส่วน B: ผสม Dimethicone, Cyclopentaxiloxane, Isopropylmyristate, Virgin coconut oil, Acryaltes/Acrylamide Copolyme และ Tocopheryl acetate เข้าด้วยกัน คนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3. นำส่วน A เทผสมในส่วน B คนให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบที่สูงสุด

4. เติม DMDM Hydantoin และ perfume ในผลิตภัณฑ์ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การทดสอบเสถียรภาพของเครื่องสำอาง

ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจึงใช้วิธีมาตรฐานโดยทดสอบตามวิธีของ เบญจมาสและธเนศวร [14] โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง 3 ชุดตัวอย่าง ไปเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ นาน 45 วัน โดย
   - ชุดตัวอย่างที่ 1 เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ถึง 8 องศาเซลเซียส เป็นตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ
   - ชุดตัวอย่างที่ 2 เก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ (45 ± 2) องศาเซลเซียส
   - ชุดตัวอย่างที่ 3 เก็บที่อุณหภูมิห้องในสภาพแวดล้อมทั่วไป

2. เมื่อครบ 10, 20 และ 30 วัน นำตัวอย่างออกจากตู้ปรับอุณหภูมิ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนแน่ใจว่าตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

3. ตรวจพินิจการแยกตัว เปรียบเทียบสีและกลิ่นกับตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ

4. วัดความเป็นกรด-ด่าง แล้วเปรียบเทียบกับตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ แต่ละครั้งของการทดลองวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

5. วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (IKA, ROTAVISC lo-vi, Germany) เปรียบเทียบกับตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ โดยใช้หัววัด (spindle) ที่เหมาะสมกับความหนืดของตัวอย่างเครื่องสำอาง ใส่ตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร นำมาประกอบกับเข็มวัดความหนืดและเข็มวัดอุณหภูมิ ปรับอุณหภูมิที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เลือกหมายเลขหัววัดเพื่อใส่ความเร็วรอบของการหมุน โดยเลือกกดตัวเลขจากน้อยไปมาก และสังเกตค่าของ % Torque ให้อยู่ในช่วง 85-100% บันทึกผล แต่ละครั้งของการทดลองวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

6. นำตัวอย่างกลับไปอยู่ในสภาวะเดิม และทำการทดลองซ้ำจนกว่าจะครบ 45 วัน

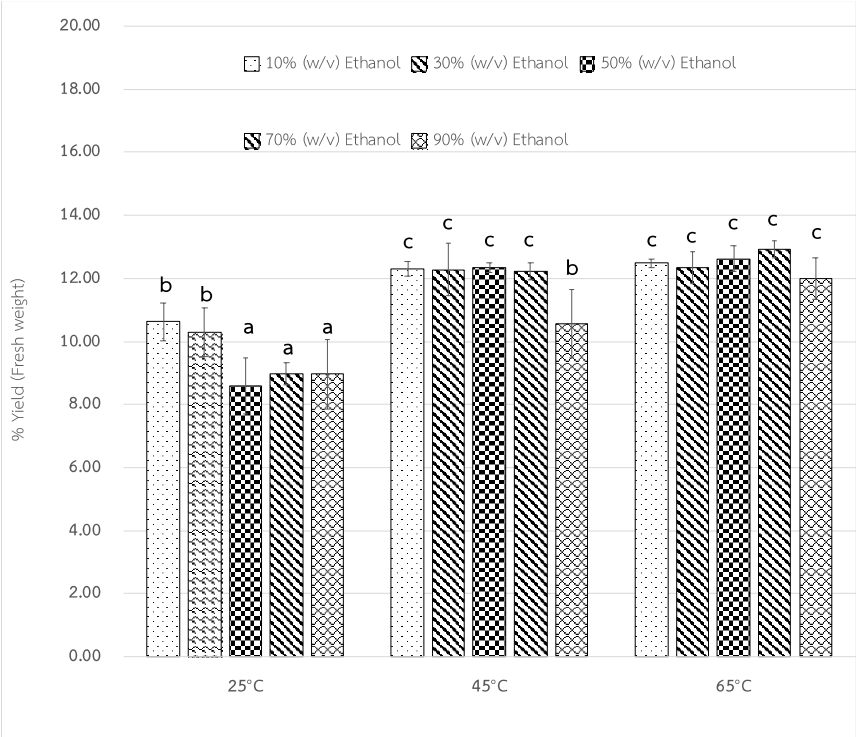
สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลของผลผลิตร้อยละของสารสกัดหยาบ การต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์เอนไซม์ไทโรซิเนสทั้งหมดดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 28.0 (SPSS Inc.) ค่าทั้งหมดถูกแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการทำซ้ำสามครั้ง การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดสอบ (การทดสอบ LSD) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของดันแคนที่ระดับนัยสำคัญที่ p <0.05

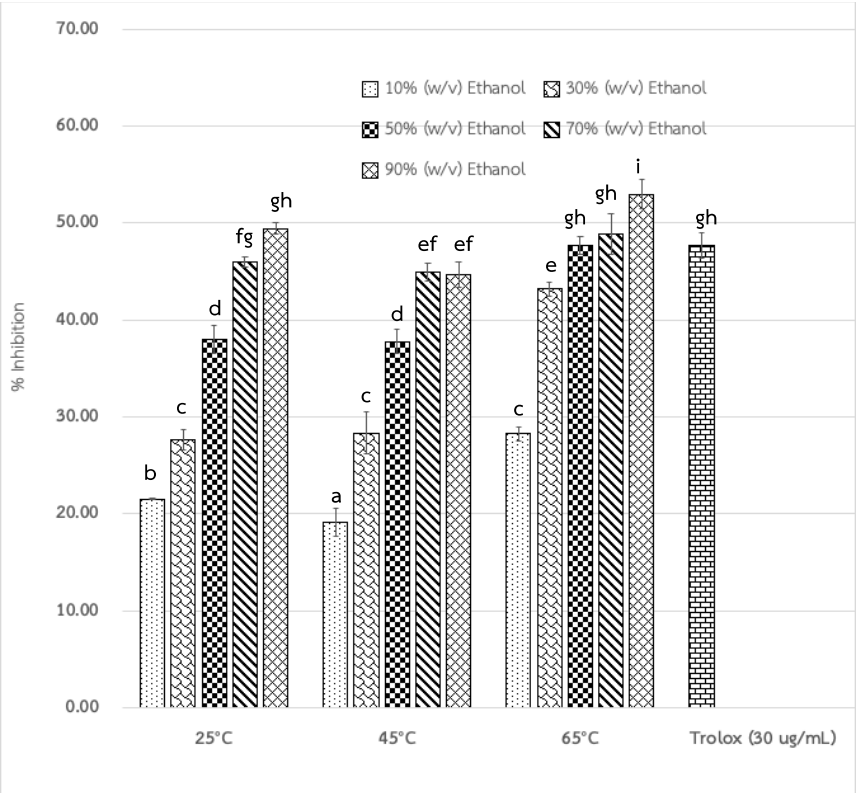
ผลการวิจัย

จากการใช้เอทานอลความเข้มข้นที่แตกต่างกันคือ ร้อยละ 10, 30, 50, 70 และ 90 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และอุณหภูมิในการสกัดคือ 25, 45 และ 65 องศาเซลเซียส การเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลไม่ส่งผลต่อปริมาณของผลผลิต ร้อยละของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดคือ 25, 45 และ 65 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณของสารสกัดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอุณภูมิเป็น 45 องศาเซลเซียส ปริมาณของสารสกัดจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณภูมิเป็น 65 องศาเซลเซียส ปริมาณของสารสกัดจะไม่เปลี่ยนแปลง สภาวะที่มีปริมาณผลผลิตร้อยละของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่ำที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 50 และ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 8.59% และสภาวะที่มีปริมาณผลผลิตร้อยละของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสูงที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 70 และ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 12.91% (ภาพที่ 1)

จากการนำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิค DPPH แสดงในภาพที่ 2 สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอล สำหรับอุณภูมิที่ใช้ในการสกัดไม่ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้เป็นตัวทำละลาย โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจะทำให้การต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH เพิ่มขึ้น สภาวะที่มีประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิค DPPH ของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่ำที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 10 และ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 19.12% และสภาวะที่มีประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิค DPPH ของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสูงที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 90 และ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 52.96%

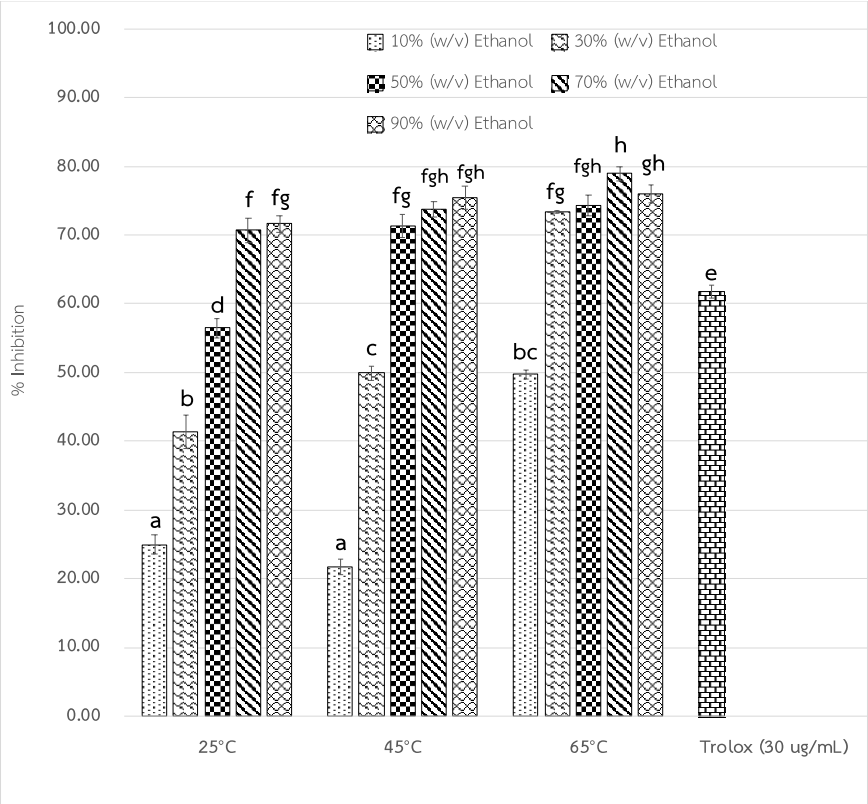


ภาพที่ 1 %Yield ของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยสภาวะต่างๆ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± SD (n = 3) ตัวอักษรต่างๆ บ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ โดยการทดสอบของดันแคน



ภาพที่ 2 การต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH ของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยสภาวะต่างๆ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± SD (n = 3) ตัวอักษรต่างๆ บ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ โดยการทดสอบของดันแคน

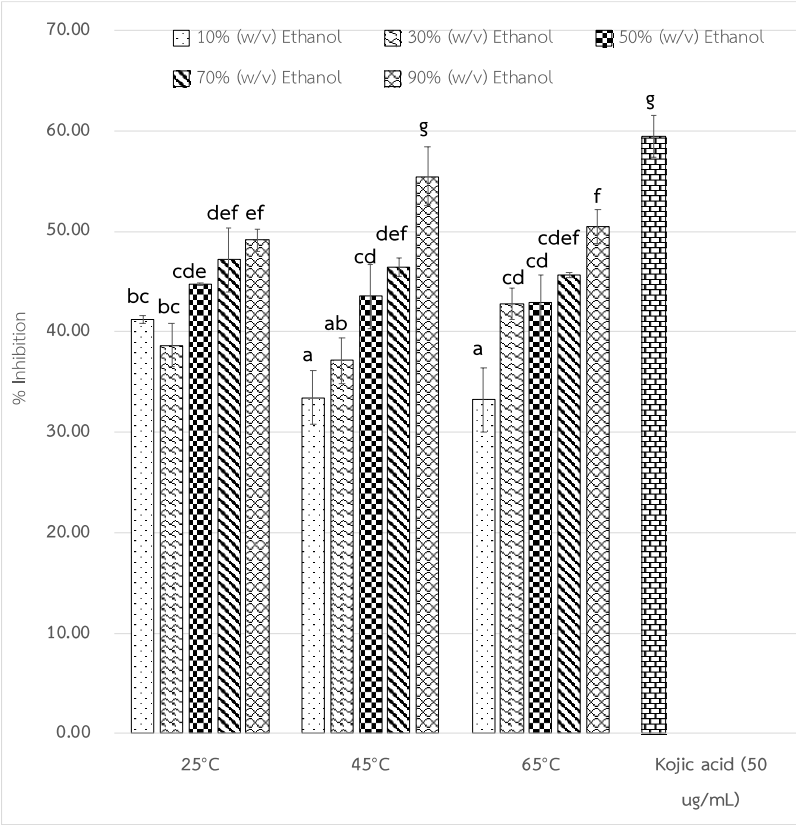
จากการนำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิค ABTS แสดงในภาพที่ 3 สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอล สำหรับอุณภูมิที่ใช้ในการสกัดไม่ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้เป็นตัวทำละลายโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH สภาวะที่มีประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิค ABTS ของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่ำที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 10 และ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 21.78% และสภาวะที่มีประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิค ABTS ของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสูงที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 70 และ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 78.90%



ภาพที่ 3 การต้านอนุมูลอิสระแบบ ABTS ของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยสภาวะต่างๆ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± SD (n = 3) ตัวอักษรต่างๆ บ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ โดยการทดสอบของดันแคน

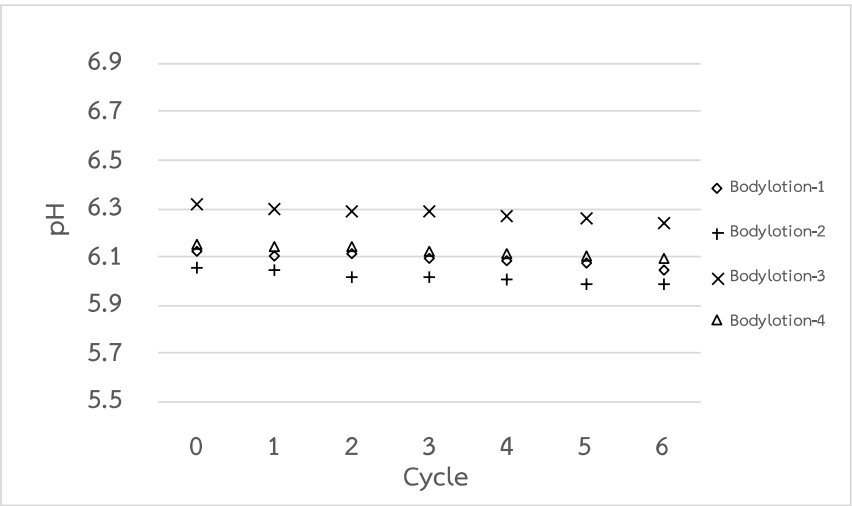
จากการทดสอบการยับยั้งเอนไซม์ไทโนซิเนสของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง แสดงในภาพที่ 4 สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ไทโนซิเนสเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอล สำหรับอุณภูมิที่ใช้ในการสกัดไม่ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้เป็นตัวทำละลาย สภาวะที่มีประสิทธิภาพของการยับยั้งเอนไซม์ไทโนซิเนสของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่ำที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 10 และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 33.42% และสภาวะที่มีประสิทธิภาพของการยับยั้งเอนไซม์ไทโนซิเนส ของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสูงที่สุดคือ เอทานอลร้อยละ 90 และ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 55.44%

ข้อมูลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกคือ เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 90 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะในการสกัดที่ให้สารสกัดหยาบแสดงการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด สำหรับการต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับสารสกัดที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จึงเลือกใช้สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองภายใต้สภาวะการสกัดดังกล่าว ทดสอบผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง



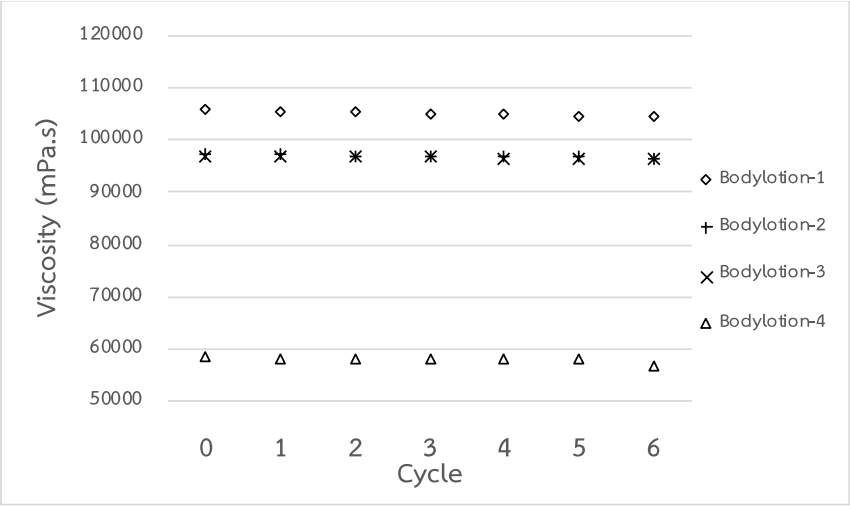
ภาพที่ 4 การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยสภาวะต่างๆ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย± SD (n = 3) ตัวอักษรต่างๆ บ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ โดยการทดสอบของดันแคน

จากการทดสอบความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวกาย (Body lotion) ซึ่งมีลักษณะเป็นครีมมีความหนืดสูง โดยสูตรของผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้ากันได้ดี จากการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์พบว่าค่า pH เริ่มต้นของสูตร เริ่มต้นระหว่าง 6.05 – 6.31 หลังจากที่ทดสอบสภาพความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 45 วัน พบว่าค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วง 5.98 – 6.24 (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ โลชั่นบำรุงผิวกาย (Body lotion) ที่สภาวะร้อน-เย็นสลับกัน (Heating-Cooling)

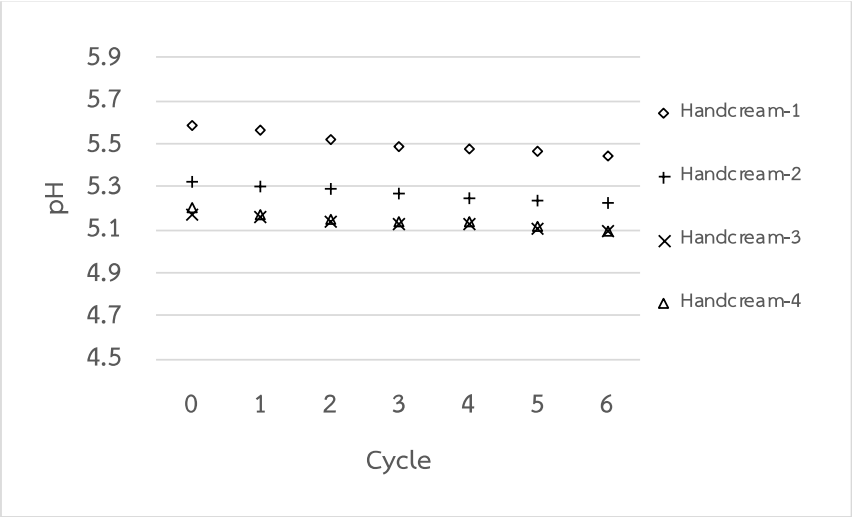
สำหรับค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร เริ่มต้นระหว่าง 58,418 – 105,827 mPa.s หลังจากที่ทดสอบสภาพความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 45 วัน พบว่าค่าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงลดลงทั้ง 2 สูตร ที่ช่วงระดับ 57,048 – 104,522 (ภาพที่ 6) เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบก่อนทดสอบสภาพความคงตัวพบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากก่อนทดสอบสภาพความคงตัว เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการแยกชั้น (ภาพที่ 7)



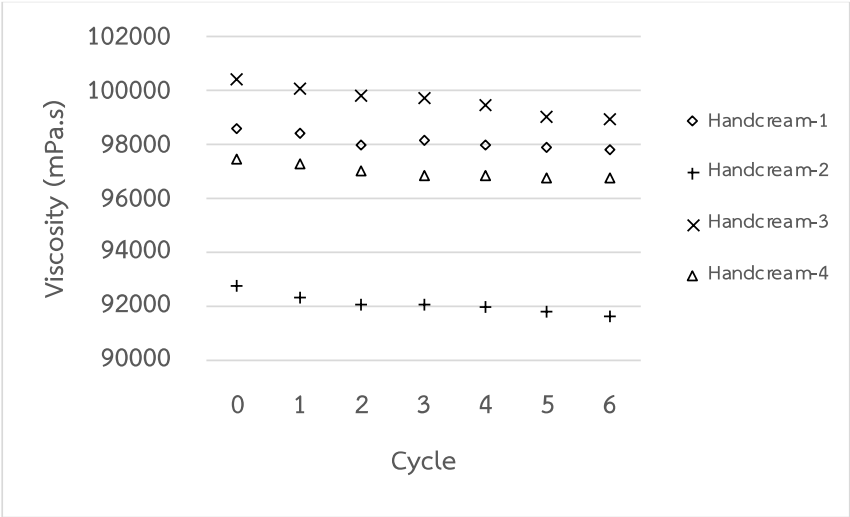
ภาพที่ 6 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ โลชั่นบำรุงผิวกาย (Body lotion) ที่สภาวะร้อน-เย็นสลับกัน (Heating-Cooling)

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะทางกายภาพของโลชั่นบำรุงผิวกาย (Body lotion) ก่อนทดสอบเสถียรภาพ (ซ้าย) และหลังทดสอบเสถียรภาพ (ขวา)

จากการทดสอบความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวมือ (hand cream) ซึ่งมีลักษณะเป็นครีมมีความหนืดสูง โดยสูตรของผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้ากันได้ดี จากการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์พบว่าค่า pH เริ่มต้นของสูตรเริ่มต้นระหว่าง 5.17 – 5.59 หลังจากที่ทดสอบสภาพความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 45 วัน พบว่าค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วง 5.10 – 5.45 (ภาพที่ 8) สำหรับค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร เริ่มต้นระหว่าง 92,789 – 100,416 mPa.s หลังจากที่ทดสอบสภาพความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 45 วัน พบว่าค่าความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงลดลงทั้ง 2 สูตร ที่ช่วงระดับ 91,620 – 98,974 (ภาพที่ 9) เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบก่อนทดสอบสภาพความคงตัวพบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากเดิม เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการแยกชั้น (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 8 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ ครีมบำรุงผิวมือ (hand cream) ที่สภาวะร้อน-เย็นสลับกัน (Heating-Cooling)



ภาพที่ 9 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวมือ (hand cream) ที่สภาวะร้อน-เย็นสลับกัน (Heating-Cooling)

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะทางกายภาพของครีมบำรุงผิวมือ (hand cream) ก่อนทดสอบเสถียรภาพ (ซ้าย) และหลังทดสอบเสถียรภาพ (ขวา)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

กระบวนการแรกได้ศึกษาวิธีการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณแป้งและน้ำตาลที่สูงทำให้เมื่อมีการผสมเนื้อมะม่วงลงในสูตรเครื่องสำอางจะทำให้เครื่องสำอางเน่าเสียได้ง่าย ในกระบวนการสกัดได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดที่จะทำให้สารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณการยับยั้งอนุมูลอิสระและการต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสที่สูงสุด จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกคือ เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 90 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นได้ทดลองผสมสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในรูปแบบสารละลายโดยใช้กลีเซอรีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 เป็นตัวทำละลายและทดลองผสมในสูตรเครื่องสำอางทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ โลชั่นบำรุงผิวกาย และครีมทามือ จากการผสมสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทั้ง 2 ชนิด ไม่พบปัญหาการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพ ทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้ประโยชน์ของมะม่วงทางด้านเครื่องสำอางจะนิยมใช้สารสกัดจากส่วนเมล็ดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม และสารสกัดมีปริมาณการต้านอนุมูลอิสระที่สูง [8-10] สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้สารสกัดจากเนื้อมะม่วงซึ่งถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการแปรรูปมะม่วงในช่วงราคาตกต่ำ สามารถเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นได้ อีกทั้งสารสกัดจากเนื้อมะม่วงยังแสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ดี ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง แต่การใช้สารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเมื่อใส่ปริมาณสารสกัดในปริมาณที่มากเกินไปอาจมีปัญหาทางด้านต้นทุนเนื่องจากกระบวนการสกัดมีการใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน อีกทั้งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดพบว่ามีความหนืดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องอาศัยการทดลองสูตรเบื้องต้นเพื่อหาความเหมาะสมของอัตราส่วนสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่จะใส่ลงไปในสูตรของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งสมุนไพรอื่นๆ ที่ผู้ผลิตนิยมใส่ผสมลงไปในสูตรเครื่องสำอางนั้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาอันไม่พึงประสงค์ อาทิเช่น ความหนืดเกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดการตกตะกอนเกิดขึ้น ดังนั้นจึงเป็นข้อควรระวังในการใช้สารสกัดสมุนไพรในส่วนผสมของเครื่องสำอางต่างๆ ด้วยคุณสมบัติของสารที่อยู่ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทำให้มีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นสารสกัดในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อีกทั้งในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ยังมีการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในปริมาณที่สูง ทำให้ง่ายในการหาวัตถุดิบสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในต้นทุนที่ต่ำ และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดสำหรับชุมชนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมประจำปีงบประมาณ 2565 (เลขที่สัญญา A31.1/2565)

เอกสารอ้างอิง

1. Masibo M, Qian H. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. Compr Rev Food Sci. Food Saf 2008;7(4):309-19.
2. Abdalla AEM, Darwish SM, Ayad EHE, El-Hamahmy RM. Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. Food Chem 2007;103(4):1134-40.
3. Maisuthisakul P. Antioxidant potential and phenolic constituents of mango seed kernel from various extraction methods. Kasetsart J (Nat Sci) 2009;43(5 SUPPL):290-7.

4. Pinsirodom P, Namngam C, Taprap R, Nalinnanon S, Thompson KG, Puechkamutr Y. Mango seed kernel extract as a natural antioxidant in minced fish during frozen storage. Curr Appl Sci Technol 2022;22(4): 1-14.

5. Abdel-Aty AM, Salama WH, Hamed MB, Fahmy AS, Mohamed SA. Phenolic-antioxidant capacity of mango seed kernels: therapeutic effect against viper venoms. Rev bras farmacogn 2018;28(5):594–601.

6. Nithitanakool S, Pithayanukul P, Bavovada R. Antioxidant and hepatoprotective activities of Thai mango seed kernel extract. Planta Med 2009;75(10):1118-23.

7. Kittiphoom S. Utilization of Mango seed. Int Food Res J 2012;19(4):1325-35.

8. Namngam C, Pinsirodom P. Antioxidant properties, selected enzyme inhibition capacities, and a cosmetic cream formulation of Thai mango seed kernel extracts. Trop J Pharm Res 2017;16(1):9-16.

9. Klinkajorn S, Sukhasem S. Production of mango seed butter for cosmetic use. Acta Hortic 2021;1312: 599-605.

10. Maisuthisakul P, Harnsilawat T. Characterization and stabilization of the extract from mango seed kernel in a cosmetic emulsion. Kasetsart J (Nat Sci) 2011;45(3):521-9.

11. Fernández-Ponce MT, Casas L, Mantell C, De La Ossa EJM. Potential Use of mango leaves extracts obtained by high pressure technologies in cosmetic, pharmaceutics and food industries. Chem Eng Trans 2013;32:1147-52.

12. Sapin AB, Alaon MKN, Tambalo FMZ, Perez RH, Gaylon A. Evaluation of the bioactivities of natural phenolics from mango (*Mangifera indica* linn) leaves for cosmetic industry applications. Philipp J Sci 2021;150(2):397-406.

13. Benjamat C, Thanesuan N. Effect of ethanol polarity and temperature on antioxidant activity, tyrosinase inhibition, and total phenol content of *Garcinia atroviridis* (Asam gelugor) fruits extract. Huachiew Chalermprakiet Sci Technol J 2022;8(1):70-80.

14. เบญจมาส ไชยลาภ, ธเนศวร นวลใย. การสกัดว่านหางจระเข้โดยใช้กลีเซอรีน: การต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสและการตั้งตำรับในเครื่องสำอาง. วารสารนเรศวรพะเยา วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2565;15(2):74-85.

เปรียบเทียบลักษณะภายนอกและองค์ประกอบทางเคมีของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการกับจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดสมุทรสงคราม

Comparison of the external appearance and chemical composition of gourami in Samut Prakan, Samut Sakhon, and Samut Songkhram provinces

มธุรส อ่อนไทย[1]* ผุสดี สิรยากร[1] อุมา รัตนเทพี[2] ศิริวรรณ ตันตระวาณิชย์[2]
สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา[1] และ เกษม พลายแก้ว[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540

[2]สาขาวิชาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540

Mathuros Ornthai[1]*, Phudsadee Sirayakorn[1], Uma Rattanathepee[2], Siriwan Tantawanich[2], Sureeporn Homvisasevongsa[1] and Kasem Plaikaew[1]

[1]Division of Physical Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn 10540

[2]Division of Computing Science and Digital Technology, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn 10540

***Corresponding author:** ornthai@gmail.com

Received: 3 April 2023/ Revised: 18 May 2023/ Accepted: 21 May 2023

บทคัดย่อ

จังหวัดสมุทรปราการมีหนึ่งในผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นสินค้าประจำท้องถิ่นได้แก่ “ปลาสลิด” ซึ่งมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของคนทั้งประเทศในชื่อของปลาสลิดบางบ่อ โดยปัจจุบันพบว่ามีปริมาณลดลงไปอย่างมาก สาเหตุหลักมาจากพื้นที่เลี้ยงลดลง จึงต้องมีการนำปลาสลิดที่เลี้ยงจากบริเวณจังหวัดใกล้เคียงมาแปรรูปขายแทน ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความไม่แน่ใจว่าปลาสลิดที่วางขายเป็นปลาสลิดบางบ่อแท้หรือไม่ และปลาสลิดบางบ่อแท้มีลักษณะเฉพาะตัวอย่างไร งานวิจัยนี้ได้ศึกษาลักษณะภายนอกรวมทั้งปริมาณโปรตีนและไขมันของปลาสลิดจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีการเลี้ยงอยู่ในบริเวณ 4 อำเภอ คือ อำเภอบางบ่อ อำเภอบางพลี อำเภอเมือง และอำเภอบางเสาธง เปรียบเทียบกับปลาสลิดที่เลี้ยงในจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดสมุทรสงครามโดยเชื่อมโยงกับวิธีการเลี้ยงและลักษณะเฉพาะทางภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าลักษณะภายนอกของปลาสลิดจังหวัดสมุทรปราการในแต่ละอำเภอมีลักษณะคล้ายกันคือมีขนาดลำตัวเล็กเรียวยาว ด้วยเหตุที่เลี้ยงโดยใช้อาหารตามธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ทำให้ต้องแหวกว่ายหาอาหารส่งผลให้มีการสะสมของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีสีตัวออกดำคล้ำซึ่งเข้มกว่าปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัด

สมุทรสาครที่มีสีตัวออกดำเหลืองมีโทนสีเข้มน้อยกว่าและมีขนาดใหญ่อวบอ้วนกว่าเมื่อเทียบกับปลาที่มีอายุการเลี้ยงใกล้เคียงกัน เนื่องจากการเลี้ยงแบบเชิงพาณิชย์ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นหลักทำให้ปลามีการสะสมของไขมัน ในส่วนองค์ประกอบทางเคมีพบว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาสลิดอำเภอบางเสาธงมีปริมาณไขมันน้อยกว่าอำเภอบางพลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 แต่เมื่อเทียบกับอำเภอที่เหลือในจังหวัดสมุทรปราการพบว่าไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในภาพรวมของจังหวัดพบว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาสลิดของจังหวัดสมุทรปราการมีค่าน้อยกว่าจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันก็ตาม โดยผลจากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อสร้างการรับรู้ที่ถูกต้องสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการซื้อปลาสลิดบางบ่อแท้และใช้เป็นข้อมูลประกอบการยื่นจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ในชื่อของปลาสลิดบ่างบ่อ

คำสำคัญ: ปลาสลิด ลักษณะภายนอก องค์ประกอบทางเคมี สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม

Abstract

Samut Prakan Province is well-known for its local agricultural product, the gourami, specifically the Bang Bo gourami, which has gained popularity throughout the country. However, the production of gourami has significantly decreased due to a reduction in the farming area. As a result, gourami from nearby provinces are now being brought in for processing and sale. This has led to uncertainty among consumers about whether the gourami they purchase is genuine Bang Bo gourami or not. To address this issue, this study examined the external appearance, including the amount of protein and fat, of gourami from four districts in Samut Prakan Province (Bang Bo District, Bang Phli District, Mueang District, and Bang Sao Thong District) compared to gourami from Samut Sakhon and Samut Songkhram provinces in connection with farming methods and geographical characteristics. The results indicated that the external appearance of gourami in each district was similar, with a small and elongated body. They were mainly fed with natural food, which required them to swim to find their food resulting in muscle accumulation. Additionally, the body color of gourami from Samut Prakan Province was darker compared to gourami from Samut Songkhram and Samut Sakhon Province, which had a less dark yellowish-black body color and were larger and plumper compared to fish of a similar farming age. This was due to commercially raised fish primarily being fed with ready-made feed pellets, causing fat accumulation. In terms of chemical composition, it was found that the fat content of gourami in Bang Sao Thong District was significantly lower than that of Bang Phli District at P<0.05, but there was no difference when compared to the rest of Samut Prakan Province. Although there was no difference in the amount of protein, it was discovered that the fat content of gourami in Samut Prakan Province was significantly lower than that of Samut Songkhram Province and Samut Sakhon Province at P<0.05. This research data can be used as information to create accurate awareness for consumers who want to buy genuine Bang Bo gourami and used as information for registering a geographical indication in the name of Bang Bo gourami.

Keywords: gourami, external appearance, Samut Prakan, Samut Songkhram, Samut Sakhon

บทนำ

ปลาสลิดเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2564 มีผลผลิต รวม 7,150 ตัน คิดเป็นมูลค่า 429.867 ล้านบาท จังหวัดที่มีผลการผลิตมากกว่า 1,000 ตัน มี 3 จังหวัด ประกอบด้วย 1) จังหวัดสมุทรสาครมีผลผลิต 2,674 ตัน คิดเป็นมูลค่า 198.307 ล้านบาท (271 ฟาร์ม เนื้อที่ 4,007 ไร่) 2) จังหวัดสมุทรสงครามมีผลผลิต 1,656 ตัน คิดเป็นมูลค่า 77.574 ล้านบาท (211 ฟาร์ม เนื้อที่ 3,673 ไร่) 3) จังหวัดสมุทรปราการมีผลผลิต 1,152 ตัน คิดเป็นมูลค่า 43.961 ล้านบาท (376 ฟาร์ม เนื้อที่ 8,639 ไร่) [1] สำหรับปลาสลิดที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของคนทั้งประเทศ คือ ปลาสลิดบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ เนื่องจากมีรสชาติดี เนื้ออร่อย ซึ่งเลี้ยงโดยภูมิปัญญาของชาวอำเภอบางบ่อตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ต่อมาได้มีการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงไปยังอำเภอใกล้เคียง คือ อำเภอเมือง อำเภอบางพลี และอำเภอบางเสาธง ด้วยวิธีการเลี้ยงที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือมีการฟันหญ้าเฉพาะถิ่น เช่น หญ้าทรงกระเทียม หญ้าแพรกทะเล หญ้าปล้อง ธูปฤาษี ให้ตกซ้อนทับกันเป็นแนวจนเกิดการหมักทำให้น้ำมีสีคล้ำออกสีชา เกิดแพลงก์ตอน ไรแดง ที่เป็นอาหารตามธรรมชาติสำหรับปลาสลิด ซึ่งเกษตรกรจะฟันหญ้าตลอดระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 8-12 เดือน ทั้งนี้เกษตรกรบางรายอาจมีการให้อาหารเสริมร่วมกับการฟันหญ้าเพื่อเพิ่มน้ำหนักปลาสลิดในช่วง 2-3 เดือนก่อนจับขาย [2] เช่น ต้มข้าว เศษอาหารที่เหลือ อาหารเม็ดสำเร็จรูป (โปรตีน 25%) อีกทั้งน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นน้ำกร่อยที่อุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ตลอดจนมีกรรมวิธีการแปรรูปเป็นปลาสลิดแดดเดียวและปลาสลิดหอมด้วยการหมักหรือฝัดด้วยเกลือซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่น ส่งผลให้ปลาสลิดบางบ่อมีความโดดเด่นทั้งรูปร่าง เนื้อสัมผัส และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ด้วยความมีชื่อเสียงและเป็นที่นิยมส่งผลให้ปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งผลผลิตปลาสลิดสดมีปริมาณลดลงไปอย่างมากจากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงเมืองเกษตรกรรมเป็นเมืองอุตสาหกรรม การขยายตัวของชุมชน โดยพื้นที่การเกษตรถูกเปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรมมากขึ้นทำให้เกษตรกรขายที่และหันไปทำอาชีพอย่างอื่นแทน จึงต้องมีการนำปลาสลิดที่เลี้ยงจากบริเวณจังหวัดใกล้เคียง เช่น ปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาครมาแปรรูปขายแทน ซึ่งมีการพัฒนาวิธีการเลี้ยงเป็นแบบเชิงพาณิชย์โดยเลี้ยงแบบหนาแน่นเน้นขุนปลาให้ตัวโต ส่งผลให้อาหารตามธรรมชาติไม่เพียงพอต้องใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นหลัก โดยเกษตรกรจะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปกับปลาสลิดตั้งแต่อายุ 1 เดือน หรือเมื่อหญ้าท้องถิ่นเริ่มหมดจนกระทั่งจับปลาขาย ซึ่งอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ [2] เช่น จังหวัดสมุทรสงครามใช้อาหารที่มีโปรตีน 30% และจังหวัดสมุทรสาครใช้อาหารที่มีโปรตีน 25% [3] นอกจากวิธีการเลี้ยงปลาสลิดในแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกันแล้ว ลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นที่เลี้ยงก็มีความแตกต่างกันอีกด้วย โดยลักษณะของชุดดินในจังหวัดสมุทรปราการ อำเภอบางบ่อ อำเภอเมือง อำเภอบางพลี และอำเภอบางเสาธง มีลักษณะคล้ายกันคือ เป็นชุดดินที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนผสมระหว่างตะกอนลำน้ำและตะกอนน้ำทะเลแล้วพัฒนาในสภาพน้ำกร่อย [4] ทำให้พื้นดินประกอบด้วยแร่ธาตุซึ่งเกิดจากการทับถมของโคลนตะกอนที่พัดลงมาจากพื้นที่สูงลงสู่แม่น้ำและลำน้ำผสมกับตะกอนก้นสมุทรเกิดเป็นดินลักจืดลักเค็ม เหมาะแก่การทำประมงชายฝั่ง [5] โดยชุดดินที่ 2 มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง สีดินเป็นสีเทาหรือเทาแก่ตลอด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลางประมาณ 4.5 - 6.0 ส่วนดินชุดที่ 3 มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ดินบนมีสีดำ ส่วนดินล่างมีสีเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดถึงด่างปานกลางประมาณ 5.5-8.0 ซึ่งแตกต่างกับชุดดินของ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาครซึ่งเป็นชุดดินที่ 8 [4] เป็นกลุ่มชุดดินที่มีการยกร่อง เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ดินบนมีลักษณะการทับถมเป็นชั้นๆของดินและอินทรียวัตถุที่ได้จากการขุดลอกร่องน้ำ ดินล่างมีสีเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงด่างจัด

ด้วยเหตุที่มีการนำปลาสลิดสดจากจังหวัดใกล้เคียงโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดสมุทรสงครามมาแปรรูปขายปนกับปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการและขายในชื่อของปลาสลิดบางบ่อทำให้ปลาสลิดที่ขายในพื้นที่อำเภอบางบ่อมีลักษณะและรสชาติแตกต่างกันไป ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความไม่แน่ใจว่าปลาสลิดที่วางขายเป็นปลาสลิดบางบ่อแท้หรือไม่และปลา

สลิดบางบ่อแท้มีลักษณะเฉพาะตัวอย่างไร นอกจากนี้ผู้บริโภคอาจมีการรับรู้ลักษณะเฉพาะของปลาสลิดบางบ่อแท้ผิดไป จากลักษณะปลาที่ซื้อซึ่งเป็นปลาจากแหล่งอื่นที่ถูกนำมาแปรรูปขาย สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่เศรษฐกิจของผู้เลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยทำให้ราคาปลาสลิดสดในพื้นที่ตกต่ำเนื่องจากปลามีขนาดเล็กกว่าปลาจากพื้นที่อื่นที่มีการเลี้ยงโดยใช้อาหารสำเร็จรูปเป็นหลัก ซึ่งราคารับซื้อจากผู้แปรรูปจะอิงกับขนาดตัวปลาเป็นสำคัญไม่ขึ้นกับแหล่งที่มา โดยปลาตัวโตมีราคาที่สูงกว่าปลาตัวเล็ก นอกจากนี้การรับรู้ของผู้บริโภคที่เข้าใจผิดว่าปลาสลิดที่ดีมีคุณภาพต้องตัวโตมีสีผิวออกขาวดูสะอาด ทั้งที่ปลาในพื้นที่จริง ๆ มีขนาดไม่โตมากและมีสีออกดำคล้ำ ส่งผลให้ปลาสลิดในพื้นที่เป็นที่ต้องการน้อยกว่าปลาสลิดนอกพื้นที่ เกษตรกรผู้เลี้ยงบางรายจึงเลิกเลี้ยงและหันไปประกอบอาชีพอื่นแทน ด้วยเหตุนี้จังหวัดสมุทรปราการจึงมีนโยบายในการผลักดันให้ปลาสลิดที่เลี้ยงในจังหวัดขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications; GI) ในชื่อของปลาสลิดบางบ่อ เพื่อเป็นการสร้างการรับรู้ข้อมูลที่ถูกต้องถึงลักษณะเฉพาะปลาสลิดบางบ่อ อีกทั้งเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคที่เลือกซื้อสินค้าที่มีสัญลักษณ์ GI ว่าได้รับสินค้าที่ปลอดภัยมีมาตรฐาน นำไปสู่การสร้างมูลค่าให้กับสินค้าปลาสลิดบางบ่อ จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้คือ 1) ปลาสลิดที่เลี้ยงในจังหวัดสมุทรปราการ 4 อำเภอ คือ อำเภอบางบ่อ อำเภอเมือง อำเภอบางพลี และอำเภอบางเสาธง มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร 2) ปลาสลิดที่เลี้ยงในจังหวัดสมุทรปราการมีลักษณะเฉพาะอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับปลาสลิดที่เลี้ยงในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นแหล่งเลี้ยงปลาสลิดจากจังหวัดใกล้เคียง โดยศึกษาลักษณะภายนอกและองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีนและไขมันของปลาสลิดที่สัมพันธ์กับวิธีการเลี้ยงและลักษณะเฉพาะทางภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ระบุถึงลักษณะเฉพาะของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการ และนำไปสู่การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ปลาสลิดบางบ่อได้ รวมทั้งเป็นการเผยแพร่ข้อมูลเพื่อสร้างการรับรู้ที่ถูกต้องสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการซื้อปลาสลิดบางบ่อแท้ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมการเลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่ไม่ให้หายไปตามกาลเวลา และเป็นกลไกส่งเสริมให้ราคาปลาสลิดสูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.1 เลือกกลุ่มตัวอย่างและเก็บตัวอย่าง โดยปลาสลิดสดที่ใช้ในการศึกษาเป็นปลาสลิดสดอายุ 7-12 เดือน จาก 1) บ่อเลี้ยงจังหวัดสมุทรปราการ 12 บ่อ โดยมาจาก 4 อำเภอ คือ อำเภอบางบ่อ อำเภอเมือง อำเภอบางพลี และอำเภอบางเสาธง อำเภอละ 3 บ่อ 2) บ่อเลี้ยงจังหวัดสมุทรสงคราม 6 บ่อ จากอำเภออัมพวา และ 3) บ่อเลี้ยงจังหวัดสมุทรสาคร 6 บ่อ จากอำเภอบ้านแพ้ว

1.2. ศึกษาลักษณะภายนอก ได้แก่ สี ขนาด รูปร่าง โดยประเมินจากสายตาผ่านภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือยี่ห้อวีโว่ รุ่นวีห้าพลัส (Vivo V5 Plus) ถ่ายภาพบริเวณข้างบ่อเลี้ยงที่จับในสภาวะหลังจากทำให้ตายทันทีด้วยน้ำแข็ง

1.3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันในเนื้อปลาสลิดและหญ้าเฉพาะถิ่นของจังหวัดสมุทรปราการ คือ หญ้าทรงกระเทียม หญ้าแพรกทะเล หญ้าปล้อง ธูปฤๅษี โดยนำปลาสลิดแต่ละแหล่งมาขอดเกล็ด ตัดหัว แล่เอาเฉพาะเนื้อปลามารวมกันปั่นบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับตัวอย่างหญ้านำมาผึ่งตากไว้ให้แห้งจากนั้นปั่นบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และทำการวิเคราะห์ตามวิธีดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (Moisture) วิเคราะห์ตามวิธี AOAC (2016), 925.45 [6] โดยชั่งตัวอย่างปริมาณ 10 กรัม จากนั้นนำไปอบในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส โดยใช้ทรายที่ผ่านการแช่กรดและล้างมาแล้ว (acid-washed sand) เป็นตัวช่วยในการกระจายความร้อน อบจนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) ทำการชั่งน้ำหนัก และคำนวณปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไปของตัวอย่าง จาก

$$M,\% = \frac{W}{g\ test\ portion} \times 100$$

เมื่อ $M,\%$ คือ ปริมาณความชื้นในตัวอย่าง (กรัม/100 กรัม ตัวอย่าง)

W คือ มวลความชื้นในหน่วย กรัม (น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ)

$g\ test\ portion$ คือ น้ำหนักสารตัวอย่างที่ชั่งมาทำการทดลองในหน่วย กรัม

2) ปริมาณโปรตีน (Protein) วิเคราะห์ตามวิธี AOAC (2016), 981.10 [6] โดยชั่งตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร และสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 5 มิลลิลิตร สวมหลอดย่อยตัวอย่างเข้าเครื่องย่อยตัวอย่าง ทำการย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส ในตู้ดูดควัน (hood) จนได้สารละลายใส (เกิดเป็นเกลือแอมโมเนียม) จากนั้นปล่อยให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ต่อหลอดย่อยตัวอย่างกับอุปกรณ์การกลั่นโดยปลายท่อจากตัวควบแน่น (condenser) จุ่มในกรดบอริก (4% H_3BO_3) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่เติมอินดิเคเตอร์ผสม (เมทิลเรดและโบรโมคลีซอลกรีน) ที่ถูกบรรจุอยู่ในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (40% NaOH) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในหลอดย่อยตัวอย่างและทำการกลั่น แก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกจับโดยสารละลายกรดบอริกเกิดเป็นแอมโมเนียมบอเรต ทำการกลั่นจนได้ปริมาตร 100-125 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน) จากนั้นนำสารละลายนี้ไปไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (0.2 M HCl) โดยจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเทา หลังจากนั้นทำการไทเทรตรีเอเจนต์แบลงค์ (reagent blank) ด้วยวิธีการเดียวกัน

คำนวณปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนจาก

$$N,\% = \frac{(V_A - V_B) \times 1.4007 \times M}{g\ test\ portion}$$

$$Protein,\% = \frac{(V_A - V_B) \times 1.4007 \times M \times 6.25}{g\ test\ portion}$$

เมื่อ $N,\%$ คือ ปริมาณไนโตรเจน (กรัม/100 กรัม ตัวอย่าง)

$Protein,\%$ คือ ปริมาณโปรตีน (กรัม/100 กรัม ตัวอย่าง)

V_A และ V_B คือ ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง และรีเอเจนต์แบลงค์ ตามลำดับ

1.4007 คือ มิลลิกรัมสมมูลของไนโตรเจน (milliequivalent weight) × 100(%)

M คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรต

6.25 คือ แฟกเตอร์ (factor) ที่ใช้คำนวณเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนเป็นปริมาณโปรตีน

$g\ test\ portion$ คือ น้ำหนักสารตัวอย่างที่ชั่งมาทำการทดลองในหน่วย กรัม

3) ปริมาณไขมัน (Fat) วิเคราะห์ตามวิธี AOAC (2016), 948.15, 945.16 [6] โดยชั่งตัวอย่างปริมาณ 8 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดกรดไฮโดรคลอริก (4 M HCl) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ให้ความร้อนโดยควบคุมให้เดือดน้อย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมน้ำอุ่นปริมาตร 150 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้ว เขย่าให้เข้ากัน แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำอุ่นจนหมดความเป็นกรด นำกระดาษกรองไปอบให้แห้ง แล้วนำไปสกัดไขมันด้วยตัวทำละลาย ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) (จุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส) โดยใช้เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (soxhlet extraction) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น นำสารละลายที่สกัดได้ไประเหยบนเครื่องระเหยหมุนสุญญากาศ (rotary

vacuum evaporator) จนแห้ง และนำไปอบในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 1005 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งเป็นน้ำหนักไขมันและคำนวณเป็นปริมาณไขมัน ทำรีเอเจนต์แบลงค์ (reagent blank) ด้วยวิธีการเดียวกัน

คำนวณปริมาณไขมันจาก

$$Fat, \% = \frac{(m_A - m_B) \times 100}{g\ test\ portion}$$

เมื่อ $Fat, \%$ คือ ปริมาณไขมัน (กรัม/100 กรัม ตัวอย่าง)

m_A และ m_B คือ มวลของไขมันในหน่วย กรัม ที่สกัดได้จากตัวอย่าง และรีเอเจนต์แบลงค์ ตามลำดับ

$g\ test\ portion$ คือ น้ำหนักสารตัวอย่างที่ชั่งมาทำการทดลองในหน่วย กรัม

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาสลิดและหญ้าเฉพาะถิ่น ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) โดยวิเคราะห์ตัวอย่างแหล่งละ 3 ซ้ำ ประเมินความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดในพื้นที่ต่าง ๆ ด้วยสถิติ one-way ANOVA ตามด้วย Bonferroni multiple comparison test โดยใช้โปรแกรม SPSS™ software for Windows version 28.0 (SPSS Inc., Illinois, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

ลักษณะภายนอกของปลาสลิดในพื้นที่ต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1-4 โดยปลาสลิดจังหวัดสมุทรปราการมีขนาด 7-12 ตัว/กิโลกรัม (อายุ 9-12 เดือน) จังหวัดสมุทรสงครามมีขนาด 4-6 ตัว/กิโลกรัม (อายุ 10-12 เดือน) และจังหวัดสมุทรสาครมีขนาด 5-12 ตัว/กิโลกรัม (อายุ 7-10 เดือน) เมื่อประเมินด้วยสายตาในภาพรวมพบว่าปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรปราการในแต่ละอำเภอ (ตารางที่ 1-2) มีลักษณะคล้ายกันคือ มีขนาดลำตัวเล็ก เรียวยาวและมีสีตัวออกดำคล้ำ ซึ่งเข้มกว่าปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสงคราม (ตารางที่ 3) และจังหวัดสมุทรสาคร (ตารางที่ 4) ซึ่งมีสีตัวออกดำเหลืองมีโทนสีเข้มน้อยกว่าและมีขนาดใหญ่อวบอ้วนกว่าเมื่อเทียบกับปลาที่มีอายุการเลี้ยงใกล้เคียงกัน โดยปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสงครามมีขนาดใหญ่มากที่สุด รองลงมาคือ ปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรปราการ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แหล่งที่มา อายุ ขนาด และลักษณะภายนอกของปลาสลิด เพศผู้และเพศเมียในพื้นที่อำเภอบางบ่อ และอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ

แหล่งที่มา	อายุปลา	ขนาด	ลักษณะภายนอกของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการ	
(อำเภอ)	(เดือน)	ตัว/กก.	เพศผู้	เพศเมีย
บางบ่อ 1	10	7		
บางบ่อ 2	10	10		
บางบ่อ 3	10	10		
บางเสาธง 1	12	10		
บางเสาธง 2	10	10		
บางเสาธง 3	9	12		

ตารางที่ 2 แหล่งที่มา อายุ ขนาด และลักษณะภายนอกของปลาสลิด เพศผู้และเพศเมียในพื้นที่อำเภอบางพลี และอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

แหล่งที่มา (อำเภอ)	อายุปลา (เดือน)	ขนาด ตัว/กก.	ลักษณะภายนอกของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการ เพศผู้	เพศเมีย
บางพลี 1	11	7		
บางพลี 2	10	10		
บางพลี 3	10	10		
เมือง 1	10	10	**ตัวอย่างที่เก็บมาไม่พบเพศผู้**	
เมือง 2	9	10		
เมือง 3	9	10		

ตารางที่ 3 แหล่งที่มา อายุ ขนาด และลักษณะภายนอกของปลาสลิด เพศผู้และเพศเมียในพื้นที่อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

แหล่งที่มา	อายุปลา	ขนาด	ลักษณะภายนอกของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรสงคราม	
(อำเภอ)	(เดือน)	ตัว/กก.	เพศผู้	เพศเมีย
อัมพวา 1	10	4		
อัมพวา 2	10	4		
อัมพวา 3	10	6		
อัมพวา 4	12	4		
อัมพวา 5	10	4		
อัมพวา 6	10	4		

ตารางที่ 4 แหล่งที่มา อายุ ขนาด และลักษณะภายนอกของปลาสลิด เพศผู้และเพศเมียในพื้นที่อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร

แหล่งที่มา	อายุปลา	ขนาด	ลักษณะภายนอกของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรสาคร	
(อำเภอ)	(เดือน)	ตัว/กก.	เพศผู้	เพศเมีย
บ้านแพ้ว 1	8	8		
บ้านแพ้ว 2	10	7		
บ้านแพ้ว 3	10	8		
บ้านแพ้ว 4	10	5		
บ้านแพ้ว 5	7	12		
บ้านแพ้ว 6	10	6		

ปริมาณความชื้น โปรตีนและไขมันของปลาสลิดในพื้นที่ต่าง ๆ

เมื่อนำปลาสลิดจากอำเภอบางบ่อ อำเภอบางเสาธง อำเภอบางพลี และอำเภอเมืองจังหวัดสมุทรปราการ มาทดสอบหาปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ในภาพรวมพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาความชื้นของแต่ละอำเภอพบว่ามีปริมาณไม่แตกต่างกัน ในส่วนของโปรตีนพบว่าปลาสลิดจากอำเภอบางบ่อมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับอำเภออื่นที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อำเภอบางเสาธง อำเภอบางพลี และอำเภอเมือง มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน สำหรับไขมันพบว่าอำเภอบางเสาธงมีปริมาณไขมันน้อยกว่าอำเภอบางพลีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับอำเภอที่เหลือพบว่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้น โปรตีนและไขมันของปลาสลิดอำเภอบางบ่อ อำเภอบางเสาธง อำเภอบางพลี และอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

รายการตรวจวิเคราะห์	องค์ประกอบทางเคมี (กรัม/100 กรัม เนื้อปลาสด)				P-value
	บางบ่อ	บางเสาธง	บางพลี	เมือง	
ความชื้น	76.47±1.71	77.80±0.32	76.68±0.97	77.71±0.50	0.0173
โปรตีน	22.08±1.06*	20.75±0.75	20.87±0.98	20.25±0.77	0.0004
ไขมัน	1.43±0.25	1.09±0.266#	1.68±0.58	1.35±0.44	0.0292

นำเสนอข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; *P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอำเภออื่นที่ทำการศึกษา, #P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอำเภอบางพลี โดยใช้สถิติ one-way ANOVA ตามด้วย Bonferroni multiple comparison test

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของจังหวัดพบว่าความชื้นและไขมันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาความชื้นของแต่ละจังหวัดพบว่าจังหวัดสมุทรปราการมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรสงคราม ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของไขมันพบว่าจังหวัดสมุทรสงครามมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือจังหวัดสมุทรสาคร และน้อยที่สุดคือจังหวัดสมุทรปราการ ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณความชื้น โปรตีนและไขมันของปลาสลิดจังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดสมุทรสาคร

รายการตรวจวิเคราะห์	องค์ประกอบทางเคมี (กรัม/100 กรัม เนื้อปลาสด)			P-value
	สมุทรปราการ	สมุทรสงคราม	สมุทรสาคร	
ความชื้น	77.11±1.22*	72.90±1.00#	74.84±2.20	<0.0001
โปรตีน	21.07±1.14	21.19±0.69	20.91±0.56	0.6102
ไขมัน	1.39±0.43*	5.11±1.23#	3.81±1.26	<0.0001

นำเสนอข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; *P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดอื่นที่ทำการศึกษา, #P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดสมุทรสาคร โดยใช้สถิติ one-way ANOVA ตามด้วย Bonferroni multiple comparison test

ปริมาณความชื้น โปรตีนและไขมันของหญ้าเฉพาะถิ่นจังหวัดสมุทรปราการ

เมื่อนำหญ้าเฉพาะถิ่น 4 ชนิด ที่ใช้ในการเลี้ยงปลาสลิดจังหวัดสมุทรปราการ มาทดสอบหาปริมาณความชื้นโปรตีนและไขมันในภาพรวมพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความชื้นของหญ้าแต่ละชนิดพบว่าหญ้าทรงกระเทียมมีความชื้นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่นที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของโปรตีนพบว่าหญ้าแพรกทะเลมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่นที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หญ้าทรงกระทียมกับธูปฤาษีมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน สำหรับไขมันพบว่าหญ้าปล้องมีปริมาณไขมันมากที่สุดและธูปฤาษีมีปริมาณไขมันน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หญ้าทรงกระเทียมกับหญ้าแพรกทะเลมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณความชื้น โปรตีนและไขมันของหญ้าเฉพาะถิ่นจังหวัดสมุทรปราการ

รายการตรวจวิเคราะห์	องค์ประกอบทางเคมี (กรัม/100 กรัม หญ้าสด)				P-value
	หญ้าทรงกระเทียม	หญ้าแพรกทะเล	หญ้าปล้อง	ธูปฤๅษี	
ความชื้น	9.20±0.15*	11.89±0.26§	11.44±0.22	11.21±0.55	<0.0001
โปรตีน	11.84±0.40$^{\$}$	21.68±0.10$^{\#}$	14.06±0.04§	11.77±0.11	<0.0001
ไขมัน	1.86±0.09$^{\#}$	1.88±0.04$^{\#}$	3.96±0.25§	1.23±0.09	<0.0001

นำเสนอข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; *P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าชนิดอื่นที่ทำการศึกษา, §P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับธูปฤๅษี , $^{\$}$P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแพรกทะเลและหญ้าปล้อง, $^{\#}$P<0.05 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าปล้องและธูปฤๅษี โดยใช้สถิติ one-way ANOVA ตามด้วย Bonferroni multiple comparison test

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ลักษณะภายนอกของปลาสลิดในพื้นที่ต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1-4 เห็นได้ว่าโดยรวมเพศผู้มีลำตัวเรียวยาว มีแนวสันหลังและสันท้องในแนวเกือบขนานกัน ส่วนปลาสลิดเพศเมียมีลำตัวป้อมสั้น สันหลังไม่ขนานกัน มีสันท้องยาวกว่า โดยมีทั้งลายเสือและลายแตงไทยปะปนกันไป ซึ่งปลาสลิดลายเสือจะมีลายแถบดำคล้ายลายเสือพาดตามขวางตลอดลำตัว ส่วนปลาสลิดลายแตงไทยจะมีลายแถบดำ 1 แถบกลางตัวที่เด่นชัดกว่าลายพาดตามขวางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยรายงานก่อนหน้านี้ [3, 7] ทั้งนี้ปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรปราการในแต่ละอำเภอมีลักษณะคล้ายกันคือ มีขนาดลำตัวเล็กเรียวยาว ด้วยเหตุที่เลี้ยงโดยใช้อาหารตามธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่จากการฟันหญ้าเฉพาะถิ่นกองทับถมกันเพื่อให้เกิดการหมัก เกิดแพลงก์ตอน ไรแดง ทำให้ต้องแหวกว่ายหาอาหารส่งผลให้มีลำตัวเรียวยาวและมีการสะสมของกล้ามเนื้อ [8] นอกจากนี้ยังมีสีตัวออกดำคล้ำ ซึ่งเข้มกว่าปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาครที่มีสีตัวออกดำเหลืองมีโทนสีเข้มน้อยกว่าและมีขนาดใหญ่อวบอ้วนกว่าเมื่อเทียบกับปลาที่มีอายุการเลี้ยงใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ในภาพรวมพบว่าปลาสลิดทั้ง 4 อำเภอในจังหวัดสมุทรปราการมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในภาพรวมของจังหวัดพบว่าปริมาณไขมันในเนื้อปลาสลิดของจังหวัดสมุทรปราการมีค่าน้อยกว่าจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาครอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับแหล่งอาหารคือหญ้าเฉพาะถิ่นซึ่งมีปริมาณไขมันที่ไม่สูงมากนัก (ตารางที่ 7) จึงส่งผลให้ปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการมีปริมาณไขมันแทรกอยู่ในเนื้อปลาสลิดน้อยเมื่อเทียบกับปลาสลิดในพื้นที่อื่นที่ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นหลัก ตัวอย่างฉลากอาหารจากจังหวัดสมุทรสงครามมีการระบุโภชนาการ คือ ความชื้นไม่มากกว่า 12% โปรตีนไม่น้อยกว่า 30% ไขมันไม่น้อยกว่า 3% แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์พบว่ามีความชื้น 10% โปรตีน 32.7% และไขมันที่สูงถึง 10.30% เช่นเดียวกับจังหวัดสมุทรสาครที่มีการระบุโภชนาการในฉลาก คือ ความชื้นไม่มากกว่า 12% โปรตีนไม่น้อยกว่า 25% ไขมันไม่น้อยกว่า 4% แต่ผลวิเคราะห์ที่ได้มีความชื้น 11.1% โปรตีน 27.5% และไขมันที่สูงถึง 7.63% [3]

ถึงแม้ว่าปริมาณโปรตีนและไขมันจากแหล่งอาหารของปลาสลิดในแต่ละจังหวัดแตกต่างกัน แต่พบว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสลิดมีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่าปลาสลิดมีรูปแบบการนำสารอาหารไปใช้ที่แน่นอน ซึ่งมีรายงานว่าโปรตีนจะมีการใช้ตลอดเวลาและเก็บสำรองไว้ไม่เกิน 5 % ของโปรตีนทั้งหมดในร่างกาย โดยโปรตีนส่วนเกินจะแปรรูปเป็นพลังงานหรือเก็บในรูปไขมัน [9] ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะภายนอกของปลาสลิดจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรสงครามที่เลี้ยงด้วย

อาหารที่มีโปรตีนและไขมันสูงกว่า ทำให้มีการเติบโตที่ดีและอวบอ้วนกว่าปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการเมื่อเทียบกันระหว่างปลาที่มีอายุใกล้เคียงกัน ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ให้ผลในทำนองเดียวกันคือ ปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนสูงจะเจริญเติบโตดีกว่าปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่า แต่ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน [10]

ลักษณะของชุดดินในจังหวัดสมุทรปราการ อำเภอบางบ่อ อำเภอเมือง อำเภอบางพลี และอำเภอบางเสาธงเป็นชุดดินที่ 2 และ 3 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน โดยกลุ่มชุดดินนี้เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนผสมระหว่างตะกอนลำน้ำและตะกอนน้ำทะเลแล้วพัฒนาในสภาพน้ำกร่อย [4] เกิดเป็นดินลักจืดลักเค็ม [5] แตกต่างกับชุดดินของ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นชุดดินที่ 8 [4] เป็นกลุ่มชุดดินที่มีการยกร่อง เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ดินบนมีลักษณะการทับถมเป็นชั้น ๆ ของดินและอินทรียวัตถุที่ได้จากการขุดลอกร่องน้ำ และด้วยเหตุที่ว่าสีดินในจังหวัดสมุทรปราการมีสีดำมากกว่าจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาคร ประกอบกับการฟันหญ้าให้เกิดการหมัก ซึ่งทำให้น้ำเปลี่ยนเป็นสีชาอมเขียว แสงแดดส่องลงไปใต้บ่อได้น้อย ส่งผลให้สภาพในบ่อปลามีความมืดครึ้ม ปลาสลิดที่เลี้ยงในบ่อจึงมีสีค่อนข้างคล้ำหรือสีดำ [8] มากกว่าปลาสลิดที่เลี้ยงในจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาคร สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับสีตัวของปลากระดี่นางฟ้าต่อสภาพแวดล้อม [11] โดยพบว่าความสว่างของสีผิวปลากระดี่นางฟ้าขึ้นอยู่กับสีของตู้ที่เลี้ยง โดยสีผิวปลามีตั้งแต่สีขาวสว่างมากในตู้สีเหลือง ไปจนถึงสีเข้มในตู้สีน้ำเงิน

โดยสรุปลักษณะเฉพาะของปลาสลิดในจังหวัดสมุทรปราการที่เลี้ยงด้วยอาหารตามธรรมชาติเป็นหลักมีขนาดลำตัวเล็กเรียวยาว และมีสีคล้ำดำเข้มมากกว่าปลาสลิดจากจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาครซึ่งเลี้ยงแบบเชิงพาณิชย์ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นหลัก รวมทั้งมีปริมาณไขมันที่น้อยกว่า โดยผลจากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อสร้างการรับรู้ที่ถูกต้องสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการซื้อปลาสลิดบางบ่อแท้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการไม่ให้หายไปตามกาลเวลา และเป็นกลไกส่งเสริมให้ราคาปลาสลิดสูงขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลงานวิจัยส่วนหนึ่งถูกใช้เป็นข้อมูลประกอบการยื่นจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ในชื่อของปลาสลิดบ่างบ่ออีกด้วย [12]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้ทุนสนับสนุน สัญญาทุนเลขที่ RDG61A0016-11

เอกสารอ้างอิง

1. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2564 [อินเตอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 6 พ.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20221125111856_new.pdf
2. มธุรส อ่อนไทย, ศิริวรรณ ตันตระวาณิชย์, สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา, เกษม พลายแก้ว, ผุสดี สิรยากร, อุมา รัตนเทพี, และคณะ. การพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงปลาสลิดบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อยกระดับให้ได้มาตรฐาน GAP. สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ; 2562. สัญญาเลขที่ RDG61A0016-11. สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
3. มธุรส อ่อนไทย, กรรณิการ์ แก้วกิ้ม, วัลวิภา เสืออุดม, ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน, ครรชิต จุดประสงค์. ผลของอาหาร แพลงก์ตอน คุณภาพน้ำและดิน ต่อคุณลักษณะทางโภชนาการและแร่ธาตุในปลาสลิดจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย. สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ; 2561. สัญญาเลขที่ RDG60A0013-02. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

4. ข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรดินรายจังหวัด [อินเตอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 21 มี.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: http://dinonline.ldd.go.th/

5. ศุภกานต์ ศรีโสภาเจริญรัตน์. ปัญหาการคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ กรณีปลาสลิดบางบ่อ. สารนิพนธ์ปริญญานิติศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. ปทุมธานี; 2558.

6. Latimer GW Jr. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th ed. Rockville: AOAC International; 2016.

7. เพ็ญพักตร์ มูลธิยะ, พัชรี กัมมารเจษฎากุล, ปัญจพร นิ่มมณี, ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ, อิสสริยา เอี่ยมสุวรรณ. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของปลาสลิดบางบ่อกับปลาสลิดแหล่งอื่นในประเทศไทย. สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ; 2561. สัญญาเลขที่ RDG60A0013-01. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

8. น้ำผึ้ง มีศิล. เอกลักษณ์ของปลาสลิดจังหวัดสมุทรปราการในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพฯ; 2561. หน้า 746-73.

9. เวียง เชื้อโพธิ์หัก. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542.

10. พิเชต พลายเพชร, มนทกานติ ท้ามติ้น, สิริพร ลือชัย ชัยกุล, จีรรัตน์ เกื้อแก้ว, เพ็ญศรี เมืองเยาว์, นงลักษณ์ สำราญราษฎร์, และคณะ. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูป. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2551. หน้า 156-66.

11. ชลันดา กำเหนิดดี, ภูษณ แก้วคง, สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ. ผลของสีตู้เลี้ยงต่อการเจริญเติบโตและสีผิวหนังของปลากระดี่นางฟ้า. วารสารวิจัย มทร.ศรีวิชัย 2564;13(2):259-68.

12. ประกาศกรมทรัพย์สินทางปัญญา ปลาสลิดบางบ่อ เป็นสินค้าขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ [อินเตอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 19 มี.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.ipthailand.go.th/th/gi-011/item/163-สช-64100163-ปลาสลิดบางบ่อ.html

ความหลากหลายของพืชที่มีท่อลำเลียงในแปลงรวบรวมพันธุ์พืชป่าชายหาดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ป่าทุ่งใสไช อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Vascular plant diversity in the plant genetic conservation area project under The Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG) at Sai-Chai, Chaiya district, Surat Thani province

เยาวพรรณ สนธิกุล* ธีร ศรีสวัสดิ์ สุรพล ฐิติธนากุล วิกันดา รัตนพันธ์ และ นิตยา อัมรัตน์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร โครงการจัดตั้งคณะนวัตกรรมการเกษตรและประมง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

Yaowaphan Sontikun*, Theera Srisawat, Suraphon Thitithanakul, Wigunda Rattanapun and Nittaya Ummarat

Agricultural Science and Technology, Faculty of Innovative Agriculture and Fishery Establishment Project, Prince of Songkla University Surat Thani Campus, Surat Thani 84000

***Corresponding author:** yaowaphan.s@psu.ac.th

Received: 31 March 2023/ Revised: 20 May 2023/ Accepted: 22 May 2023

บทคัดย่อ

ป่าชายหาดเป็นแหล่งทรัพยากรพันธุ์พืช ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ตลอดจนเป็นแหล่งอาหาร สมุนไพร และไม้ใช้สอย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความหลากหลายของพันธุ์พืชที่มีท่อลำเลียง ในพื้นที่ป่าชายหาดทุ่งใสไช อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดำเนินการในช่วงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 โดยการบันทึกภาพถ่าย พิกัดภูมิศาสตร์ จัดทำพรรณไม้แห้ง และระบุชนิด ผลการศึกษาพบว่าสามารถจำแนกพืชที่มีท่อลำเลียงได้จำนวน 22 วงศ์ 30 สกุล 33 ชนิด โดยวงศ์ที่มีจำนวนมากที่สุดคือวงศ์ Myrtaceae มีจำนวน 3 สกุล 5 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Moraceae มีจำนวน 2 สกุล 3 ชนิด Orchidaceae มีจำนวน 3 สกุล 3 ชนิด Anacardiaceae จำนวน 2 สกุล 2 ชนิด และ Melastomataceae จำนวน 2 สกุล 2 ชนิด นอกจากนี้พืชจำนวน 17 วงศ์ ที่พบพืชเพียงสกุลเดียว คือ Arecaceae (Palmae), Asclepiadaceae, Clusiaceae (Guttiferae), Dilleniaceae, Dipterocarpaceae, Eriocaulaceae, Gentianaceae, Lauraceae, Fabaceae (Leguminosae), Ochnaceae, Olacaceae, Opiliaceae, Pandanaceae, Peraceae, Phyllanthaceae, Schizaea และ Simaroubaceae การใช้ประโยชน์พืชที่พบมีทั้งการใช้ประโยชน์จากไม้ พืชอาหาร และพืชสมุนไพร

คำสำคัญ: ป่าชายหาด โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ความหลากหลายของพืช

Abstract

Beach forest belongs to the plant resources that are important for the ecosystem throughout the source of food, medicine, and wood. This study aims to survey vascular plant diversity and provide plant identification in the beach Forest at Thung Sai-Chai area, Chaiya, Surat Thani Province. Our processes were carried out from March 2018 to December 2019. Plant photographs, geographical records, herbarium specimens and identification were done. The vascular plants identified comprised 22 families 30 genera 33 species. The families with the greatest number of species were Myrtaceae (3 genera 5 species), Moraceae (2 genera 3 species), Orchidaceae (3 genera 3 species), Anacardiaceae (2 genera 2 species) and Melastomataceae (2 genera 2 species). Another 17 families found 1 genus such as Arecaceae (Palmae), Asclepiadaceae, Clusiaceae (Guttiferae), Dilleniaceae, Dipterocarpaceae, Gentianaceae, Lauraceae, Fabaceae (Leguminosae), Ochnaceae, Olacaceae, Opiliaceae, Pandanaceae, Peraceae, Phyllanthaceae, Schizaea and Simaroubaceae. The utilizations of plants in this area are used for wood panels, food, and medicinal plants.

Keyword: Beach Forest, Plant conservation project, Plant diversity

บทนำ

ป่าชายหาดเป็นป่าที่อยู่ระหว่างทะเลกับแผ่นดิน มีลักษณะใกล้เคียงกับป่าพรุ และป่าชายเลน แต่ค่อนข้างโปร่ง และอยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดินมากกว่าป่าชายเลน น้ำทะเลท่วมไม่ถึง มีพืชนานาชนิดขึ้นปกคลุม ป่าชายหาดปรากฏอยู่บริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกตั้งแต่จังหวัดชลบุรีลงไปถึงจังหวัดตราด และภาคใต้ฝั่งทะเลอ่าวไทยจากจังหวัดเพชรบุรีลงไปถึงจังหวัดนราธิวาส รวมถึงเกาะต่าง ๆ ในอ่าวไทย ส่วนฝั่งตะวันตกพบตั้งแต่จังหวัดระนองลงไปถึงจังหวัดสตูล รวมทั้งเกาะต่าง ๆ ในทะเลอันดามัน โดยจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีพื้นที่ป่าชายหาด 2,704.84 ไร่ [1]

ป่าชายหาดในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน จำแนกได้โดยลักษณะภูมิอากาศ สภาพดิน และพันธุ์พืชที่ขึ้นปกคลุมดิน ป่าชายหาดทุ่งใสไช อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นป่าสงวนแห่งชาติตามกฎกระทรวงป่าสงวนแห่งชาติ (ภาพที่ 1) พื้นที่รับผิดชอบโดยศูนย์จัดการกลุ่มป่าสงวนแห่งชาติ ที่ 256 ป่าท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นหน่วยงานภาคสนามของสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 11 (สุราษฎร์ธานี) กรมป่าไม้ [2] โดยกรมป่าไม้ได้อนุญาตให้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เข้าทำประโยชน์ในพื้นที่ ประมาณ 4,000 ไร่ เป็นระยะเวลา 30 ปี แต่ได้มีชาวบ้านเข้าไปถือครองพื้นที่ จึงเหลือพื้นที่ 2,296 ไร่ 1 งาน 27 ตารางวา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้ดำเนินการพัฒนาสู่การเป็นพื้นที่นวัตกรรมเพื่อสังคมอย่างยั่งยืน มุ่งเน้นการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ ถ่ายทอดสู่ภาคการผลิต ประชาชน และองค์กรภาครัฐ ระบบนิเวศของพื้นที่ป่าทุ่งใสไชเป็นแบบป่าชายหาด พื้นที่มีลักษณะเป็นดินทราย น้ำทะเลท่วมไม่ถึง และมีไอเค็มพัดมาจากทะเล ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้พืชชายหาดเจริญเติบโต พืชที่พบในพื้นที่ ได้แก่ เสม็ดขาว เสม็ดแดง และเคี่ยม พืชเหล่านี้ต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพขาดแคลนน้ำจืดในบางฤดูกาล คลื่นลมที่มีความรุนแรง แสงแดดที่มีความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้ในสังคมพืชป่าชายหาดยังมีกล้วยไม้ที่มีดอกสวยงามและพืชอื่น ๆ หลายชนิด ได้แก่ กล้วยไม้ในสกุลหวายตะมอย และม้าวิ่ง เฟิร์น นมตำเลีย และหม้อข้าวหม้อแกงลิง เป็นต้น โดยพืชแต่ละชนิดเกิดขึ้นตามธรรมชาติที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไป จัดเป็นสังคมเฉพาะที่เฉพาะแหล่ง (Natural habitats) การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดังกล่าวอาจส่งผลต่อระบบนิเวศ ป่าชายหาดเป็นระบบนิเวศที่สำคัญอีกระบบหนึ่งซึ่งมีความเป็นเอกลักษณ์แตกต่างจากระบบนิเวศอื่น ถึงแม้ว่าจะได้รับความสนใจน้อย เนื่องจากถูกจัดเป็นป่าที่ให้ผลผลิตทางเนื้อไม้ค่อนข้างต่ำ และมักถูกทำลายหรือแปรสภาพเป็นแหล่งท่องเที่ยวและชุมชน แต่ในด้านนิเวศวิทยา ป่าชายหาดมีความสำคัญอย่างมาก โดยนอกจากทำหน้าที่เป็นตัวยึดหน้าดินแล้วเป็นแนวกำบังคลื่นลมพายุจากทะเล อีกทั้งยังช่วยเก็บกักน้ำและความชุ่มชื้นในดินทรายอีกด้วย [3]

ดังนั้นเพื่อไม่ให้พืชในพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณลดลงหรือสูญหายไป คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดเขตในการจัดทำแปลงรวบรวมพันธุ์พืชในบริเวณป่าชายหาดทุ่งใสไช เพื่อสนองแนวพระราชดำริ ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี โดยการศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่ สำรวจพันธุ์ไม้ และจัดทำข้อมูลพันธุ์ไม้ เพื่อรวบรวมเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาและการใช้ประโยชน์ อีกทั้งในอนาคตอาจใช้เป็นแหล่งขยายพันธุ์พืชป่าชายหาดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการในเขตพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์พืชป่าชายหาด โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในเขตทุ่งใสไช อ.ไชยา จ. สุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่กรมป่าไม้ได้อนุญาตให้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เข้าทำประโยชน์ในพื้นที่ โดยกำหนดเขตพื้นที่ประมาณ 30 ไร่ จากพื้นที่ 2,296 ไร่ 1 งาน 27 ตารางวา โดยพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ การกระจายของพันธุ์พืช ข้อจำกัดด้านการเข้าถึง และความยากง่ายในการปฏิบัติงาน ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นป่าชายหาดที่ห่างจากฝั่งทะเล มีการทับถมของตะกอนดิน (ภาพที่ 1)

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำรวจพันธุ์พืชในพื้นที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างพืชที่สมบูรณ์ มีทั้งใบ ดอก หรือผล ชนิดละ 3-5 ชิ้น เพื่อนำไปศึกษาในห้องปฏิบัติการและทำตัวอย่างพรรณไม้แห้ง ถ่ายภาพพืชและถิ่นที่อยู่ บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการที่จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อนำไปทำเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้ง เช่น สีดอก สีผล ข้อมูลสถานที่เก็บ นิเวศวิทยา และรายละเอียดอื่น ๆ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบการศึกษา และจัดทำเป็นรหัสพันธุ์พืช เก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกรายบุคคล (In depth interview) จากนั้นนำมาจำแนกประเภทข้อมูล และวิเคราะห์ร้อยละของข้อมูลการใช้ประโยชน์

ภาพที่ 1 แผนที่ (ก) และลักษณะพื้นที่ (ข) ของแปลงสำรวจ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากตัวอย่างพืช ตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของพืช ซึ่งประกอบด้วยชื่อสามัญ (Common name) ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) ได้แก่ ชนิด (Species) สกุล (Genus) และ วงศ์ (Family) กับหนังสือหรือวารสารที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือพรรณไม้ของประเทศไทย (Flora of Thailand) หนังสือพรรณไม้ของภูมิภาคใกล้เคียง เช่น Flora of China, The Flora of The Malay Peninsula ฯลฯ การตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์และชื่อพ้อง (Scientific name and Synonym) จากฐานข้อมูลพรรณพืชสากล The World Flora Online (WFO) และ International Plant Names Index (IPNI) ตลอดจนการสอบถามนักอนุกรมวิธานผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการเทียบตัวอย่างกับตัวอย่างพรรณไม้แห้งซึ่งเก็บรักษาไว้ที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เพื่อระบุวงศ์ (Family) สกุล (Genus) ชนิด (Species) ให้ถูกต้อง และชื่อพื้นเมืองของพืชแต่ละชนิด ตรวจสอบจากหนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย [4]

ผลการวิจัย

การสำรวจพันธุ์พืชในแปลงรวมรวมพันธุ์ป่าชาดหาดทุ่งใสไช

ป่าทุ่งใสไชมีการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตรและที่อยู่อาศัยของชาวบ้าน บริเวณพื้นที่ป่าชายหาดมีสภาพพื้นที่เป็นดินทราย มีแหล่งน้ำในพื้นที่ เมื่อขาดฝนทำให้แล้งจัด บางบริเวณไม่มีน้ำ ทำให้จำนวนและชนิดพืชในแปลงสำรวจมีน้อย และมีการกระจายตัวต่ำ ส่วนใหญ่เป็นไม้ต้น มีไม้พุ่มกระจายอยู่รอบๆ บริเวณที่มีแหล่งน้ำ โดยพบตัวอย่างพืชที่สามารถจัดจำแนกได้จำนวน 22 วงศ์ 30 สกุล 33 ชนิด และยังมีพืชอีกบางส่วนที่ไม่สามารถระบุได้ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของตัวอย่างและฐานข้อมูลในการจัดจำแนกพันธุ์มีน้อย โดยวงศ์ที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือวงศ์ Myrtaceae มีจำนวน 3 สกุล 5 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Moraceae มีจำนวน 2 สกุล 3 ชนิด Orchidaceae จำนวน 3 สกุล 3 ชนิด Anacardiaceae จำนวน 2 สกุล 2 ชนิด และ Melastomataceae จำนวน 2 สกุล 2 ชนิด นอกจากนี้พืชจำนวน 17 วงศ์ ที่พบพืชเพียงสกุลเดียว คือ Arecaceae (Palmae), Asclepiadaceae, Clusiaceae (Guttiferae), Dilleniaceae, Dipterocarpaceae, Eriocaulaceae, Gentianaceae, Lauraceae, Fabaceae (Leguminosae), Ochnaceae, Olacaceae, Opiliaceae, Pandanaceae, Peraceae, Phyllanthaceae, Schizaea และ Simaroubaceae (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายชื่อตัวอย่างพันธุ์พืชที่พบในพื้นที่ดำเนินการ

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ลักษณะวิสัย	จำนวนที่พบ (ต้น)	พิกัดตำแหน่งพืช (X)	พิกัดตำแหน่งพืช (Y)
Anacardiaceae	*Mangifera caloneura* Kurz.	มะม่วงป่า	ไม้ต้น	<10	N’9°24’34.116”	E’99°16’50.088”
Anacardiaceae	*Anacardium occidentale* Linn.	มะม่วงหิมพานต์	ไม้ต้น	<10	N’9°24’34.116”	E’99°16’50.088”
Arecaceae (Palmae)	*Licuala paludosa* Griff.	กะพ้อ	ปาล์ม	<10	N’9°24’34.116”	E’99°16’50.088”
Asclepiadaceae	*Hoya* sp.	นมตำเลีย	ไม้เถา	20-50	N’9°24’34.116”	E’99°16’50.088”
Clusiaceae	*Garcinia cowa* Roxb. ex Choisy	ชะมวง	ไม้ต้น	<10	N’9°24’34.116”	E’99°16’50.088”
Dilleniaceae	*Tetracera loureiri (Finet & Gagnep.)* Pierre ex Craib	รสสุคนธ์	ไม้เถา	>100	N’9°24’34.116”	E’99°16’50.088”

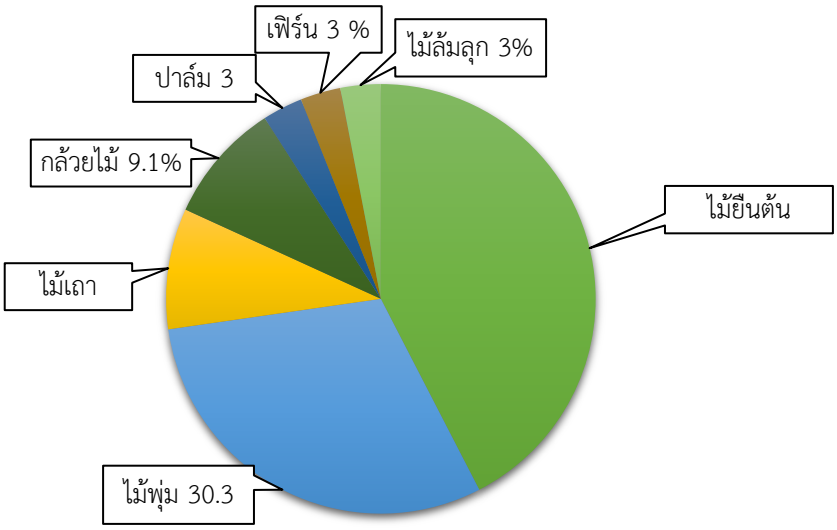
ตารางที่ 1 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ลักษณะวิสัย	จำนวนที่พบ (ต้น)	พิกัดตำแหน่งพืช (X)	พิกัดตำแหน่งพืช (Y)
Dipterocarpaceae	*Cotylelobium lanceolatum* Craib.	เคี่ยม	ไม้ต้น	<10	N'09° 24'38.022"	E'099°16'53.334"
Eriocaulaceae	*Eriocaulon henryanum* Ruhland	กระดุมเงิน	ไม้ล้มลุก	>100	N'9°24'42.174"	E'99°16'52.350"
Fabaceae (Leguminosae)	*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne	นนทรี	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Gentianaceae	*Fagraea fragrans* Roxb.	ตำเสา	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Lauraceae	*Cinnamomum* sp.	อบเชย	ไม้พุ่ม	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Melastomataceae	*Melastoma malabathricum* L.	โคลงเคลง	ไม้พุ่ม	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Melastomataceae	*Memecylon ovatum* Sm	พลองน้ำเงิน	ไม้พุ่ม	<10	N'09° 24'34.794"	E'099°16'51.654"
Moraceae	*Ficus superba* (Miq.) Miq. var. superba	ไกร	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Moraceae	*Artocarpus heterophyllus* Lam.	ขนุน	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Moraceae	*Artocarpus lacucha* Roxb. ex Buch.-Ham.	มะหาด	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Myrtaceae	*Rhodomyrtus tomentosa* (Aiton) Hassk.	โทะ	ไม้พุ่ม	10-20	N'9°24'33.124"	E'99°16'48.780"
Myrtaceae	*Syzygium grande* (Wight) Walp	เมา	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Myrtaceae	*Melaleuca cajuputi* Powell	เสม็ดขาว	ไม้ต้น	<10	N'9°24'41.484"	E'99°16'46.746"
Myrtaceae	*Syzygium antisepticum* (Blume) Merr. & L. M. Perry.	เสม็ดแดง, เสม็ดชุน	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Myrtaceae	*Syzygium claviflorum* (Roxb.) Wall. ex A.M.Cowan & Cowan	หว้าหิน	ไม้ต้น	<10	N'9°24'43.830"	E'99°16'50.892"
Ochnaceae	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr	ช้างน้าว	ไม้พุ่ม	<10	N'9°24'48.058"	E'99°16'46.903"
Olacaceae	*Olax psittacorum* (Lam.) Vahl	น้ำใจใคร่	ไม้เถา	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Opiliaceae	*Melientha suavis* Pierre	ผักหวานป่า	ไม้พุ่ม	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Orchidaceae	*Cymbidium aloifolium* (L.) Sw.	กะเรกะร่อน	กล้วยไม้	>100	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ลักษณะวิสัย	จำนวนที่พบ (ต้น)	พิกัดตำแหน่งพืช (X)	พิกัดตำแหน่งพืช (Y)
Orchidaceae	*Phalaenopsis pulcherrima* (Lindl.) J. J. Sm.	ม้าวิ่ง	กล้วยไม้	>100	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Orchidaceae	*Dendrobium crumenatum* Sw.	เอื้องมะลิ	กล้วยไม้	50-100	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Pandanaceae	*Pandanus odorifer* (Forssk.) Kuntze	เตยทะเล	ไม้ต้น	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Peraceae	*Chaetocarpus castanocarpus* (Roxb.) Thwaites	สำเภา	ไม้พุ่ม	20-50	N'9°24'39.302"	E'99°16'58.958"
Phyllanthaceae	*Phyllanthus reticulatus* Poir.	ก้างปลาเครือ	ไม้พุ่ม	<10	N'9°24'34.116"	E'9°16'50.088"
Phyllanthaceae	*Breynia racemosa* (Blume) Müll. Arg.	ก้างปลาทะเล	ไม้พุ่ม	<10	N'9°24'34.116"	E'99°16'50.088"
Schizaea	*Schizaea dichotoma* (L.) Sm.	ตานกล่อม	เฟิร์น	<10	N'9°24'42.174"	E'99°16'52.350"
Simaroubaceae	*Eurycoma longifolia* Jack.	ปลาไหลเผือก	ไม้พุ่ม	20-50	N'9°24'39.186"	E'99°16'53.766"

พืชที่มีท่อลำเลียงพบในพื้นที่จำนวน 33 ชนิด เป็นไม้ต้นมากที่สุด จำนวน 14 ชนิด (ร้อยละ 44.1) ได้แก่ มะม่วงป่า มะม่วงหิมพานต์ ชะมวง เคี่ยม นนทรี ตำเสา ไกร ขนุน มะหาด เมา เสม็ดขาว เสม็ดแดง หว้าหิน และ เตยทะเล รองลงมาคือ ไม้พุ่ม มีจำนวน 10 ชนิด (ร้อยละ 30.3) ได้แก่ อบเชย โคลงเคลง พลองน้ำเงิน โทะ ช้างน้าว ผักหวานป่า สำเภา ก้างปลาเครือ ก้างปลาทะเล และ ปลาไหลเผือก ไม้เถา มีจำนวน 3 ชนิด (ร้อยละ 9.1) ได้แก่ นมตำเลีย รสสุคนธ์ และน้ำใจใคร่ กล้วยไม้ มีจำนวน 3 ชนิด (ร้อยละ 9.1) ได้แก่ ม้าวิ่ง เอื้องมะลิ และ กะเรกะร่อน พืชในกลุ่มปาล์ม มีจำนวน 1 ชนิด (ร้อยละ 3) ได้แก่ กะพ้อ พืชกลุ่มเฟิร์น มีจำนวน 1 ชนิด (ร้อยละ 3) ได้แก่ ตานกล่อม และไม้ล้มลุก มีจำนวน 1 ชนิด (ร้อยละ 3) ได้แก่ กระดุมเงิน. (ภาพที่ 2 และ 3)

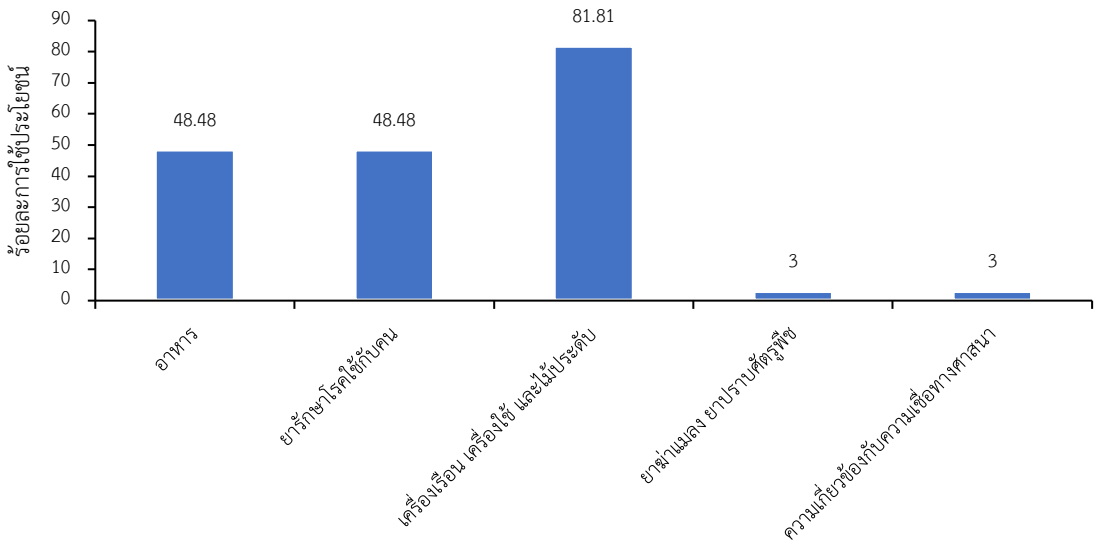


ภาพที่ 2 การจัดกลุ่มตัวอย่างพืชที่พบในพื้นที่สำรวจ

ภาพที่ 3 ตัวอย่างพืชที่พบในพื้นที่สำรวจ

ก) เสม็ดแดง *Syzygium antisepticum* (Blume) Merr. & L. M. Perry. ข) ตำเสา *Fagraea fragrans* Roxb. ฃ) มะม่วงหิมพานต์ *Anacardium occidentale* Linn. ค) มะม่วงป่า *Mangifera caloneura* Kurz. ฅ) เสม็ดขาว *Melaleuca cajuputi* Powell ฆ) มะหาด *Artocarpus lacucha* Roxb. ex Buch.-Ham. ง) ขนุน *Artocarpus heterophyllus* Lam. จ) เมา *Syzygium grande* (Wight) Walp. ฉ) เคี่ยม *Cotylelobium lanceolatum* Craib. ช) ก้างปลาทะเล *Breynia racemosa* (Blume) Müll. Arg. ซ) อบเชย *Cinnamomum* sp. ฌ) ปลาไหลเผือก *Eurycoma longifolia* Jack. ญ) ผักหวานป่า *Melientha suavis* Pierre ฎ) สำเภา *Chaetocarpus castanocarpus* (Roxb.) Thwaites ฏ) เตยทะเล *Pandanus odorifer* (Forssk.) Kuntze ฐ) พลองน้ำเงิน *Memecylon ovatum* Sm ฑ) ช้างน้าว *Ochna integerrima* (Lour.) Merr ฒ) กระพ้อ *Licuala paludosa* Griff. ณ) ตานกล่อม *Schizaea dichotoma* (L.) Sm. ด) กะเรกะร่อน *Cymbidium aloifolium* (L.) Sw. ต) ม้าวิ่ง *Phalaenopsis pulcherrima* (Lindl.) J. J. Sm.

จากการสำรวจการใช้ประโยชน์พืชที่พบในพื้นที่ พบว่ามีการใช้ประโยชน์จากไม้ เพื่อทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ และไม้ประดับมากที่สุด จำนวน 27 ชนิด (ร้อยละ 81.81) ได้แก่ *M. caloneura* Kurz, *A. occidentale* Linn., *L. paludosa* Griff., *Hoya* sp., *G. cowa* Roxb. ex Choisy, *T. loureiri* (Finet & Gagnep.) Pierre ex Craib, *C. lanceolatum* Craib., *E. henryanum* Ruhland, *P. pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne, *F. fragrans* Roxb, *Cinnamomum* sp., *M. malabathricum* L., *M. ovatum* Sm, *F. superba* (Miq.) Miq. var. superba, *A. heterophyllus* Lam., *A. lacucha* Roxb. ex Buch.-Ham., *R. tomentosa* (Aiton) Hassk., *S. grande* (Wight) Walp, *M. cajuputi* Powell, *S. antisepticum* (Blume) Merr. & L. M. Perry., *O. integerrima* (Lour.) Merr, *C. aloifolium* (L.) Sw., *P. pulcherrima* (Lindl.) J. J. Sm., *D. crumenatum* Sw., *P. odorifer* (Forssk.) Kuntze, *C. castanocarpus* (Roxb.) Thwaites, *S. dichotoma* (L.) Sm. รองลงมาคือการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร จำนวน 16 ชนิด (ร้อยละ 48.48) ได้แก่ *M. caloneura* Kurz, *A. occidentale* Linn., *L. paludosa* Griff., *G. cowa* Roxb. ex Choisy, *P. pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne, *M. malabathricum* L., *M. ovatum* Sm, *F. superba* (Miq.) Miq. var. superba, *A. heterophyllus* Lam., *R. tomentosa* (Aiton) Hassk., *M. cajuputi* Powell, *S. antisepticum* (Blume) Merr. & L. M. Perry., *S. claviflorum* (Roxb.) Wall. ex A.M.Cowan & Cowan, *O. psittacorum* (Lam.) Vahl, *M. suavis* Pierre, *P. reticulatus* Poir. การใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคที่ใช้กับคน จำนวน 16 ชนิด (ร้อยละ 48.48) ได้แก่ *A. occidentale* Linn., *E. henryanum* Ruhland, *B. racemosa* (Blume) Müll. Arg., *Cinnamomum* sp., *M. malabathricum* L., *F. superba* (Miq.) Miq. var. superba, *A. heterophyllus* Lam., *A. lacucha* Roxb. ex Buch.-Ham., *R. tomentosa* (Aiton) Hassk., *M. cajuputi* Powell, *S. antisepticum* (Blume) Merr. & L. M. Perry., *O. integerrima* (Lour.) *Merr, O. psittacorum* (Lam.) Vahl, *P. odorifer* (Forssk.) Kuntze, *P. reticulatus* Poir., *E. longifolia* Jack. ใช้เป็นยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช จำนวน 1 ชนิด (ร้อยละ 3) ได้แก่ *M. cajuputi* Powell และนำไปใช้เกี่ยวข้องกับความเชื่อทางศาสนา จำนวน 1 ชนิด (ร้อยละ 3) ได้แก่ *F. fragrans* Roxb. (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ร้อยละการใช้ประโยชน์พืชที่พบในพื้นที่สำรวจ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การสำรวจพื้นที่ป่าชายหาดทุ่งใสไช พบว่าสภาพพื้นที่เป็นดินทราย แล้งจัด บางบริเวณไม่มีน้ำ ทำให้สังคมพืชในแปลงสำรวจส่วนใหญ่เป็นไม้ต้น และมีไม้พุ่มกระจายอยู่รอบๆ บริเวณที่มีแหล่งน้ำ โดยพบตัวอย่างพืชที่สามารถจัดจำแนกได้จำนวน 23 วงศ์ 30 สกุล 33 ชนิด และยังมีพืชจำนวน 15 ชนิด ที่ไม่สามารถระบุได้ โดยวงศ์ที่มีจำนวนมากที่สุดคือวงศ์ Myrtaceae มีจำนวน 3 สกุล 5 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Moraceae มีจำนวน 2 สกุล 3 ชนิด Orchidaceae จำนวน 3 สกุล 3 ชนิด Anacardiaceae จำนวน 2 สกุล 2 ชนิด และ Melastomataceae จำนวน 2 สกุล 2 ชนิด นอกจากนี้พืชจำนวน 17 วงศ์ ที่พบพืชเพียงสกุลเดียว คือ Arecaceae (Palmae), Asclepiadaceae, Clusiaceae (Guttiferae), Dilleniaceae, Dipterocarpaceae, Eriocaulaceae, Gentianaceae, Lauraceae, Fabaceae (Leguminosae), Ochnaceae, Olacaceae, Opiliaceae, Pandanaceae, Peraceae, Phyllanthaceae, Schizaea และ Simaroubaceae สอดคล้องกับรายงาน Laongpol *et al.*[5], Sridith [6], Sridith and Laongpol [7] และ Laongpol *et al.* [8] ที่ได้ศึกษาสังคมพืชบริเวณคาบสมุทรไทย พบว่าบริเวณดังกล่าวมีการกระจายตัวของพืชวงศ์ Myrtaceae มากที่สุด เช่น เสม็ดแดง

พันธุ์ไม้ที่สำรวจพบจำนวน 33 ชนิด พบว่าเป็นไม้ต้น จำนวน 14 ชนิด ไม้พุ่ม จำนวน 10 ชนิด ไม้เถา จำนวน 3 ชนิด กล้วยไม้ จำนวน 3 ชนิด ปาล์ม จำนวน 1 ชนิด เฟิร์น จำนวน 1 ชนิด และไม้ล้มลุก จำนวน 1 ชนิด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในสังคมพืชป่าชายหาดมีพันธุ์พืชหลากชนิด พึ่งพาอาศัยเพื่อความอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สอดคล้องกับ อุทิศ [9] รายงานว่าป่าชายหาดบริเวณที่ห่างฝั่งขึ้นมาเล็กน้อยและดินได้พัฒนามากขึ้น โครงสร้างป่ามีความสูงพอควรและอาจแบ่งได้เป็น 3 ชั้นเรือนยอด พันธุ์ไม้ในเรือนยอดชั้นบนมีความสูงประมาณ 15 - 20 เมตร ประกอบด้วยไม้หลัก ไม้ชั้นรอง ไม้ชั้นไม้พุ่ม นอกจากนั้นในสังคมพืชป่าชายหาดมีกล้วยไม้ที่มีดอกสวยงาม และมีพืชอิงอาศัยตามต้นไม้ใหญ่อีกหลายชนิด

ความหลากหลายของชนิดพืชในแปลงสำรวจทุ่งใสไชพบว่ามีจำนวนน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายหาดบริเวณเกาะลันตาและเกาะรอก อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา จังหวัดกระบี่ พบว่ามีจำนวน 39 วงศ์ 61 สกุล และ 68 ชนิด โดยแยกเป็นไม้ต้น จำนวน 48 ชนิด ไม้พุ่ม จำนวน 12 ชนิด ไม้ล้มลุก จำนวน 3 ชนิด ไม้เถาเลื้อย จำนวน 1 ชนิด ปาล์ม จำนวน 2 ชนิด เฟิร์น จำนวน 1 ชนิด และไม้ล้มลุก จำนวน 1 ชนิด [10] ส่วนพันธุ์พืชในป่าชายหาดในอุทยานแห่งชาติสิรินาถ มีจำนวนทั้งสิ้นจำนวน 52 วงศ์ 89 สกุล และ 104 ชนิด [11] เนื่องจากป่าชายหาดทุ่งใสไชตั้งอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นดินทรายหรือหาดทรายเก่าที่ยกตัวสูงขึ้น ความชุ่มชื้นและปุ๋ยอินทรีย์ในดินมีน้อย ดังนั้นพันธุ์พืชที่ขึ้นบริเวณป่าชายหาดจึงมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับป่าประเภทอื่น แต่พันธุ์พืชต่างๆ มีความสามารถเฉพาะที่ทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ เช่น ทนต่อความแห้งแล้ง ทนทานต่อแรงลม ทนต่อความเค็มของไอทะเล และธาตุอาหารในดินน้อย [12] อีกทั้งมีการรบกวนพื้นที่อาศัยจากการบุกรุกเพื่อเก็บของจากป่ามาขายและการทำการเกษตรในพื้นที่ การนำพืชออกจากป่าโดยขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชลดจำนวนลง อาจส่งผลให้พืชและสิ่งมีชีวิตท้องถิ่นลดจำนวนลงจนสูญพันธุ์ไปในที่สุด

จากการสำรวจการใช้ประโยชน์พืชที่พบในพื้นที่ พบว่าส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์จากไม้ต้นเพื่อทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ และไม้ประดับ รองลงมาคือการใช้ประโยชน์โดยการนำไปทำเป็นอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชในวงศ์ Myrtaceae สอดคล้องกับ อรทัย และคณะ [13] ที่รายงานว่าพบพืชกินได้จำนวน 40 ชนิด จากป่าชายเลน และป่าชายหาดบริเวณคาบสมุทรสทิงพระ จังหวัดสงขลา ที่พบมากที่สุดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae โดยพืชที่พบจัดเป็นพืชป่าชายเลนอย่างเดียวร้อยละ 32.5 พืชป่าชายหาดอย่างเดียวร้อยละ 50 และพืชที่พบทั้งสองบริเวณร้อยละ 17.5 ส่วนการใช้ประโยชน์โดยการใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคที่ใช้กับคน นับว่าเป็นการใช้ประโยชน์แนวทางหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคนในพื้นที่มานาน เช่นเดียวกับ Soonthornchareonnon *et al.* [14] ที่ศึกษาพืชป่าโกงกางหรือป่าชายหาด พบว่ารากขมิ้นเครือ ใบขลู่ และใบเสม็ดขาวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ได้ และพบว่าพืชหลายชนิดมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสารต้านจุลชีพได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากพืชในป่าชายหาดอีกหลายประการ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการอนุรักษ์ทรัพยากรในพื้นที่ และการบริหารจัดการการเข้าใช้ประโยชน์ในพื้นที่อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานสถานการณ์ด้านทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และการกัดเซาะชายฝั่งของประเทศ พ.ศ. 2563. กรุงเทพฯ: บริษัท ดู คอนเนคชั่น จำกัด; 2563
2. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ข้อมูลพื้นฐานศูนย์จัดการกลุ่มป่าสงวนแห่งชาติ ที่ 256 ป่าท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ ที่ 11 (สุราษฎร์ธานี) และ สำนักจัดการกลุ่มป่าสงวนแห่งชาติ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [อินเตอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 19 พฤษภาคม 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.forest.go.th/preserve/wp-content/uploads/sites/35/2016/12/256-ป่าท่าชนะ-จ.สุราษฎร์ธานี.pdf
3. Göltenboth F. Ecology of Insular Southeast Asia. 1th ed. Amsterdam; Elsevier; 2006.
4. เต็ม สมิตินันท์. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ: บริษัทประชาชน จำกัด; 2544.
5. Laongpol C, Suzuki K, Katzensteiner K, Sridith K. Plant community structure of the coastal vegetation of peninsular Thailand. Thai Forest Bull, Bot 2014;37:106–33.
6. Sridith K. The remnants of vegetation on coastal sandbars in Songkhla Province, Peninsular Thailand. Thai Forest Bull, Bot 2002;30:49–58.
7. Sridith K, Laongpol C. The preliminary study on some natural plant communities of the sandbars along eastern coast of peninsular Thailand. Songklanakarin J. Sci. Technol. 2002;25(1):103–13.
8. Laongpol C, Suzuki K, Sridith K. Floristic composition of the terrestrial coastal vegetation in Narathiwat, Peninsular Thailand. Thai Forest Bull, Bot 2005;33:44–70.
9. อุทิศ กุฎอินทร์. นิเวศวิทยาพื้นฐานเพื่อการป่าไม้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542.
10. วรดลต์ แจ่มจำรูญ. การสำรวจพรรณไม้ป่าชายหาด บริเวณเกาะลันตาและเกาะรอก อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา จังหวัดกระบี่. วารสารวิชาการป่าไม้ 2544;3(1):1-7.
11. รวีวรรณ ตัณฑวณิช. การเปลี่ยนแปลงของพรรณพืชและสิ่งแวดล้อมตามแนวขวางของป่าชายหาดในอุทยานแห่งชาติสิรินาถ จังหวัดภูเก็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยาป่าไม้, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2544.
12. จำลอง เพ็งคล้าย. ป่าชายหาด. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 2545;27(3):799-808.
13. อรทัย เนียมสุวรรณ, นฤมล เส้งนนท์, กรกนก ยิ่งเจริญ, พัชรินทร์ สิงห์ดำ. พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของพืชกินได้จากป่าชายเลน และป่าชายหาดบริเวณคาบสมุทรสทิงพระ จังหวัดสงขลา. ว.วิทย. มข. 2555;40(3):981-91.
14. Soonthornchareonnon N, Wiwat C. Chuakul W. Biological Activities of Medicinal Plants from Mangrove and Beach Forests. Mahidol Univ J Pharm Sci. 2012;39 1):9-18.

การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการตรวจจับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ที่ไม่มีการออกสำรวจภัย

Applying Machine Learning to Detect Automobile Insurance Claims without Surveys

กิตติศักดิ์ จังพานิช[1] ศุภเบญญา สีวันนา[2] วรรณพร เชาวน์ชวานิล[2] กุลภัสสรณ์ ชีวาลักขณาลิขิต[2] และ ธีระวัฒน์ สิมมาจันทร์[2*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา นครปฐม 73170

[2] สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

Kittisak Jangphanish[1], Supabenya Siwanna[2], Wannapon Jaova-javanil[2], Kulphassorn Chiwalakkhanalikhit[2] and Teerawat Simmachan[2*]

[1]Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya Campus, Nakhon Pathom 73170

[2] Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120

***Corresponding author:** teerawat@mathstat.sci.tu.ac.th

Received: 25 April 2023/ Revised: 4 June 2023/ Accepted: 7 June 2023

บทคัดย่อ

การประกันภัยรถยนต์มีการฉ้อฉลมากที่สุดเนื่องจากการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่ไม่มีการออกสำรวจภัย หรือเรียกว่า “เคลมแห้ง” ถือเป็นการอ้างสิทธิ์ที่จะนำไปสู่การฉ้อฉลและเกิดจากผู้เอาประกันภัยไม่ได้แจ้งรายละเอียดการเกิดเหตุที่ตรงกับความเป็นจริง การตรวจสอบการฉ้อฉลด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมนั้นยากต่อการบริหารจัดการ งานวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการแก้ปัญหาข้างต้น ตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาคือการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน (เคลมแห้ง, เคลมสด) วัตถุประสงค์ของการวิจัยประกอบด้วย 1) ค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายของวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ 3 วิธี คือ ไม่มีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ วิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ 3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายของ 3 อัลกอริทึม คือ วิธีนาอีฟเบย์ วิธีป่าสุ่ม และวิธีบูสต์ติงปรับได้ และ 4) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ ข้อมูลที่ใช้คือรายงานการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ประเภท 1 จากบริษัทประกันภัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย ปี 2564 ผลการศึกษาพบว่าลักษณะการเกิดเหตุ ภูมิภาคที่เกิดเหตุ อายุผู้เอาประกันภัย ประเภทการซ่อม ทุนประกันภัย และจำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน การคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีป่าสุ่ม วิธีบูสต์ติงปรับได้ และวิธีนาอีฟเบย์เป็น

อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามลำดับ และวิธีป่าสุ่มร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: วิธีนาอีฟเบย์, วิธีบูสต์ติงปรับได้, วิธีป่าสุ่ม, การคัดเลือกตัวแปร

Abstract

Automobile insurance was the most fraudulent because claims without surveys, also known as “dry claims,” led to fraud and arose from the insured failing to provide details of the incident match with reality. Traditional fraud detection methods were difficult to administer. This research utilized machine learning to solve the above problems. The dependent variable used in the study was compensation claims (dry or fresh claims). The research objectives consisted of 1) searching for factors influencing compensation claims; 2) comparing the predictive performance of the three variable selection methods, no selection of independent variables, Stepwise logistic regression, and decision tree; 3) comparing the predictive performance of the three algorithms, namely Naïve Bayes, random forest, and adaptive boosting; and 4) comparing the predictive performance of the algorithms together with variable selection methods. The claim report of the Type I automobile insurance from an anonymous insurance company in Thailand in 2021 was employed in this study. The study found that the cause of the incident, scene region, insured age, type of repair, sum insured, and amount paid influenced the claims. The most effective variable selection method was the decision tree. Random forest, adaptive boosting, and Naïve Bayes was the most efficient algorithm, respectively. The random forest and the independent variable selection method with the decision tree method were the most efficient.

Keywords: Naïve Bayes, Adaptive boosting, Random Forest, Variable selection

บทนำ

อุตสาหกรรมประกันภัยเป็นอุตสาหกรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็วและมีการจัดการข้อมูลจำนวนมาก การฉ้อฉลที่เกี่ยวเนื่องกับการทำประกันภัยเป็นปัญหาหลักในอุตสาหกรรม การฉ้อฉลประกันภัยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Soft Insurance Fraud และ Hard Insurance Fraud [1, 2] Soft Insurance Fraud เป็นการฉ้อฉลที่ไม่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า แต่สถานการณ์พาไปให้กระทำ ส่วน Hard Insurance Fraud เป็นการฉ้อฉลที่มีแผนการหรือวิธีการที่อาจจะมีบุคคลภายในบริษัทผู้รับประกันภัยร่วมมือช่วยบุคคลภายนอกให้ได้รับค่าสินไหมทดแทนจากบริษัทประกันภัย การฉ้อฉลรูปแบบนี้เกิดขึ้นได้น้อยกว่าแบบแรกแต่มูลค่าความเสียหายต่อหนึ่งเหตุการณ์มากกว่าหลายเท่าตัว [1] การประกันภัยรถยนต์เป็นหนึ่งประเภทที่มีการฉ้อฉลมากที่สุด [3, 4] ประมาณร้อยละ 21–36 ของการเคลมประกันรถยนต์ถูกสงสัยว่าเป็นการฉ้อฉล แต่มีเพียงน้อยกว่าร้อยละ 3 เท่านั้นที่ถูกตรวจจับการฉ้อฉลตามกฎหมาย [5] การเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่ฉ้อฉลจำนวนมากไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อบริษัทประกันภัยเท่านั้นแต่ยังรวมถึงผู้เอาประกันภัยที่จริงใจ [6] กล่าวคือผู้เอาประกันภัยที่จริงใจจะได้รับภาระเบี้ยประกันภัยที่สูงขึ้นเนื่องจากธุรกิจประกันภัยเป็นธุรกิจที่มีการระดมทุนจากประชาชนโดยการเก็บเบี้ยประกันภัยจากผู้เอาประกันภัยหลายรายมาไว้เป็นกองทุนและยังส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการและความมั่นคงทางการเงินของบริษัทประกันภัยอีกด้วย หากบริษัทประกันภัยมีระบบตรวจจับการฉ้อฉลที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดความสูญเสียดังกล่าวได้ การตรวจจับการฉ้อฉลประกันภัยโดยทั่วไปจะใช้วิธีการตรวจสอบด้วย

ตนเอง (manual inspection method) ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือวิธีการเฉพาะของแต่ละบริษัท [2] วิธีการแบบดั้งเดิมนี้ยากต่อการบริหารจัดการทั้งด้านเวลาและทรัพยากรบุคคล ดังนั้นการตรวจจับการฉ้อฉลประกันภัยจึงเป็นโจทย์ที่ท้าทาย

การเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่ไม่มีการออกสำรวจภัยคือ Soft Insurance Fraud ประเภทหนึ่ง โดยพนักงานไม่จำเป็นต้องออกไปตรวจสอบ ณ จุดเกิดเหตุหรือที่เรียกว่า “เคลมแห้ง” ถือเป็นการอ้างสิทธิ์ที่จะนำไปสู่การฉ้อฉลเนื่องจากผู้เอาประกันภัยอาจไม่ได้แจ้งรายละเอียดการเกิดเหตุที่ตรงกับความเป็นจริง เป็นเรื่องร้ายแรงที่แสดงถึงช่องว่างของระบบประกันภัยที่ทำให้ผู้เอาประกันภัยสามารถกระทำการฉ้อฉลบริษัทประกันภัยได้หรืออาจเป็นช่องทางหนึ่งของอาชญากรรมที่เป็นอันตรายต่อธุรกิจประกันภัย ดังนั้นการสร้างตัวแบบเชิงทำนายเพื่อตรวจจับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ที่ไม่มีการออกสำรวจภัยจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งต่อธุรกิจประกันภัย

จากการตรวจสอบวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ที่ไม่มีการออกสำรวจภัย พบว่ายังไม่ปรากฏการศึกษาในเรื่องดังกล่าวโดยตรง อย่างไรก็ตามมีการศึกษาเกี่ยวกับการฉ้อฉลประกันภัยจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น กฤษณา ศักดิวรพงศ์ [7] ได้ศึกษาเชิงเปรียบเทียบของกฎหมายว่าด้วยการฉ้อฉลในการใช้สิทธิเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนของประเทศอังกฤษและออสเตรเลียเพื่อหามาตรการทางแพ่งที่เหมาะสมกับการฉ้อฉลการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนตามหลักสุจริตอย่างยิ่ง พราวนภัส จันทร์วดี [8] ได้ศึกษาการฉ้อฉลประกันภัย กรณีศึกษาคนเดินเท้าแกล้งก่อให้เกิดอุบัติเหตุ เพื่อวิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาและหาแนวทางที่เหมาะสมเชิงป้องกันในมุมมองทางด้านนิติศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ เมื่อไม่นานนี้มีการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการตรวจจับการฉ้อฉลประกันภัยอย่างแพร่หลาย เช่น Wang และ Xu [9] ได้ศึกษาการตรวจจับการฉ้อฉลประกันภัยรถยนต์โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) พบว่าวิธีการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติก (Logistic regression) Kowshalya และ Nandhini [5] ได้ศึกษาการทำนายการฉ้อฉลการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ พบว่าวิธีป่าสุ่ม (Random Forest) ให้ประสิทธิภาพในการทำนายสูงที่สุด Simmachan และคณะ [10] ได้นำเสนอกลยุทธ์ ในการทำนายการฉ้อฉลการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ พบว่าการคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีแบบไม่อิงพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำนายดีกว่าวิธีแบบอิงพารามิเตอร์ วิธีป่าสุ่มและวิธีบูสต์ติงปรับได้ (Adaptive Boosting) เป็นอัลกอริธึมที่มีประสิทธิภาพในการทำนายสูง Abdelhadi และคณะ [11] ได้ศึกษาการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ พบว่าวิธีเอ็กซ์ตรีมการ์เดียนบูสต์ติง (Extreme Gradient Boosting: XGBoost) และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) เป็นอัลกอริธึมที่มีประสิทธิภาพในการทำนายสูง

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น การค้นหาวิธีการตรวจจับการฉ้อฉลประกันภัยที่มีประสิทธิภาพเป็นงานที่ท้าทายและมีความสำคัญยิ่งต่อการดำเนินธุรกิจประกันภัย ผู้วิจัยจึงนำการเรียนรู้ของเครื่องซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ที่ไม่มีการออกสำรวจภัย โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ 2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเลือกตัวแปรอิสระระหว่างตัวแบบที่ไม่มีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ (Full model), วิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น (Stepwise logistic regression) และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) ในการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ 3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes), วิธีป่าสุ่ม (Random Forest) และวิธีบูสต์ติงปรับได้ (Adaptive Boosting) จากการศึกษาวรรณกรรมข้างต้นพบว่าวิธีป่าสุ่มและวิธีบูสต์ติงปรับได้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ส่วนวิธีนาอีฟเบย์ถูกเลือกมาศึกษาในฐานะอัลกอริทึมควบคุม (Control algorithm) เนื่องจากเป็นหนึ่งในวิธีการที่เก่าแก่ที่สุด [10] และ 4) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระในการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ การศึกษานี้อาจใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการความเสี่ยงของบริษัทประกันภัยในการรับมือกับผู้เอาประกันกลุ่มเสี่ยงได้

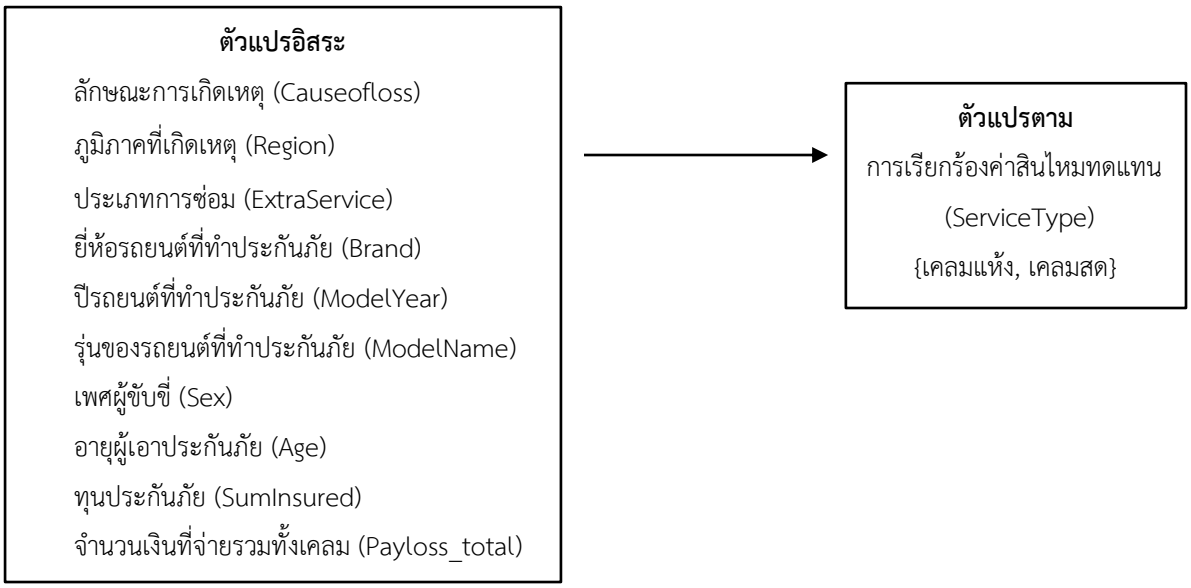
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมข้อมูลและตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการนำเสนอวิธีการสำหรับการตรวจจับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ที่ไม่มีการออกสำรวจภัย (การอ้างสิทธิ์ที่จะนำไปสู่การฉ้อฉล) โดยทั่วไปข้อมูลการเคลมของบริษัทประกันภัยเป็นความลับ ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลรายงานการรับแจ้งการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจประเภท 1 ของบริษัทประกันภัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย ปี 2564 มีการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนทั้งหมด 167,780 กรณี ทำการตรวจสอบข้อมูลสูญหายและการซ้ำซ้อนของข้อมูล พบว่ามีข้อมูลสูญหายจำนวนมาก จากนั้นจึงตัดข้อมูลที่มีปัญหาออกจากการวิเคราะห์และเหลือข้อมูลที่สมบูรณ์สำหรับการวิเคราะห์ 89,965 กรณี ตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาคือการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน มีค่าเป็นการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่ไม่มีการออกสำรวจภัย (เคลมแห้ง) 60,139 กรณี (ร้อยละ 66.85) และการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่มีการออกสำรวจภัย (เคลมสด) 29,826 กรณี (ร้อยละ 33.15) สำหรับตัวแปรอิสระมีทั้งหมด 10 ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรเชิงคุณภาพ 7 ตัวแปร และตัวแปรเชิงปริมาณ 3 ตัวแปร โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป ตัวแปรเชิงคุณภาพจะถูกแปลงเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy variable) และตัวแปรเชิงปริมาณจะถูกแปลงเป็นค่ามาตรฐาน (Z-score Normalization) เนื่องจากอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องส่วนใหญ่ใช้ระยะห่างแบบยุคลิด (Euclidean distance) ระหว่างจุดข้อมูลสองจุด ดังนั้นอัลกอริทึมอาจทำงานไม่มีประสิทธิภาพหากไม่มีการแปลงข้อมูล [12] อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้องมีการแปลงข้อมูลก่อนนำไปสร้างแบบจำลองคืออัลกอริทึมจะทำงานได้เร็วกว่ากรณีไม่มีการแปลงข้อมูล [13]

ตารางที่ 1 ตัวแปรอิสระและคำอธิบาย

ชื่อตัวแปร	ค่าของตัวแปร
ลักษณะการเกิดเหตุ (Causeofloss)	{มีคู่กรณี, ไม่มีคู่กรณี, ภัยจากสิ่งแวดล้อม, เคลมรอบคัน, อื่น ๆ}
ภูมิภาคที่เกิดเหตุ (Region)	{ภาคเหนือ, ภาคกลาง, ภาคตะวันออก, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคใต้, ภาคใต้ชายแดน}
ประเภทการซ่อม (ExtraService)	{ซ่อมอู่, ซ่อมห้าง}
ยี่ห้อรถยนต์ที่ทำประกันภัย (Brand)	{BMW, CHEVROLET, FORD, HONDA, ISUZU, MAZDA, MERCEDES BENZ, MG, MITSUBISHI, NISSAN, SUZUKI, TOYOTA, Other Brands}
ปีรถยนต์ที่ทำประกันภัย (ModelYear)	{2002-2006, 2007-2011, 2012-2016, 2017-2021, Other Model Years}
รุ่นของรถยนต์ที่ทำประกันภัย (ModelName)	{BMW 320 D, CHEVROLET CAPTIVA, FORD RANGER, HONDA CITY, ISUZU D-MAX, MAZDA 2, MERCEDES-BENZ E200, MG ZS, MITSUBISHI ATTRAGE, NISSAN ALMERA, TOYOTA YARIS, SUZUKI SWIFT, Other Model Names}
เพศผู้ขับขี่ (Sex)	{เพศหญิง, ชาย}
อายุผู้เอาประกันภัย (Age)	{18-95 ปี}
ทุนประกันภัย (SumInsured)	{50,000- 8,200,000 บาท}
จำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม (Payloss_total)	{0-3,977,191 บาท}



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

2. การคัดเลือกตัวแปรอิสระ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2) คือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนของการคัดเลือกตัวแปรอิสระ 3 วิธี กล่าวคือหลังจากการคัดเลือกตัวแปรจะได้ตัวแปรอิสระมา 3 ชุด และนำไปใช้สร้างตัวแบบเชิงทำนาย เราต้องการทราบว่าตัวแปรอิสระชุดใดให้ประสิทธิภาพสูงสุดและการคัดเลือกตัวแปรอิสระกับการไม่คัดเลือกตัวแปรอิสระให้ผลเป็นอย่างไร การคัดเลือกตัวแปรอิสระจะใช้ข้อมูลทั้งหมดในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R Studio เวอร์ชัน 1.4.1717 มีรายละเอียดของวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ 3 วิธี ดังนี้

2.1 ตัวแบบที่ไม่มีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ (Full model)

วิธีการสร้างตัวแบบที่ไม่ใช้การคัดเลือกตัวแปรอิสระ ในที่นี้ใช้ตัวย่อเป็น Full คือการใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมดในการสร้างตัวแบบเชิงทำนายโดยไม่สนใจลำดับความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวหรือไม่สนใจความมีนัยสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว

2.2 วิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น (Stepwise logistic regression)

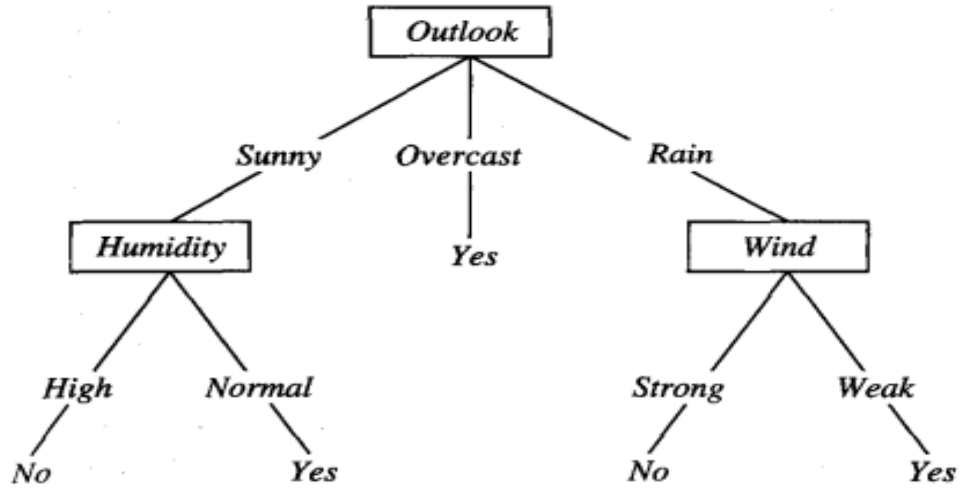
เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม R Studio ในการวิเคราะห์ข้อมูล เราจึงอธิบายหลักการควบคู่ไปกับการใช้โปรแกรม ดังนี้ ขั้นตอนแรก สร้างตัวแบบการถดถอยลอจิสติกโดยใช้ตัวแปรอิสระทุกตัวและใช้ฟังก์ชัน glm(..., family = binomial) ใน library(MASS) จากนั้นใช้ฟังก์ชัน stepAIC(..., direction = “both”) ในการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น ในที่นี้ใช้ตัวย่อเป็น Step โดยอาศัยเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike’s Information Criterion: AIC) ในขั้นตอนสุดท้ายจะได้ตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในตัวแบบและจะนำตัวแปรชุดดังกล่าวไปสร้างตัวแบบเชิงทำนายในขั้นตอนต่อไป หลักการทำงานของวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น [6, 10, 14] คือใช้การคัดเลือกตัวแปรแบบไปข้างหน้า (Forward Selection) และการคัดเลือกตัวแปรแบบถอยหลัง (Back Elimination) ร่วมกัน โดยเริ่มจากการนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเข้าตัวแบบทีละ

หนึ่งตัวแปร จากนั้นทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเข้าตัวแบบเป็นตัวแปรตัวที่สอง แล้วใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรแบบถอยหลังตรวจสอบว่าตัวแปรที่เข้าไปอยู่ในตัวแบบมีตัวแปรตัวใดควรคัดออกจากตัวแบบหรือไม่ การคัดตัวแปรเข้าหรือออกขึ้นอยู่กับค่า AIC ซึ่งตัวแบบในขั้นตอนสุดท้ายจะได้ชุดของตัวแปรอิสระที่ทำให้ได้ค่า AIC ต่ำที่สุด

2.3 วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree)

วิธีต้นไม้ตัดสินใจ ในที่นี้ใช้ตัวย่อเป็น DT เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มปริภูมิของตัวแปรทำนายหรือตัวแปรอิสระออกเป็นอาณาบริเวณเพื่อใช้ในการทำนายค่าของตัวแปรตาม เกณฑ์ในการแบ่งปริภูมิของตัวแปรทำนายสรุปได้ในรูปแบบของต้นไม้ วิธีต้นไม้ตัดสินใจสามารถใช้ได้ทั้งตัวแปรตามเชิงปริมาณซึ่งเรียกว่า “ต้นไม้การถดถอย (Regression tree)” และตัวแปรตามเชิงคุณภาพหรือตัวแปรจำแนกประเภท (Categorical variable) ซึ่งเรียกว่า “ต้นไม้จำแนก (Classification tree)” [15] ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจในรูปแบบของต้นไม้จำแนก ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างของต้นไม้จำแนกสำหรับการจำแนกสภาพอากาศที่เหมาะสมกับการเล่นเทนนิส

สำหรับต้นไม้จำแนก ความสำคัญของตัวแปร (Variable importance) คือการวัดความสำคัญสัมพัทธ์หรือการมีส่วนร่วมของตัวแปรอิสระแต่ละตัวในการสร้างตัวแบบเชิงทำนายที่แม่นยำ ช่วยให้เราเข้าใจว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลมากกว่าในกระบวนการสร้างต้นไม้จำแนก วิธีหนึ่งที่ใช้กันทั่วไปในการคำนวณความสำคัญของตัวแปรคือดัชนีจีนี (Gini index) ซึ่งเป็นตัววัดความไม่บริสุทธิ์หรือความผิดปกติภายในโหนด (Node) ของต้นไม้จำแนกและวัดว่าตัวแปรใดแยกข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่เป้าหมาย (Target class) ได้ดีเพียงใด [14] ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชัน fit() ใน library(tidymodels) การสร้างต้นไม้ตัดสินใจ และใช้ฟังก์ชัน vi() ใน library(vip) เพื่อคำนวณค่า Variable importance ของตัวแปรอิสระ ตัวแปรใดที่ให้ค่า Variable importance สูงจะถูกนำไปสร้างตัวแบบเชิงทำนายในขั้นตอนต่อไป ในที่นี้จะถือว่าตัวแปรมีความสำคัญเมื่อมีค่า Variable importance มากกว่าหรือเท่ากับ 1000



ภาพที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจสำหรับการจำแนกสภาพอากาศที่เหมาะสมกับการเล่นเทนนิส [15]

3. อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเชิงทำนาย

3.1 วิธีนาอีฟเบส์ (Naïve Bayes)

วิธีนาอีฟเบส์เป็นวิธีการเรียนรู้โดยใช้หลักการของความน่าจะเป็นซึ่งมีพื้นฐานจากทฤษฎีของเบส์ (Bayes theorem) ในที่นี้ใช้ตัวย่อเป็น NB โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการสร้างตัวแบบหรือวิธีเชิงทำนายที่อยู่ในรูปของความน่าจะเป็น ซึ่งเป็นค่าที่บันทึกได้จากการสังเกต จากนั้นนำตัวแบบมาพิจารณาสมมติฐานใดถูกต้องที่สุดโดยอาศัยความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยเมื่อกล่าวถึงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (A) ถ้ามีเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่งเกิดมาแล้ว (B) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ [11, 16] ดังสมการที่ (1)

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \tag{1}$$

$P(A|B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ A จะเกิดขึ้นเมื่อเหตุการณ์ B เกิดขึ้นมาแล้ว

$P(B|A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ B จะเกิดขึ้นเมื่อเหตุการณ์ A เกิดขึ้นมาแล้ว

$P(A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ A

$P(B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ B

การใช้สมการที่ (1) ในการทำนายว่าการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนจะเป็นเคลมแห้งหรือเคลมจะอาศัยความน่าจะเป็นแบบเบย์ หรือที่เรียกว่า “ความน่าจะเป็นภายหลัง (posterior class probability)” สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(Y = y_j \mid X = x) = P(y_j \mid x) = \prod_{i=1}^{n} \frac{P(x_i \mid y_j)P(y_j)}{P(x)} \tag{2}$$

ตัวแปร Y คือ ตัวแปรตามที่มีค่าเป็น y_j ในที่นี้ $j = 1, 2$ เนื่องจากมี 2 หมวดหมู่ (class) นั่นคือ {เคลมแห้ง, เคลมสด} ตัวแปร $X = \{X_1, X_2, ..., X_k\}$ คือ เวกเตอร์ของตัวแปรอิสระ k ตัว จากสมการที่ (2) จะสังเกตได้ว่า $P(x)$ เป็นค่าคงที่กับทุก ๆ หมวดหมู่ และไม่กระทบต่อการคำนวณความน่าจะเป็น ดังนั้นในการพิจารณาการจำแนกประเภทข้อมูลจึงพิจารณาแค่เพียงค่า $P(x_i \mid y_j)P(y_j)$ และได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\begin{aligned} P(y_1 \mid x) &\approx \prod_{i=1}^{k} P(x_i \mid y_1)P(y_1) = P(x_1 \mid y_1) \times P(x_2 \mid y_1) \times \cdots \times P(x_k \mid y_1)P(y_1) \\ P(y_2 \mid x) &\approx \prod_{i=1}^{k} P(x_i \mid y_2)P(y_2) = P(x_1 \mid y_2) \times P(x_2 \mid y_2) \times \cdots \times P(x_k \mid y_2)P(y_2) \end{aligned} \tag{3}$$

$P(y_1)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นหมวดหมู่ที่ 1 หรือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เป็นเคลมแห้ง

$P(y_2)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นหมวดหมู่ที่ 2 หรือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เป็นเคลมสด

$P(x_i \mid y_j)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นตัวแปร $X = x_i$ เมื่อทราบว่ามาจากหมวดหมู่ y_j

$P(y_j \mid x)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นหมวดหมู่ y_j เมื่อกำหนดค่าของตัวแปรอิสระ $X = x$

ตัวแปรตามจะมีค่าเป็นหมวดหมู่ใดจะพิจารณาจากค่า $P(y_j \mid x)$ ของแต่ละหมวดหมู่ หากหมวดหมู่ใดให้ค่าความน่าจะเป็นสูงที่สุดจะทำนายว่าเป็นหมวดหมู่นั้น ดังสมการที่ (4) และใช้ฟังก์ชัน naiveBayes() ในการสร้างตัวแบบเชิงทำนายด้วยวิธีนาอีฟเบส์

$$\hat{y} = \max\{P(y_1 \mid x), P(y_2 \mid x)\} \tag{4}$$

3.2 วิธีป่าสุ่ม (Random Forest)

วิธีป่าสุ่ม ในที่นี้ใช้ตัวย่อเป็น RF เป็นอัลกอริทึมเชิงทำนายที่เกิดจากการรวมต้นไม้ตัดสินใจมาหลายๆ ต้น ซึ่งมาจากการสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่หลาย ๆ ครั้ง ด้วยเทคนิคที่เรียกว่า Bagging หรือ Bootstrap Aggregation สามารถใช้ได้ทั้งตัวแปรตามเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยผลลัพธ์การทำนายของวิธีป่าสุ่มในงานด้านการจำแนกประเภท (Classification) คือผลการทำนายที่มีจำนวนซ้ำกันมากที่สุด (Majority vote) ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ผลการทำนายมีความแม่นยำมากกว่าการใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจเพียงหนึ่งต้น และใช้ฟังก์ชัน randomForest() ในการสร้างตัวแบบเชิงทำนายด้วยวิธีป่าสุ่ม

3.3 วิธีบูสต์ติงปรับได้ (Adaptive Boosting)

วิธีบูสต์ติงปรับได้ ในที่นี้ใช้ตัวย่อเป็น AB เป็นอัลกอริทึมเชิงทำนายที่สร้างจากต้นไม้ตัดสินใจเป็นพื้นฐาน (Tree base) เช่นเดียวกันกับวิธีป่าสุ่ม แต่จะต่างกันที่วิธีบูสต์ติงปรับได้มีแนวคิดในการพัฒนาอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพต่ำ (Weak classifier) ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการปรับค่าน้ำหนักของค่าสังเกตที่ทำนายผิด ใช้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพต่ำทำการจำแนกประเภทข้อมูลซ้ำ ๆ ไปเรื่อย ๆ ซึ่งการทำซ้ำแต่ละครั้งนั้นจะใช้เพื่อปรับค่าน้ำหนักของค่าสังเกตที่ทำนายผิด จนกระทั่งได้ตัวแบบที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน (Error) หรือมีความความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนด และใช้ฟังก์ชัน ada() ในการสร้างตัวแบบเชิงทำนายด้วยวิธีบูสต์ติงปรับได้

4. การแบ่งชุดข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพตัวแบบเชิงทำนาย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการตรวจสอบไขว้ (Cross-Validation Test) เพื่อวัดประสิทธิภาพของตัวแบบเชิงทำนาย โดยแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น K ส่วนเท่า ๆ กัน ซึ่งเรียกว่า “K-Fold Cross Validation” ในที่นี้จะใช้ K = 10 เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีขนาดใหญ่ [6] หากแบ่งข้อมูลเป็น 10 ส่วน (Fold) จะได้ขนาดตัวอย่างของแต่ละส่วนประมาณ 9,000 หลักการทำงานของวิธีนี้จะสุ่มแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยใช้ข้อมูล 9 ส่วน (ข้อมูลชุดฝึกสอน หรือ Training set) เพื่อสร้างตัวแบบเชิงทำนายจากการประกอบกัน (Combination) ของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ชุด และอัลกอริทึมทั้ง 3 และใช้ข้อมูล 1 ส่วน (ชุดทดสอบ หรือ Test set) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำนาย และดำเนินการในลักษณะแบบนี้จำนวน 10 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะเปลี่ยนข้อมูลชุดฝึกสอนและข้อมูลชุดทดสอบไปเรื่อย ๆ จนครบ 10 ครั้ง จากนั้นเก็บค่าเกณฑ์วัดประสิทธิภาพของตัวแบบเชิงทำนายแต่ละครั้งไว้แล้วนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้ง 10 ครั้ง

5. เกณฑ์วัดประสิทธิภาพตัวแบบเชิงทำนาย

เกณฑ์วัดประสิทธิภาพการทำนายคำนวณโดยอาศัยเมตริกซ์วัดประสิทธิภาพ (Confusion Matrix) แสดงดังตารางที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการทำนาย (Predicted) กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (Actually) สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในตารางที่ 2 แบ่งออกเป็น 4 กรณี [2, 6, 10] สามารถอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 2 เมตริกซ์วัดประสิทธิภาพ (Confusion Matrix) ขนาด 2X2

Predicted	Actually	
	Positive (เคลมแห้ง)	Negative (เคลมสด)
Positive (เคลมแห้ง)	True Positives (TP)	False Positives (FP)
Negative (เคลมสด)	False Negatives (FN)	True Negatives (TN)

True Positive (TP) หมายถึง แบบจำลองสามารถทำนายผลลัพธ์ว่าเป็นเคลมแห้งและตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงคือเป็นเคลมแห้ง
True Negative (TN) หมายถึง แบบจำลองสามารถทำนายผลลัพธ์ว่าเป็นเคลมสดและตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงคือเป็นเคลมสด
False Positive (FP) หมายถึง แบบจำลองสามารถทำนายผลลัพธ์ว่าเป็นเคลมแห้งแต่สิ่งที่เกิดขึ้นจริงคือเป็นเคลมสด
False Negative (FN) หมายถึง แบบจำลองสามารถทำนายผลลัพธ์ว่าเป็นเคลมสดแต่สิ่งที่เกิดขึ้นจริงคือเป็นเคลมแห้ง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการตรวจจับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่ไม่มีการออกสำรวจภัย (เคลมแห้ง) ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับการฉ้อฉลก็จะให้ความสนใจในหมวดหมู่ที่เป็นการฉ้อฉลมากกว่าหมวดหมู่ที่ไม่ใช่การฉ้อฉล [6, 10, 17] ดังนั้นเกณฑ์วัดประสิทธิภาพการทำนายในงานวิจัยนี้จะให้ความสนใจกับความสามารถในการทำนายหมวดหมู่ที่เป็นเคลมแห้ง การอธิบายความหมายของแต่ละเกณฑ์สามารถอธิบายได้ด้วยหลักการคำนวณความน่าจะเป็น ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง [0, 1] ตัวแบบเชิงทำนายใดที่ให้ค่าเกณฑ์วัดประสิทธิภาพสูง (ค่าเข้าใกล้ 1) หมายถึงตัวแบบที่มีความน่าจะเป็นในการทำนายถูกต้องสูง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ค่าความแม่นยำ (Accuracy) เป็นการวัดความถูกต้องของตัวแบบเชิงทำนายในภาพรวม สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (5)

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \tag{5}$$

5.2 ค่าความไว (Sensitivity) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าค่าความระลึก (Recall) เป็นการวัดความถูกต้องของตัวแบบเชิงทำนายในสถานการณ์ที่ทำนายถูกว่าเป็นเคลมแห้งและตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงคือเป็นเคลมแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6)

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN} \tag{6}$$

5.3 ค่าความเที่ยง (Precision) เป็นการวัดความถูกต้องของตัวแบบเชิงทำนายในสถานการณ์ที่ทำนายว่าเป็นเคลมแห้งและสนใจเหตุการณ์ที่ทำนายถูกว่าเป็นเคลมแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (7)

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \tag{7}$$

5.4 ค่าคะแนนเอฟ (F-score) เป็นค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก (Harmonic mean) ของค่าความเที่ยงและค่าความไว สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (8) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะให้ความสำคัญกับค่าคะแนนเอฟมากที่สุดเนื่องจากเป็นการถ่วงดุลของสองเกณฑ์คือค่าความเที่ยงและค่าความไว

$$\text{F-score} = \frac{2TP}{2TP + FP + FN} \tag{8}$$

ผลการวิจัย

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์

จากตารางที่ 3 พบว่าตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์โดยใช้วิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น ได้แก่ ลักษณะการเกิดเหตุ (ประเภทอื่น ๆ, ภัยจากสิ่งแวดล้อม, มีคู่กรณี และไม่มีคู่กรณี) ภูมิภาคที่เกิดเหตุ (ภาคตะวันออก, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคใต้, ภาคใต้ชายแดน และภาคเหนือ) ประเภทการซ่อม ทุนประกันภัยและจำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม เนื่องจากในการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกจะต้องแปลงตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพให้เป็นตัวแปรหุ่น ส่งผลให้มีจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นเท่ากับ จำนวนหมวดหมู่ – 1 ตามหลักของการสร้างตัวแปรหุ่น เช่น ตัวแปรลักษณะการเกิดเหตุเดิมมี 5 หมวดหมู่ ดังนั้นจะมีตัวแปรหุ่นทั้งหมด 4 ตัวแปร ดังตารางที่ 3 ตัวแปรอื่น ๆ จะถูกสร้างด้วยวิธีการเดียวกัน

ตารางที่ 3 ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระโดยใช้วิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น

ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย	ค่าพี (P-value)
Constant	ค่าคงที่	2.00×10^{-16} ***
Causeofloss_อื่น ๆ	ลักษณะการเกิดเหตุประเภทอื่น ๆ	8.49×10^{-5} ***
Causeofloss_ภัยจากสิ่งแวดล้อม	ลักษณะการเกิดเหตุประเภทภัยจากสิ่งแวดล้อม	2.00×10^{-16} ***
Causeofloss_มีคู่กรณี	ลักษณะการเกิดเหตุประเภทมีคู่กรณี	2.00×10^{-16} ***
Causeofloss_ไม่มีคู่กรณี	ลักษณะการเกิดเหตุประเภทไม่มีคู่กรณี	6.51×10^{-14} ***
Region_East	ภูมิภาคที่เกิดเหตุเป็นภาคตะวันออก	1.60×10^{-11} ***
Region_NorthEast	ภูมิภาคที่เกิดเหตุเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2.00×10^{-16} ***
Region_South	ภูมิภาคที่เกิดเหตุเป็นภาคใต้	1.19×10^{-7} ***
Region_Southborder	ภูมิภาคที่เกิดเหตุเป็นภาคใต้ชายแดน	1.68×10^{-3} **
Region_North	ภูมิภาคที่เกิดเหตุเป็นภาคเหนือ	2.00×10^{-16} ***
ExtraService_Y	ประเภทการซ่อม	2.39×10^{-6} ***
SumInsured	ทุนประกันภัย	2.68×10^{-6} ***
PayLoss_total	จำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม	2.00×10^{-16} ***

หมายเหตุ * ตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05, ** ตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ *** ตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

ตารางที่ 4 ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระโดยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ

ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย	Variable Importance
Causeofloss	ลักษณะการเกิดเหตุ	18,158
PayLoss_total	จำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม	1,256
Age	อายุผู้เอาประกันภัย	1,084

จากตารางที่ 4 พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์โดยใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจ เรียงลำดับตามความสำคัญ ได้แก่ ลักษณะการเกิดเหตุ จำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม และอายุผู้เอาประกันภัย ซึ่งมีค่าความสำคัญของตัวแปรเท่ากับ 18,158, 1,256 และ 1,084 ตามลำดับ สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ให้ค่าความสำคัญของตัวแปรเช่นเดียวกัน แต่ไม่ผ่านเงื่อนไขที่ตั้งไว้ (มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1,000) เนื่องจากสำหรับข้อมูลชุดนี้ โปรแกรม R Studio จะแสดงแผนภูมิแท่งของค่าความสำคัญของตัวแปรที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1000 เท่านั้น จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเลือกตัวแปรอิสระ

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาแยกแต่ละอัลกอริทึมและแต่ละเกณฑ์ พบว่าสำหรับวิธีนาอีฟเบส์ วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือวิธีต้นไม้ตัดสินใจในเกณฑ์ ค่าความแม่นยำ (ร้อยละ 86.78) ค่าความไว (ร้อยละ 94.55) และค่าคะแนนเอฟ (ร้อยละ 89.59) ในขณะที่วิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้นมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับเกณฑ์ค่าความเที่ยง (ร้อยละ 85.63) สำหรับวิธีป่าสุ่ม วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือวิธีต้นไม้ตัดสินใจในทุกเกณฑ์ ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (ร้อยละ 86.85) ค่าความไว (ร้อยละ 94.51) ค่าความเที่ยง (ร้อยละ 85.28) และค่าคะแนนเอฟ (ร้อยละ 89.66) สำหรับวิธีบูสต์ติงปรับได้ วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือวิธีต้นไม้ตัดสินใจในทุกเกณฑ์ ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (ร้อยละ 86.82) ค่าความไว (ร้อยละ 94.35) ค่าความเที่ยง (ร้อยละ 85.40) และค่าคะแนนเอฟ (ร้อยละ 89.65)

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเลือกตัวแปรอิสระ

อัลกอริทึม	การคัดเลือกตัวแปร	ค่าความแม่นยำ	ค่าความไว	ค่าความเที่ยง	ค่าคะแนนเอฟ
NB	Full	0.8540	0.9219	0.8540	0.8867
	Step	0.8603	0.9292	**0.8563**	0.8612
	DT	**0.8678**	**0.9455**	0.8512	**0.8959**
RF	Full	0.8595	0.9329	0.8502	0.8899
	Step	0.8659	0.9437	0.8501	0.8944
	DT	**0.8685**	**0.9451**	**0.8528**	**0.8966**
AB	Full	0.8603	0.9383	0.8515	0.8902
	Step	0.8649	0.9411	0.8512	0.8939
	DT	**0.8682**	**0.9435**	**0.8540**	**0.8965**

หมายเหตุ ตัวหนา หมายถึง การคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อพิจารณาแยกแต่ละอัลกอริทึมและแต่ละเกณฑ์

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

จากตารางที่ 6 พบว่าอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพแตกต่างกันไปแต่ละสถานการณ์ เมื่อพิจารณาแยกแต่ละวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระและแต่ละเกณฑ์ พบว่าสำหรับตัวแบบที่ไม่มีการคัดเลือกตัวแปร อัลอกริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือวิธีวิธีบูสต์ติงปรับได้ในเกณฑ์ ค่าความแม่นยำ (ร้อยละ 86.03) ค่าความไว (ร้อยละ 93.83) และค่าคะแนนเอฟ (ร้อยละ 89.02) ในขณะที่วิธีนาอีฟเบส์เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับเกณฑ์ค่าความเที่ยง (ร้อยละ 85.40) สำหรับตัวแบบที่คัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือวิธีวิธีป่าสุ่มในเกณฑ์ ค่าความแม่นยำ (ร้อยละ 86.59) ค่าความไว (ร้อยละ 94.37) และค่าคะแนนเอฟ (ร้อยละ 89.44) ในขณะที่วิธีนาอีฟเบส์เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับเกณฑ์ค่าความเที่ยง (ร้อยละ 85.63) สำหรับตัวแบบที่คัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือวิธีป่าสุ่มในเกณฑ์ ค่าความแม่นยำ (ร้อยละ 86.85) และค่าคะแนนเอฟ (ร้อยละ 89.66) ในขณะที่วิธีนาอีฟเบส์เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับเกณฑ์ค่าความไว (ร้อยละ 94.55) และวิธีบูสต์ติงปรับได้เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับเกณฑ์ค่าความเที่ยง (ร้อยละ 85.40) หากพิจารณาเฉพาะเกณฑ์ค่าคะแนนเอฟ พบว่าวิธีบูสต์ติงปรับได้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับตัวแบบที่ไม่มีการคัดเลือกตัวแปร ในขณะที่วิธีป่าสุ่มมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับตัวแบบที่มีการคัดเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 2 วิธี

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

การคัดเลือกตัวแปร	อัลกอริทึม	ค่าความแม่นยำ	ค่าความไว	ค่าความเที่ยง	ค่าคะแนนเอฟ
Full	NB	0.8540	0.9219	**0.8540**	0.8867
	RF	0.8595	0.9329	0.8502	0.8899
	AB	**0.8603**	**0.9383**	0.8515	**0.8902**
Step	NB	0.8603	0.9292	**0.8563**	0.8612
	RF	**0.8659**	**0.9437**	0.8501	**0.8944**
	AB	0.8649	0.9411	0.8512	0.8939
DT	NB	0.8678	**0.9455**	0.8512	0.8959
	RF	**0.8685**	0.9451	0.8528	**0.8966**
	AB	0.8682	0.9435	**0.8540**	0.8965

หมายเหตุ ตัวหนา หมายถึง อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อพิจารณาแยกแต่ละวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระและแต่ละเกณฑ์

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ โดย NB-Full หมายถึงวิธีนาอีฟเบส์ร่วมกับตัวแปรอิสระทุกตัว, RF-Full หมายถึงวิธีป่าสุ่มร่วมกับตัวแปรอิสระทุกตัว, AB-Full หมายถึงวิธีบูสต์ติงปรับได้ร่วมกับตัวแปรอิสระทุกตัว, NB-Step หมายถึงวิธีนาอีฟเบส์ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น, RF-Step หมายถึงวิธีป่าสุ่มร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น, AB-Step หมายถึงวิธีบูสต์ติงปรับได้ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น, NB-DT หมายถึงวิธีนาอีฟเบส์ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ, RF-DT หมายถึงวิธีป่าสุ่มร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ และ

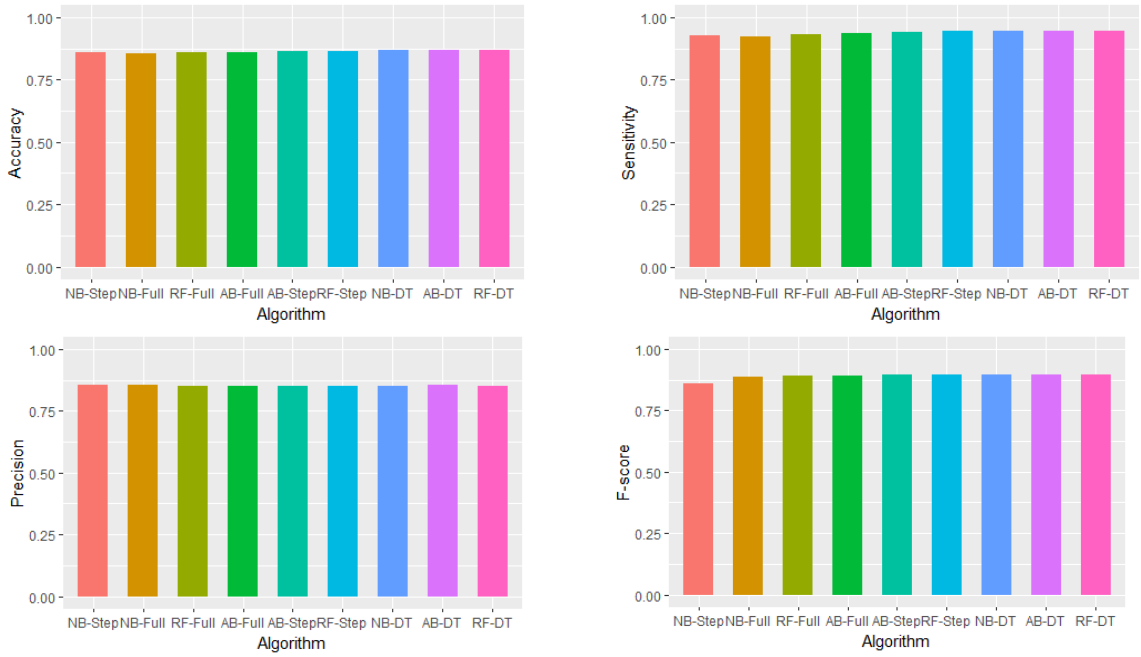
ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ

อัลกอริทึม-การคัดเลือกตัวแปร	ค่าความแม่นยำ	ค่าความไว	ค่าความเที่ยง	ค่าคะแนนเอฟ
NB-Full	0.8540 (9)	0.9219 (9)	0.8540 (2.5)	0.8867 (8)
RF-Full	0.8595 (8)	0.9329 (7)	0.8502 (8)	0.8899 (7)
AB-Full	0.8603 (6.5)	0.9383 (6)	0.8515 (5)	0.8902 (6)
NB-Step	0.8603 (6.5)	0.9292 (8)	**0.8563 (1)**	0.8612 (9)
RF-Step	0.8659 (4)	0.9437 (3)	0.8501 (9)	0.8944 (4)
AB-Step	0.8649 (5)	0.9411 (5)	0.8512 (6.5)	0.8939 (5)
NB-DT	0.8678 (3)	**0.9455 (1)**	0.8512 (6.5)	0.8959 (3)
RF-DT	**0.8685 (1)**	0.9451 (2)	0.8528 (4)	**0.8966 (1)**
AB-DT	0.8682 (2)	0.9435 (4)	0.8540 (2.5)	0.8965 (2)

หมายเหตุ ตัวหนา หมายถึง อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละเกณฑ์ (พิจารณาในแนวคอลัมน์)
ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บแสดงการจัดอันดับ (Rank) ของอัลกอริทึมในแต่ละเกณฑ์ โดยที่ (1) หมายถึงมีประสิทธิภาพสูงสุด

AB-DT หมายถึงวิธีบูสต์ติงปรับได้ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ และภาพที่ 3 นำเสนอผลลัพธ์ด้วยแผนภูมิแท่ง ซึ่งแต่ละแท่งแสดงถึงอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าอัลกอริทึมทั้งหมดมีความถูกต้องในการทำนายสูงมากกว่าร้อยละ 85 ในทุกเกณฑ์วัดประสิทธิภาพ

สำหรับเกณฑ์ค่าความแม่นยำ อัลกอริทึมที่ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพสูงสุด 3 อันดับแรก โดยอัลกอริทึม RF-DT มีประสิทธิภาพสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 86.85 อันดับ 2 คืออัลกอริทึม AB-DT คิดเป็นร้อยละ 86.82 และอันดับ 3 คืออัลกอริทึม NB-DT คิดเป็นร้อยละ 86.78



ภาพที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ

สำหรับเกณฑ์ค่าความไว อัลกอริทึมที่ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพสูงสุด 2 อันดับแรก คืออัลกอริทึม NB-DT คิดเป็นร้อยละ 94.55 และอัลกอริทึม RF-DT คิดเป็นร้อยละ 94.51 ตามลำดับ และอันดับ 3 คือ อัลกอริทึม RF-Step คิดเป็นร้อยละ 94.37

สำหรับเกณฑ์ค่าความเที่ยง วิธีนาอีฟเบส์มีประสิทธิภาพสูงสุด 2 อันดับแรก โดยอัลกอริทึม NB-Step มีประสิทธิภาพสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 85.63 และอันดับ 2 ร่วมคือ อัลกอริทึม NB-Full และ AB-DT คิดเป็นร้อยละ 85.40

สำหรับเกณฑ์ค่าคะแนนเอฟ ให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับเกณฑ์ค่าความแม่นยำใน 3 อันดับแรก โดยอัลกอริทึม RF-DT มีประสิทธิภาพสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 89.66 อันดับ 2 คืออัลกอริทึม AB-DT คิดเป็นร้อยละ 89.65 และอันดับ 3 คืออัลกอริทึม NB-DT คิดเป็นร้อยละ 89.59 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแผนภูมิแท่งในภาพที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในแต่ละเกณฑ์ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้นและวิธีต้นไม้ตัดสินใจ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ ได้แก่ 1) ลักษณะการเกิดเหตุประเภทต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [6, 10, 18, 19] ที่อธิบายว่าค่าสินไหมทดแทนเมื่อเกิดอุบัติเหตุต้องสอดคล้องกับความหลากหลายของรูปแบบประกันภัย 2) ภูมิภาคที่เกิดเหตุ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [6, 10] 3) อายุผู้เอาประกันภัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [6, 10] โดยพบว่าตัวแปรด้านประชากรศาสตร์ เช่น อายุ การศึกษา สถานภาพ และอาชีพ ส่งผลต่อรายงานการฉ้อฉลประกันภัยรถยนต์ 4) ทุนประกันภัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [10] ปัจจัยที่ค้นพบใหม่สำหรับงานวิจัยนี้คือ 5) ประเภทการซ่อม และ 6) จำนวนเงินที่จ่ายรวมทั้งเคลม ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นปัจจัยร่วมในการสร้างตัวแบบเชิงทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนในอนาคต อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีตัวแปรอิสระเพียง 10 ตัวแปรเท่านั้น ดังนั้นการค้นหาตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ยังคงต้องดำเนินต่อไปเพื่อประสิทธิภาพในการทำนายให้สูงขึ้น

ตัวแบบเชิงทำนายที่ทำงานร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรอิสระมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวแบบที่ไม่มีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ โดยพบว่าวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัย [10] ที่กล่าวว่า การคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีแบบไม่อิงพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพสูงว่าวิธีแบบอิงพารามิเตอร์ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการคัดเลือกตัวแปรอิสระเพื่อสร้างตัวแบบเชิงทำนายการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนที่ไม่มีการออกสำรวจภัยมีความสำคัญยิ่ง การศึกษาในอนาคตควรศึกษาวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น ใช้การถดถอย LASSO และวิธีป่าสุ่ม [6] และใช้ค่า SHAP [20] เป็นต้น

ประสิทธิภาพในการทำนายของอัลกอริทึมแตกต่างกันไปในแต่ละสถานการณ์ แต่หากพิจารณาแยกแต่ละวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ สามารถสรุปในภาพรวมได้ว่า วิธีบูสต์ติงปรับได้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับตัวแบบที่ไม่มีการคัดเลือกตัวแปร ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัย [18] ที่ระบุว่าวิธีบูสต์ติงปรับได้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำนายการต่อกรมธรรม์ประกันภัย วิธีป่าสุ่มมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับตัวแบบที่คัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้นและวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัย [10, 19] ที่ระบุว่าวิธีป่าสุ่มเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จะเห็นว่าทั้ง 2 อัลกอริทึมยังคงเป็นวิธีเชิงทำนายที่มีประสิทธิภาพ ส่วนวิธีนาอีฟเบส์ที่เป็นอัลกอริทึมควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุดในบางสถานการณ์ เช่น เมื่อไม่มีการคัดเลือกตัวแปรอิสระและการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกทีละขั้น สำหรับเกณฑ์ค่าความเที่ยง การศึกษาใน

อนาคตควรพิจารณาวิธีเชิงทำนายอื่น ๆ เช่น วิธีการ์เดียน (Gradient Boosting) และวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor: KNN) [20] และวิธีซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) [6]

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการทำนายของอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระ พบว่าวิธีป่าสุ่มร่วมกับวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (RF-DT) มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลสรุปที่ได้จากงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์พิจารณาด้วยค่าคะแนนเอฟเป็นหลักเนื่องจากเป็นค่าถ่วงดุลระหว่างค่าความไวและค่าความเที่ยงจึงบอกสารสนเทศได้ครอบคลุมมากกว่าการพิจารณาเกณฑ์ค่าใดค่าหนึ่ง สำหรับเกณฑ์ค่าความแม่นยำเป็นค่าที่บอกความถูกต้องในภาพรวมและไม่สามารถบอกประสิทธิภาพการทำนายแยกตามหมวดหมู่ได้ เป็นที่น่าสนใจว่าอัลกอริทึมทั้งหมดในงานวิจัยนี้ให้ค่าความถูกต้องในการทำนายสำหรับทุกเกณฑ์สูงมากกว่าร้อยละ 85

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการปริญญาตรีภาคพิเศษหลักสูตรวิทยาการประกันภัย สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยและขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา ที่สนับสนุนเวลาให้นักวิจัยทำวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ชุลีกร แต่โศภาพงษ์. บทบาทของการใช้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ (Data Analytics) ในการตรวจสอบการฉ้อฉลในประกันภัย. วารสารประกันภัย 2558;127:9-14.
2. Belhadji EB, Dionne G, Tarkhani F. A Model for the Detection of Insurance Fraud. Geneva Pap Risk Insur Issues Pract 2000;25(4):517-38.
3. Roy R, George KT. Detecting insurance claims fraud using machine learning techniques. In: Proceeding of the 2017 International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT), April 20-21, 2017, Kollam, India. Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2017. p. 1-6.
4. สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย. สรุปผลแบบสำรวจความคิดเห็นต่อสภาวะความเสี่ยงและทิศทางการดำเนินธุรกิจประกันภัยปี 2565 (TIPeR). [อินเตอร์เน็ต]. 2565. [เข้าถึงเมื่อ 30 ธ.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://www.oic.or.th/th/consumer/92762
5. Kowshalya G, Nandhini M. Predicting Fraudulent Claims in Automobile Insurance. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT 2018), April 20-21, 2018, Coimbatore, India. Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2018. p. 1338-43.
6. Moon H, Pu Y, Ceglia, C. A Predictive Modeling for Detecting Fraudulent Automobile Insurance Claims. Theor Econ Lett 2019;9:1886-900.
7. กฤษณา ศักดิวรพงศ์. การฉ้อฉลในการใช้สิทธิเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนในธุรกิจประกันวินาศภัย. วิทยานิพนธ์นิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2551.

8. พราวนภัส จันทร์วดี. นิติเศรษฐศาสตร์ว่าด้วยการฉ้อฉลประกันภัย: กรณีศึกษา คนเดินเท้าแกล้งก่ออุบัติเหตุเพื่อเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน. การค้นคว้าอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติเศรษฐศาสตร์การค้าระหว่างประเทศ, คณะนิติศาสตร์และคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี; 2559.

9. Wang Y, Xu W. Leveraging deep learning with LDA-based text analytics to detect automobile insurance fraud. Decis Support Syst 2018;105(1):87-95.

10. Simmachan T, Manopa W, Neamhom P, Poothong A, Phaphan W. Detecting Fraudulent Claims in Automobile Insurance Policies by Data Mining Techniques. Thailand Stat 2023;(in press).

11. Abdelhadi S, Elbahnasy K, Abdelsalam MA. Proposed model to predict auto insurance claims using machine learning techniques. J Theor Appl Inf Technol 2020;98(22):3428-37.

12. Aksoy S, Haralick RM. Feature normalization and likelihood-based similarity measures for image retrieval. Pattern Recognit Lett 2001;22(5):563-82.

13. Ioffe S, Szegedy C. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. In: Proceedings of the 32nd International conference on machine learning, July 7-9, 2015, Lille, France. PMLR; 2015. p. 448-56.

14. Mauša G, Galinac Grbac T, Bašić BD. Multivariate logistic regression prediction of fault-proneness in software modules. In: 2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO, May 21-25, 2012, Opatija, Croatia. Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2012. p. 698-703.

15. Tom M. Mitchell: Machine Learning. Burr Ridge 1997;45(37):870-77.

16. Patil TR, Sherekar S. Performance analysis of Naive Bayes and J48 classification algorithm for data classification. Int J Comput Sci Appl 2013;6(2):256-61.

17. Jitboonyapinit C, Maneerat P, Chirawichitchai N. การพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ความรู้สึกบนสื่อสังคมออนไลน์ไทยโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก. ว. วิทย. เทคโน. หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 2565;8(2),8-18.

18. กมล บุษบา, มทนาลัย สุดสายสาคร, ภัณฑิรา เตชะพรสิน, สรัลพร โกมลทองทิพย์. การเปรียบเทียบการทำนายการต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ ประเภท 1 ระหว่างตัวแบบป่าสุ่มและตัวแบบบูสต์ติงปรับได้. TSTJ 2564;10(2):124-34.

19. สุภัสสรา สมเจตนา, จารี ทองคำ. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคเหมืองข้อมูลในการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกความคิดเห็นของผู้ปกครองต่อการใช้สมาร์ทโฟนของบุตร. ววท.มอบ. 2564;23(1):21-30.

20. Vanishkorn B, Supanich W. Crash Severity Classification Prediction and Factors Affecting Analysis of Highway Accidents. In: Proceedings of the 9th International Conference on Advanced Informatics: Concepts, Theory and Applications (ICAICTA 2022), September 28-29, 2022, Tokoname, Japan. Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2022. p. 1-6.

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ความเป็นพิษต่อเซลล์และการทำให้ดินสอพองปราศจากเชื้อ

Physicochemical properties, cytotoxicity, and marl sterilization

วิชาญ จันทร์วิทยานุชิต[1*] ปวีณา ว่องตระกูล[1] พรปวีร์ โพนสิม[1] สมหญิง งามอุรุเลิศ[2] สุวรรณา เสมศรี[2] และ อิสยา จันทร์วิทยานุชิต[2]

[1]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540

[2]คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540

Wicharn Janwitayanuchit[1*], Paveena Wongtrakul[1], Pornphawee Ponsim[1], Somying Ngamurulert[2], Suwanna Semsri[2] and Isaya Janwitayanuchit[2]

[1]Faculty of Pharmaceutical Sciences, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn, 10540

[2]Faculty of Medical Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn, 10540

***Corresponding author**: wicharnj@yahoo.com

Received: 1 May 2023/ Revised: 6 June 2023/ Accepted: 10 June 2023

บทคัดย่อ

ดินสอพองหรือดินมาร์ลเป็นผงละเอียดสีขาวพบมากที่จังหวัดลพบุรี มีคุณสมบัติเป็นด่าง pH 8.3 ± 0.01 มีความหนาแน่นรวม 1.000±0.076 กรัมต่อมิลลิลิตร ความชื้น 0.81±0.097 กรัมต่อมิลลิลิตร เวลาในการดูดซับน้ำมัน 0.24±0.026 นาที และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 0.42±0.02 กรัมต่อกรัม การศึกษาการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในดินสอพองด้วยตู้อบลมร้อน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในดินสอพอง คืออบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่สะดวกและมีประสิทธิภาพสูง การศึกษาความเป็นพิษของดินสอพอง โดยใช้เซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยง HaCaT พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดินสอพองไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ และเมื่อนำดินสอพองที่มีการลดขนาดอนุภาคไปศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ พบว่าดินสอพองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 3-15 ไมโครเมตร ยังคงไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ ดินสอพองมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดี ราคาถูก จึงเหมาะที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: ดินสอพอง คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ความเป็นพิษต่อเซลล์ การทำให้ปราศจากเชื้อ

Abstract

Marl, found mostly in Lopburi province, is white fine powder. It has alkaline property, pH 8.3 ± 0.01, a bulk density 1.000 ± 0.076 g/mL, moisture content 0.81 ± 0.097 g/mL, oil absorption time 0.24 ± 0.026 min. and oil absorption capacity 0.42 ± 0.02 g/g. A study on the removal of microbial contamination in marl by hot air oven revealed that the optimum conditions for killing all microorganisms was drying at 130 °C for 30 min., which was a convenient and efficient method. Cytotoxicity of marl was studied on HaCaT cells, it was found that marl had no cytotoxicity at a concentration of 500 µg/mL. Cytotoxicity test using marl with a diameter in the range of 3-15 micrometers also showed no toxicity. Due to its good physicochemical properties and cheap, marl is suitable for further development for commercial use.

Keyword: Marl, physicochemical properties, cytotoxicity, sterilization

บทนำ

ดินสอพองหรือดินมาร์ลเกิดจากการผุพังของหินปูน แล้วถูกน้ำพามาสะสมอยู่ตามเชิงเขาหรือบริเวณแอ่งที่ลุ่ม ลักษณะทั่วไปของดินสอพองคล้ายดินขาวที่โครงสร้างเป็นชั้นบางๆ มีรูพรุนเนื้อร่วนซุย แหล่งผลิตดินสอพองที่ใหญ่ที่สุดในประเทศอยู่ที่ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เมื่อบีบน้ำมะนาวซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดลงไปในดินสอพองจะเกิดฟองฟู่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จนดูเหมือนว่าดินนั้นพองตัว จึงเรียกดินดังกล่าวนี้ว่า “ดินสอพอง” ดินสอพองถูกนำมาใช้ผสมเครื่องหอมหรือน้ำอบ ใช้เป็นแป้งทาตัวคลายร้อน ใช้ในการรักษาผด ผื่นคัน และอาจใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟันสูตรสมุนไพร สรรพคุณอื่นๆของดินสอพอง เช่น นำมาผสมกับสมุนไพรใช้ในการขัดผิว ขัดตัว พอกหน้า ช่วยให้ผิวพรรณสดใส ลดความมันบนใบหน้า นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณในการแก้ฟกช้ำ เขียว บวม โดยการเอาดินสอพองละลายกับน้ำมะกรูดให้ข้น พอกตรงรอยที่เจ็บ [1] ปัจจุบันมีการนำดินสอพองมาใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรม สุขภาพ เครื่องสำอาง และใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่นเดียวกับคาโอลิน (kaolin) ทัลคัม (talcum) เบนโทไนต์ (bentonite) ฯลฯ ซึ่งเป็นแร่ดินที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ [2-3] อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตดินสอพองส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่ยังไม่ถูกสุขลักษณะเพียงพอ อาจมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาวิธีการกำจัดสิ่งปนเปื้อนโดยเฉพาะจุลินทรีย์ต่างๆ ในดินสอพอง ความเป็นพิษต่อเซลล์และคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ โดยเฉพาะความสามารถในการดูดซับความมัน เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ และลดการนำเข้าแร่ดินต่างๆ จากต่างประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินสอพอง

ผงดินสอพองที่ทำการศึกษาเป็นผงดินสอพองจากผู้จำหน่ายในจังหวัดลพบุรี มีลักษณะเป็นผงละเอียด ร่วน สีขาวนวล ไม่มีกลิ่น สังเกตไม่พบสิ่งเจือปน นำผงดินสอพองมาทำการลดขนาดด้วยเครื่องบด เพื่อศึกษาขนาดอนุภาค ความหนาแน่น ปริมาณน้ำในผงดินสอพองหรือความชื้น ความสามารถและเวลาในการดูดซับน้ำมัน

การลดขนาดของดินสอพอง

การลดขนาดอนุภาคของผงดินสอพองทำโดยการใช้เครื่องบดผสมลดขนาดแบบลูกบอล (Mixer Mill MM 200, Retsch, Germany) ชั่งผงดินสอพอง จำนวน 5 กรัม บรรจุลงในโถสแตนเลส ใส่ลูกบอลสแตนเลสขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 6 ลูก ตั้งความถี่ของการบดที่ 25 เฮิรตซ์ ใช้เวลาในการบด 40, 50, 60 และ 90 นาที

การวัดขนาดอนุภาค

ลักษณะและขนาดของผงดินสอพอง ประเมินโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Nikon Eclipse E200, Japan) ทำการวัดขนาดอนุภาคของผงตัวอย่าง จำนวน 200 อนุภาค แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยจากซอฟต์แวร์

การทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่าง

เตรียมสารละลายตัวอยางดินสอพองรอยละ 10 โดยปริมาตร วัดความเปนกรด-ดางด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

การวัดความหนาแน่นรวม

การประเมินความหนาแน่นรวม (bulk density) ของผงตัวอย่าง (ดินสอพอง ทัลคัม คาโอลิน เบนโทไนต์) โดยปรับจากวิธีมาตรฐานตาม US pharmacopeia [4] โดยการนำผงตัวอย่าง จำนวน 5 กรัม บรรจุลงในกระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นยกกระบอกตวงสูงจากโต๊ะ 1 นิ้ว แล้วปล่อยลงในลักษณะตั้งตรง ทำจำนวน 3 ครั้ง อ่านปริมาตรจากกระบอกตวง แล้วนำไปคำนวณความหนาแน่น จากสูตร ความหนาแน่นเท่ากับน้ำหนักหารปริมาตรผงยา ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

การวัดปริมาณน้ำ (ความชื้น)

การวัดหาปริมาณน้ำในผงตัวอย่างทำได้โดยการใช้เครื่องวัดความชื้น (digital moisture analyzer Ohaus, USA) ชั่งสารตัวอย่าง (ดินสอพอง ทัลคัม คาโอลิน เบนโทไนต์) จำนวน 1 กรัม บนถาดอะลูมิเนียมก่อนและหลังการเปิดหลอดไฟฮาโลเจน น้ำหนักสารที่หายไปเป็นน้ำหนักน้ำที่อยู่ในผงสารตัวอย่าง

การวัดความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

การทดสอบความสามารถของผงสารตัวอย่างในการดูดซับน้ำมันทำได้โดยการปรับจากวิธีมาตรฐานที่ระบุไว้ใน ASTM D281-95 สำหรับการทดสอบการดูดซับน้ำมันของพิกเมนต์ (pigment) [5] โดยการเทผงสารตัวอย่าง (ดินสอพอง ทัลคัม คาโอลิน เบนโทไนต์) จำนวน 3 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นค่อยๆ หยดไอโซโพรพิลมัยริสเตด (isopropyl myristate) ทีละหยดลงบนผงสารตัวอย่าง ใช้แท่งแก้วช่วยในการคนผสม หยดน้ำมันจนกว่าผงสารตัวอย่างมีลักษณะเป็นเพสท์ (paste) ที่กระจายอย่างสม่ำเสมอ ความสามารถในการดูดซับความมันของสารตัวอย่างคำนวณได้จากน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ หารด้วยน้ำหนักของสารตัวอย่างตั้งต้น (กรัมต่อกรัม) ทำการทดสอบ 3 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง

การวัดความเร็วในการดูดซับน้ำมัน

ชั่งผงสารตัวอย่าง (ดินสอพอง ทัลคัม คาโอลิน เบนโทไนต์) จำนวน 5 กรัม ใส่ในขวดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร ทำผงยาให้แน่นโดยการเคาะผงยา 3 ครั้งให้ผิวหน้าเรียบ ชั่งไอโซโพรพิลมัยริสเตด จำนวน 1.5 กรัม แล้วเทลงบนผงสารตัวอย่าง จับเวลาตั้งแต่เทน้ำมันลงบนสารตัวอย่างจนน้ำมันถูกดูดซับหมดจากผิวหน้าสารตัวอย่าง ทำการทดสอบ 3 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง

2. การศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในดินสอพองด้วยตู้อบลมร้อน

นำดินสอพองไปตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยวิธี standard plate count ก่อนการอบฆ่าเชื้อและหลังการอบฆ่าเชื้อด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 200, 150, 130 และ 120 องศาเซลเซียส

2.1 การตรวจสอบจุลินทรีย์ในดินสอพอง [6-7]

1. การเตรียมตัวอย่าง ชั่งตัวอย่างดินสอพองชุดละ 10 กรัม ใช้สำหรับการทดสอบหาปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา นำดินสอพอง ไปอบฆ่าเชื้อด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 200, 150, 130 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2. การเจือจางตัวอย่าง เติมดินสอพอง 10 กรัม ลงใน Tryptic soy broth (TSB) 90 มิลลิลิตร ที่ผสม 0.1% tween 80 จากนั้นนำไปเจือจางตัวอย่างตามลำดับ ๆ ละ 10 เท่า ด้วย TSB โดยปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ใน TSB 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 (initial suspension) ปิเปตตัวอย่างจากหลอดที่เจือจาง 1:10 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน TSB 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง $1:10^{-2}$ ทำเช่นนี้ต่อไปจนได้ตัวอย่างเจือจาง $1:10^{-5}$ สำหรับการทดสอบหาปริมาณยีสต์และรา เปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อจาก TSB เป็น Sabouraud dextrose broth (SDB)

2.2. การตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ โดยวิธี spread plate

ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้า Trypticase soy agar (TSA) สำหรับแบคทีเรีย และ Sabouraud dextrose agar (SDA) สำหรับยีสต์และรา แต่ละระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ (duplicate) ใช้แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ เกลี่ยให้ทั่วจนกระทั่งผิวหน้าของวุ้นแห้ง สำหรับ TSA บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 24-48 ชั่วโมง โดยคว่ำจานเพาะเชื้อ สำหรับ SDA บ่มที่ 25 องศาเซลเซียส 5 วันโดยไม่ต้องคว่ำจานเพาะเชื้อ เมื่อครบ 5 วัน ถ้าไม่มีการเจริญของเชื้อให้บ่มต่ออีก 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อที่มีเชื้อเจริญ 30-300 โคโลนี สำหรับเชื้อที่เจริญบน TSA และ 10-150 โคโลนีสำหรับเชื้อที่เจริญบน SDA

2.3. การคำนวณ

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด = (จำนวนโคโลนี/ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้) x dilution factor

(dilution factor = ส่วนกลับความเจือจางของจานเพาะเชื้อที่สามารถนับโคโลนี) หน่วยเป็น โคโลนีต่อกรัม

3. การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ [8]

3.1 การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ

1. การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบแบบ supernatant โดยการชั่งสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ 0.5 กรัม เติม dimethyl sulfoxide (DMSO) 1 มิลลิลิตร ผสมสารด้วย vortex mixer นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เมื่อครบเวลาดูดเก็บส่วนใส เรียกสารทดสอบนี้ว่า supernatant

2. การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบแบบ whole solution โดยการชั่งสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ 0.5 กรัม เติม DMSO 1 มิลลิลิตร ผสมสารด้วย vortex mixer นาน 1 นาที หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง เรียกสารทดสอบนี้ว่า whole solution

3.2 ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยง (Human Keratinocyte Cell Line, HaCaT cells) ด้วยวิธี MTT assay

นำเซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยงชนิด HaCaT ปั่นล้างด้วย phosphate buffer saline (PBS) จำนวน 3 รอบ คำนวณเซลล์ให้มีปริมาณ 1.0×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเซลล์ Dulbecco's modified eagle medium (DMEM) ที่มีร้อยละ 10 ของ fetal bovine serum (FBS) โดยเติมลงในจานอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิด 96 หลุมๆ ละ 100 ไมโครลิตร เพาะเลี้ยงในตู้ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา เติมสาร

ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (โดยชุดการทดสอบมีความเข้มข้นของ DMSO ร้อยละ 1 และมีความเข้มข้นของสารทดสอบ 31.25, 62.5, 125, 250, 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) นำไปบ่มในตู้ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เติมสารละลาย MTT dye และบ่มในตู้ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นคว่ำจานอาหารเลี้ยงเซลล์ แล้วซับอาหารเลี้ยงเซลล์ออกให้หมดด้วยกระดาษทิชชู ให้เหลือเฉพาะผลึกฟอร์มาซาน (formazan) ที่ก้นหลุม เติม DMSO เพื่อละลายผลึกฟอร์มาซาน และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 และ 620 นาโนเมตร และคำนวณร้อยละของเซลล์ที่มีชีวิตรอด (% cell viability) จากสูตรดังนี้

% Cell viability = (Absorbance ของหลุมทดสอบ×100) / Absorbance ของหลุม vehicle control

และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้เซลล์มีชีวิตรอดร้อยละ 50 (IC_{50})

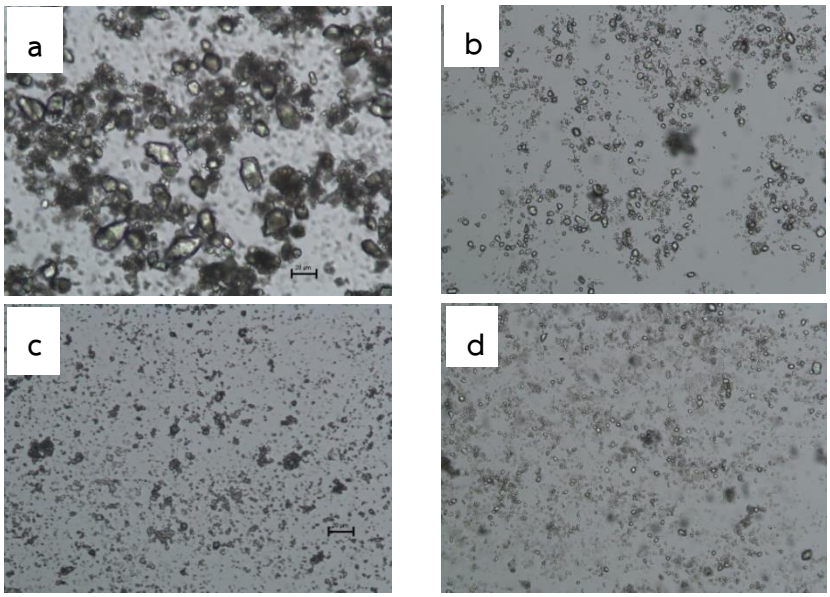
4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แสดงข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) วัดค่าคุณสมบัติต่างๆ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยการทดสอบ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS®

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางกายภาพของดินสอพอง

การลดขนาดดินสอพองด้วยเครื่องบดผสมแบบลูกบอล ด้วยเวลาต่างๆ และวัดขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์ ได้ผลดังภาพที่ 1 การลดขนาดโดยใช้แรงกระแทกและแรงเสียดสีของลูกเหล็กจากการสั่นตามแนวราบของเครื่องบดผสม สามารถลดขนาดอนุภาคดินสอพองให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดประมาณ 3 ไมโครเมตร ที่เวลา 90 นาที โดยที่ดินสอพองยังคงมีลักษณะเป็นผงละเอียดและมีขนาดอนุภาคค่อนข้างสม่ำเสมอ ถ้าใช้เวลาบดผสมนานกว่า 90 นาที จะทำให้ผงดินสอพองบางส่วนหลอมรวมติดกันเป็นก้อนและเกาะติดกับผนังของโถสแตนเลส



ภาพที่ 1 ภาพดินสอพองจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า : a) ระยะเวลาบด 40 นาที b) ระยะเวลาบด 50 นาที c) ระยะเวลาบด 60 นาที d) ระยะเวลาบด 90 นาที

การศึกษาความหนาแน่นรวม ความชื้น เวลาและความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ผลการศึกษาความหนาแน่นรวม ความชื้น เวลาและความสามารถในการดูดซับน้ำมันเปรียบเทียบกับแร่ดินบางชนิด แสดงดังตารางที่ 1 จากตารางพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนาแน่นรวม ความชื้น ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของสารทดสอบทั้ง 4 ชนิดจะแตกต่างกัน ดินสอพองมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าแต่มีความชื้นและความสามารถในการดูดซับน้ำมันต่ำกว่าคาโอลินและเบนโทไนต์ ในขณะที่ผงคาโอลินมีความหนาแน่นรวมต่ำที่สุดแต่จะดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุด ทัลคัมเป็นสารที่มีความชื้นต่ำที่สุดและมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันใกล้เคียงกับเบนโทไนต์ อย่างไรก็ตามความสามารถในการดูดซับน้ำมันของดินสอพองจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นรวม ความชื้น เวลาและความสามารถในการดูดซับน้ำมันของสารทดสอบ

ตัวอย่าง	ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ความชื้น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	การดูดซับน้ำมัน (กรัมต่อกรัม)	เวลาในการดูดซับน้ำมัน (นาที)
ดินสอพอง	1.000 ± 0.076^{a}	0.81 ± 0.097^{a}	0.24 ± 0.026^{a}	0.42 ± 0.029^{a}
ทัลคัม*	0.554 ± 0.011^{b}	0.33 ± 0.055^{b}	0.36 ± 0.047^{b}	0.28 ± 0.063^{b}
คาโอลิน*	0.361 ± 0.011^{c}	1.10 ± 0.268^{c}	0.53 ± 0.047^{c}	0.20 ± 0.093^{c}
เบนโทไนต์*	0.709 ± 0.013^{d}	1.74 ± 0.200^{d}	0.38 ± 0.025^{d}	0.79 ± 0.299^{d}

หมายเหตุ *เกรดเครื่องสำอาง, อักษรที่กำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของดินสอพองขนาดอนุภาคต่างๆ

ตัวอย่าง	เวลาที่ใช้บด (นาที)	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)	การดูดซับน้ำมัน (กรัมต่อกรัม)
1	0	54.96 ± 26.68^{a}	0.19 ± 0.023^{a}
2	40	15.21 ± 10.35^{b}	0.23 ± 0.036^{b}
3	50	8.15 ± 6.35^{c}	0.24 ± 0.020^{c}
4	60	4.64 ± 3.20^{d}	0.24 ± 0.026^{c}
5	90	3.32 ± 1.66^{e}	0.26 ± 0.198^{d}

หมายเหตุ อักษรที่กำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ศึกษาการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ของดินสอพองด้วยตู้อบลมร้อน

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเวลา 30 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก่อนและหลังการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3

ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างดินสอพองก่อนการอบฆ่าเชื้อและดินสอพองหลังการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ ในช่วง 120 ถึง 200 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิ 200, 150, 130 และ 120 องศาเซลเซียส) ด้วยตู้อบลมร้อนใช้เวลา 30 นาที พบว่าสามารถตรวจพบจุลินทรีย์ในดินสอพองที่ไม่ผ่านการอบและอบที่อุณหูมิ 120 องศาเซลเซียส แต่ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์เมื่ออบที่อุณหภูมิตั้งแต่ 130 ถึง 200 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3 ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก่อนและหลังการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ

อาหารที่ใช้ทดสอบ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้อบดินสอพองเป็นเวลา 30 นาที	ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัม)				
		เจือจาง 10^{-1}	เจือจาง 10^{-2}	เจือจาง 10^{-3}	เจือจาง 10^{-4}	เจือจาง 10^{-5}
TSA	200	NG	NG	NG	NG	NG
	150	NG	NG	NG	NG	NG
	130	NG	NG	NG	NG	NG
	120	3.1×10^{3}	1.1×10^{4}	0	0	0
	ไม่ผ่านการอบ	1.4×10^{4}	2.5×10^{4}	6.0×10^{4}	0	0
SDA	200	NG	NG	NG	NG	NG
	150	NG	NG	NG	NG	NG
	130	NG	NG	NG	NG	NG
	120	5.0×10^{2}	0	0	0	0
	ไม่ผ่านการอบ	1.2×10^{3}	0	0	0	0

* NG = No growth

3. การศึกษาความเป็นพิษของดินสอพองขนาดอนุภาคต่างๆ และแร่ดิน ต่อเซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยงชนิด HaCaT

จากการศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยงชนิด HaCaT ของดินสอพองที่มีขนาดอนุภาค 3.32, 4.64, 8.15, 15.21 และ 54.96 ไมโครเมตร เปรียบเทียบกับ คาโอลิน ทัลคัมและเบนโทไนต์ พบว่าสารทดสอบที่ใช้ในรูปแบบ supernatant และสารละลาย whole solution จะเกิดสีม่วงขึ้นทุกระดับความเข้มข้นและเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและคำนวณร้อยละของเซลล์ที่มีชีวิตรอด พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารทดสอบที่ใช้เซลล์ HaCaT ยังคงมีชีวิตรอดมากกว่าร้อยละ 50 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของสารชนิดต่างๆ ต่อการมีชีวิตรอดกับเซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยงชนิด HaCaT

สาร	ความเป็นพิษ (IC_{50}) ต่อเซลล์ HaCaT (μg/mL)	
	Supernatant	Whole solution
ดินสอพอง*	> 500 ± 0.00	> 500 ± 0.00
คาโอลิน	> 500 ± 0.00	> 500 ± 0.00
ทัลคัม	> 500 ± 0.00	> 500 ± 0.00
เบนโทไนต์	> 500 ± 0.00	> 500 ± 0.00

หมายเหตุ: *ขนาดอนุภาค 3.32-54.96 ไมโครเมตร

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ดินสอพอง มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวที่มีส่วนประกอบหลักเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตประมาณร้อยละ 96 และมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ซิลิกอนออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ มีการนำดินสอพองมาใช้ประโยชน์มากมายในทางเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง เช่น มีรายงานวิจัยการนำดินสอพองไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์สมุนไพรพอกหน้า พบว่าอาสาสมัครจำนวน 100 คน พอใจกับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น [9] นอกจากนี้มีรายงานวิจัยการนำดินสอพองไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มใบเตยดินสอพองของกลุ่มอาชีพผู้ผลิตไข่เค็มจังหวัดลพบุรี เพื่อใช้ดินสอพองดูดซับความเค็มของไข่เค็มและสร้างเอกลักษณ์ให้กับสินค้า [10] การประยุกต์ใช้ดินสอพองในงานหัตถศิลป์ไทย โดยการนำดินสอพองไปปั้นและแกะเป็นลวดลายไทยทดแทนการใช้รักหรือชัน และนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปถ่ายทอดเทคโนโลยีกระบวนการผลิตสู่ชุมชนและผู้สนใจ [11] การนำดินสอพองไปใช้เร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซลโดยการเผาดินสอพองที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส นาน 5.50 ชั่วโมง เพื่อเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนตทีมีปริมาณสูงในดินสอพองให้เป็นแคลเซียมออกไซด์ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว [12] มีรายงานวิจัยศึกษาคุณสมบัติการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตของดินสอพอง พบว่าดินสอพองสามารถสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเลตได้ โดยดินสอพองจะสะท้อนรังสี UVA (320-400 nm) ได้ดีกว่ารังสี UVB (290-320 nm) และผงดินสอพองที่มีอนุภาคขนาดเล็กจะสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดีกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ [13] ผลการศึกษาวิจัยในที่นี้พบว่าดินสอพองมีคุณสมบัติเป็นด่าง pH 8.3 ± 0.01 เมื่อนำดินสอพองมาเปรียบเทียบความหนาแน่นรวม ความชื้น การดูดซับและเวลาในการดูดซับน้ำมันกับแร่ดินชนิดอื่นๆ ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง ได้แก่ คาโอลิน เบนโทไนต์และทัลคัม พบว่าคาโอลินและเบนโทไนต์มีคุณสมบัติคล้ายกัน มีความชื้นสูง และดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าดินสอพอง โดยที่คาโอลินมีความชื้นน้อยกว่าและดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าเบนโทไนต์ เนื่องจากทั้งคาโอลินและเบนโทไนต์มีองค์ประกอบหลักเป็นอลูมิเนียมซิลิเกตเช่นเดียวกัน แต่เบนโทไนต์มีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างซับซ้อนมากกว่า ส่วนทัลคัมหรือทัลค์มีองค์ประกอบหลัก คือแมกนีเซียมซิลิเกต สูตรทางเคมีคือ $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ เป็นผงละเอียดสีขาวนวล มีความหนาแน่นรวมและความชื้นต่ำกว่าดินสอพองแต่มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันดีกว่า ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางจะใช้ทัลคัมและคาโอลินเป็นส่วนผสมของแป้งผัดหน้าโดยทัลคัมทำให้ผิวขาวและลื่น ไม่ค่อยติดผิวและทำให้เป็นเงาเลื่อมสะท้อนแสง การใช้คาโอลินร่วมกับทัลคัมจะช่วยดูดซับความมันทำให้ทึบแสงและกลมกลืนกับผิวดีขึ้น การใช้ดินสอพองร่วมด้วยจะช่วยให้แป้งติดผิวได้ดีขึ้น ดินสอพองที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมักจะมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พ.ศ. 2560 ซึ่งกำหนดไว้ว่าจำนวนรวมของแบคทีเรีย ยีสต์และราที่เจริญเติบโตโดยใช้อากาศ (Total aerobic plate count) ที่ตรวจพบจะต้องไม่เกิน 1,000 โคโลนีต่อกรัม [14] การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในดินสอพองทำได้หลายวิธี เช่น อาจจะใช้ความร้อนจากเครื่องสตุหรือใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนพลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากฟอสซิล [15] ศูนย์ฉายรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ได้ประยุกต์ใช้รังสีแกมมาฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในดินสอพอง พบว่ามีประสิทธิภาพดีมากโดยสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้จนเกือบหมดและผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. [16] การศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในดินสอพองในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้อบวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ให้แห้งและสามารถทำให้ปราศจากเชื้อได้ [17] การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์จากจานเพาะเลี้ยงใช้วิธี standard plate count ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการนับจำนวนจุลินทรีย์มีชีวิตทั้งหมดที่เจริญบนอาหารวุ้นในสภาวะที่มีอากาศ ทำการแยกและจำแนกชนิดของแบคทีเรียโดยเพาะเชื้อในจานเพาะเชื้อตามลักษณะโคโลนี รูปร่างและปฏิกิริยาทางชีวเคมี พบว่าดินสอพองที่ไม่ผ่านการอบหรืออบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จะตรวจพบจุลินทรีย์ปนเปื้อนหลายชนิด เช่น เชื้อ *Coagulase negative Staphylococci,* เชื้อ *Gram positive bacilli* รวมทั้งยีสต์และรา ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในดินสอพอง สามารถทำได้โดยใช้ความร้อนแห้งจากการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดจุลินทรีย์ที่สะดวก ราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูง การศึกษา

ความเป็นพิษของดินสอพองในงานวิจัยนี้เลือกใช้เซลล์ผิวหนังเพาะเลี้ยง HaCaT ซึ่งเป็นเซลล์ต้นแบบการศึกษาวิจัยสารที่ต้องใช้หรือสัมผัสกับเซลล์ผิวหนังโดยวิธี MTT assay ซึ่งเป็นวิธีตรวจสอบความเป็นพิษโดยเอ็นไซม์ในเซลล์ที่มีชีวิตจะรีดิวซ์สาร 3-[4, 5-Dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) ที่มีสีเหลืองให้เป็นผลึกฟอร์มาซานที่มีสีม่วง ดังนั้นจึงใช้ฟอร์มาซานที่เกิดขึ้นแสดงถึงความมีชีวิตของเซลล์ได้ โดยเซลล์ที่มีชีวิตจะมีสีม่วง ซึ่งสามารถนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำมาคำนวณร้อยละของเซลล์ที่มีชีวิตรอด ผลการศึกษาเมื่อใช้ดินสอพอง ทัลคัม คาโอลิน และเบนโทไนต์ ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเซลล์เพาะเลี้ยง HaCaT ยังคงมีชีวิตรอดมากกว่าร้อยละ 50 ในงานวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถใช้ความเข้มข้นของสารทดสอบสูงกว่า 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านสารที่ใช้ทดสอบมีการละลายในตัวทำละลายต่ำมาก และเมื่อนำดินสอพองที่มีการลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับเซลล์และเพิ่มการละลายในตัวทำละลายไปศึกษาความเป็นพิษ พบว่าดินสอพองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วงประมาณ 3-15 ไมโครเมตร ยังคงไม่เป็นพิษต่อเซลล์ HaCaT ที่ความเข้มข้นดังกล่าว อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้เป็นการทดสอบความเป็นพิษเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยความเป็นพิษต่อเซลล์ด้วยวิธีอื่นๆ หรือนำไปทดสอบการระคายเคืองต่อผิวหนังในสัตว์ทดลองหรือผิวหนังของอาสาสมัครเพิ่มเติม นอกจากนี้ควรนำดินสอพองไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเปรียบเทียบกับแร่ดินชนิดอื่นๆ เพื่อศึกษาข้อดีข้อเสียของดินสอพอง ซึ่งจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการนำดินสอพองมาพัฒนาต่อยอดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเภสัชศาสตร์และคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือวิจัย ขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่ได้จัดสรรงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. ดินสอพอง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2558.
2. López GA, Viseras C. Pharmaceutical and cosmetic applications of clays. In: Wypych F, Satyanarayana KG, editors. Clay Surfaces. Fundamentals and Applications. Amsterdam: Elsevier; 2004.
3. López GA, Viseras C, Cerezo P. Compositional, technical and safety specifications of clays to be used as pharmaceutical and cosmetic products. Appl Clay Sci 2007;36:51-63.
4. The United States Pharmacopeia. Bulk density and tapped density of powders. In: United States Pharmacopeia Convention Committee of Revision, editors. United States Pharmacopeia - National Formulary 35th ed. Rockville MD: United States Pharmacopeial Convention; 2012.
5. American Society for Testing and Materials. Standard test method for oil absorption of pigments by spatula rub-out [Internet]. 2002 [cited 2022 Apr 4]. Available from: https://www.kelid1.ir/FilesUp/ASTM_STANDARS_971222/D281.PDF

6. Jo Huang, Hitchins A, Tran T, McCarron J. Bacteriological analytical manual (BAM) for cosmetics [Internet]. 2017 [cited 2022 Jan 12]. Available from: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-23-methods-cosmetics

7. ASEAN Cosmetic Testing Laboratory Committee. Enumeration of aerobic mesophilic bacteria, yeast and mould [Internet]. 2013 [cited 2022 Jan 12]. Available from: https://asean.org/wp-content/uploads/2012/10/ACM-006-Enumeration-Micro_Final-Version-2017.pdf

8. Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival application to proliferation and cytotoxicity assays. J Immunol Method 1983;65:1017-23.

9. ดวงใจ อินทร์ลี, ศุภะลักษณ์ ฟักคำ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรพอกหน้า “งามผิวหน้าตำรับวังสวนสุนันทา”. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครั้งที่ 7 วันที่ 25-26 มีนาคม 2559; กรุงเทพฯ; 2559. หน้า 2776-92.

10. กุลชลี พวงเพ็ชร, โสพิศ คำนวณชัย, เสาวณีย์ ศรีกาณจนารักษ์, ภาณุภัณฑ์ เพิ่มเปี่ยม. การพัฒนาไข่เค็มของกลุ่มอาชีพไข่เค็มใบเตยดินสอพอง ตำบลถนนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่ 2563;21(2):167-83.

11. อรุณี เจริญทรัพย์, หนึ่งฤทัย แจ้งสุวรรณ์, จิราวรรณ ฉายาวัฒน์. การประยุกต์ใช้ดินสอพองในงานหัตถศิลป์ไทย. วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2563;7(2):599-612.

12. มณีรัตน์ น้ำจันทร์, มนธิญา ยิ้มชื่น, ชวิศา ทองคำ, ผกามาศ โตชม, ธนิตา บุญมี, วิชญสิทธิ์ อินทกุศล. การพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาจากดินสอพองสำหรับการผลิตไบโอดีเซล. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2561;13(2):84-98.

13. Benjatikul K, Mahamongkol H, Wongtrakul P. Sunscreen properties of marl. J Oleo Sci 2020;69(1):73-82.

14. สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 453/2560 ดินสอพองแปรรูป. กรุงเทพฯ: 2560.

15. ดวง ทองคำซุ่ย, นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์, วิไล ทองแผ่, รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง. การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในดินสอพองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 วันที่ 8-9 ธันวาคม 2552; นครปฐม; 2552. หน้า 498-506.

16. นฤมล เนรมิตมานสุข, กาญจนา ชาหอม. ดินสอพองปลอดภัยมากขึ้นเมื่อผ่านการฉายรังสีแกมมา. ศูนย์ฉายรังสีสถาบันเทคโนโลยี นิวเคลียร์แห่งชาติ [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 20 ม.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.tint.or.th/download/service/10.3_Article3706.pdf

17. Obayes SAS. Hot air oven for sterilization: definition & working principle [Internet]. 2019 [cited 2023 May 26]. Available from: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3340325

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ใน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วยสาขาวิชาต่าง ๆ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ได้แก่ จุลชีววิทยา ชีววิทยา พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นต้น
2. วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ และสถิติ เป็นต้น
3. วิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ แพทยศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ เภสัชศาสตร์ เทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด พยาบาลศาสตร์ และสาธารณสุขศาสตร์ เป็นต้น
4. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
5. วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

โดยรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัย (research article) และบทความวิชาการ (review article) ทั้งรูปแบบภาษา ไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่ส่งมาจะต้องไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ระหว่างการรอพิจารณาตีพิมพ์จากวารสารวิชาการอื่น

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มีกำหนดออกวารสารปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม ซึ่งจะรับพิจารณาตีพิมพ์ผลงานวิชาการทั้งจากบุคคลภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักเกณฑ์การพิจารณาบทความ

บทความที่ส่งมาพิจารณาควรมีคุณค่าทางวิชาการ โดยผู้เขียนเป็นผู้ทำการทดลอง สร้างสรรค์ หรือเกี่ยวข้องกับงานโดยปราศจากการคัดลอกผลงานวิจัยหรือบทความของผู้อื่นนำเสนอถึงแนวความคิดหรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี และนำไปสู่การพัฒนาหรือเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัย มีความสมบูรณ์ในเนื้อหา ภาษา ตลอดจนความชัดเจนของสมมติฐานหรือวัตถุประสงค์

บทความจะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ จำนวน 3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขบทความ และอาจส่งกลับคืนให้ผู้เขียนแก้ไขเพิ่มเติมหรือพิมพ์ต้นฉบับใหม่ แล้วแต่กรณี เพื่อปรับปรุงบทความให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนการตีพิมพ์ ทั้งนี้ต้นฉบับที่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ของการเขียนที่กำหนดเท่านั้นจึงจะได้รับการพิจารณา และดำเนินการประเมินบทความก่อนการตีพิมพ์

การยอมรับบทความที่จะตีพิมพ์เป็นสิทธิของกองบรรณาธิการ และกองบรรณาธิการไม่รับผิดชอบความถูกต้องของเนื้อหา หรือความถูกต้องของบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ทุกเรื่อง

ข้อกำหนดทั่วไปของการพิมพ์บทความ

1. พิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word for Windows
2. พิมพ์บนกระดาษ A4 หน้าเดียว โดยมีระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว (2.54 เซนติเมตร) และจัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์
3. ใช้ตัวอักษรแบบ TH Sarabun New
4. ระยะห่างของการพิมพ์แบบ 1.5 line space พิมพ์แบบเสมอหน้า-หลัง (justified)
5. การกำหนดขนาดและชนิดตัวอักษร

ข้อความ	ขนาด	ชนิด	การจัดหน้ากระดาษ
ชื่อเรื่อง (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	18	ตัวหนา	กึ่งกลาง
ชื่อผู้เขียน	16	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
ที่อยู่หรือหน่วยงานสังกัดของผู้เขียน	14	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
อีเมลติดต่อเฉพาะผู้เขียนประสานงาน (corresponding author)	14	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
หัวข้อบทคัดย่อ (abstract)	16	ตัวหนา	กึ่งกลาง
หัวข้อเรื่องใหญ่	14	ตัวหนา	ชิดซ้าย
หัวข้อเรื่องย่อย	14	ตัวหนา	ชิดซ้าย
บทคัดย่อ คำสำคัญ เนื้อเรื่อง (วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายและสรุปผลการวิจัย กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง)	14	ตัวปกติ	ชิดซ้ายขวา
คำบรรยายรูปภาพ	14	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
คำบรรยายตาราง	14	ตัวปกติ	ชิดซ้าย

รายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง มีทั้งชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ และสื่อความหมายตรงกับเรื่องที่ทำ สำหรับชื่อภาษาอังกฤษนั้น อักษรตัวแรกของภาษาอังกฤษให้พิมพ์ด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่

2. ชื่อผู้เขียนและสถานที่ทำงาน ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อ-นามสกุลเต็ม ไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ตำแหน่งทางวิชาการ และคุณวุฒิ โดยให้มีการกำกับเลขยกกำลังต่อท้ายชื่อ สำหรับผู้เขียนประสานงาน (corresponding author) ให้ทำเครื่องหมายดอกจันทร์ไว้ท้ายชื่อ พร้อมระบุหมายเลขโทรศัพท์และอีเมล สำหรับชื่อสถานที่ทำงานควรพิมพ์ให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ท้ายชื่อผู้เขียน กรณีมีผู้เขียน จำนวน 2 คน ให้ใช้ “และ/and” คั่น สำหรับผู้เขียนมากกว่า 2 คน ขึ้นไป กรณีภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 ครั้งคั่น กรณีภาษาอังกฤษให้ใส่จุลภาค (,) คั่น และเว้นวรรค 1 ครั้ง ระหว่างแต่ละคน กรณีบทความเป็นรูปแบบภาษาไทย ให้จัดลำดับบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นต้น และกรณีบทความเป็นรูปแบบภาษาอังกฤษ ให้จัดลำดับบทคัดย่อภาษาอังกฤษขึ้นต้น

3. บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยนำเสนอสาระสำคัญของเรื่อง ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์ บทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายและสรุปผลการวิจัย มีความยาวไม่เกิน 250 คำ

4. คำสำคัญ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอย่างละ 3-5 คำ ทั้งนี้ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ

5. เนื้อหา รายละเอียดของการเตรียมต้นฉบับบทความแต่ละประเภทมีดังนี้

5.1 บทความวิจัย (research article) ความยาวไม่เกิน 12 หน้า (รวมเอกสารอ้างอิง ตาราง รูปภาพ และแผนภูมิ)

- **บทนำ** นำเสนอความสำคัญหรือที่มาของปัญหาวิจัย สาระสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นำเสนอไว้ตอนท้ายของบทน

- **วิธีดำเนินการวิจัย** นำเสนอรายละเอียดที่จำเป็นของการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

- **ผลการวิจัย** นำเสนอผลการวิจัยที่สมบูรณ์ ชัดเจน โดยอาจนำเสนอด้วยตาราง แผนภูมิ หรือรูปภาพ พร้อมมีการบรรยายประกอบ

- **อภิปรายและสรุปผลการวิจัย** เป็นการวิเคราะห์ ประเมิน และตีความผลการวิจัยว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ มีการเทียบเคียงผลการวิจัยกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมการอ้างอิงหลักวิชาการหรือทฤษฎี และอาจมีข้อเสนอแนะประเด็นที่ควรทำวิจัยต่อไป

- กิตติกรรมประกาศ แสดงความขอบคุณต่อองค์กรหรือบุคคลที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยหรือให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

- เอกสารอ้างอิง ควรเป็นบทความที่ได้รับการตีพิมพ์หรือกำลังจะได้รับการตีพิมพ์ และระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วน โดยใช้ Vancouver style

5.2 บทความวิชาการ (review article) ความยาวไม่เกิน 12 หน้า (รวมเอกสารอ้างอิง ตาราง รูปภาพ และแผนภูมิ) นำเสนอเนื้อหาทางวิชาการที่ได้จากเอกสารวิชาการทั่วไป สามารถสอดแทรกความคิดเห็นของผู้เขียนที่มีการอ้างอิงจากหลักวิชาการประกอบบทความได้ ประกอบไปด้วย บทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทนำ เนื้อหา บทสรุป และเอกสารอ้างอิง

6. รูปภาพและตาราง

รูปภาพ

ความละเอียดของรูปภาพไม่น้อยกว่า 600 dpi สำหรับภาพขาว-ดำ และไม่น้อยกว่า 300 dpi สำหรับภาพสี ระบุลำดับที่ของรูปภาพ โดยใช้คำว่า “ภาพที่.....” (Figure.....) และคำบรรยายใต้ภาพอยู่ส่วนล่างกึ่งกลางของภาพ ส่วนที่เป็นสัญลักษณ์ให้นำเสนอในส่วนของคำบรรยายใต้ภาพ พร้อมทั้งแนบไฟล์รูปภาพที่ประกอบในเนื้อหาร่วมกับไฟล์เอกสารปกติด้วย

ตาราง

ระบุลำดับที่ของตาราง โดยใช้คำว่า “ตารางที่.....” (Table.....) และคำบรรยายตารางอยู่ส่วนบนชิดขอบซ้ายของตาราง การนำรูปภาพ แผนภูมิ หรือตารางมาอ้างอิงประกอบในบทความจะต้องมีการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลให้ถูกต้องไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น

การเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา

การอ้างอิงในเนื้อหาใช้ระบบ Vancouver style ให้อ้างเลขลำดับที่ที่กำกับชื่อผู้แต่ง โดยระบุเลขลำดับที่ไว้ในวงเล็บท้ายข้อความตามลำดับการอ้างอิงก่อน-หลัง เช่น จิราวรรณ และคณะ [1] พบว่า *Geobacillus stearothermophilus* PTL38 ผลิตเอนไซม์ไลเปสที่สามารถทำงานได้ดีที่ค่าพีเอชเท่ากับ 6.0 และอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 60 องศาเซลเซียส หรือมีการค้นพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูดและกระชายมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อโรคแกรมบวกดีที่สุด [2]

2. การอ้างอิงเอกสารท้ายบทความ

การอ้างอิงท้ายบทความใช้ระบบ Vancouver style โดยเรียงลำดับให้ตรงกับหมายเลขในเอกสารอ้างอิงที่ได้ทำการอ้างอิงในเนื้อหา

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. หนังสือหรือตำรา

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์.

1. สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. พันธุวิศวกรรมเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.

2. Watson JD, Baker TA, Bell SP, Gann A, Levine M, Losick R. Molecular biology of the gene. 5th ed. San Francisco: Pearson Education, Inc.; 2004.

2. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อย่อวารสาร. ปีที่พิมพ์. ปีที่ (ฉบับที่): หน้า.

1. วรางคณา วิเศษมณี, กาญจนา หริ่มเพ็ง. ความเป็นพิษเฉียบพลันและการกลายพันธุ์จากสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน กรณีศึกษาคลองชวดหมัน จังหวัดสมุทรปราการ. วารสาร มฉก. วิชาการ 2554;14(28):153-73.

2. Supakdamrongkul P, Bhumiratana A, Wiwat C. Characterization of an extracellular lipase from the biocontrol fungus, *Nomuraea rileyi* MJ and its toxicity toward *Spodoptera litura*. J Invertebr Pathol 2010;105(3):228-35.

3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา วันที่ เดือน ปี; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

1. วรรณา ศักดิ์สงค์, หิรัญญา จันทร์เกลี้ยง, ปิยาภรณ์ สุภัคดำรงกุล. การศึกษาประสิทธิภาพของเจลล้างมือผสมสารสกัดจากธรรมชาติในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 2 วันที่ 21 มีนาคม 2557. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. กรุงเทพฯ; 2557. หน้า 289-97.

2. Supakdamrongkul P, Wongthong A, Komkaew S. Production and characterization of a novel high-alkaline and thermal stable lipase from *Bacillus* sp. HCU3-2 and potential application as detergent formulation. In: proceedings of the 7th AOHUPO Congress and 9th International Symposium of the Protein Society of Thailand, August 6-8, 2014; Bangkok, Thailand; 2014. p. 259-68.

3. Deci EL, Ryan RM. A motivational approach to self: Integration in personality. In: Dienstbier R, editor. Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation. Lincoln: University of Nebraska Press; 1991. p. 237-88.

4. พจนานุกรม

ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. คำศัพท์; หน้า.

1. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน; 2546. หน้า 1488.

2. Stedmin's medical dictionary. 26th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

5. วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อวิทยานิพนธ์. ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์, ชื่อมหาวิทยาลัย. จังหวัด; ปีที่พิมพ์.

1. อัจฉรา คอประเสริฐศักดิ์. การศึกษาแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสที่มีผลต่อการย่อยสลายน้ำมันและน้ำเสียประเภทไขมันสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2542.

2. Darling CW. Giver of due regard: the poetry of Richard Wilbur. Ph.D. Thesis, University of Conecticut. USA; 1976.

6. หนังสือพิมพ์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ วัน เดือน ปี; หน้า.

1. สายใจ ดวงมาลี. มาลาเรียลาม 3 จว.ใต้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. คม-ชัด-ลึก 7 มิถุนายน 2548; 25.

2. Di Rado A. Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. Los Angeles Time March 15, 1995; p. A3.

7. เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร [ประเภทของสื่อ]. ปีที่พิมพ์ [เข้าถึงเมื่อ]; ปีที่:[หน้า]. เข้าถึงได้จาก: URL ของเว็บไซต์ที่อ้างอิงข้อมูลสืบค้น

1. ธีรเกียรติ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ [อินเตอร์เน็ต]. 2542 [เข้าถึงเมื่อ 13 ก.ค. 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html

2. Macia E, Paris S, Chabre M. Binding of the pH and polybasic C-terminal domains of ARNO to phosphoinositides and to acidic lipids. Biochemistry [Internet].2001 [cited 2004 May 19]. Available from: http://pubs.acs.org/cgibin/article.cgi/bichaw/2001/40/05pdf/bi005123a.pdf

การส่งบทความ

การส่งบทความเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร ให้ผู้เสนอจัดเตรียมต้นฉบับบทความและแบบเสนอบทความ โดยดำเนินการจัดส่งเอกสารดังกล่าวแบบออนไลน์ทางเว็บไซต์ของวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/index ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กำหนดไฟล์เอกสารที่ต้องส่งทั้งแบบ MS Document และ PDF ไฟล์ ประกอบด้วย

1. แบบเสนอบทความ
2. ต้นฉบับบทความ
3. ไฟล์ภาพประกอบบทความ
4. เอกสารแสดงผลลักลอกวรรณกรรม (Plagiarism checking report) เช่น ระบบตรวจสอบอักขราวิสุทธิ์ และ Turnitin
5. เอกสารการขอจริยธรรมงานวิจัย (โดยเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบในคนและสัตว์ทดลอง)

ทั้งนี้หากพบปัญหาในการส่งเอกสารแบบออนไลน์ โปรดติดต่อสอบถามมายังกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

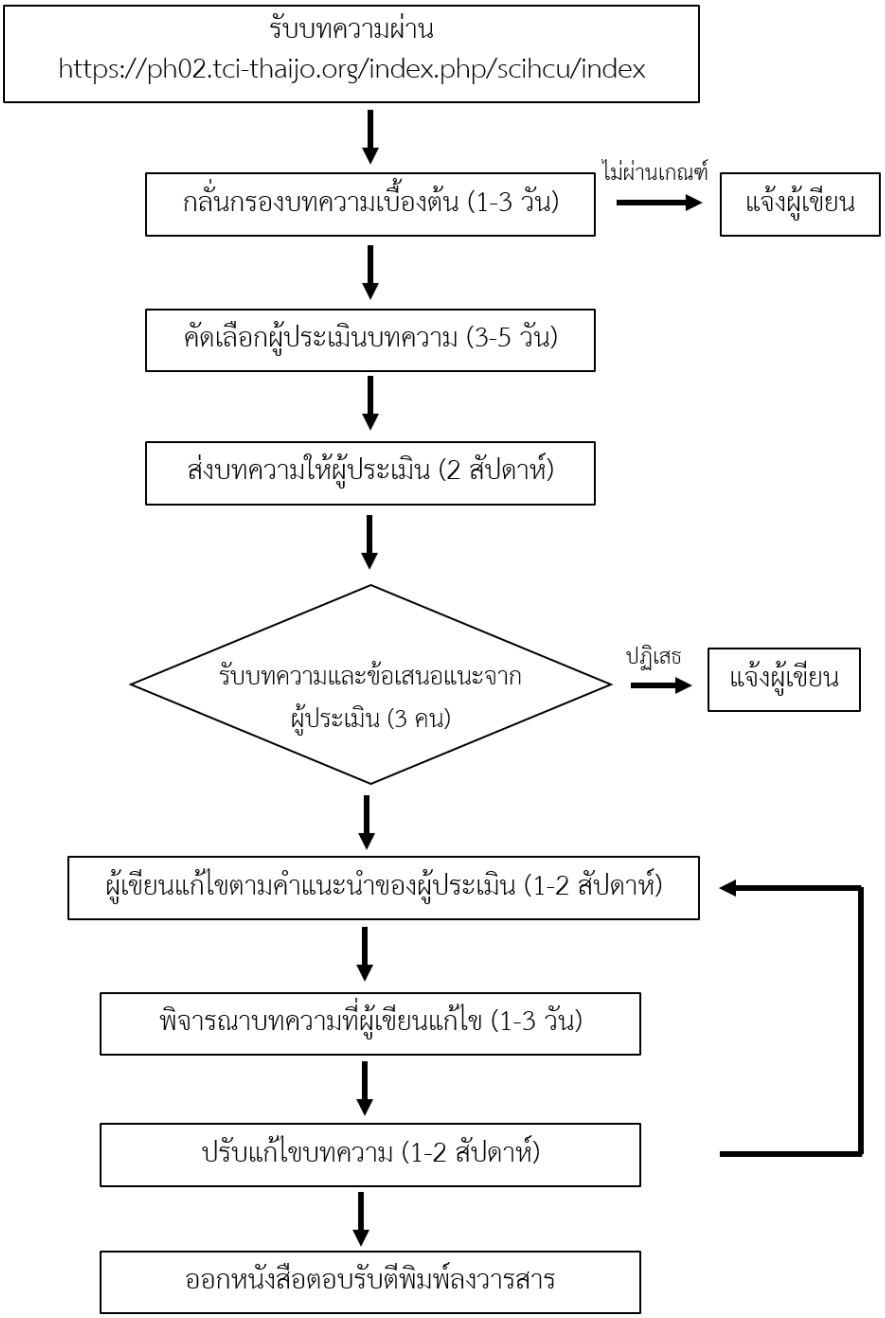
การติดต่อสอบถามข้อมูล

สามารถติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี สมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์ 02-312-6300 ต่อ 1180, 1213 โทรศัพท์มือถือ 084-9091766 อีเมล hcujournal.sci@gmail.com

เว็บไซต์วารสาร: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/index

ขั้นตอนการส่งบทความลงวารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ



เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

แบบเสนอบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ใน

วารสารวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

(Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

30th Anniversary Huachiew Chalermprakiet University

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ข้าพเจา [นาย/นาง/น.ส./ดร./ผศ./รศ./ศ./อื่น (ระบุ)].....

ขอสง ❒ บทความวิจัย ❒ บทความวิชาการ

สาขา ❒ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ❒ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ❒ วิทยาศาสตร์สุขภาพ

❒ วิทยาศาสตร์กายภาพ ❒ วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ชื่อเรื่อง(ภาษาไทย).....

.....

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ).....

.....

คำสำคัญ (ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

ผู้เขียนทั้งหมด (ภาษาไทย) เรียงลำดับตามรายชื่อในบทความ

1. ..... 5. .....
2. ..... 6. .....
3. ..... 7. .....
4. ..... 8. .....

อีเมลทั้งหมดของผู้แต่ง เรียงลำดับตามรายชื่อในบทความ

1. ..... 5. .....
2. ..... 6. .....
3. ..... 7. .....
4. ..... 8. .....

ที่อยู่ที่สามารถติดตอได้.....

.....

โทรศัพท์.....โทรศัพทมือถือ.....

ชื่อ-นามสกุลของผู้ประสานงาน (corresponding author).....อีเมล.....

ข้าพเจ้าขอรับรองวาบทความนี้ ❒ เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว

❒ เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามที่ระบุในบทความ

โดยบทความนี้ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารอื่นใด ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมยอมรับหลักเกณฑ์การพิจารณาต้นฉบับ ทั้งยินยอมให้กองบรรณาธิการมีสิทธิ์พิจารณาและตรวจแก้ไขต้นฉบับได้ตามที่เห็นสมควร พร้อมทั้งมอบลิขสิทธิ์บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ให้แก่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และหากมีการฟ้องรองในเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์เกี่ยวกับ ส่วนหนึ่งหรือส่วนใด ๆ ในบทความ ให้ถือเป็นความรับผิดชอบของข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมแต่เพียงฝ่ายเดียว

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะปฏิบัติในการพัฒนาซอฟต์แวร์และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาการคอมพิวเตอร์

โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. โปรแกรมเมอร์ (Programmer)
2. นักพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Developer)
3. วิศวกรซอฟต์แวร์ (Software Engineer)
4. นักวิเคราะห์ระบบ (System Analyst)
5. ผู้ทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Tester)
6. นักพัฒนาเว็บเต็มรูปแบบ (Full stack Web Developer)
7. ผู้ดูแลเว็บไซต์ (Webmaster)
8. ผู้ดูแลฐานข้อมูล (Database Administrator)
9. นักพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Application Developer)
10. วิศวกรเครือข่าย (Network Engineer)
11. ผู้ดูแลและจัดการเครือข่าย (Network Administrator)
12. ผู้วิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัล (Digtial data Analyst)
13. ผู้เชี่ยวชาญด้านไอที (IT Specialist)
14. นักเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technologist)
15. นักวิจัยทางด้านคอมพิวเตอร์ (Computer Researher

COMPUTING AND DIGITAL TECHNOLOGY,HCU

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะปฏิบัติ
ในการเขียนโปรแกรมและประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับปัญญาประดิษฐ์ สามารถบูรณาการความรู้ในศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับความรู้ในศาสตร์อื่น

โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. วิศวกรปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Engineer)
2. นักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Scientist)
3. วิศวกรข้อมูล (Data Engineer)
4. วิศวกรระบบ (System Engineer)
5. นักวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Researcher)
6. ผู้ชำนาญการด้านดิจิทัล (Digital Specialist)
7. นักนวัตกร (Innovative Designer)
8. นักวิทยาศาสตร์เชิงบูรณาการ (Integrated Scientist)

COMPUTING AND DIGITAL TECHNOLOGY,HCU

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

มุ่งเน้นการผสมผสานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์กับศาสตร์ด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัย

โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. นักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ นักวิชาการ และผู้ช่วยวิจัย ในหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมควบคุมโรค สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ศูนย์เทคโนโลยีด้านการแพทย์และสาธารณสุข สถาบันพยาธิวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ และโรงพยาบาล เป็นต้น
2. ผู้ประกอบการด้านธุรกิจผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ การนำเข้าและจำหน่ายผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เช่น ยา สารเคมี ชุดตรวจ เครื่องมือ อุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมทั้งผู้ประกอบการด้านการให้บริการทางสุขภาพ
3. ผู้บริหาร/พนักงานหน่วยงานภาคเอกชนด้านธุรกิจการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการบริการตรวจวิเคราะห์ สารเคมี ยา เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้านการแพทย์

MEDICAL SCIENCE HCU

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาการหุ่นยนต์สุขภาพ (นานาชาติ)

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะปฏิบัติงานจริงในการพัฒนานวัตกรรมออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในทางด้านดูแลสุขภาพ ผู้ป่วยหรือช่วยเหลือผู้สูงวัยในการใช้ชีวิต บูรณาการความรู้กับศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. นักวิทยาการหุ่นยนต์ที่มีศักยภาพในการออกแบบและควบคุมระบบกลไกการทำงาน ของหุ่นยนต์ที่ใช้งานด้านสุขภาพ
2. ผู้ประกอบการด้านเทคโนโลยีทางด้านสุขภาพที่มี ความรู้ในกลไกหุ่นยนต์ดูแลสุขภาพ
3. นักเทคนิคด้านเครื่องมือและหุ่นยนต์ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพ
4. ผู้จัดการเทคโนโลยีด้านหุ่นยนต์และปัญญาประดิษฐ์

DINSAW ROBOT FOR ELDERLY ENTERTAINMENT AND FACE-TO-FACE CALLS [1]

ROBEAR-A ROBOTIC BEAR NURSE TO LIFT PATIENTS IN JAPAN [2].

1. HURST, D. JAPAN LAYS GROUNDWORK FOR BOOM IN ROBOT CARERS. THE GUARDIAN
2. QUANTIGENCE REPORT, ROBOTICS AND AI ASSIST IN CARING FOR THE ELDERLY. NANALYZE
INT. J. ENVIRON. RES. PUBLIC HEALTH 2020, 17(11),3819; HTTPS://DOI.ORG/10.3390/IJERPH17113819

COMPUTING AND DIGITAL TECHNOLOGY,HCU

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
หลักสูตรที่เปิดสอน

1. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

ชื่อหลักสูตร
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์
Bachelor of Science Program in Artificial Intelligence

ชื่อปริญญา
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์
วท.บ. (ปัญญาประดิษฐ์)
Bachelor of Science (Artificial Intelligence)
B.Sc. (Artificial Intelligence)

2. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

ชื่อหลักสูตร
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
Bachelor of Science Program in Computer Science

ชื่อปริญญา
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
Bachelor of Science (Computer Science)
B.S. (Computer Science)

3. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

ชื่อหลักสูตร
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์
Bachelor of Science Program in Medical Science

ชื่อปริญญา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การแพทย์)
วท.บ. (วิทยาศาสตร์การแพทย์)
Bachelor of Science (Medical Science)
B.Sc. (Medical Science)

4. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหุ่นยนต์สุขภาพ (นานาชาติ)

ชื่อหลักสูตร
วิทยาศาสตรบัณฑิต วิทยาการหุ่นยนต์สุขภาพ (หลักสูตรนานาชาติ)
Bachelor of Science Program in Health Robotics
(International Program)

ชื่อปริญญา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการหุ่นยนต์สุขภาพ)
วท.บ. (วิทยาการหุ่นยนต์สุขภาพ)
Bachelor of Science (Health Robotics)
B.Sc. (Health Robotics)

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 02-713-8100 ต่อ 1180, 1213
เว็บไซต์ : https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/index

Contact
Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University
18/18 Debaratana Road k.m. 18 Samutprakarn 10540 Thailand
Tel : +662-713-8100 ext. 1180, 1213
Website : https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/index