

## วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
สำนักงานกองบรรณาธิการ  
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ตำบลขามเริญ อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150  
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์/โทรสาร 0-4375-4416

## ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ไข่มไผ่  
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

## บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

## ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.วัลยา สุทธิชาติ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณดี พรหมเทศ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานแป๊ะ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา บุญยะลีพรรณ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมฆากุล  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมย์ดี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิพงษ์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ณฤมล แสงประดับ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ยืน ภู่วรรณ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิญา วังศ์พิริโยธา  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.ณัฐพล ภูมิพันธ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อาจารย์ ดร.รักษิณดา วัฒนาลัย  
มหาวิทยาลัยสยาม  
อาจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
Mr.Adrian R. Plant  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เลขานุการ

ฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐัง

## ผู้ช่วยเลขานุการ

พัทรวีไล รุ่งวิสัย  
จิรารัตน์ ภูสิ่ฤทธิ์

## กำหนดเผยแพร่

ปีละ 6 ฉบับ  
ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธ์  
ฉบับที่ 2 มีนาคม-เมษายน  
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน  
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม  
ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม  
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทย การจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

คำอธิบายภาพปก : การศึกษาแคโรทีนอยด์ของตักแตนตัวห้าหัวหอกเพศผู้ (*Palaeograecia brunnea*) และตักแตนข้าว  
ไฮโรไกลฟัสเพศผู้ (*Hieroglyphus banian*) ในภาคเหนือของประเทศไทย

ภาพปก : อรอนงค์ ยามเลย, อิศสระ ปะทะวัง. 2563, 290-297

## บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับนี้ ประกอบไปด้วยเนื้อหาครอบคลุมในศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ ด้านเทคโนโลยี เทคโนโลยีสารสนเทศ การเกษตร และด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่ได้จากวิจัย โดยได้นำมารวบรวมและจัดพิมพ์เผยแพร่อย่างต่อเนื่องจากฉบับก่อนๆ ซึ่งผู้อ่านจะได้รับความรู้และสาระที่เป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปต่อยอดในศาสตร์ที่ผู้อ่านสนใจ หรือพัฒนาต่อให้เป็นนวัตกรรมที่เป็นรูปธรรม สอดคล้องนโยบายและยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ

วารสารฯ ฉบับนี้ จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับ นิสิต นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป ในการใช้ประกอบการศึกษาและเติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ๆ ซึ่งอาจสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบหรือแนวคิดสำหรับการพัฒนาต่อยอดถึงขั้นเป็นนวัตกรรมที่สามารถสร้างตลาดและเพิ่มมูลค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์ได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม เนื่องจากประเทศยังอยู่ในช่วงที่ต้องเฝ้าระวังการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินการวิจัยที่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลจำนวนมากๆ หรือมีความไม่สะดวกในการเดินทางไปเก็บข้อมูลหรือดำเนินกิจกรรมวิจัยอื่นๆ ซึ่งทางกองบรรณาธิการวารสารมีความห่วงใยและขอเป็นกำลังใจให้กับนักวิจัยทุกๆ ท่าน ให้ท่านสามารถผ่านวิกฤตินี้ไปด้วยกัน และปรับตัวด้วยการดำเนินการวิจัยตามรูปแบบชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) เพื่อพลิกวิกฤติให้เป็นโอกาส สามารถผลิตงานวิจัยที่มีคุณภาพเพื่อนำเสนอต่อสาธารณชนดังเช่นที่ผ่านมา นอกจากนี้ อยากเรียนให้ท่านได้ทราบว่า ในปัจจุบัน นิพนธ์ต้นฉบับที่ส่งมาให้วารสารฯ พิจารณาเพื่อลงตีพิมพ์นั้นยังคงมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ สำหรับกระบวนการพิจารณาคัดเลือกบทนิพนธ์เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารฯ ยังมีความเข้มข้นและใช้เกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินโดยยึดและรักษาคุณภาพของงานเป็นหลัก กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฯ ฉบับนี้ คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน และขอเชิญชวนทุกท่านส่งผลงานวิจัยหรือบทความทางวิชาการมาลงตีพิมพ์ในวารสารฯ มา ณ โอกาสนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน

กองบรรณาธิการ

## สารบัญ

### Physical Science

- เครื่องนับจำนวนฟองก๊าซโดยใช้ตัวควบคุม Raspberry Pi สำหรับกระบวนการหมัก 251  
**A Newly Developed Gas Bubble Counter using Raspberry Pi Controller for Fermentation Process**  
มงคล วรณประภา  
Mongkol Wannaprapa

### Mathematics Science

- ความสัมพันธ์ของกรีนบนโมนอยด์ของโคไฮเพอร์ซบสติวชันเชิงเส้นชนิด  $\tau = (n)$  258  
**Green's Relations on the Monoid of Linear Cohypersubstitutions of Type  $\tau = (n)$**   
จุฬาลักษณ์ บุญศล, กิตติศักดิ์ แสงสุระ  
Julaluk Boonsol, Kittisak Saengsura

### Engineering

- การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS และ HEC-RAS เพื่อศึกษาแนวทางการบรรเทา 264  
อุทกภัยของอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช  
**The Application of HEC-HMS and HEC-RAS Mathematical Models for Study of Flood Mitigation in Cha-Uat, Nakhon Si Thammarat**  
ณัฐพล แก้วทอง, ปกรณ์ ดิษฐกิจ, สรายุทธ์ นาครอด, ชยณัฐ บัวทองเกื้อ  
Natapon Kaewthong, Pakorn Ditthakit, Sarayoot Nakrod, Chayanat Buathongkhue

- ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มคาร์บอนที่มีต่อสมบัติเชิงกลของมิตโต้ที่ชุบแข็ง 273  
ในกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิงโดยใช้กระดูกวัวเป็นสารเร่งปฏิกิริยา  
**Optimization of Carburizing Temperature and Time on Mechanical Properties of Hardening the Big Knives in Pack Carburizing Process by Using Cow Bone as an Energizer**  
ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, สมบัติ น้อยมิ่ง, ศักดิ์สิทธิ์ ศรีสุข,  
วรรณภา หอมจะบก, อมรศักดิ์ มาใหญ่, จารุพงษ์ บรรเทา  
Narongsak Thammachot, Sombut Noyming, Saksit Srisuk,  
Wanna Homjabok, Amornsak Mayai, Jarupong Banthao

### Biological Science

- การใช้เชื้อบาซิลลัสและสเตรปโตมัยซีสควบคุมเชื้อราโรคพืชบางชนิดโดยชีววิธี 284  
**Use of *Bacillus* sp. and *Streptomyces* sp. for biological control of some plant pathogens**  
สุภา สาวีภาค, ชัญญกาญจน์ แสงประสาน, อรุณ วงศ์จิรัฎฐิติ  
Suwapha Sawiphak, Chanankarn Saengprasan, Aroon Wonggiratthiti

- การศึกษาแคโรไทป์ของตั๊กแตนตัวห้ำหัวหอกเพศผู้ (*Palaeograecia brunnea*) และตั๊กแตนข้าว 290  
ไฮโรไกลฟัสเพศผู้ (*Hieroglyphus banian*) ในภาคเหนือของประเทศไทย  
**Karyotypic Study of Male Predaceous Spear-headed Katydid (*Palaeograecia brunnea*) and Male Bluish-green Rice Grasshopper (*Hieroglyphus banian*) in Northern Thailand**  
อรอนงค์ ยามเลย, อิสสระ ปะทะวัง  
Onanong Yamloei, Isara Patawang

## สารบัญ

- สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสจากส่วนสกัด  
เอทานอลของตดหมูตดหมา (*Paederia linearis* Hook.f.) 298  
**Bioactive Compounds, Antioxidant and  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitory Activities from Ethanolic  
Extracts of Tot Mu Tot Ma (*Paederia linearis* Hook.f.)**  
พรทิพย์ ปัดตาเคนัง, วิลาวณิชย์ พร้อมพรม, วรณชัย ชาแท่น  
Phorntip Padtakenang, Wilawan Promprom, Wannachai Chatan
- Chemical Science**  
การเตรียมสีเลคจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ลิปสติก 306  
**Lake Preparation and Lipstick Development from Red-Purple Bracts of Paper Flower**  
ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์, ณัฐนิชา ผลศิริ  
Narongrit Lahpun, Nattanicha Phonsiri
- Geoinformatics**  
การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน 313  
**Analysis of Drought in Northern Thailand Using Standardized Precipitation Index**  
วรลักษณ์ ไก่งาม, ชاکริต โชติอมรศักดิ์  
Voraluck Kaingam, Chakrit Chotamonsak
- Health Science**  
ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยในนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 323  
**Causal Factors Affecting Helmet Use Behavior among Public Health Students of Pibulsongkram  
Rajabhat University, Phitsanulok Province**  
กุกิแยต ก้อนแก้ว, วิภาดา ศรีเจริญ  
Kukiet Konkaew, Wiphada Srijaroen
- Computer and Information Technology**  
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโครงสร้างเหมืองข้อมูลเพื่อจำแนกโรคซึมเศร้าจากพฤติกรรม  
การโพสต์ข้อความบนทวิตเตอร์ 331  
**Comparison of data mining structure performance for depressive classification if twitter  
users from their posts on twitter of user behaviors**  
ดำรงเดช เติมนริบรัมย์, ฉัตรเกล้า เจริญผล, จริญญา จิรานุกูล  
Damrongdet Doenribram, Chatklaw Jareanpon, Jariya Jiranukool
- วิธีการปรับปรุงคุณลักษณะสำหรับการจำแนกภาพใบหน้าที่ถูกบกรบกวนจากแสงโดยขั้นตอน  
วิธีผสมผสาน 344  
**Feature improvement for classification of face images under varying light conditions  
using a hybrid  
algorithm**  
วิทศน์ จาตุรงค์กร, ฉัตรเกล้า เจริญผล  
Witas Jaturongkorn, Chatklaw Jareanpon



# เครื่องนับจำนวนฟองก๊าซโดยใช้ตัวควบคุม Raspberry Pi สำหรับกระบวนการหมัก

## A Newly Developed Gas Bubble Counter using Raspberry Pi Controller for Fermentation Process

มงคล วรณประภา<sup>1\*</sup>  
Mongkol Wannaprapa<sup>1\*</sup>

Received: 3 August 2019 ; Revised: 18 October 2019 ; Accepted: 4 November 2019

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องนับจำนวนฟองก๊าซจากเดิมที่ควบคุมด้วยตัวควบคุม Arduino mega 2560 เปลี่ยนมาเป็นควบคุมด้วยตัวควบคุม Raspberry Pi3 model B โดยติดตั้งตัวจับสัญญาณแสง เพื่อนับจำนวนฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการหมักที่อัตราการเกิดจำนวนฟองก๊าซสูงๆได้ถูกต้องยิ่งขึ้น เครื่องนับฟองก๊าซนี้สามารถตั้งค่าจำนวนฟองก๊าซที่ต้องการนับ พร้อมบันทึกภาพของฟองก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยกล้องบันทึกภาพ และมีสัญญาณเสียงเตือนเมื่อทำงานเสร็จสิ้น ผลการวิจัยพบว่า มีความคลาดเคลื่อนของการนับเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการเกิดฟองก๊าซเพิ่มขึ้น โดยพบว่าไม่มีความผิดพลาด เมื่ออัตราการเกิดฟองก๊าซ 0-70 ฟองต่อนาที และเริ่มเกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.1-0.25 ที่อัตราการเกิดฟองก๊าซ 70-100 ฟองต่อนาที เพิ่มขึ้นเป็นเฉลี่ยร้อยละ 0.25-1.5 เมื่ออัตราการเกิดฟองก๊าซ 100-130 ฟองต่อนาที และเฉลี่ยร้อยละ 1.5 เมื่ออัตราการเกิดฟองก๊าซ 130-140 ฟองต่อนาทีตามลำดับ ซึ่งเครื่องนับจำนวนฟองก๊าซที่ควบคุมด้วยตัวควบคุม Raspberry Pi3 model B ให้ความถูกต้องในการนับจำนวนฟองสูงกว่าเครื่องนับจำนวนฟองก๊าซที่ควบคุมด้วยตัวควบคุม Arduino mega 2560 นอกจากนี้ผลจากการนับจำนวนฟองก๊าซด้วยเครื่องนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อแสดงอัตราการเกิดฟองก๊าซจากกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ได้อีกด้วย

**คำสำคัญ:** ตัวควบคุม จำนวนฟองก๊าซ กระบวนการหมัก

### Abstract

This research developed a gas bubble counter in which the Arduino mega 2560 controller was changed to the Raspberry Pi3 model B controller. A Photo sensor was also installed in order to provide highly accurate counts at high rate of the number of carbon dioxide gas bubbles generated from the fermentation process. This gas bubble counter can be set to the desired value of the number of gas bubbles to be counted. It can also record images of gas bubbles during the fermentation process by camera and has an alarm (buzzer) activated at the completion of work. The results showed that the error of counting increased with the increase of the rate of gas bubbles from 0% at gas bubble rate of 0-70 bubbles/minute; 0.1-0.25% at gas bubble rate of 70-100 bubbles/minute, 0.25-1.5% at gas bubble rate of 100-130 bubbles/minute and remained constant at 1.5% at gas bubble rate of 130-140 bubbles/minute. The gas bubble counter controlled by the Raspberry Pi3 model B controller provides higher accuracy of gas bubble count than the gas bubble counter controlled by the Arduino mega 2560 controller. In addition, the number of bubble counted by the gas bubble counter indicated that the rate of bubbles produced from the fermentation process corresponded to the growth rate of yeast.

**Keywords:** Controller, Gas Bubble Counter, Fermentation Process

<sup>1</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

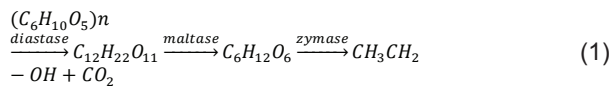
<sup>1</sup> Associate Professor, Lecturer in Department of Electronics Technology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, 10240 Thailand

\* Corresponding author: E-mail: wmongkol@ru.ac.th

## Introduction

The fermentation process is a specific process of anaerobic microorganism such as yeast mold and some bacteria. In this process, the microorganism uses organic substances as hydrogen acceptor or electron in the last Step of the process instead of oxygen<sup>1</sup>.

Currently, ethyl alcohol is produced from fermentation by using enzyme from yeast to convert starch to maltose and glucose sugar by diastase and maltase enzyme respectively. Then glucose is converted to ethyl alcohol and carbon dioxide by enzyme as in the following reaction.



This type of fermentation will obtain alcohol 12-15%. For a complete reaction 1 molecule of glucose will be broken down to 2 molecules of ethyl alcohol and 2 molecules of carbon dioxide as in the following reaction.



## Glucose Ethyl alcohol Carbon dioxide

There are many kinds of microorganism such as mold, yeast, algae, and protozoa. Yeast is classified in the fungi kingdom and mold kingdom. Its growth pattern divides in to 4 phases: Lag phase (A phase); the first phase in which microorganisms begin to find new food and environment, Exponential or log phase (B phase); a period in which the microbes have increased in the most number and have a constant rate of divisive cell, Stationary phase (C phase); a period in which the microorganism shows no increase in the number, and Death phase or decline phase (D phase); the last phase in which the microorganism's die. The pattern of the growth cycle of microorganisms (bacteria/yeast) is shown in figure 1<sup>2</sup>.

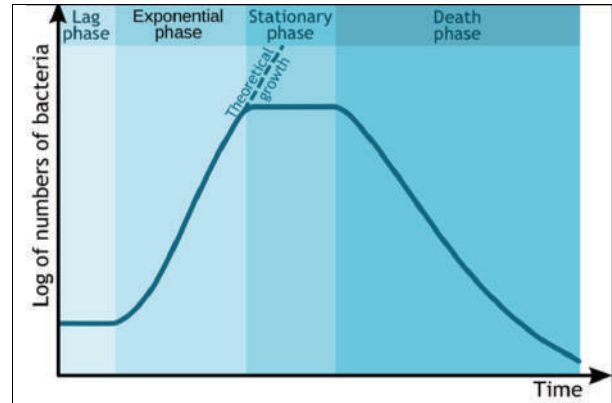


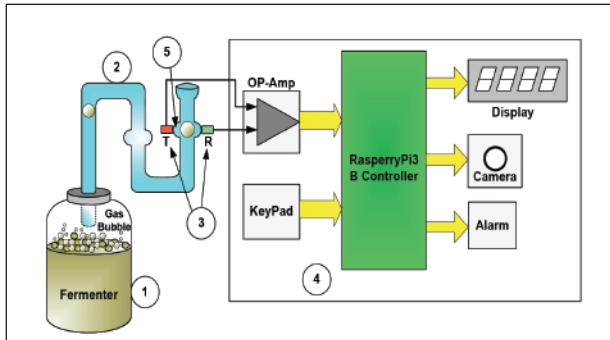
Figure 1 Microorganism: hypothetical Bacterial/ Yeast growth curve<sup>3</sup>

In previous work, a gas bubble counter using Arduino mega 2560 as the controller showed that the average of gas bubble related to carbon dioxide and ethyl alcohol produced by fermentation as shown in reaction (2)<sup>4</sup>, which still provides high error on counting gas bubbles especially at a high rate of gas bubble production. In this work, the study of the relationships of gas bubble, carbon dioxide, and yeast growth are shown in figure 1 by using the gas bubble counter controlled by Raspberry Pi3 B. Moreover, in order to reduce errors at higher rates of gas bubble production the device had a higher processing speed than the Arduino mega 2560<sup>5</sup>.

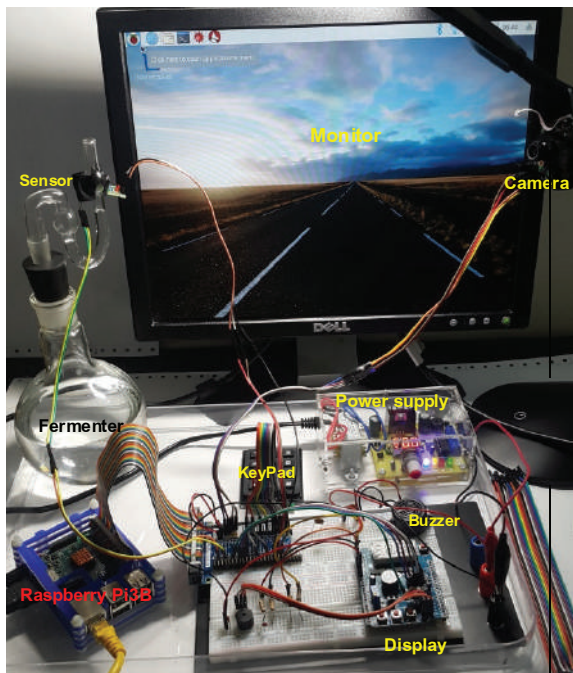
## Design and Experiment

The gas bubble counter controlled by the Raspberry Pi3 model B consists of 5 important functional parts: 1) Fermenter or experiment glass, 2) S-shaped glass tube, 3) Photo sensor, 4) processing cycle counts gas bubbles, and 5) spherical glass bulb, as shown in figure 2.





(a) Diagram of A Newly Developed Gas Bubble Counter



(b) Actual of A Newly Developed Gas Bubble Counter

**Figure 2** Structure of the newly developed gas bubble counter for fermentation process

From figure 2 (a) No.1 Fermenter or experiment glass is a container with a sealed lid and a hole for inserting the S-shaped glass tube on the lid above

No.2 The S-shaped glass tube is the passage for gas bubbles and liquid.

No.3 The photo sensor is used as a photo sensor: the Opto-diode is a sensor to measure the number of gas bubbles that occur in the fermentation process. It consists of 2 parts, transmitter (T) and receiver (R).

No. 4 Counting processing circuit consists of 6 important parts as follows.

a) KeyPad is used to input data and the number of gas bubbles desired to be counted.

b) Controller is a main control unit which Raspberry Pi3 B is used. It is used as:

- a signal receiver from the photo sensor
- a signal sector Received from photo sensor and sent to display the number of bubble at Seven-segment 4 digits

- a signal sender to Buzzer in order to generate alarm when the work is finished.

c) OP-Amp is used to amplify the signal Received from the photo sensor

d) Display is used as a 4- digit seven-segment. It displays the result of counting and the number of gas bubbles.

e) Buzzer is used as an alarm when the work is finished.

f) Camera is a recording device where the gas bubbles are generated. These images are used to compare with the number of gas bubbles counted by the gas bubble counter.

No.5 Spherical glass bulb is forced to create a gas bubble in a circular shape with a gas bubble size: each average bubble is similar to the size of a spherical glass bulb and has photo sensor installed. The counting of carbon dioxide gas bubbles can be divided in to 2 steps as shown in figure 3.

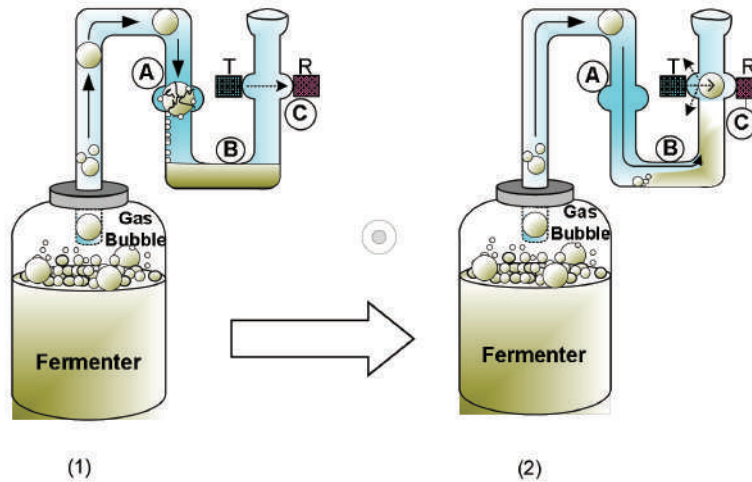
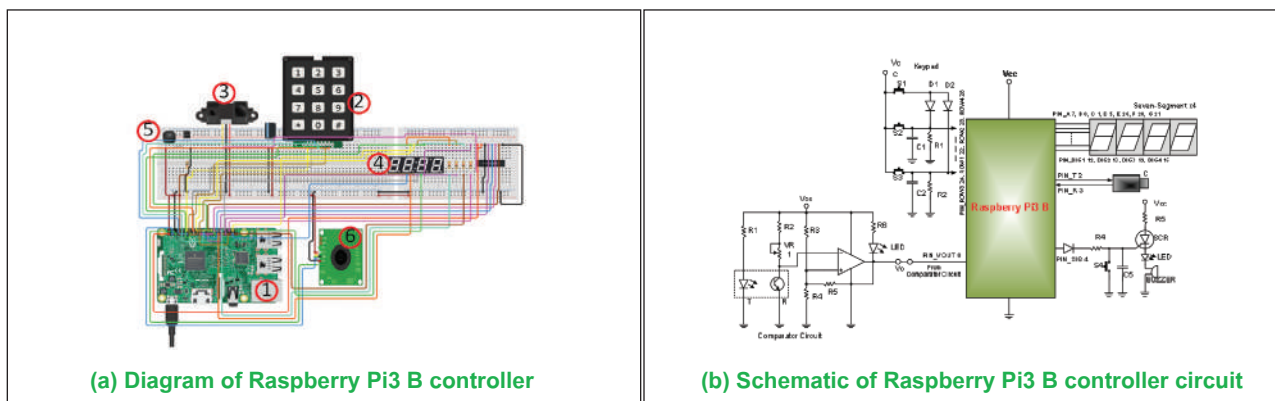


Figure 3 Formation of carbon dioxide gas bubble in fermenter take, S-shaped glass tube

When fermentation takes place, carbon dioxide will be produced as gas bubbles and then flows in to the S-shape glass tube equipped with the photo sensor at the spherical glass bulb. The bubble will break up in the first spherical glass bulb resulting in accumulation of ethyl alcohol carried by the bubble's wall as shown in figure 3 (1) position A. As more carbon dioxide is produced and high pressure is generated, this gas can push through ethyl alcohol accumulated at the bottom of S-shape tube and reforms as a gas bubble in the second spherical glass bulb where the sensor is installed as shown in figure 3 (2) position C. This bubble will attenuate the light Received by a light's receiver (R); this status is called "OFF". A signal will be generated using this criterion and this signal is called "the carbon dioxide bubble count". Whereas, when there is no gas bubble present inside the spherical glass

bulb, the light of the photo sensor's transmitter (T) is able to pass through the spherical glass to the photo sensor's receiver (R) as shown in figure 3 (1) position C. This status is called "ON" which means that gas bubble are not present. This phenomenon can be applied to calculate ethyl alcohol produced from fermentation process as in equation (2). Moreover, this can also indicate the relationship between growth rate of bacteria by using a gas bubble counter controlled by Raspberry Pi3 B as shown in figure 1. The controller used in this gas bubble counter, Raspberry Pi, is a small single board microprocessor with speed of 700 MHz to 1.4 GHz. For Raspberry Pi3 model B, it is called Embedded Computer<sup>5</sup> while Arduino mega 2560 used in previous work is at speed of 16 MHz<sup>6</sup>. The main processor, Raspberry Pi3 B controller equipped with camera is shown in figure 4.



(a) Diagram of Raspberry Pi3 B controller

(b) Schematic of Raspberry Pi3 B controller circuit

Figure 4 (a) Schematic diagram of main processor Raspberry Pi3 B: 1) Raspberry Pi3 B, 2) KeyPad 4X3, 3) Photo sensor: Opto-diode (Transmitter:T and Receiver: R), 4) Display: 4 digit Seven-segment, 5) Buzzer and 6) Camera (Roboplan., 2016), (b) Schematic of Raspberry Pi3 B controller circuit

Pin in main controller Raspberry Pi3 B was defined as following step<sup>7</sup>: # set GPIO pin numbering method to BCM import RPi.GPIO as GPIO

```
GPIO.setmode (GPIO.BCM)
```

```
import cv2
```

```
# define pins
```

```
Keypad4x3:
```

```
#define KEYPAD_PIN_COL2 18, COL3 27, COL1 17
```

```
#define KEYPAD_PIN_ROW3 24, ROW1 22, ROW2 23, ROW4 25
```

```
Photo sensor:
```

```
#define IRPSENSOR_PIN_VOUT 0
```

```
Seven-segment:
```

```
#define S7SEG_PIN_DIG1 12, DIG2 13, DIG3 19, DIG4 16
```

```
#define S7SEG_PIN_A 7, B 0, C 1, D 5, E 26, F 20, G 21
```

```
#define S7SEG_PIN_DECIMAL 6
```

```
Buzzer:
```

```
#define BUZZER_PIN_SIG 4
```

```
Camera:
```

```
#define Cam_PIN_T 2, R 3
```

```
#Copyright(C) 2016 Roboplan Technologies Ltd.
```

The operation of the gas bubble counter runs the following steps: First, the bubble number value input from KeyPad is Received. Then the Raspberry Pi3 B computer processor controller will wait for the signal to count the gas bubbles from the photo sensor installed on the S-shaped glass tube. The photo sensor will generate a signal when each gas bubble is detected then forward it to the Raspberry Pi3 B. This signal will be counted and compared to the set count value which shows on display. The result of counting of the number of gas bubbles will be shown on a 4-digit 7-segment display. This process will rerun by returning to check the status and waiting for new input value as shown in figure 5. When finishing the task, the controller will turn on the buzzer to generate an alarm sound. In addition, this gas bubble counter can

also store images during gas bubbles passing through the camera to bring the real time image to compare the bubble count with the gas bubble counter and record number of the gas bubble counted. The operating step

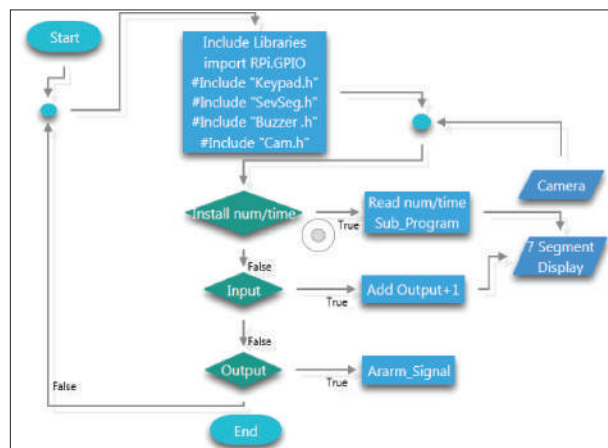


Figure 5 Operating steps of gas bubble counter program<sup>8</sup>

of the bubble counter is shown in figure 5.

The experiment was carried out at temperature of 25 °C and normal ambient light. The fermentation time was 1-15 days. The average rate of number of bubble gas is calculated from number of bubbles counted by the gas bubble counter in every 1 minute for 20 times. The average rate of bubble counted by the gas bubble counter ( $X_m$ ) was compared to human counting bubbles from image ( $X_t$ ) obtained from the camera in order to determine error of the gas bubble counter<sup>9</sup>. Relative error or percentage error can be calculated from equation (3).

$$\text{Percentage error} = \left| \frac{X_m - X_t}{X_t} \right| \times 100 \quad (3)$$

Where  $X_m$  the number is counted by the sensor and  $X_t$  is actual count by human respectively

## Results and Discussions

The average rate of bubble counted by the gas bubble counter and human counting from image by camera, and yeast growth rate is shown in figure 6 (a) and 6 (b), respectively.

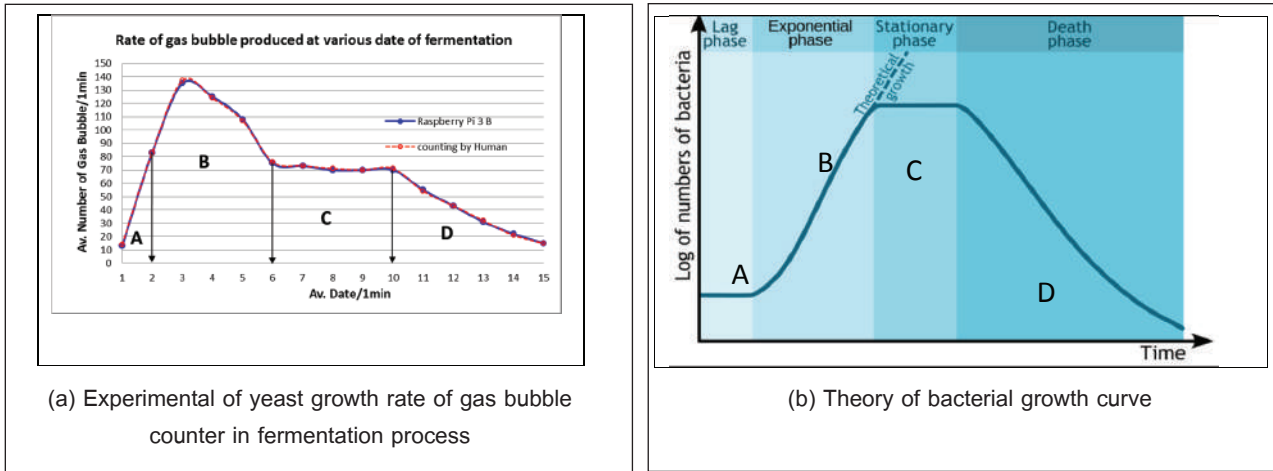


Figure 6 Rate of bubble counted by Raspberry Pi3 B and human counting, camera recorder (a), and Bacterial/Yeast growth curve (b)

Figure 6 (a) and 6 (b) showed correspondence of the average rate of gas bubble and yeast growth rate which can be divided in to 4 phases; "Lag phase A" at 1-2 day where yeast started to grow and the fermentation reaction began with low bubble rate of 50 bubbles/minute, "Exponential phase B" at 2-4 day where the number of bacteria increased and grew well with higher bubble rate of 135 bubbles/minute, "Stationary phase C" at 6-10 day where yeast remained constant in number with constant bubble rate of 70 bubbles/minute, and "Dead phase D" at 11-15 day where yeast died and decreased in number with bubble rate of 30 bubbles/minute. This showed that the result of the rate of gas bubble was related to the growth rate of yeast in the fermentation process. Therefore, the results of the gas bubble counter can be applied to investigate the progress of the fermentation process<sup>4</sup>.

The comparison of the percentage error on the average rate of gas bubble of the gas bubble counter controlled by Raspberry Pi3 B compared to human counting is shown in figure 7. It can be divided in to 3 regions.

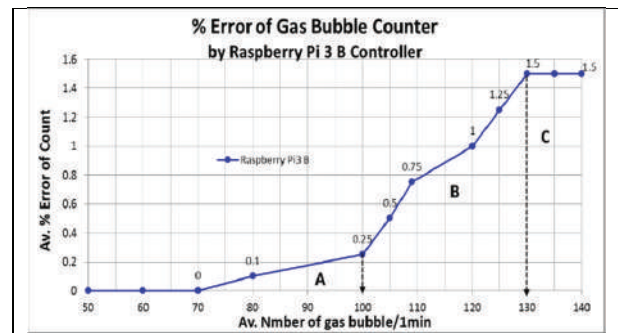


Figure 7 Percentage error of the rate of gas bubble counter compare to human counting

From figure 7, it is seen that the percentage error of the gas bubble counter can be divided into 4 ranges. At a low bubble rate of 0-70 bubbles/minute there was no error on counting. At bubble rate of 70-100 bubbles/minute in region "A" the error was 0.1%. At bubble rate of 100-130 bubbles/minute in region "B" the error increased to 1.0-1.5%. At bubble rate of 130-140 bubbles/minute in region "C" the error remained constant at 1.5%. In comparison with previous work (Wannaprapa, 2018), it was found that the Raspberry Pi3 B controller provides higher accuracy on gas bubble count than the Arduino mega 2560 controller, especially, at higher gas bubble rate at 130-140 bubbles/minute when the error was at 2.25% for the Arduino controller. The error reduction by 0.75% is due to the Raspberry Pi having a higher processing speed than Arduino.

## Conclusion

The gas bubble counter controlled by Raspberry Pi3 B provides low percentage error at a maximum of 1.5% while for the Arduino mega 2560 used in previous work, the percentage error was a maximum of 2.25% since the Raspberry Pi has higher processing speed than Arduino. This result is also due to unresponsive or incompatible photo sensors and controller types. The results of the gas bubble counted by the gas bubble counter indicates that the amount of ethyl alcohol produced from the fermentation process and the bubble rate produced from the fermentation process corresponds to the yeast growth rate. In addition, this gas bubble counter can be applied to monitor other reactions that produce gas in close system. In future work, the photo sensor should be changed in order to achieve higher sensitivity and the synchronous sensor type with Raspberry Pi3 B controller used for the fermentation process with higher rate of gas bubbles produce more efficiently.

## Acknowledgement

Thank you to Ramkhamhaeng University for supporting experiment facilities for this research and thank you to Roboplan Technologies Ltd. for schematics circuit software.

## References

1. Buchner, E., 1897. *For his biochemical researches and his discovery of cell-free fermentation*. Munich Germany.
2. Pornchalempong P., 2019. Available from: Generation time. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1543/generation-time> [Accessed 5 December 2018], Thailand.
3. Komorniczak M., 2012. Available from: [https://commons.wikimedia.org/wiki/User:M.Komorniczak#/media/File:Bacterial\\_growth\\_en.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/User:M.Komorniczak#/media/File:Bacterial_growth_en.svg) [Accessed 21 July 2018], the University Medical of Gdansk in Poland.
4. Wannaprapa M., 2018. Gas Bubble Counters in the Fermentation Process by using Arduino Controller. *Veridian E-journal Science and Technology Silpakorn University Current Vol 5 No 6*: pp. 62-73.Thailand.
5. Wikipedia., 2017. Available from: Raspberry Pi. [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi) [Accessed 9 October 2018], English.
6. Wikipedia., 2017. Available from: Arduino. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Arduino\\_boards\\_and\\_compatible\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Arduino_boards_and_compatible_systems) [Accessed 9 October 2018], English.
7. Roboplan Technologies Ltd., 2016. Available from: <https://www.circuito.io/app?components> [Accessed 21 July 2018], Israeli.
8. Blum, J., 2013. *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry*. John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana.
9. Pumphrey, B., C. Julien., 1996. *An Introduction to Fermentation*. New Brunswick Scientific. (UK) Ltd, Canada.



# ความสัมพันธ์ของกรีนบนโมนอยด์ของโคไฮเพอร์ซัพสตีติวชันเชิงเส้นชนิด $\tau = (n)$ Green's Relations on the Monoid of Linear Cohypersubstitutions of Type $\tau = (n)$

จุฬาลักษณ์ บุญศล<sup>1</sup>, กิตติศักดิ์ แสงสุระ<sup>2</sup>  
Julaluk Boonsol<sup>1</sup>, Kittisak Saengsura<sup>2</sup>

Received: 24 August 2019 ; Revised: 1 October 2019 ; Accepted: 4 November 2019

## บทคัดย่อ

โคไฮเพอร์ซัพสตีติวชันเชิงเส้นชนิด  $\tau = (n)$  เป็นการส่งสัญลักษณ์การดำเนินการร่วมแบบ  $n$ -ary ไปยังพจน์ร่วมเชิงเส้นชนิด  $\tau$ . สำหรับทุกโคไฮเพอร์ซัพสตีติวชันเชิงเส้น  $\sigma$  ชนิด  $\tau = (n)$  ทำให้เกิดการส่ง  $\hat{\sigma}$  บนเซตของพจน์ร่วมเชิงเส้นชนิด  $\tau$ . ทั้งหมดเซตของโคไฮเพอร์ซัพสตีติวชันเชิงเส้นชนิด  $\tau$  ทั้งหมด ภายใต้การดำเนินการทวิภาค  $\circ_{coh}$  ซึ่งถูกกำหนดนิยามโดย  $\sigma_1 \circ_{coh} \sigma_2 := \hat{\sigma}_1 \circ \sigma_2$  สำหรับทุก  $\sigma_1, \sigma_2 \in Cohyp^{lin}(n)$  เป็นโมนอยด์ ในนี้เร้าจำแนกลักษณะความสัมพันธ์ของกรีนบน  $Cohyp^{lin}(n)$ .

**คำสำคัญ:** โคไฮเพอร์ซัพสตีติวชันเชิงเส้น พจน์ร่วมเชิงเส้น การซ้อนทับ ความสัมพันธ์ของกรีน

## Abstract

Linear cohypersubstitutions of type  $\tau = (n)$  are mappings which map the  $n$ -ary co-operation symbols to linear coterms of type  $\tau$ . Every linear cohypersubstitution  $\sigma$  of type  $\tau = (n)$  induces a mapping  $\hat{\sigma}$  on the set of all linear coterms of type  $\tau$ . The set of all linear cohypersubstitutions of type  $\tau$  under the binary operation  $\circ_{coh}$  which is defined by  $\sigma_1 \circ_{coh} \sigma_2 := \hat{\sigma}_1 \circ \sigma_2$  for all  $\sigma_1, \sigma_2 \in Cohyp^{lin}(n)$  forms a monoid. In this paper, we characterize Green's relations on  $Cohyp^{lin}(n)$ .

**Keywords:** linear cohypersubstitutions, linear coterms, superposition, Green's relations.

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master degree student, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

<sup>2</sup> Asst. Prof., Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

\* Corresponding author ; Kittisak Saengsura, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. Kittisak.s@mau.ac.th.

Julaluk Boonsol is supported by the Science Achievement Scholarship of Thailand (SAST). julaluk.bs@gmail.com.

**Introduction**

Let  $A$  be a non-empty set and  $n$  be a positive integer. The  $n$ -th copower  $A^{\cup n}$  is the Cartesian product  $A^{\cup n} := n \times A$ , where  $\underline{n} := 1, \dots, n$ . An element  $(i, a)$  in the copower corresponds to the element  $a$  in the  $i$ -th copy of  $A$ , for  $1 \leq i \leq n$ . A co-operation on  $A$  is a mapping  $f^A: A \rightarrow A^{\cup n}$  for some  $n \geq 1$ ; the natural number  $n$  is called the arity of the co-operation  $f^A$ . We also need to recall that any  $n$ -ary co-operation  $f^A$  on set  $A$  can be uniquely expressed as a pair  $(f_1^A, f_2^A)$  of mappings,  $f_1^A: A \rightarrow \underline{n}$  and  $f_2^A: A \rightarrow A$ ; the first mapping gives the labeling used by  $f^A$  in mapping elements to copies of  $A$ , and the second mapping tells us what element of  $A$  is mapped to.

We shall denote by  $cO_A^{(n)} = \{f^A \mid A \rightarrow A^{\cup n}\}$  the set of all  $n$ -ary co-operations defined on  $A$ , and by  $cO_A := \cup_{n \geq 1} cO_A^{(n)}$  the set of all finitary co-operations defined on  $A$ . An indexed coalgebra is a pair  $(A; (f_i^A)_{i \in I})$ , where  $f_i^A$  is a  $n_i$ -ary co-operation defined on  $A$ , and  $\tau = (n_i)_{i \in I}$  for  $n_i \geq 1$  is called the type of the coalgebra. Coalgebras were studied by Drbohlav<sup>1</sup>. In<sup>2</sup>, the following superposition of co-operations was introduced. If  $f^A \in cO_A^{(n)}$  and  $g_0^A, \dots, g_{n-1}^A \in cO_A^{(k)}$  then the  $k$ -ary co-operation  $f^A[g_0^A, \dots, g_{n-1}^A]: A \rightarrow A^{\cup k}$  is defined by  $a \mapsto ((g_{f_1^A(a)}^A)_1(f_2^A(a)), (g_{f_2^A(a)}^A)_2(f_2^A(a)))$  for all  $a \in A$ . The co-operation  $f^A[g_0^A, \dots, g_{n-1}^A]$  is called the superposition of  $f^A$  and  $g_0^A, \dots, g_{n-1}^A$ . It will also be denoted by  $comp_k^n(f^A, g_0^A, \dots, g_{n-1}^A)$ .

The injection co-operations  $i_i^{n,A}: A \rightarrow A^{\cup n}$  are special co-operations which are defined for each  $0 \leq i \leq n-1$  by  $i_i^{n,A}: A \rightarrow A^{\cup n}$  with  $a \mapsto (i, a)$  for all  $a \in A$ . Then we get a multi-based algebra  $((cO_A^{(n)})_{n \geq 1}, (comp_k^n)_{k, n \geq 1}, (i_i^{n,A})_{0 \leq i \leq n-1})$ , called the clone of co-operations on  $A$ . In<sup>2</sup>, it is mentioned that this algebra is a clone, i.e. it satisfies the three clone axioms. In<sup>3</sup>, K. Denecke and K. Saengsura gave a full proof of this fact and introduced the following coterminals of type  $\tau = (n_i)_{i \in I}$  were introduced. Let  $(f_i)_{i \in I}$  be an indexed set of co-operation symbols such that for each  $i \in I$ . We say that symbol  $f_i$  has arity  $n_i$ , for  $i \in I$ . Let  $U\{e_i^n \mid n \geq 1, n \in N, 0 \leq j \leq n-1\}$  be a set of symbols which is disjoint from the set  $\{f_i \mid i \in I\}$ . We assign to each  $e_j^n$  the positive integer  $n$  as its arity. Then coterminals of type  $\tau$  are defined as follows:

- (i) For every  $i \in I$ , the co-operation symbol  $f_i$  is an  $n_i$ -ary coterminal of type  $\tau$ .
- (ii) For every  $n \geq 1$  and  $0 \leq j \leq n-1$ , the symbol  $e_j^n$  is an  $n$ -ary coterminal of type  $\tau$ .
- (iii) If  $t_1, \dots, t_{n_i}$  are  $n_i$ -ary coterminals of type  $\tau$ , then  $f_i[t_1, \dots, t_{n_i}]$  is an  $n_i$ -ary coterminal of type  $\tau$  and if  $t_0, \dots, t_{n-1}$  are  $m$ -ary coterminals of type  $\tau$ , then  $e_j^n[t_0, \dots, t_{n-1}]$  is an  $m$ -ary coterminal of type  $\tau$ , for every  $i \in I$  and  $n \geq 1$  and  $0 \leq j \leq n-1$ .

Let  $cT_i^{(n)}$  be the set of all  $n$ -ary coterminals of type  $\tau$  and let  $cT_i := \bigcup_{n \geq 1} cT_i^{(n)}$  be the set of all (finitary) coterminals of type  $\tau$ .

**Definition 1.1** Let  $t \in cT_i$  be a coterminal and  $E(t) = \{e_i^n \mid e_i^n \text{ occurs in } t \text{ and } 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $t$  is a linear coterminal if for each  $e_i^n \in E(t)$ ,  $e_i^n$  occurs only once in  $t$ .

We denote by  $cT_i^{lin,(n)}$  the set of all  $n$ -ary linear coterminals of type  $\tau$  and  $cT_i^{lin} := \bigcup_{n \geq 1} cT_i^{lin,(n)}$  the set of all (finitary) linear coterminals of type  $\tau$ .

We define a family of superposition operations  $(\bar{S}_m^n)_{m, n \geq 1}$  on this sequence, as follows.

**Definition 1.2** The operation  $\bar{S}_m^n: cT_i^{lin,(n)} \times (cT_i^{lin,(m)})^n \rightarrow cT_i^{lin,(m)}$  is defined by induction on the complexity of linear coterminal definition, as follows:

- (i) If  $e_i^n$  is an  $n$ -ary linear coterminal of type  $\tau$ ,  $t_0, \dots, t_{n-1}$  are  $m$ -ary linear coterminals of type  $\tau$  for  $0 \leq j \leq n-1$  and  $E(t_j) \cap E(t_k) = \emptyset$  for  $j, k \in \{0, \dots, n-1\}$  and  $j \neq k$ , then  $\bar{S}_m^n(e_i^n, t_0, \dots, t_{n-1}) := t_i$  is an  $m$ -ary linear coterminal of type  $\tau$ .
- (ii) If  $f$  is an  $n$ -ary linear coterminal of type  $\tau$ ,  $t_1, \dots, t_n$  are  $m$ -ary linear coterminals of type  $\tau$  and  $E(t_j) \cap E(t_k) = \emptyset$  for  $j, k \in \{1, \dots, n\}$ , then  $\bar{S}_m^n(f, t_1, \dots, t_n) := f[t_1, \dots, t_n]$  is an  $n$ -ary linear coterminal of type  $\tau$ .
- (iii) If  $f$  is an  $n$ -ary co-operation symbol,  $S_1, \dots, S_n$  are  $n$ -ary linear coterminals of type  $\tau$  where  $E(S_j) \cap E(S_k) = \emptyset$  for  $j, k \in \{1, \dots, n\}$  and  $t_1, \dots, t_n$  are  $m$ -ary linear coterminals of type  $\tau$  where  $E(t_j) \cap E(t_k) = \emptyset$  for  $j, k \in \{1, \dots, n\}$ , then  $\bar{S}_m^n(f[S_1, \dots, S_n], t_1, \dots, t_n) := f[\bar{S}_m^n(S_1, t_1, \dots, t_n), \dots, \bar{S}_m^n(S_n, t_1, \dots, t_n)]$  is an  $n$ -ary linear coterminal of type  $t$ .

Together with these operations we obtain a heterogeneous algebra  $cT_t^{lin} := ((cT_t^{lin,(n)})_{n \geq 1}, (\bar{S}_m^n)_{m,n \geq 1}, (e_j^n)_{0 \leq j \leq n-1})$ .

**Definition 1.3** A linear cohypersubstitution of type  $t$  is a mapping  $S : \{f\} \rightarrow cT_t^{lin}$  from the set of all co-operation symbols to the set of all linear coterms which is inductively defined by the following steps:

- (i)  $\hat{\sigma}[e_j^n] := e_j^n$  for every  $n \geq 1$  and  $0 \leq j \leq n-1$ ,
- (ii)  $\hat{\sigma}[f] := \sigma[f]$ ,
- (iii)  $\hat{\sigma}[f[t_1, \dots, t_n]] := \bar{S}_n^n(\sigma(f), \hat{\sigma}[t_1], \dots, \hat{\sigma}[t_n])$  and assume that  $\hat{\sigma}[t_j]$  is already defined and  $E(t_j)$  are distinct for all  $1 \leq j \leq n$ .

Let  $Cohyp^{lin}(\tau)$  be the set of all linear cohypersubstitutions of type  $\tau$ . Since the extension of a linear cohypersubstitution of type  $\tau$  maps  $cT_\tau^{lin}$  to  $cT_\tau^{lin}$ , we may define a binary operation  $o_{coh}$  by  $\hat{\sigma}_1 o_{coh} \sigma_2 := \hat{\sigma}_1 \circ \sigma_2$  where  $\circ$  is the usual composition of mappings. Let  $\sigma_{id}$  be the linear cohypersubstitution defined by  $\sigma_{id}(f) := f$ .

In 2016, D. Boonchari and K. Saengsura studied the monoid of cohypersubstitutions of type  $\tau = (n)^4$ . In this paper, we characterize Green's relations on  $Cohyp^{lin}(n)$ .

**Main results**

In this section, we obtain the linear cohypersubstitutions  $\sigma_t$  and  $\sigma_s$  which are  $R$ -related,  $L$ -related,  $H$ -related,  $D$ -related and  $J$ -related as following theorem:

We characterize the Green's relation  $R$  on  $Cohyp^{lin}(n)$  and we recall the definition of Green's relation  $R$  i.e., let  $a, b$  be elements of semigroup  $S$ . Then  $a R b$  if and only if there exists  $x, y$  in  $S$  such that  $xa = b, yb = a$ .

**Theorem 2.1** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$ . If  $t = e_i^n, s = e_j^n \in cT_t^{lin,(n)}$  for all  $i, j \in \{0, \dots, n-1\}$  then  $\sigma_t R \sigma_s$ .

**Proof** Assume that  $t = e_i^n, s = e_j^n \in cT_t^{lin,(n)}$  for all  $i, j \in \{0, \dots, n-1\}$ . We will show that there are  $\sigma_r, \sigma_w \in Cohyp^{lin}(n)$  such that  $\sigma_t = \sigma_s o_{coh} \sigma_r$  and  $\sigma_s = \sigma_t o_{coh} \sigma_w$ .

$$\begin{aligned} \text{Since } \sigma_s(f) = s = e_j^n \text{ and } \hat{\sigma}_t[e_j^n] = e_j^n, \text{ then } \sigma_s(f) &= e_j^n \\ &= \hat{\sigma}_t[e_j^n] \\ &= \hat{\sigma}_t[\sigma_{e_j^n}(f)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \hat{\sigma}_t[\sigma_s(f)] \\ &= (\sigma_t o_{coh} \sigma_s)(f). \end{aligned}$$

Therefore,  $\sigma_s = \sigma_t o_{coh} \sigma_r$ .

Similarly, one can show that  $\sigma_t = \sigma_s o_{coh} \sigma_r$  for some  $\sigma_r \in Cohyp^{lin}(n)$ .

This implies that  $\sigma_t R \sigma_s$ .

**Theorem 2.2** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$ . If  $t = f[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  and  $s = f[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \in cT_s^{lin,(n)}$  where  $i_0, \dots, i_{n-1}, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$  then  $\sigma_t R \sigma_s$ .

**Proof** Let  $r = f[r_1, \dots, r_n] \in cT_t^{lin,(n)}$  such that  $r_{j_k} = e_{i_k}^n$  for all  $j_k \in \{0, \dots, n-1\}$  and  $k = 0, \dots, n-1$ .

Then  $\sigma_t(f) = f[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n]$ , and so  $(\sigma_s o_{coh} \sigma_r)(f) = [\hat{\sigma}_s(f)]$

$$\begin{aligned} &= \hat{\sigma}_s[f[r_1, \dots, r_n]] \\ &= \sigma_s(f)[r_1, \dots, r_n] \\ &= f[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n][r_1, \dots, r_n] \\ &= f[e_{j_0}^n[r_1, \dots, r_n], \dots, e_{j_{n-1}}^n[r_1, \dots, r_n]] \\ &= f[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \\ &= t \\ &= \sigma_t(f). \end{aligned}$$

Therefore,  $\sigma_s o_{coh} \sigma_r = \sigma_t$ .

Similarly, one can show that  $\sigma_s = \sigma_t o_{coh} \sigma_w$  for some  $\sigma_w \in Cohyp^{lin}(n)$ .

Hence,  $\sigma_t R \sigma_s$ .

Therefore,  $(\sigma_t, \sigma_s) \in R$ .

For linear cohypersubstitutions  $\sigma_t, \sigma_s$  such that  $t$  and  $s$  are different form i.e.,  $t \in \{e_i^n \mid 0 \leq i \leq n-1\}$  and  $s \in cT_t^{lin,(n)} \setminus \{e_i^n \mid 0 \leq i \leq n-1\}$ , we have that  $(\sigma_t, \sigma_s) \notin R$  as the following example:

**Example 2.3** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$  and  $t = e_i^n, s = f[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  for all  $i, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$  and  $E(s)$  be distinct.

Assume that  $(\sigma_t, \sigma_s) \in R$ .

Then there is  $\sigma_w \in Cohyp^{lin}(n)$ . such that  $\sigma_s = \sigma_t o_{coh} \sigma_w$ .

Hence

$$f[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] = s$$



$$\begin{aligned} &= \sigma_s(f) \\ &= \hat{\sigma}_t[\sigma_w(f)] \\ &= \hat{\sigma}_t[w]. \end{aligned}$$

But we cannot find  $w \in cT_t^{lin,(n)}$  such that

$$\hat{\sigma}_t[w] = ff[e_{j_1}^n, \dots, e_{j_n}^n].$$

So  $(\sigma_t, \sigma_s) \in R$ .

**Remark** The number of pairs  $(\sigma_t, \sigma_s)$  in which  $\sigma_t R \sigma_s$  is  $n^2 + (n!)^2$ .

Next, we characterize the Green's relation  $L$  on  $Cohyp^{lin}(n)$  and we recall the definition of Green's relation  $L$  i.e.,  $a L b$  if and only if there exists  $u, v$  in  $S$  such that  $au = v, bv = u$ .

**Theorem 2.4** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$  and  $t, s \in \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . If  $\sigma_t L \sigma_s$ , then  $t = s$ .

**Proof** Assume that  $\sigma_t L \sigma_s$ .

Then there are  $\sigma_u, \sigma_v \in Cohyp^{lin}(n)$  such that  $\sigma_t = \sigma_u o_{coh} \sigma_s$  and  $\sigma_s = \sigma_v o_{coh} \sigma_t$ .

Let  $\sigma_t(f) = t = e_j^n$  and  $\sigma_s(f) = s = e_j^n$ .

Then

$$\begin{aligned} e_i^n &= t \\ &= \sigma_t(f) \\ &= \hat{\sigma}_u[\sigma_s(f)] \\ &= \hat{\sigma}_u[e_i^n] \\ &= e_i^n \\ &= s. \end{aligned}$$

Therefore,  $t = s$ .

For linear cohypersubstitutions  $\sigma_t, \sigma_s$  such that  $t, s \in \{e_i^n \mid 0 \leq i \leq n-1\}$ . and  $t \neq s$ , we have that  $(\sigma_t, \sigma_s) \in L$  as the following example:

**Example 2.5** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$

Assume that  $t = e_i^n, s = e_j^n \in cT_t^{lin,(n)}$  for all  $i, j \in \{0, \dots, n-1\}$  and  $i \neq j$ .

Then  $e_i^n = t = \sigma_t(f)$  and  $e_j^n = s = \sigma_s(f)$ .

Since for all  $\sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$ , we have that  $\hat{\sigma}_u[e_j^n] = e_j^n$ . Then  $\hat{\sigma}_u[\sigma_s(f)] = \sigma_s(f) \neq \sigma_t(f)$ .

Therefore,  $(\sigma_t, \sigma_s) \in L$ .

**Theorem 2.6** If  $t = ff[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  and  $s = ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  where  $i_0, \dots, i_{n-1}, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$ , then  $\sigma_t L \sigma_s$ .

**Proof** Let  $v = ff[v_1, \dots, v_n] \in cT_t^{lin,(n)}$  such that  $v_1, \dots, v_n \in \{e_i^n \mid i = 0, \dots, n-1\}$  and  $v_1[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] = e_{j_0}^n, \dots, e_n[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] = e_{j_{n-1}}^n$ .

Then

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_v[\sigma_t(f)] &= \hat{\sigma}_v[ff[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n]] \\ &= \sigma_v(f)[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \\ &= (ff[v_1, \dots, v_n])[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \\ &= ff[v_1[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] = e_{j_0}^n, \dots, v_n[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n]] \\ &= ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \\ &= s \\ &= \sigma_s(f). \end{aligned}$$

Therefore,  $\sigma_v o_{coh} \sigma_t = \sigma_s$ .

Similarly, one can show that  $\sigma_t = \sigma_u o_{coh} \sigma_s$  for some  $\sigma_u \in Cohyp^{lin}(n)$ .

Hence,  $\sigma_t L \sigma_s$ .

**Remark** The number of pairs  $(\sigma_t, \sigma_s)$  in which  $\sigma_t L \sigma_s$  is  $n + (n!)^2$ .

Next, we characterize the Green's relation  $H$  on  $Cohyp^{lin}(n)$ .

**Theorem 2.7** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$  and  $t, s \in \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $\sigma_t H \sigma_s$  if and only if  $t = s$ .

**Proof** Assume that  $\sigma_t H \sigma_s$ .

Then  $\sigma_t H \sigma_s$  and  $\sigma_t R \sigma_s$ .

By Theorem 2.4, we get that  $t = s$ .

Similarly, assume that  $t = s$ .

Then  $\sigma_t = \sigma_s$ .

Since and are equivalence relations,

we have  $\sigma_t L \sigma_s$  and  $\sigma_t R \sigma_s$ .

Therefore,  $\sigma_t H \sigma_s$ .

**Theorem 2.8** Let  $t, s \in cT_t^{lin,(n)} \setminus \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $\sigma_t H \sigma_s$ .

**Proof** Let  $t = ff[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  and  $s = ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  for  $i_0, \dots, i_{n-1}, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$ .

By Theorem 2.2, we have that  $\sigma_t R \sigma_s$ .

By Theorem 2.6, we have that  $\sigma_t L \sigma_s$ .

Therefore,  $\sigma_t H \sigma_s$ .

**Remark** The number of pairs  $(\sigma_t, \sigma_s)$  in which  $\sigma_t H \sigma_s$  is  $n + (n!)^2$ .

Next, we characterize the Green's relation  $D$  on  $Cohyp^{lin}(n)$ .

**Theorem 2.9** Let  $(\sigma_t, \sigma_s) \in Cohyp^{lin}(n)$  and  $t, s \in \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $\sigma_t D \sigma_s$ .

**Proof** Since  $\sigma_t L \sigma_t$  and by Theorem 2.2,

we have that  $\sigma_t R \sigma_t$ .

Then  $\sigma_t D \sigma_t$ .

**Theorem 2.10** Let  $t, s \in cT_t^{lin,(n)} \setminus \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $\sigma_t D \sigma_s$ .

**Proof** Let  $t = ff[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  and  $s = ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  for  $i_0, \dots, i_{n-1}, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$ .

By Theorem 2.2, we have that  $\sigma_t R \sigma_s$ .

By Theorem 2.6, we get that  $\sigma_t L \sigma_s$ .

Therefore,  $\sigma_t D \sigma_s$ .

For linear cohypersubstitutions  $\sigma_t, \sigma_s$  such that  $t$  and  $s$  are different form i.e.,  $t \in \{e_i^n \mid 0 \leq i \leq n-1\}$  and  $s \in cT_t^{lin,(n)} \setminus \{e_i^n \mid 0 \leq i \leq n-1\}$ , we have that  $(\sigma_t, \sigma_s) \notin D$  as the following example:

**Example 2.11** Let  $\sigma_t, \sigma_s \in Cohyp^{lin}(n)$  and  $t = e_i^n$ ,  $s = ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  for all  $i, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$  and  $E(s)$  be distinct.

Then  $\sigma_t(f) = e_i^n$  and  $\sigma_s(f) = ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n]$ .

By Theorem 2.4, we get that  $\sigma_t L \sigma_s$ .

But by Theorem 2.3, we have that  $(\sigma_t, \sigma_s) \notin R$ .

Hence,  $(\sigma_t, \sigma_s) \notin D$ .

**Remark** The number of pairs  $(\sigma_t, \sigma_s)$  in which  $\sigma_t D \sigma_s$  is  $n^2 + (n!)^2$ .

Next, we characterize the Green's relation  $J$  on  $Cohyp^{lin}(n)$ .

**Theorem 2.12** Let  $(\sigma_t, \sigma_s) \in Cohyp^{lin}(n)$  and  $t, s \in \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $\sigma_t J \sigma_s$ .

**Proof** Let  $t = e_i^n, s = e_j^n$  and  $u \in cT_t^{lin,(n)}$ .

Since  $\hat{\sigma}_u[e_k^n] = e_k^n$  for all  $k = 0, \dots, n-1$ .

we have

$$\sigma_t(f) = e_i^n$$

$$= \hat{\sigma}_s[e_i^n]$$

$$= \hat{\sigma}_u[\hat{\sigma}_s[e_i^n]]$$

$$= \hat{\sigma}_u[\hat{\sigma}_s[\sigma_{e_i^n}(f)]]$$

$$= \hat{\sigma}_u[\hat{\sigma}_s[\sigma_t(f)]]$$

Therefore,  $\sigma_t = \sigma_u \circ_{coh} \sigma_s \circ_{coh} \sigma_t$ .

Similarly, one can show that  $\sigma_s = \sigma_x \circ_{coh} \sigma_t \circ_{coh} \sigma_y$  for some  $\sigma_x, \sigma_y \in Cohyp^{lin}(n)$ .

Hence,  $\sigma_t J \sigma_s$ .

**Theorem 2.13** Let  $t, s \in cT_t^{lin,(n)} \setminus \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$ . Then  $\sigma_t J \sigma_s$ .

**Proof** Let  $t = ff[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  and  $s = ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$  for  $i_0, \dots, i_{n-1}, j_0, \dots, j_{n-1} \in \{0, \dots, n-1\}$ .

We let  $r = ff[r_1, \dots, r_n]$  such that  $r_{j_k} = e_{j_k}^n$  where  $j_k \in \{0, \dots, n-1\}$  and  $k = 0, \dots, n-1$ .

By Theorem 2.2, we get that  $\sigma_t(f) = \hat{\sigma}_s[\sigma_r(f)]$ .

Let  $v = (f)[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] \in cT_t^{lin,(n)}$ .

Then

$$\hat{\sigma}_v[\sigma_t(f)] = \hat{\sigma}_v[ff[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n]]$$

$$= \sigma_v(f)[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n]$$

$$= (ff[v_1, \dots, v_n])[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n]$$

$$= ff[v_1[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n] = e_{j_0}^n, \dots, v_n[e_{i_0}^n, \dots, e_{i_{n-1}}^n]]$$

$$= ff[e_{j_0}^n, \dots, e_{j_{n-1}}^n]$$

$$= t$$

$$= \sigma_t(f)$$

Therefore,  $\sigma_v \circ_{coh} \sigma_s \circ_{coh} \sigma_r = \sigma_t$ .

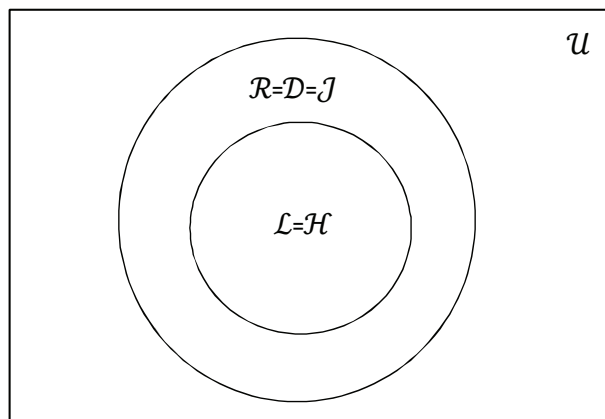
Similarly, one can show that  $\sigma_s = \sigma_x \circ_{coh} \sigma_t \circ_{coh} \sigma_y$  for some  $\sigma_x, \sigma_y \in Cohyp^{lin}(n)$ .

Hence,  $\sigma_t J \sigma_s$ .

**Remark** The number of pairs  $(\sigma_t, \sigma_s)$  in which  $\sigma_t J \sigma_s$  is  $n^2 + (n!)^2$ .

We conclude the  $R, L, H, D$  and  $J$  as the following diagram:

$$U = \{(\sigma_t, \sigma_s) \mid t, s \in cT_t^{lin,(n)}\}.$$



If  $t, s \in \{e_i^n \mid n \geq 1, 0 \leq i \leq n-1\}$  and  $t = s$  in  $L$ , then  $L \subseteq R$ .

**Acknowledgements**

The authors would like to thank the referee for useful remarks. We also would like to thank the Faculty of Science of Mahasarakham University Thailand and the Science Achievement Scholarship of Thailand (SAST) for the financial support.

**References**

1. Drbohlav K. On quasicvarieties. Acta Fac. Rerum Natur. Univ. Comenian. Math. Mimoriadne Cislo. 1971 ; 17-20.
2. Csa'ka'ny B. Completeness in coalgebras. Acta Sci. Math. 1985 ; 48: 75-84.
3. Denecke K, Saengsura K. Menger Algebras and Clones of Cooperations. Algebra Colloquium. 2008 ; 15(2): 223-234.
4. Boonchari D, Saengsura K. Monoid of Cohypersubstitutions of type  $t = (n)$ . Thai Journal of Mathematics. 2016 ; 14: 191-201.
5. Denecke K. The partial clone of linear terms. Siberian Mathematical Journal. 2016 ; 57(4): 589-598
6. Denecke K, Lau D, Poschel R, Schweigert D. Hyperidentities, hyperequational classes and clone congruences. Contribution to General Algebra. 2002 ; 7: 97-118.
7. Denecke K, Saengsura K. Cohyperidentities and M-solid classes of coalgebras. Discrete Mathematics. 2009 ; 304(4): 772-783.

8. Denecke K, Wismath SL. Universal algebra and applications in theoretical computer science. Boca Raton, Chapman&Hall/CRC. 2002.
9. Howie JM. Fundamentals of Semigroup Theory. Oxford Science Publications, Clarendon Press. Oxford. 1995.
10. Jermjitporn S, Saengsura N. Generalized cohypersubstitutions of type  $\cdot = (\cdot)_{i \in I}$ . Thai Journal of Mathematics. 2013 ; 4: 747-755.
11. Koppitz J, Denecke K. M-solid varieties of algebras. Springer Science+Business Media. Inc. 2006.
12. Leeratanavalee S, Denecke K. Generalized hypersubstitutions and strongly solid varieties. Proceedings of the "59<sup>th</sup> Workshop on General Algebra", Conference for Young Algebraists. Potsdam. 200 ; 135-145.

# การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS และ HEC-RAS เพื่อศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยของอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

## The Application of HEC-HMS and HEC-RAS Mathematical Models for Study of Flood Mitigation in Cha-Uat, Nakhon Si Thammarat

ณัฐพล แก้วทอง<sup>1</sup>, ปกรณ์ ดิษฐกิจ<sup>2\*</sup>, สรายุทธ์ นาครอด<sup>3</sup>, ชยณัฐ บัวทองเกื้อ<sup>4</sup>

Natapon Kaewthong<sup>1</sup>, Pakorn Dittthakit<sup>2\*</sup>, Sarayoot Nakrod<sup>3</sup>, Chayanat Buathongkhue<sup>4</sup>

Received: 9 June 2019 ; Revised: 23 August 2019 ; Accepted: 27 September 2019

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมและมาตรการบรรเทาอุทกภัยของเทศบาลตำบลชะอวด อ.ชะอวด จ.นครศรีธรรมราช โดยใช้แบบจำลอง HEC-HMS ร่วมกับแบบจำลอง HEC-RAS ในการประเมินปริมาณน้ำท่าและวิเคราะห์สภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา ผลการสอบเทียบ (ปี 2548) และตรวจพิสูจน์ (ปี 2543) สำหรับแบบจำลอง HEC-HMS พบว่าให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.95 และ 0.82 ตามลำดับ ผลการสอบเทียบ (ปี 2548) และตรวจพิสูจน์ (ปี 2543) ในแบบจำลอง HEC-RAS โดยใช้ระดับคราบน้ำท่วมเชิงสะพานเทศบาลตำบลชะอวด พบว่ามีความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.15 เมตร และ 0.23 เมตร ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์สภาพน้ำท่วมพบว่าเขตเทศบาลตำบลชะอวดสามารถรองรับปริมาณน้ำท่าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี แต่จะเกิดน้ำท่วมบริเวณนอกเขตเทศบาลมีความลึกประมาณ 0.5-1.5 เมตร เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 10 และ 25 ปี พบว่าจะเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเขตเทศบาลตำบลชะอวดมีความลึกโดยประมาณ 1-2 เมตร และระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นไปจนถึง 2-3 เมตร ที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 ถึง 100 ปี ทั้งนี้ได้เสนอแนวทางในการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่โดยการสร้างคลองผันน้ำออกทางช่องค้ำควาเพื่อระบายน้ำก่อนเข้าเขตเทศบาลตำบลชะอวด ซึ่งเมื่อพิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี พบว่าอัตราการไหลสูงสุดลดลงทั้งสิ้น 90 ลบ.ม.ต่อวินาที

**คำสำคัญ:** แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS HEC-RAS อัตราการไหล

### Abstract

This article presents flooding simulation and flooding alleviation measures of Cha-Uat Municipality, Cha-Uat District, Nakhon Si Thammarat. HEC-HMS and HEC-RAS were applied to determine runoff and simulate flooding events in the study area. The results of the HEC-HMS model's calibration (2005) and verification (2000) gave correlation coefficients (r) of 0.95 and 0.82, respectively. The results of the HEC-RAS model's calibration (2005) and verification (2000) using recorded water levels at Cha-Uat municipality bridge gave errors of water levels of 0.15 m and 0.23 m, respectively. The results of flooding simulation found that there was no flooding at Cha-Uat Municipality for 2 years return periods, but the areas out of Cha-Uat Municipality were flooded at approximately of 0.5-1.0 m. Considering 5, 10 and 25 years return periods, Cha-Uat Municipality was flooded at approximately of 1.0-2.0 m. and up to 2-3 m for 50 and 100 years return periods. We proposed flooding alleviation measures by construction of a floodway at Kangkao channel in order to drain water before entering the area of Cha-Uat Municipality. By doing this, flood peak decreased by 90 m<sup>3</sup>/s for a 5 year return period.

**keywords:** Mathematial model, HEC-HMS, HEC-RAS, Flow rate

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สำนักวิชาวิศวกรรมกรรมและทรัพยากรมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์อำเภอท่าศาลาจังหวัดนครศรีธรรมราช

<sup>3</sup> นักวิจัย, สำนักวิชาวิศวกรรมกรรมและทรัพยากรมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์อำเภอท่าศาลาจังหวัดนครศรีธรรมราช

<sup>4</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Bo Yang, Muang, Songkhla

<sup>2</sup> Assistant professor, School of Engineering and Resources, Walailak University, Thasala District Nakhonsithammarat

<sup>3</sup> Researcher, School of Engineering and Resources, Walailak University, Thasala District Nakhonsithammarat

<sup>4</sup> Assistant professor, College of Industrial Technology and Management University of Technology Srivijaya, Tongnien, Khanom, Nokhon Si Thammarat

\* Corresponding author: Pakorn Dittthakit, School of Engineering and Resources, Walailak University, dpakorn@hotmail.com

**บทนำ**

ในช่วงระยะเวลาประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบกับปัญหาอุทกภัยเกือบทุกปีกระจายไปยังพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ รัฐบาลต้องใช้งบประมาณในการปรับปรุงระบบสาธารณูปโภคที่เสียหายจากการเกิดน้ำท่วม รวมถึงความเสียหายทางด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือสภาพจิตใจของประชาชนผู้ประสบปัญหา ซึ่งไม่อาจเทียบเป็นมูลค่าความเสียหายได้ อีกทั้งมีงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยที่บ่งชี้ว่าประเทศไทยมีความเสี่ยงในการเกิดภาวะน้ำท่วมในระดับรุนแรง<sup>1-4</sup> ส่วนจังหวัดนครศรีธรรมราชก็เป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาการเกิดอุทกภัยมาอย่างต่อเนื่อง<sup>5</sup> ล่าสุดเมื่อปลายปี พ.ศ.2554 และต้นปี พ.ศ.2555 ก็ได้รับความเสียหายเป็นวงกว้าง โดยเฉพาะเทศบาลตำบลชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ดังปรากฏหลักฐานรอยคราบน้ำที่ชาวบ้านได้ทำการบันทึกไว้ ซึ่งจะมีตั้งแต่วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2509 จนถึงปัจจุบันพบว่าระดับน้ำค่อนข้างสูงชัน ดังแสดงใน Figure 1 ดังนั้นเพื่อป้องกันและบรรเทาอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตจึงมีความจำเป็นต้องการศึกษาเพื่อหามาตรการรองรับเหตุการณ์ดังกล่าว การนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการปัญหาก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้จำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น และสามารถหามาตรการที่เหมาะสมในการบรรเทาอุทกภัย และแจ้งเตือนภัยน้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นได้ทันท่วงที



Figure 1 The traces of the floods in Cha-Uat

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-HMS<sup>6-8</sup> เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่มีโอกาสเกิดขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ บริเวณตอนบนของพื้นที่อำเภอชะอวด ซึ่งปริมาณน้ำจำนวนดังกล่าวนี้จะต้องไหลผ่านในเขตเทศบาลเมืองชะอวด เป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุทกภัยในพื้นที่เทศบาลเมืองชะอวด และประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS<sup>9-10</sup> เพื่อวิเคราะห์เวลาในการไหลรวมกันของน้ำจากทางตอนบนของลุ่มน้ำ และระดับน้ำ

ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ เพื่อหาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยของอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราชต่อไป

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา**

**1. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา**

การศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลอง HEC-HMS เพื่อจำลองน้ำท่าจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ สำหรับสร้างเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองน้ำท่วม HEC-RAS เพื่อจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**1.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS<sup>11</sup>**

แบบจำลอง HEC-HMS เป็นแบบจำลองทางอุทกศาสตร์ (Hydrologic Model) ที่จำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนให้กลายเป็นปริมาณน้ำท่า โดยพิจารณาช่วงระยะเวลาการเกิดน้ำท่า และระยะเวลาการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านลำน้ำ แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ ตามองค์ประกอบที่มีอยู่จริงในพื้นที่ โดยแบบจำลอง HEC-HMS แบ่งออกเป็น 4 แบบจำลองย่อย ดังนี้ (1) แบบจำลองปริมาณน้ำท่า (Models that compute runoff volume) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การสูญเสียของฝนด้านต่างๆ (2) แบบจำลองการไหลผิวดิน (Direct Runoff Model) เป็นแบบจำลองการรวบรวมการไหลบนผิวดิน (Overland flow) และสูญเสียพลังงานของน้ำที่ไหลจากพื้นที่รับน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (3) แบบจำลองการไหลพื้นฐาน (Baseflow model) เป็นแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินลงสู่ลำน้ำ (4) แบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ (Channel Routing Model) เป็นแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ดังแสดงใน Figure 2 และในแบบจำลอง HEC-HMS เวอร์ชัน 4.2.1 นี้ยังมีเครื่องมือเพิ่มขึ้นมาเพื่อความอำนวยความสะดวกในการเปรียบเทียบแบบจำลองคือเครื่องมือในการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (Optimization Tools) โดยแบบจำลองจะทำการประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการเพื่อให้ชุดข้อมูลจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับชุดข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบ

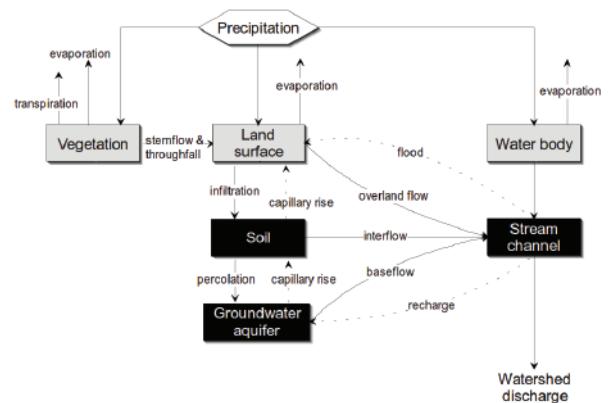


Figure 2 The framework of the HEC-HMS model.<sup>11</sup>



1.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS<sup>12</sup>

HEC-RAS มีชื่อเต็มว่า U.S. Army Corps of Engineer River Analysis System เป็นแบบจำลองในการหาหน้าข้างการไหล (Water surface profile) และใช้สำหรับวิเคราะห์ด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (one-dimensional) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Hydrologic Engineering Center for the U.S. Army Corps of Engineering มีความสามารถในการวิเคราะห์ 4 อย่างคือ (1) การคำนวณการไหลของน้ำ แบบทรงตัวมัน (steady flow) (2) การคำนวณการไหลของน้ำแบบไม่ทรงตัว (unsteady flow) (3) การคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอน และ (4) การคำนวณการกระจายตัวของคุณภาพน้ำ

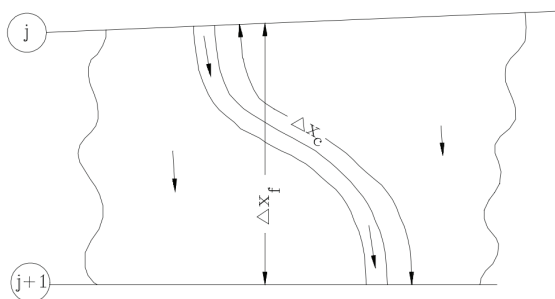


Figure 3 Flow in rivers and floodplains

การประยุกต์ใช้สมการเซนต์วีแนนตีในแบบจำลอง HEC-RAS ดังแสดงใน Figure 3 อธิบายถึงลักษณะของปฏิสัมพันธ์การไหลสองมิติระหว่างการไหลในทางน้ำหลักและที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) เมื่อน้ำในลำน้ำมีระดับสูงขึ้นจนเกินระดับของตลิ่ง น้ำก็จะไหลออกจากลำน้ำไปทางด้านข้างเข้าท่วมพื้นที่ที่ราบน้ำท่วมถึงและไหลเข้าไปเติมในพื้นที่แก้มลิง (storage area) ในขณะที่ความลึกของการไหลเพิ่มขึ้น พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงก็จะเริ่มนำพาน้ำให้ไหลไปยังด้านท้ายน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระยะทางของการไหลบนที่ราบน้ำท่วมถึงจะสั้นกว่าระยะทางในการไหลของทางน้ำหลักมาก และเมื่อความลึกของการไหลลดลง น้ำจากพื้นที่นอกตลิ่งก็จะไหลกลับเข้าไปยังทางน้ำหลัก ทำให้ระดับน้ำของการไหลในทางน้ำหลักเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

เนื่องจากการไหลของน้ำออกด้านข้างของลำน้ำ (เข้าท่วมที่ราบน้ำท่วมถึง) มีสัดส่วนที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับการไหลของน้ำไปตามลำน้ำ ทำให้สามารถประมาณการไหลในหนึ่งมิติแทนการไหลในสองมิติตั้งที่กล่าวมาแล้ว โดยการกำหนดให้การไหลในทางน้ำหลักสามารถแลกเปลี่ยนน้ำกับที่ราบน้ำท่วมถึงได้ ทำให้อัตราการไหลของน้ำในที่ราบน้ำท่วมถึงแยกออกจากอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำหลัก โดยทำการแบ่งระบบของการไหลออกเป็นสองส่วนคือการไหลในทางน้ำหลักและการไหลบนที่ราบน้ำท่วมถึง แล้วกำหนดสมการความต่อเนื่อง (continuity equation) และสมการ

โมเมนตัม (momentum equation) สำหรับทั้งสองส่วนของการไหล และเพื่อให้ง่ายขึ้นได้กำหนดให้ผิวหน้าของแต่ละหน้าตัดเป็นตัวกำหนดว่าเป็นการไหลในทางน้ำหลักหรือการไหลบนที่ราบน้ำท่วมถึง นั้นหมายความว่า จะไม่พิจารณาการแลกเปลี่ยนโมเมนตัมระหว่างทางน้ำหลักกับที่ราบน้ำท่วมถึง และให้อัตราการไหล (discharge) มีการกระจายตัวตามช่องทางลำน้ำ นั่นคือ

$$Q_c = \phi Q \tag{1}$$

โดย  $Q_c$  = อัตราการไหลในลำน้ำหลัก (เมตร<sup>3</sup>/วินาที)

$Q$  = อัตราการไหลรวม (เมตร<sup>3</sup>/วินาที)

$\phi$  = สัมประสิทธิ์การไหลรวม

$$\phi = K_c / (K_c + K_f) \tag{2}$$

โดย  $K_c$  = สัมประสิทธิ์การไหลในทางน้ำหลัก

$K_f$  = สัมประสิทธิ์การไหลในที่ราบน้ำท่วมถึง

ด้วยสมมติฐานนี้สามารถรวมสมการการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ ทั้งทางน้ำหลักและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงเป็นสมการเดียว คือ

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\phi)Q]}{\partial x_f} = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \frac{\partial(\phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\phi)^2 Q^2 / A_f]}{\partial x_f} + g A_c \left[ \frac{\partial z}{\partial x_c} + s_c \right] + g A_f \left[ \frac{\partial z}{\partial x_f} + s_f \right] = 0 \tag{4}$$

สัญลักษณ์ c และ f ในที่นี้หมายถึงลำน้ำหลักและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงตามลำดับ สมการเหล่านี้ได้ถูกประมาณค่าโดยใช้ implicit finite differences และแก้หาค่าโดยใช้ Newton-Raphson iteration technique

2. พื้นที่ศึกษา

อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำ ปากพนังตอนบน เป็นพื้นที่ราบอยู่ด้านทิศตะวันออกของแนวเทือกเขานครศรีธรรมราช มีอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำใสเป็นแหล่งเก็บกักน้ำบริเวณต้นน้ำครอบคลุมพื้นที่รอยต่อของจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดพัทลุง และจังหวัดตรัง อำเภอชะอวด มีลำน้ำหลัก 4 สายไหลรวมกันบริเวณเทศบาลตำบลชะอวดก่อนรวมกันเป็นแม่น้ำปากพนัง คือ คลองไม้เสียบ คลองลาไม คลองถ้ำพระ และคลองนาหมอบุญ ดังแสดงใน Figure 4

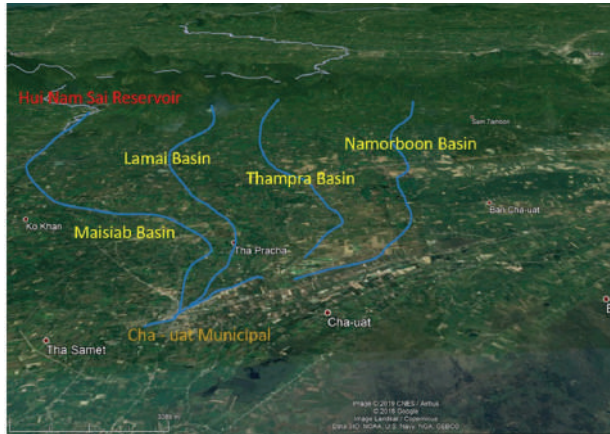


Figure 4 Main river in the study area

### 3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.1 การรวบรวมข้อมูล

1) การรวบรวมข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพองตอนบนและพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับอำเภอชะอวด มาตราส่วน 1: 50,000 เพื่อใช้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา อาทิเช่น พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ และใช้เป็นแผนที่พื้นฐาน (Base Map) ในการจัดทำแผนที่น้ำท่วม

2) ข้อมูลทางชลศาสตร์ และอาคารชลศาสตร์ ได้แก่ อาคารหัวงาน คลองส่งน้ำ คลองแยกซอย อาคารบังคับน้ำ ประตูระบายน้ำ อาคารระบายน้ำ เป็นต้น

3) การรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ประกอบด้วย

(1) ข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ กระแสลม ความชื้นของเมฆ และปริมาณการระเหย เป็นต้น โดยทำการรวบรวมข้อมูลรายวันจากรายงานสถิติภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศนครศรีธรรมราช 552201

(2) ข้อมูลปริมาณฝน รวบรวมจากสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในลุ่มน้ำปากพอง และสถานีข้างเคียง ข้อมูลน้ำฝนที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลน้ำฝนรายวัน ประกอบด้วย สถานีอร่อนพิบูลย์ (552007) อำเภอชะอวด (552010) สถานีฝายไม้เสียบ (27370) และสถานีอ่างห้วยน้ำใส (27142)

(3) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน รายเดือน และรายปี โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำรายวันที่สถานีวัดน้ำท่า X.105 และใช้ข้อมูลระดับน้ำท่วมอ้างอิงบริเวณร้านเยี่ยมซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณเทศบาลตำบลชะอวดแสดงใน Figure 5

4) รวบรวมข้อมูลดินและลักษณะการใช้ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพองตอนบน ประกอบด้วย แผนที่แสดงการใช้ที่ดิน และแผนที่หน่วยดิน มาตราส่วน 1:25,000 และ 1:50,000



Figure 5 Locations of runoff stations and flood levels reference

#### 3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อจัดทำข้อมูลรูปตัดลำน้ำ

สำรวจรูปตัดลำน้ำด้วย Ground Survey โดยใช้กล้องระดับเดินค่าระดับจากหมุดอ้างอิงเพื่อถ่ายค่าระดับไปยังรูปตัดลำน้ำต่างๆ โดยระยะในการสำรวจรูปตัดลำน้ำประมาณ 1-4 กิโลเมตร ต่อ 1 รูปตัดลำน้ำ ทั้งนี้พิจารณาถึงความยากง่ายในการเข้าสำรวจพื้นที่ และในบางช่วงที่ขนาดรูปตัดลำน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก อาจเว้นระยะช่วงห่างการเก็บรูปตัดลำน้ำให้มากขึ้น แต่ถ้าบางช่วงของรูปตัดลำน้ำมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงมาก อาจต้องทำการเก็บรูปตัดลำน้ำให้ถี่ขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการสำรวจรูปตัดลำน้ำทั้งสิ้น 62 รูปตัด แสดงใน Figure 6

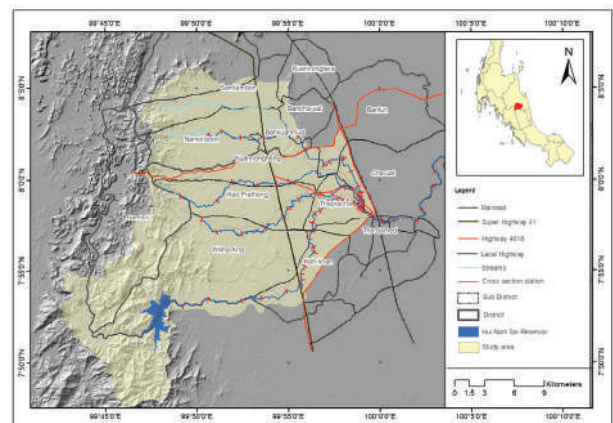


Figure 6 Position in cross section survey

### 3.3 การศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยของอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ครั้งนี้มีการใช้ 2 แบบจำลองคือ แบบจำลอง HEC-RAS สำหรับจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่และการจำลองเหตุการณ์ตามแนวทางการบรรเทาผลกระทบ และใช้แบบจำลอง HEC-HMS สำหรับจำลองสภาพน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝน และจำลองปริมาณน้ำท่าที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองน้ำท่วม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน แสดงใน Figure 7

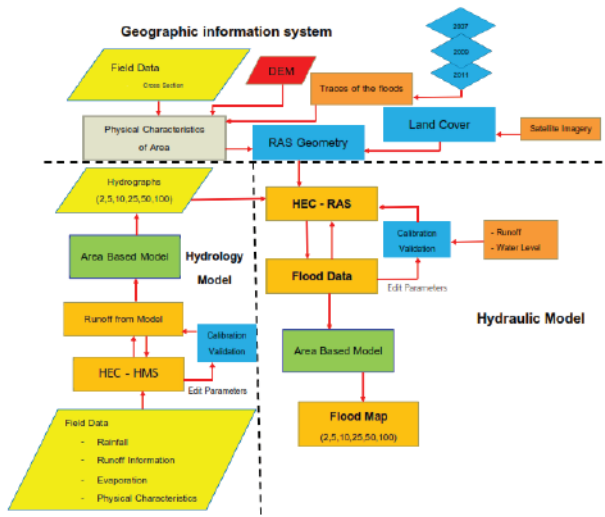


Figure 7 framework

### ผลการศึกษา

#### 1. ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

##### 1.1 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-HMS

จากผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลองย่อยดังแสดงใน (Table 1) และ Figure 8-9 โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการไหลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจากการตรวจวัดจริง พบว่าผลการสอบเทียบแบบจำลอง (ปี 2548) มีค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เท่ากับ 8.19 ลบ.ม.ต่อวินาที และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.95 ส่วนผลการตรวจพิสูจน์ (ปี 2543) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เท่ากับ 6.48 ลบ.ม.ต่อวินาที และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.82

Table 1 Parameters from the model calibration.

Hydrologic Element	Parameters	Value
Upper MaiSiap Reach	Muskingum K (HR)	7.43
Upper MaiSiap Reach	Muskingum X	0.12
Upper MaiSiap SB.	Baseflow Initial Flow (m3/s)	0.10
Upper MaiSiap SB.	Baseflow Threshold Ratio	0.99
Upper MaiSiap SB.	Curve Number	60
Upper MaiSiap SB.	Initial Abstraction (mm)	29.99
Upper MaiSiap SB.	Recession Constant	0.15
Upper MaiSiap SB.	Snyder Peaking Coefficient	0.93
Upper MaiSiap SB.	Snyder Time to Peak (HR)	34.44

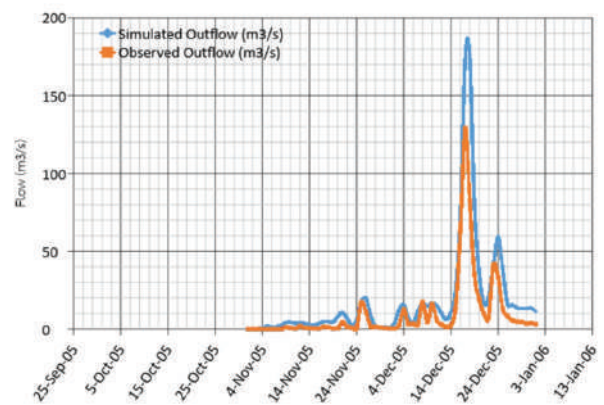


Figure 8 Calibration model at station X.105 in 2005

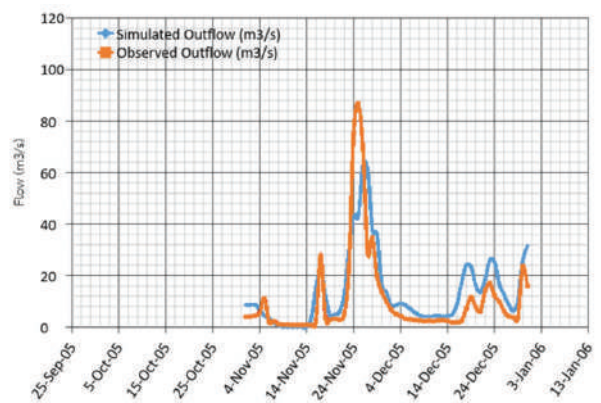


Figure 9 Validation model at station X.105 in 2000



**1.2 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS**

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมครั้งนี้ไม่มีสถานีวัดน้ำทำสำหรับใช้เป็นค่าระดับในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ค่าระดับน้ำจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีการบันทึกโดยชาวบ้านในพื้นที่น้ำท่วม (บริเวณร้านเย็บมุ้งซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณเทศบาลตำบลชะอวด) มาปรับค่าให้อ้างอิงตามระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังแสดงใน Figure 10 โดยในการสอบเทียบใช้ข้อมูลระดับน้ำท่วมในปี พ.ศ.2548 เนื่องจากเป็นปีที่มีมีระดับน้ำท่วมสูงสุดในช่วง 10 ปีย้อนหลัง ทำให้มีเหตุการณ์ครอบคลุมในทุกกรณีศึกษา และเลือกใช้ พ.ศ.2543 ในการตรวจสอบเนื่องจากมีข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลองค่อนข้างสมบูรณ์ ผลการสอบเทียบแบบจำลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งสำหรับลำน้ำหลักมีค่าเท่ากับ 0.03 และมีค่าเท่ากับ 0.04 สำหรับในพื้นที่น้ำท่วม และผลการวิเคราะห์การสอบเทียบแบบจำลองพบว่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองในปี พ.ศ. 2548 มีค่าระดับ 3.87 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับระดับน้ำท่วมที่มีการบันทึกไว้ แตกต่างกันประมาณ 0.15 เมตร ดังแสดงใน Figure 11 และผลการตรวจพิสูจน์พบว่า ระดับน้ำในปี พ.ศ. 2543 จากแบบจำลองมีความเข้ากันได้ดีกับระดับน้ำท่วมที่มีการบันทึกไว้ ดังกล่าวไว้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.23 เมตร ดังแสดงใน Figure 12

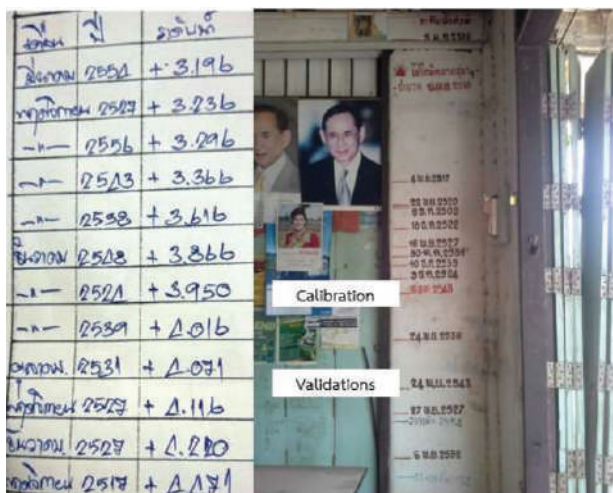


Figure 10 The water level at the reference point is adjusted according to the mean sea level

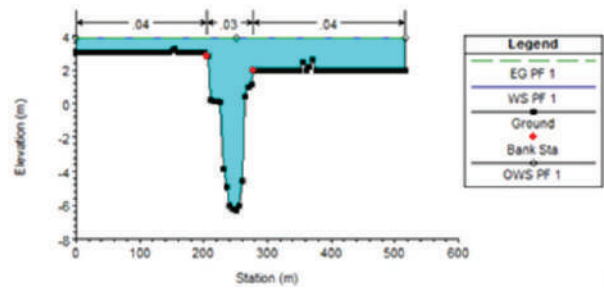


Figure 11 Water level from calibration model in 2005

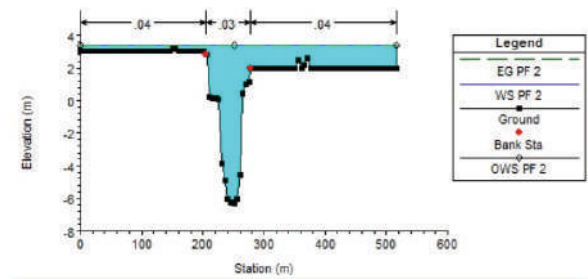


Figure 12 Water level from validation model in 2000

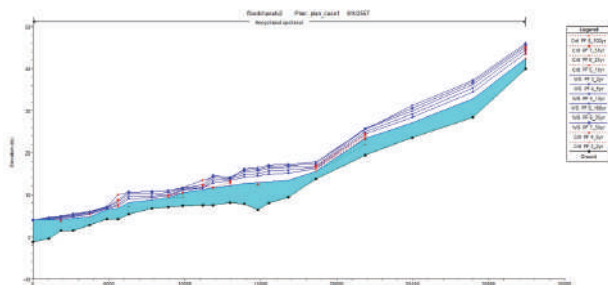
**2. ผลการจำลองสภาพน้ำท่วม**

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS จำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 พบว่าระดับน้ำมีความแตกต่างกัน ดังแสดงใน Figure 13 ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ลุ่มน้ำคลองนาหมอบุญจะเกิดน้ำท่วมบริเวณบ้านทุ่งไม้ไผ่ ตำบลควนหนองหงษ์ มีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.2 เมตร ถึง 1 เมตร และบริเวณบ้านควนมุดตลอดแนวสองข้างของลำคลองจะมีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.5 เมตร ส่วนลุ่มน้ำคลองถ้าพระจะเกิดน้ำท่วมบริเวณบ้านเหมืองพุดำลควนหนองหงษ์ มีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.3-0.6 เมตร สำหรับลุ่มน้ำคลองลาไมจะเกิดน้ำท่วมบริเวณบ้านดอนมะปราง ตำบลท่าประจะ มีระดับน้ำท่วมสูงประมาณ 0.1 เมตร และลุ่มน้ำคลองไม้เสียบจะเกิดน้ำท่วมบ้านห้วยแหง ตำบลท่าประจะ ระดับน้ำท่วมสูงประมาณ 0.5-1.5 เมตร และบริเวณจุดบรรจบของลำน้ำทั้ง 4 สาย ในเขตเทศบาลตำบลชะอวด จะมีระดับน้ำท่วมสูงประมาณ 1-2 เมตร

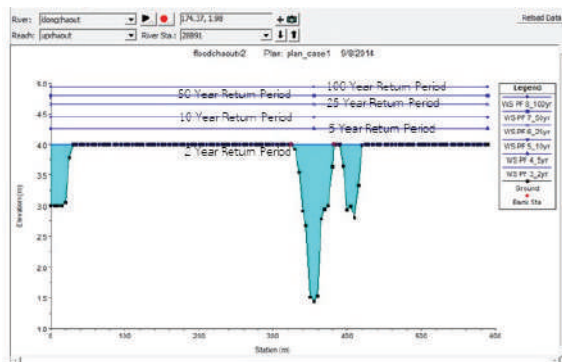
ที่รอบการเกิดซ้ำ 5 ปี พบว่าระดับการเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลตำบลชะอวดมีระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลงไปจากปริมาณน้ำที่รอบการเกิด 2 ปี คือมีระดับความสูงของน้ำประมาณ 1-2 เมตร แต่ในพื้นที่ตอนบนของเขตเทศบาลตำบลชะอวดระดับน้ำและพื้นที่น้ำท่วมของทั้ง 4 ลุ่มน้ำย่อย มีขนาดพื้นที่และระดับสูงขึ้นในบางพื้นที่โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองนาหมอบุญ ระดับน้ำในพื้นที่มีระดับสูงกว่าที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี ประมาณ 0.3 เมตร ในส่วนลุ่มน้ำคลองถ้าพระพื้นที่น้ำท่วมขยายเพิ่มขึ้นไปถึงบ้านมาบควัว ทางตอน

บนของลุ่มน้ำ โดยมีระดับน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 0.1 เมตร ส่วนลุ่มน้ำคลองลาไมระดับน้ำท่วมขยายมากกว่ารอบการเกิดที่ 2 ปี เช่นกัน โดยบ้านวังเคียน มีระดับน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 0.3 เมตร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองไม้เสียบ จะมีพื้นที่น้ำท่วมขยายขึ้นไปจนถึงบ้านท่าไทรและบ้านไสหาร โดยมีระดับน้ำท่วมเพิ่มขึ้นประมาณ 0.6 เมตร

ซึ่งภาพรวมของการจำลองสภาพน้ำหลากที่รอบการเกิดซ้ำ 5 ปี ถึงรอบปีการเกิด 25 ปี แสดงใน Figure 14 พบว่าระดับน้ำบริเวณเทศบาลตำบลชะวอดไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงที่รอบการเกิดซ้ำตั้งแต่ 50 และ 100 ปี โดยมีค่าระดับน้ำท่วมสูงเฉลี่ยประมาณ 2-3 เมตร



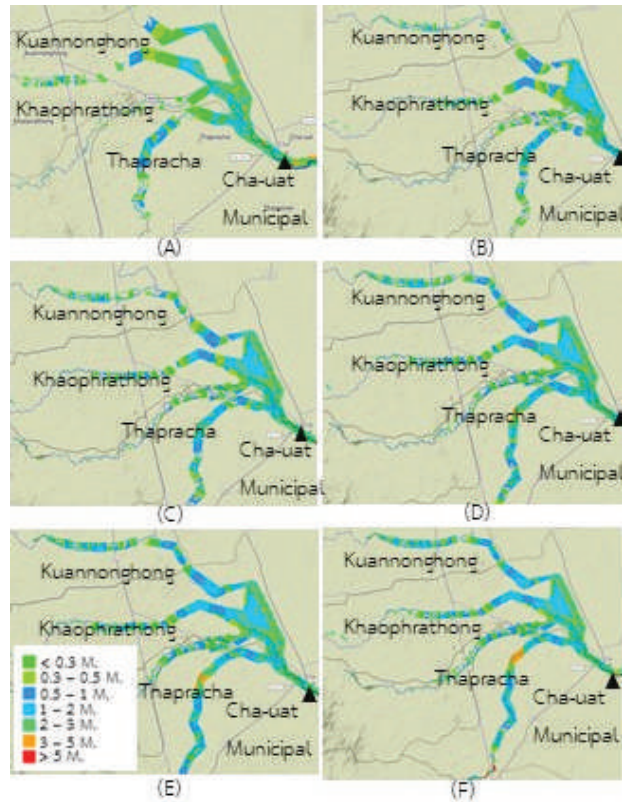
(a)



(b)

**Figure 13** Water levels in the Cha-uat River that are return period (2, 5, 10, 25, 50 and 100 years)

- (a) Profile Leveling
- (b) Cross section



**Figure 14** Flood map are a variety of return period

- (a) return period 2 year
- (b) return period 5 year
- (c) return period 10 year
- (d) return period 25 year
- (e) return period 50 year
- (f) return period 100 year

### 3. การบรรเทาผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม

ผลจากแบบจำลองคณิตศาสตร์พบว่าลุ่มน้ำหรือลำน้ำที่มีผลกระทบต่อระดับน้ำในเขตชุมชนเทศบาลตำบลชะวอด และพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำปากพนังตอนบน คือ ลุ่มน้ำคลองถ้ำพระและลุ่มน้ำคลองลาไมโดยทั้งสองลุ่มมีปริมาณน้ำหลากสูงสุดรวมกันมากกว่า 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่ลำน้ำทั้งสองมีประสิทธิภาพการระบายน้ำที่ต่ำกว่า ทำให้พื้นที่ทางผ่านของลำน้ำจึงประสบปัญหาน้ำท่วม แนวทางการแก้ไขปัญหานี้คือการตัดยอดน้ำออกจากลำน้ำก่อนที่จะไหลเข้าสู่ตัวเขตเทศบาลตำบลชะวอด ซึ่งจากสภาพภูมิประเทศจะมีบริเวณจุดที่เส้นลำน้ำไหลเรียบทางรถไฟ และทางรถไฟนี้เป็นตัวกั้นน้ำไม่ให้น้ำไหลไปเก็บในป่าพรุ ดังนั้นแนวทางแก้ปัญหาคือต้องขยายช่องทางระบายน้ำลอดทางรถไฟนี้ จากเดิมมีความกว้างประมาณ 15 เมตร ซึ่งไม่สามารถระบายได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นเมื่อทำการออกแบบเพื่อขยายช่องทางภายใต้สมการที่ 5

$$Q = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3} A \quad (5)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหลในทางระบายน้ำ (  $m^3/s$  )  
 $n$  = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางระบายน้ำ  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดการไหล (  $m^2$  )  
 $R$  = รัศมีชลศาสตร์ (  $m$  )  
 $S$  = ความลาดของเส้นระดับพลังงาน

พบว่าขนาดความกว้างของท้องคลองลอดใต้ทางรถไฟ (ช่องค้ำคาว) ต้องมีความกว้างอย่างน้อย 40 เมตร เพื่อระบายน้ำได้ตามปริมาณน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ดังแสดงตำแหน่งช่องทางระบายน้ำใน Figure 15



**Figure 15** Location of the drainage canal that extends the drainage channel (Chong Klangkhaw)

และจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาแนวทางการบรรเทาผลกระทบจากน้ำท่วม โดยการขุดขยายช่องทางระบายน้ำลอดทางรถไฟบริเวณช่องค้ำคาว พบว่าถ้าขยายช่องลอดใต้ทางรถไฟให้มีขนาดท้องคลองกว้าง 40 เมตร จะสามารถระบายน้ำได้ประมาณ 90 ลบ.ม.ต่อวินาที

### วิจารณ์และสรุปผล

ผลการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมและการทดสอบแนวทางการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยจากการตรวจสอบ

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองพบว่า จากลำน้ำ 4 สาย มีเพียงสายน้ำเดียวที่มีสถานีวัดน้ำท่า คือสถานีวัดน้ำท่าในคลองไม่เสียซึ่งเป็นลำคลองสายหลักของต้นแม่น้ำปากพนัง ซึ่งการสร้างข้อมูลน้ำท่าเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการจำลองสภาพน้ำท่วมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยต้องใช้แบบจำลอง HEC-HMS ในการสร้างน้ำท่าจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ ซึ่งเมื่อทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองปริมาณกับน้ำท่าจากสถานีที่มีการตรวจวัดพบว่าให้ค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) อยู่ในระดับที่น่าพอใจ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.82-0.95 ในส่วนของการเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS โดยใช้ค่าระดับน้ำที่บันทึกในพื้นที่ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง สำหรับลำน้ำหลักเท่ากับ 0.03 และในพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 0.04 และจากการวิเคราะห์การเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ พบว่าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 และ 5 ปี ระดับน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองไม่แตกต่างกันมากในพื้นที่ตอนล่างโดยเฉพาะพื้นที่เทศบาลตำบลชะอวด คืออยู่ในช่วงความลึก 1-2 เมตร ส่วนพื้นที่ตอนบนด้านทิศตะวันตกของทางหลวงสาย 41 ระดับน้ำลึกประมาณ 0.30 เมตร โดยระดับน้ำในเขตเทศบาลที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 50 และ 100 ปี น้ำท่วมสูงเฉลี่ยประมาณ 2-3 เมตร นอกจากนี้แบบจำลองยังพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนหนาแน่นของเทศบาลตำบลชะอวด ส่วนใหญ่เป็นน้ำจาก ลุ่มน้ำคลองถ้ำพระและลุ่มน้ำคลองลาไมซึ่งมีสภาพเป็นคลองขาด โดยสภาพคลองเป็นคลองบนที่สูงและสิ้นสุดสภาพคลองบริเวณทุ่งรับน้ำก่อนไหลผ่านช่องระบายของทางรถไฟที่มีขนาดความกว้างไม่มากนัก ทำให้เกิดการสะสมของน้ำในช่องทางดังกล่าวค่อนข้างสูง จึงได้มีการการออกแบบขยายช่องทางระบายน้ำ โดยใช้ข้อมูลน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี พบว่าขนาดของช่องทางระบายควรมีท้องคลองกว้าง 40 เมตร จะทำให้ระบายน้ำจากทุ่งดังกล่าวได้ปริมาณ 90 ลบ.ม.ต่อวินาที จึงจะสามารถลดปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าท่วมในเขตพื้นที่เทศบาลชะอวดได้ ซึ่งจะเป็นการลดงบประมาณของประเทศที่ต้องเสียงบประมาณในการปรับปรุงระบบสาธารณูปโภคที่เสียหาย ได้ในอนาคต

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการความร่วมมือเพื่อพัฒนางานวิจัยเชิงพื้นที่ (ABC) ระหว่าง มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้



## เอกสารอ้างอิง

1. พงศ์ธร เพียรพิทักษ์, พงศ์ธร เพียรพิทักษ์, ธัญภักดิ์ พงษ์สุรพิพัฒน์ และบัณฑิต อนุรักษ์. (2550). การศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมและดินถล่มของประเทศไทย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, หน้า 714-721
2. ปรียาพร โกษา. (2558). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง MIKE FLOOD. รายงานการวิจัยงบประมาณอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2558.
3. ศรีศักดิ์ ผลานิสงค์. (2559). การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการลดความเสี่ยงน้ำท่วม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน จังหวัดน่าน. การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
4. ลิขิต น้อยจ่ายสิน. (2559). การประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในจังหวัดสระแก้ว. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ปีที่ 21, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-เม.ย. 2559), หน้า 51-63.
5. ประเสริฐ มหากิจ. (2552). การเตือนภัยน้ำท่วมชุมชนเมืองนครศรีธรรมราชด้วยวิธีนิวโรเจเนติก. การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
6. เกษม ไกรสีกาจ. (2548). การศึกษาสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่านโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
7. วรยา สุขแสงฉาย. (2557). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์น้ำฝน-น้ำท่าของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ในลุ่มน้ำภาคตะวันออก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
8. พัฒนศักดิ์ แสนมาตย์ (2550). การศึกษาคูณลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยม โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
9. Nareth Nut. (2013). Determination of flooding on Nam Pong River by HEC-RAS. A THESIS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING KHON KAEN UNIVERSITY.
10. สุดารัตน์ ภิรมย์. (2554). การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
11. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. (2000). Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual. Approved for Public Release. Distribution Unlimited.
12. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. (2016). HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 5.0. Approved for Public Release. Distribution Unlimited.

# ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มคาร์บอนที่มีต่อสมบัติเชิงกลของมีดโต้ที่ชุบแข็งในกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงโดยใช้กระดูกวัวเป็นสารเร่งปฏิกิริยา

## Optimization of Carburizing Temperature and Time on Mechanical Properties of Hardening the Big Knives in Pack Carburizing Process by Using Cow Bone as an Energizer

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ<sup>1</sup>, สมบัติ น้อยมิ่ง<sup>1\*</sup>, ศักดิ์สิทธิ์ ศรีสุข<sup>2</sup>,  
วรรณนา หอมจะบก<sup>1</sup>, อมรศักดิ์ มาใหญ่<sup>1</sup>, จารุพงษ์ บรรเทา<sup>1</sup>  
Narongsak Thammachot<sup>1</sup>, Sombut Noyming<sup>1\*</sup>, Saksit Srisuk<sup>2</sup>,  
Wanna Homjabok<sup>1</sup>, Amornsak Mayai<sup>1</sup>, Jarupong Banthao<sup>1</sup>

Received: 25 July 2019 ; Revised: 20 August 2019 ; Accepted: 18 September 2019

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มคาร์บอนที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของมีดโต้ที่ชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงโดยใช้กระดูกวัวเป็นสารเร่งปฏิกิริยา สมบัติเชิงกลของมีดโต้ประกอบด้วยค่าความแข็งและความต้านทานแรงกระแทกที่นำมาเปรียบเทียบเป็นค่าที่ได้จากมีดโต้ที่ตีขึ้นรูปและชุบแข็งจากชุมชนตีมีด โดยมีค่าความแข็งเฉลี่ย 607.0 HV ค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ย 14.0 Joules การทดลองชุบแข็งมีดโต้ด้วยกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำตีขึ้นรูปให้มีรูปทรงเดียวกับมีดโต้ของชุมชน สารเพิ่มคาร์บอนประกอบด้วยผงถ่านไม้ยูคาลิปตัสสัดส่วน 80% ผสมกับผงกระดูกวัวสัดส่วน 20% โดยน้ำหนัก การวิเคราะห์ผลการทดลองอบชุบทางความร้อนใช้หลักการออกแบบการทดลอง (DOE) และวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมตามหลักการทางสถิติ ปัจจัยในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย โดยปัจจัยแรก คือ อุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอนมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 960, 980 และ 1,000 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่สอง คือ เวลาอบเพิ่มคาร์บอนมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 90 และ 120 นาที การทดลองอบเพิ่มคาร์บอนทำตามระดับปัจจัยที่กำหนด จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทำการชุบแข็งด้วยอุณหภูมิออสเทนไนท์ 780 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแช่ 15 นาทีจุ่มชุบในน้ำ แล้วนำไปทำเทมเปอร์ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอน คือ 1,000 องศาเซลเซียส เวลาในการอบเพิ่มคาร์บอน คือ 120 นาที โดยได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 604.0 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยต่ำสุด 9.13 Joules ผลของการชุบแข็งเพื่อยืนยันผลโดยใช้อุณหภูมิและเวลาอบเพิ่มคาร์บอนที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสม ได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 605.2 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ย 17.6 Joules ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในขอบเขตของสมบัติเชิงกลของมีดโต้ที่ตีและชุบแข็งจากชุมชนตีมีด

**คำสำคัญ:** กระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิง อุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอน เวลาอบเพิ่มคาร์บอน มีดโต้ กระดูกวัว

### Abstract

The objective this research is to study the optimization of the factors between carburizing temperature and time that effect the mechanical properties of the hardened big knives in pack carburizing process. The mechanical properties were hardness and impact values. These were used for comparison with the experimental values and delivered from

<sup>1</sup> หน่วยวิจัยโลหวิทยาและการอบชุบความร้อนโลหะ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>2</sup> นักศึกษาปริญญาโท, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>1</sup> Metallurgy and Heat Treatment of Metals Research Unit, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima, 30000

<sup>2</sup> Master degree student, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima, 30000

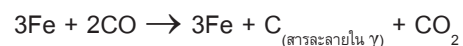
\* Corresponding author ; Sombut Noyming, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand. \*E-mail: sombut.no@rmuti.ac.th, 081-2654795

the big knives forged and hardened by knives forging community. The average hardness value was 607.0 HV and the average impact value was 14.0 Joules. The experiment was conducted by forging the big knives made from low carbon steel with the same shape as community big knives. The pack carburizing compound used eucalyptus wood charcoal powder as carburizer with the proportion of 80% and cow bone powder as energizer with the proportion of 20% by weight. The principle of Design of Experiment (DOE) was used to design the experimental and analyze the optimization by statistics. There were two factors in this study such as carburizing temperature and carburizing time. The carburizing temperature consists of three levels ; at 960, 980 and 1,000 °C, and also, the carburizing time consists of three levels such as 60, 90 and 120 minutes. After carburizing, the knives were then austenitized at 780 °C for 15 minutes and quenched in water. After quenched, the knives were tempered 180 °C for 60 minutes. The analyzed results showed that the optimization of the carburizing temperature was 1,000 °C and the optimization of the carburizing time was 120 minutes. Those of them gave the average hardness of 604.0 HV and the minimum average impact value of 9.13 Joules. The optimum values of carburizing temperature and time were used for verifies. The result of average hardness was 605.2 HV and the average impact value was 17.6 Joules, which coincided with the hardness of the community big knives.

**Keywords:** Pack carburizing process, Carburizing temperature, Carburizing time, Big knives, Cow bone

## บทนำ

ประเทศไทยมีประชากรประกอบอาชีพเกษตรกรรมจำนวน 11.89 ล้านคน<sup>1</sup> โดยอาชีพเกษตรกรรมส่วนใหญ่ ได้แก่ การทำนาข้าว การทำสวน การทำไร่ และการเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น เครื่องมือประจำตัวของเกษตรกรที่ใช้ส่วนมาก ได้แก่ มีดทางการเกษตร ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ มีดทางการเกษตรที่นำมาใช้งาน เป็นมีดที่ผลิตขึ้นจากชุมชนตีมีด โดยการใช้เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เหล็กกล้าคาร์บอนสูง หรือเหล็กกล้าผสม เช่น เหล็กแหนบ มาทำการตีขึ้นรูปและชุบแข็งเพื่อใช้งาน จากการศึกษาข้อมูลวิสาหกิจชุมชนกลุ่มตีมีดบ้านมะค่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่าเหล็กที่นำมาใช้ตีขึ้นรูปมีดโต้ ได้แก่ เหล็กใบเลื่อยและเหล็กแหนบของรถยนต์ ซึ่งปัจจุบันเหล็กทั้งสองชนิดนี้มีราคาสูง หาซื้อได้ยากขึ้น หากสามารถประยุกต์ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดและมีราคาที่ถูก นำมาชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คเกจคาร์บอนไอซิ่ง ซึ่งเป็นการปรับปรุงสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำให้มีความแข็งที่ผิวเพิ่มขึ้น วิธีการชุบแข็งแบบนี้ มีต้นทุนในการทำงานต่ำ สามารถใช้วัสดุเพิ่มคาร์บอนได้ง่าย หลักการของวิธีการนี้อาศัยการเพิ่มคาร์บอนเข้าไปที่บริเวณผิวของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยคาร์บอนที่ได้มาจากถ่านโค้กหรือถ่านไม้ที่บดเป็นผง นำมาผสมกับสารเร่งปฏิกิริยาเพื่อช่วยให้เกิดการแตกตัวของคาร์บอน<sup>2,3</sup> เมื่อสารเพิ่มคาร์บอนถูกความร้อนจะเกิดการแตกตัวให้แก๊ส CO<sub>2</sub> และเมื่อ CO<sub>2</sub> รวมตัวเข้ากับคาร์บอนที่ได้จากผงถ่าน ทำให้ได้แก๊ส CO เมื่อแก๊ส CO สัมผัสกับผิวเหล็กทำให้เกิดการแตกตัวของอะตอมของคาร์บอนแพร่เข้าไปในเนื้อเหล็กทำให้ปริมาณคาร์บอนที่ผิวของเหล็กเพิ่มขึ้นดังปฏิกิริยา



จากการศึกษางานวิจัยของณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ และคณะ<sup>4</sup> ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารเพิ่ม คาร์บอนจากถ่านไม้ชนิดต่างๆ ในการแพ็คเกจคาร์บอนไอซิ่ง ได้แก่ ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านกะลามะพร้าว ถ่าน ไม้มะขาม ถ่านไม้ไผ่ และถ่านเห้งามันสำปะหลัง พบว่า ถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการเพิ่มคาร์บอนสูงที่สุดในขณะเดียวกันงานวิจัยที่ศึกษาการใช้สารแพ็คเกจคาร์บอนไอซิ่งโดยใช้สารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นถ่านไม้เพียงอย่างเดียวเกี่ยวกับสารแพ็คเกจคาร์บอนไอซิ่งที่ผสมกันระหว่างสารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นถ่านกับสารเร่งปฏิกิริยา<sup>5</sup> พบว่า การใช้สารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นถ่านเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนแพร่เข้าสู่ผิวเหล็กได้น้อยกว่าการใช้สารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นถ่าน ผสมกับสารเร่งปฏิกิริยา ดังนั้น สารเร่งปฏิกิริยาจึงถือว่าเป็นตัวช่วยสำคัญที่ทำให้คาร์บอนแพร่เข้าสู่ผิวเหล็กได้ดียิ่งขึ้น โดยสารเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ทั่วไปมีหลายชนิด ทั้งสารสังเคราะห์และสารจากธรรมชาติ จากการศึกษาวิจัยของณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ และคณะ<sup>6</sup> ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารเร่งปฏิกิริยาเกรดทางการค้าชนิดต่างๆ ในกระบวนการแพ็คเกจคาร์บอนไอซิ่ง โดยสารเร่งปฏิกิริยาประกอบไปด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>) โซเดียมคาร์บอเนต (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) และแบเรียมคาร์บอเนต (BaCO<sub>3</sub>) ผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่า แคลเซียมคาร์บอเนตมีประสิทธิภาพในการ ชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คเกจคาร์บอนไอซิ่งได้สูงที่สุด สารแคลเซียมคาร์บอเนตมีอยู่ในวัสดุจากธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นหินปูน

เปลือกหอย หรือกระดูกสัตว์ ดังนั้น วัสดุธรรมชาติจึงมีโอกาสนำมาใช้เป็นสารเร่ง ปฏิกิริยาได้มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาโดยการนำกระดูกป่น มาใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา<sup>7</sup> และพบว่า สารเร่งปฏิกิริยาจากกระดูกป่นสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่ง ปฏิกิริยาในกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงได้

ในขณะที่เดียวกัน มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเหล็กกล้าด้วยวิธีการแพ็คคาร์โบไรซิง<sup>8</sup> โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อลดต้นทุนของสารแพ็คคาร์โบไรซิงที่นำเข้าจาก ต่างประเทศ จึงได้ทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์ของสารเคมี ของกลุ่มคาร์บอนเตเปอร์เซ็นต์ของถ่านไม้ อุณหภูมิคาร์โบไรซิงและเวลาในการอบแห้งของแต่ละปัจจัย ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงและความลึกผิวแข็งอย่างมีนัยสำคัญคือ เปอร์เซ็นต์สารเคมีของกลุ่มคาร์บอนเตเปอร์เซ็นต์ของถ่านไม้ อุณหภูมิคาร์โบไรซิงและเวลาในการอบแห้ง โดยรูปแบบของสมการถดถอยสามารถกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมของส่วนผสมสารแพ็คคาร์โบไรซิง ในขณะเดียวกันมีนักวิจัยได้นำกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงมาประยุกต์ใช้ในการชุบแข็งมีด<sup>9</sup> โดยศึกษา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อสมบัติเชิงกลของมีดที่ชุบแข็งด้วย กระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิง ซึ่งประกอบไปด้วย ชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งคาร์บอน และทำให้ทราบผลการศึกษาว่า ปัจจัยทั้งสามอย่างมีผลต่อสมบัติเชิงกล ในกรณีของการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม งานวิจัยของสุภัทรวินัยศรีนอก และคณะ<sup>10</sup> ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิง โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากผงหินปูนสำหรับการชุบแข็งมีดตัดอ้อยที่มีความบาง โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติและการออกแบบการทดลองหาเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงและระยะลึกของความแข็งแรงผลการทดลองทำให้ทราบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมประกอบไปด้วยอุณหภูมิอบแห้งคาร์บอนที่ 900 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบแห้งคาร์บอน 86.729 นาที จะให้ค่าความแข็งแรงไม่น้อยกว่ามีดตัดอ้อยที่กำหนดตามท้องตลาด

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นทำให้ทราบว่า การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ นั้น สามารถหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่ใช้ในการชุบแข็งมีด ด้วยกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมระหว่าง อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งคาร์บอนที่มีผลต่อสมบัติ เชิงกลของมีดที่ได้จากการชุบแข็งด้วยกระบวนการ แพ็คคาร์โบไรซิงโดยใช้ผงถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นสาร เพิ่มคาร์บอนผสมกับสารเร่งปฏิกิริยาจากผงกระดูกวัว ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นทางเลือกในการนำวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายในชุมชนมาสร้างเป็นมีดทางการเกษตรได้

## วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

### วัสดุ

- เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำปริมาณคาร์บอนไม่เกิน 0.2%
- กระดูกวัว
- ถ่านไม้ยูคาลิปตัส
- มีดโต้ของชุมชนที่ผ่านการตีขึ้นรูปและชุบแข็ง

ดังแสดงใน Figure 1



Figure 1 Shape of community big knife

### อุปกรณ์

- เตาอบชุบความร้อนแบบขดลวดความต้านทาน ยี่ห้อ MODUTEMP รุ่น WW51A
- เครื่องทดสอบแรงกระแทก ยี่ห้อ Leeds รุ่น LS102DE
- เครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส ยี่ห้อ Mitsuzawa รุ่น MHT2
- กล้องจุลทรรศน์แบบแสง ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น BX 60 M
- เครื่อง Spectrometer ยี่ห้อ Spectro Max รุ่น MAXxLMF05

### วิธีการศึกษา

#### ๑ การเตรียมมีดโต้

มีดโต้ที่ใช้สำหรับนำมาทำการชุบแข็งด้วย กระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิง เตรียมโดยการนำเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีลักษณะแบนมาตีขึ้นรูปให้มีรูปร่างและขนาด เช่นเดียวกับมีดโต้ชุมชน ดังแสดงใน Figure 2 จากนั้น การทดลองชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คคาร์โบไรซิงจะตัดเฉพาะส่วนที่เป็นตัวมีดที่ถูกใช้งาน คือ ส่วนที่ 1 มาทำการทดลอง ภายหลังจากอบชุบแล้ว ขึ้นทดสอบที่จะทำการทดสอบความแข็งแรงจะตัดจากส่วนที่ 2 และขึ้นทดสอบที่จะทำการทดสอบการรับแรง กระแทกจะตัดจากส่วนที่ 3

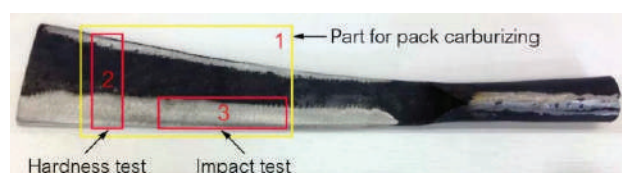


Figure 2 The big knife made of low carbon steel and positions for test pieces



๑ การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่ใช้ในการตีขึ้นรูปมิตโต้จะถูกนำมาทำการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องสเปกโทรมิเตอร์เพื่อให้ทราบปริมาณคาร์บอนและธาตุผสมอื่นๆ ในเนื้อเหล็ก

๒ การเตรียมสารแพ็คเกจโรซิง

สารแพ็คเกจโรซิงที่ใช้ทำการทดลองประกอบไปด้วยสารเพิ่มคาร์บอนจะใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ส่วนสารเร่งปฏิกิริยาใช้กระดูกวัว ซึ่งมีองค์ประกอบสารแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ 36%<sup>11</sup> การเตรียมสารแพ็คเกจโรซิงทำโดยการนำถ่านไม้ยูคาลิปตัส ดังแสดงใน Figure 3 (a) มาบดแล้วร่อนด้วยตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรง 5.00 มิลลิเมตร โดยผงถ่านที่ร่อนแล้ว แสดงใน Figure 3 (b) ส่วนสารเร่งปฏิกิริยากระดูกวัวเตรียมโดยนำกระดูกมาต้มเพื่อให้ไขมันที่กระดูกหลุดออกมา จากนั้นนำมาตากให้แห้ง นำมาบดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาดรู 2.00 มิลลิเมตร ผงของกระดูกวัวที่ผ่านการร่อนแล้วดังแสดงใน Figure 3 (c) ภายหลังจากการเตรียมผงเสร็จแล้วจึงนำผงถ่านและผงกระดูกวัวมาผสมกันในสัดส่วนผงถ่านไม้ 80% และผงกระดูกวัว 20% โดยน้ำหนัก

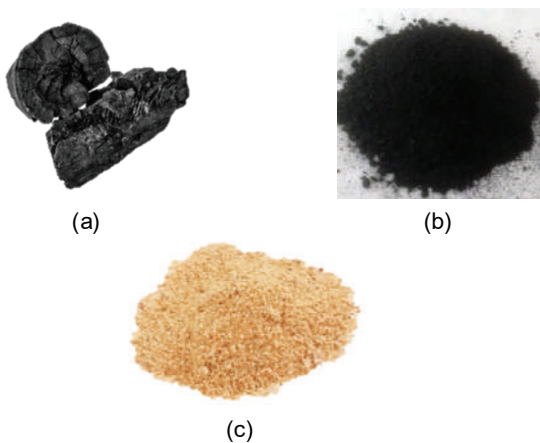


Figure 3 (a) Piece of eucalyptus wood charcoal (b) Eucalyptus wood charcoal powder (c) Cow bone powder

๓ การแพ็คเกจโรซิงและการชุบแข็ง

มิตโต้ที่ถูกตีขึ้นรูปจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำตามขนาดและรูปร่างของมิตโต้ทางชุมชน จะถูกนำมาตัดบริเวณที่ถูกใช้งาน จากนั้นทำการบรรจุสารแพ็คเกจโรซิงที่ผสมเสร็จแล้วลงในกระบอกลูกเหล็กแล้ว นำขึ้นทดสอบที่เตรียมไว้ ใส่เข้าไปในกระบอกลูกเหล็ก ดังแสดงใน Figure 4 (a) จากนั้นเติมสารแพ็คเกจโรซิงให้เต็ม ปิดด้วยฝาเหล็กแล้วใช้ดินเหนียวปิดทับเพื่อกันการรั่วซึมของแก๊ส ดังแสดงใน Figure 4 (b)



Figure 4 (a) A part of the big knife embedded in a carburizing box (b) The lid of the carburizing box was sealed using clay

ขั้นตอนถัดไปเป็นขั้นตอนการอบชุบ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการให้ความร้อนและการเย็นตัวแสดงดังแผนภาพใน Figure 5 การทดลองทำโดยนำกระบอกลูกเหล็กที่บรรจุชิ้นงานทดสอบและสารแพ็คเกจโรซิง แล้วไปอบเพิ่มคาร์บอนที่อุณหภูมิ 960, 980 และ 1,000 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิในช่วงนี้ใช้ผลการทดลองในการชุบแข็งมิตโต้ของ Narongsak Thammachot *et al.* ที่ได้ผลการชุบแข็งที่ดีในช่วงอุณหภูมิ 950-1,000 องศาเซลเซียส ส่วนเวลาอบเพิ่มคาร์บอนใช้ 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำกระบอกลูกเหล็กออกมาจากเตาแล้วปล่อยให้เย็นตัวในอากาศแล้วนำขึ้นทดสอบมาทำการชุบแข็งที่อุณหภูมิออสเทนไนต์ 780 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที แล้วนำมาจุ่มชุบในน้ำทันที จากนั้นทำการอบเทมเปอร์ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ

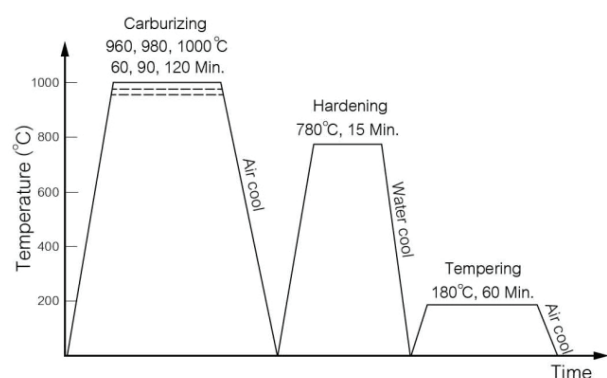


Figure 5 Time-temperature sequence for experiment

๔ การออกแบบการทดลอง

เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของมิตโต้ที่ชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คเกจโรซิง โดยให้มีความสอดคล้องตามหลักการทางสถิติ จึงนำหลักการออกแบบการทดลองในรูปแบบของ Full factorial design มาใช้ โดยกำหนดให้ค่าความแข็งเป็นผลคำตอบหลักของการทดลอง เพราะค่าความแข็ง



เป็นองค์ประกอบที่นำมาพิจารณาคูณภาพของมีดภายหลังการชุบแข็ง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามีอยู่ 2 ปัจจัย ดังแสดงใน Table 1 ประกอบไปด้วย ปัจจัยแรก คือ อุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอนและปัจจัยที่สอง คือ เวลาอบเพิ่มคาร์บอน

**Table 1** Parameters and notations

Factors	Level			Unit
	Low (-1)	Medium (0)	High (+1)	
Temperature (A)	960	980	1,000	°C
Time (B)	60	90	120	minutes

จากปัจจัยในการทดลองที่มีอยู่ 2 ปัจจัย ในแต่ละปัจจัยมีอยู่ 3 ระดับ จากการออกแบบการทดลองแบบ Full factorial design จะได้จำนวนครั้งในการทดลองเท่ากับ 9 ครั้ง และเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูลในทุกปัจจัยจึงมีการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง จึงทำให้มีการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 45 การทดลอง โดยการทดลองจะใช้การจัดลำดับแบบสุ่ม เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ดังแสดงใน Table 2

**Table 2** Design table showing the randomized run order of the experiment

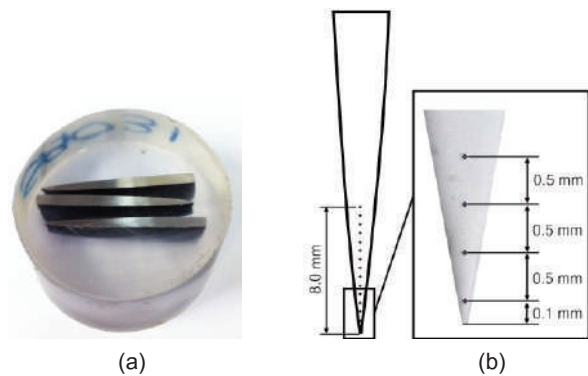
Run Order	Std Order	Temperature (°C)	Time (Min)
1	41	980	90
2	36	1000	120
3	1	960	60
4	29	960	90
5	40	980	60
6	16	1000	60
7	10	960	60
8	13	980	60
9	12	960	120
10	14	980	90
11	35	1000	90
12	22	980	60
13	24	980	120
14	42	980	120
15	18	1000	120
16	11	960	90
17	44	1000	90
18	26	1000	90
19	8	1000	90
20	4	980	60
21	32	980	90
22	25	1000	60
23	7	1000	60
24	39	960	120
25	31	980	60
25	2	960	90

**Table 2** Design table showing the randomized run order of the experiment (continue)

Run Order	Std Order	Temperature (°C)	Time (Min)
27	6	980	120
28	20	960	90
29	30	960	120
30	45	1000	120
31	38	960	90
32	5	980	90
33	37	960	60
34	33	980	120
35	19	960	60
36	3	960	120
37	17	1000	90
38	15	980	120
39	34	1000	60
40	27	1000	120
41	21	960	120
42	23	980	90
43	43	1000	60
44	9	1000	120
45	28	960	60

๑ การทดสอบความแข็ง

การทดสอบความแข็ง ใช้เครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส เนื่องจากขนาดของชิ้นทดสอบมีขนาดเล็ก จึงต้องมีการตรึงชิ้นทดสอบด้วยเรซิน ดังแสดงใน Figure 6 (a) ตำแหน่งที่ทำกรทดสอบความแข็ง แสดงดัง Figure 6 (b) โดยตำแหน่งแรกเริ่มต้นที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร จากคมมีด จากนั้นแต่ละตำแหน่งจะห่างกัน 0.5 มิลลิเมตร จนถึงระยะ 8.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการชุบแข็งเพื่อการใช้งาน



**Figure 6** (a) Test piece embed in solid resin (b) Hardness test positions on the sharp edge of the knife

๑ การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก

ชิ้นทดสอบแรงกระแทกขนาด 20 x 70 มิลลิเมตร จะถูกนำมาวางในลักษณะดัง โดยหันด้านข้างของชิ้นทดสอบ เข้าหาจุดกระทบของลูกตุ้ม ดังแสดงใน Figure 7 เนื่องจาก สภาวะในการแตกหักของมีดนั้นมักเกิดจากแรงในการตัด ทางด้านข้างมีด

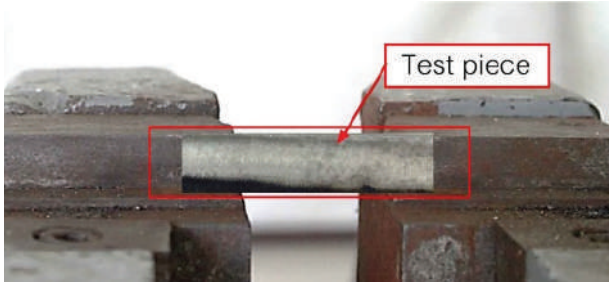


Figure 7 Position of test piece on impact test

ผลการทดลอง

ส่วนผสมทางเคมี ผลของการตรวจสอบส่วนผสมทาง เคมีของชิ้นทดสอบเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ก่อนนำไปทำการ แพ็ก คาร์บอนโรซิง แสดงใน Table 3 จะเห็นได้ว่า ปริมาณ คาร์บอนที่มีอยู่ในเนื้อเหล็กมีปริมาณ 0.146% ซึ่งเป็น ปริมาณ คาร์บอนในเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (%C<0.2%)

Table 3 Chemical composition of test piece

Steel No.	Chemical Composition (% by weight)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
1	0.147	0.024	0.469	0.003	0.003	0.007	0.002	0.024
2	0.147	0.023	0.465	0.003	0.003	0.007	0.002	0.024
3	0.145	0.017	0.468	0.003	0.003	0.007	0.002	0.026
<b>Average</b>	0.146	0.021	0.467	0.003	0.003	0.007	0.002	0.025

ความแข็ง

การวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าเฉลี่ยความแข็งของมีดโต้ที่ดี ขึ้นรูปและชุบแข็งจากทางชุมชนเป็นเกณฑ์ โดยนำมีดโต้มา ทำการทดสอบจำนวน 5 เล่ม ผลของค่าความแข็งแสดงใน Table 4 จากข้อมูลพบว่ามีดโต้ของชุมชนมีค่าความแข็ง เฉลี่ยอยู่ที่ 607.0 HV โดยมีช่วงระดับความเชื่อมั่นค่าควบคุม สูงสุดอยู่ที่ 625.3 HV และค่าควบคุมต่ำสุดอยู่ที่ 588.7 HV

ค่าความแข็งดังกล่าวนี้จะใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่ผ่านการชุบแข็งด้วยกระบวนการ แพ็กคาร์บอนโรซิง

สำหรับผลของค่าความแข็งของชิ้นทดสอบที่ผ่าน การชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็กคาร์บอนโรซิง แสดงดัง Table 5 จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มคาร์บอนเพิ่ม ขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

Table 4 Hardness values of the big knife of community

Position	Number	Average	sd	LCL	UCL
0.1	5	680.2	20.0	661.8	698.5
0.5	5	675.4	13.1	657.0	698.7
1.0	5	670.6	13.1	652.2	688.9
1.5	5	647.8	12.0	629.4	666.1
2.0	5	661.8	23.0	643.5	680.1
2.5	5	652.4	19.2	634.0	670.7
3.0	5	639.4	21.5	621.0	657.7
3.5	5	639.8	29.9	621.5	658.1
4.0	5	618.2	14.5	599.8	636.5
4.5	5	591.4	32.4	573.1	609.7

**Table 4** Hardness values of the big knife of community (continue)

Position	Number	Average	sd	LCL	UCL
5.0	5	607.2	36.5	588.9	625.5
5.5	5	587.2	25.3	568.9	605.5
6.0	5	533.4	8.7	515.0	551.7
6.5	5	527.0	16.0	508.6	545.3
7.0	5	537.0	15.1	518.6	555.3
7.5	5	517.4	14.3	499.0	535.7
8.0	5	530.6	21.5	512.2	548.9
		607.0	1.7	588.7	625.3

**Table 5** Hardness values of the test pieces

Temperature (°C)	Time (Min)	Hardness Values (HV)							
		No.	1	2	3	4	5	Average	sd
960	60		362.8	351.4	387.9	401.8	366.1	374.0	20.5
	90		457.4	460.4	479.1	453.9	456.9	461.5	10.0
	120		540.2	552.5	559.8	535.8	523.0	542.3	14.5
980	60		402.0	397.0	413.4	437.7	393.9	408.8	17.8
	90		464.4	483.9	454.2	466.3	447.9	463.3	13.7
	120		573.9	534.4	505.8	534.1	552.8	540.2	25.2
1,000	60		427.0	453.6	433.4	458.8	473.0	449.2	18.9
	90		529.2	547.7	569.8	562.1	550.2	551.8	15.5
	120		597.2	604.5	607.6	592.1	609.6	602.2	7.3

### ความต้านทานแรงกระแทก

ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดโต้ของชุมชน แสดงใน Table 6 ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยอยู่ที่ 14.0 Joules ส่วนชิ้นทดสอบเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่ผ่านการชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็กคาร์บอนไรซิง ผลของค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดัง Table 7

โดยค่าความต้านทานแรงกระแทกนั้นจะแตกต่างจากค่าความแข็ง นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มคาร์บอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกนั้นลดลงที่เป็นเช่นนี้เพราะชิ้นทดสอบที่มีความแข็งเพิ่มขึ้น จะทำให้เหล็กเปราะจึงรับแรงกระแทกได้น้อยลง

**Table 6** Impact values of the big knife of community

No.	Impact values (Joules)					Average	sd
	1	2	3	4	5		
	17.0	12.0	14.0	16.0	11.0	14.0	2.2

**Table 7** Impact values of the test pieces

Temperature (°C)	Time (Min)	Impact values (Joules)							
		No.	1	2	3	4	5	Average	sd
960	60		44.0	51.0	68.0	48.0	64.0	55.0	10.4
	90		50.0	60.0	52.0	43.0	62.0	53.0	7.7
	120		31.0	24.0	34.0	30.0	28.0	29.0	3.7
980	60		46.0	64.0	56.0	67.0	54.0	57.0	8.3
	90		40.0	48.0	40.0	37.0	32.0	39.0	5.8
	120		21.0	12.0	16.0	23.0	25.0	19.0	5.3
1,000	60		38.0	29.0	40.0	30.0	35.0	34.0	4.8
	90		18.0	21.0	16.0	24.0	12.0	18.0	4.6
	120		10.0	14.0	20.0	16.0	12.0	14.0	3.8

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

**การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล**

การวิเคราะห์ทางสถิติทางผู้วิจัยใช้โปรแกรม Minitab 17 ในการวิเคราะห์ ก่อนการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เหมาะสม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ของผลการทดสอบค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก รวมถึงการตรวจสอบสมมติฐานด้วยหลักทางสถิติ และตรวจสอบค่าความแปรปรวน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดสอบ Test for normality ของค่าความแข็ง และค่าความต้านทานแรงกระแทกของมิดได้ที่ใช้ในการทดลอง โดยตั้งสมมติฐาน คือ

$H_0$  : เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$  : เศษตกค้างไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

จากการทดสอบด้วย Anderson-darling test ของค่าความแข็ง ผลการทดสอบแสดงใน Figure 8 จะเห็นได้ว่ามีค่า P-Value 0.094 ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงกระแทก ผลการทดสอบแสดงใน Figure 9 ซึ่งมีค่า P-Value 0.173 จะเห็นได้ว่า ค่า P-Value ของสมบัติทางกลทั้งสองมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงถึงเศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ

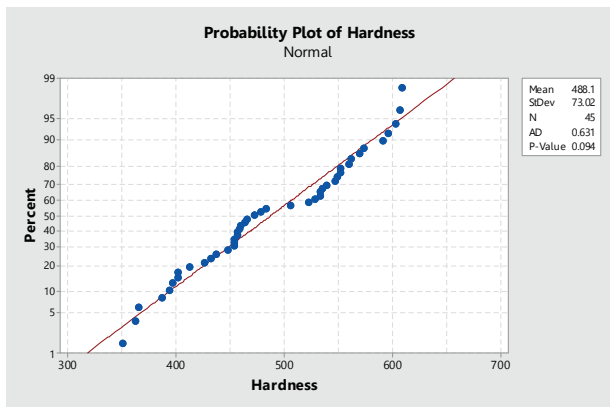


Figure 8 Probability plot of hardness

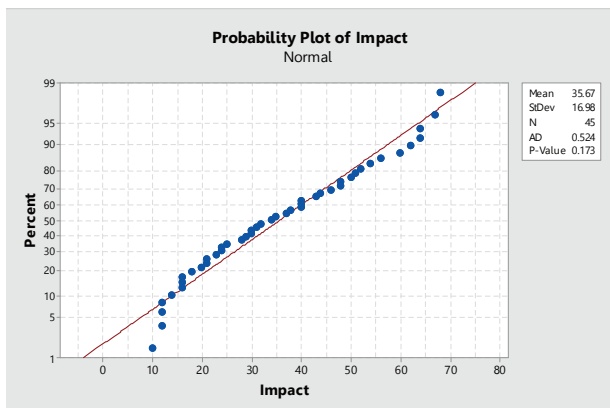


Figure 9 Probability plot of impact

สำหรับการทดสอบ Test for homogeneity of variance ของค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกที่ใช้ในการทดลอง ตั้งสมมติฐานไว้ คือ

$H_0$  : ความแปรปรวนของเศษตกค้างทุกกลุ่มเท่ากัน

$H_1$  : ความแปรปรวนของเศษตกค้างแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

จากผลของค่า Multiple comparisons ของค่าความแข็ง แสดงดัง Figure 10 พบว่าได้ค่าของ P-Value 0.527 ค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดัง Figure 11 ได้ค่าของ P-Value 0.365 ในขณะที่เดียวกันค่า Levene's teSt Statistic ของค่าความแข็งได้ค่า P-Value 0.769 ส่วนค่าความต้านทานแรงกระแทกได้ค่า P-Value 0.451 มีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่าเศษตกค้างมีความแปรปรวนที่เท่ากัน

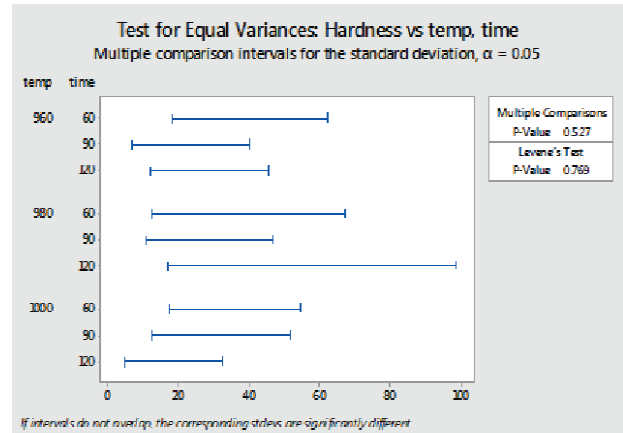


Figure 10 Test for homogeneity of variance of hardness values

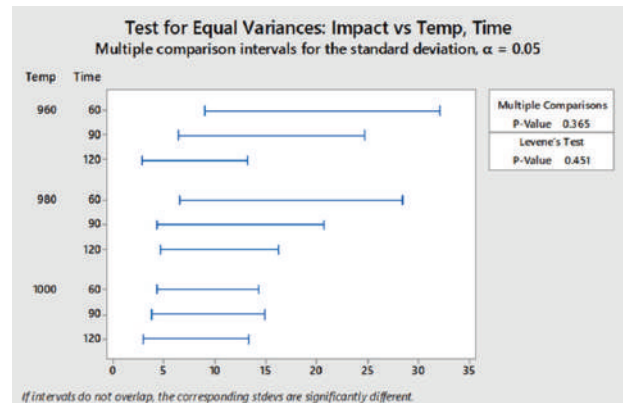


Figure 11 Test for homogeneity of variance of impact values

การทดสอบ Test for independence ของค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกของมิดได้ที่ใช้ในการทดลอง แสดงผลดัง Figure 12 โดยตั้งสมมติฐาน คือ

$H_0$  : เศษตกค้างเป็นอิสระกัน

$H_1$  : เศษตกค้างไม่ได้เป็นอิสระกัน

จากผลการทดสอบ พบว่าค่าความเข้มมีค่า P-Value 0.587 และค่าความต้านทานแรงกระแทกมีค่า P-Value 0.053 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่าเศษตกค้างเป็นอิสระต่อกัน

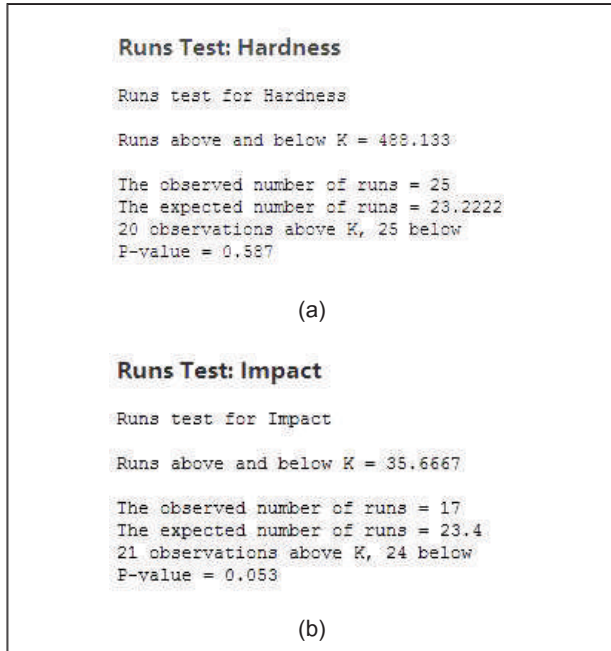


Figure 12 (a) Test for independence of hardness values  
(b) Test for independence of Impact values

จากการตรวจสอบข้อสมมติฐานด้วยหลักทางสถิติ ทั้ง 3 ส่วน คือ Test for normality, Test for independence และ Test for homogeneity of variance ค่า P-Value ของทั้ง 3 ส่วนมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงสามารถนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

**การหาอิทธิพลของปัจจัย**

การวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอน เวลาอบเพิ่มคาร์บอน และปัจจัยร่วมนั้นมีผลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยของมีดที่นำมาทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ โดย Table 8 แสดงรายละเอียดของปัจจัยร่วมมีค่า P-value น้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทุกปัจจัย ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยร่วมดังกล่าวนั้นมีผลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ และจากผลการทดลองได้ค่าของ R-sq เท่ากับ 95.67% ขณะที่ค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 94.70% ซึ่งใกล้เคียงกับค่าของ R-sq แสดงถึงจำนวนของข้อมูลมีจำนวนเพียงพอที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสม

Table 8 Variance analysis results

General factorial regression: Hardness versus temperature, time						
Factorial information						
Factor	Levels	Values				
Temp	3	960	980	1,000		
Time	3	60	90	120		
Analysis of variance						
Source	Df	Adj. SS	Adj. MS	F-Value	P-Value	
Model	8	224464	28058	99.31	0.000	
Linear	4	220366	55091.6	194.99	0.000	
Temp	2	49150	24574.9	86.98	0.000	
Time	2	171217	85608.3	303	0.000	
2-Way interaction	4	4098	1024.4	3.63	0.014	
Temp*Time	4	4098	1024.4	3.63	0.014	
Error	36	10171	282.5			
Total	44	234635				
Model summary						
S	R-Sq	R-Sq (adj)		R-Sq (pred)		
16.8087	95.67%	94.70%		93.23%		

**ปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าความแข็ง**

จากรูปกราฟ Optimal ใน Figure 13 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอน คือ 1,000 องศาเซลเซียส เวลาในการอบเพิ่มคาร์บอน คือ 120 นาที โดยได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 604.0 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยต่ำสุด 9.13 Joules จากผลของปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้ ผู้วิจัยจึงได้นำระดับปัจจัยของทั้งสองเงื่อนไขดังกล่าวมาทำการทดลองเพื่อยืนยันผลจำนวน 5 การทดลอง โดยเงื่อนไขที่ใช้ คือ อุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอน 1,000 องศาเซลเซียสและเวลาอบเพิ่มคาร์บอน 120 นาที

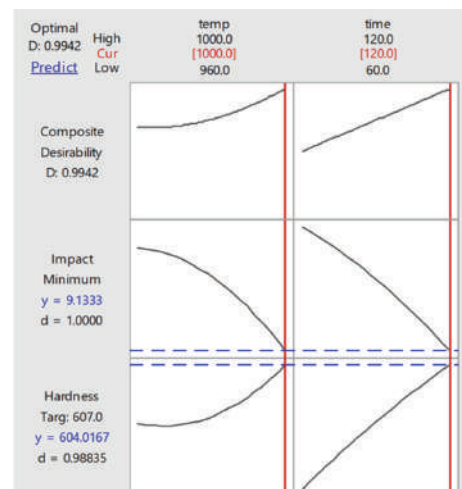


Figure 13 Optimization plot of the effect of each factors



### การทดลองเพื่อยืนยันผล

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากค่าทางสถิติ จึงทำการทดลองชุบแข็งมิตโต้ ด้วยกระบวนการแพ็คเกจ์เบอไรซิง ตามสภาวะของอุณหภูมิและเวลาอบเพิ่มคาร์บอนที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมของสารเร่งปฏิกิริยากระดูกัว โดยผลการทดสอบค่าความแข็งแสดงดัง Table 9 และค่าความต้านทานแรงกระแทกแสดงดัง Table 10 จะเห็นได้ว่า ค่าความแข็งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 605.2 HV และความต้านทานแรงกระแทก 17.6 Joules ซึ่งอยู่ในค่าตามเป้าหมายของมิตชุบซึน

**Table 9** Hardness values of repeated experiment

No.					Average	sd
1	2	3	4	5		
595.5	612.1	597.6	609.0	611.5	605.2	7.8

**Table 10** Impact values of repeated experiment

No.					Average	sd
1	2	3	4	5		
16.0	18.0	14.0	22.0	18.0	17.6	3.0

### วิจารณ์ผลและสรุปผล

#### วิจารณ์ผล

ผลการทดลองชุบแข็งมิตโต้ด้วยกระบวนการแพ็คเกจ์เบอไรซิง โดยการใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากกระดูกัว จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาการอบเพิ่มคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะเวลาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้คาร์บอนสามารถแพร่เข้าไปในผิวเหล็กได้มากขึ้นเป็นไปตาม Fick's first law<sup>12</sup> ที่ว่าการแพร่จะแปรผันตามความเข้มข้นของอะตอมและเวลาในการแพร่ ดังนั้นเวลาในการอบเพิ่มคาร์บอนที่ 60, 90 และ 120 นาที จึงทำให้ค่าความแข็งของชิ้นงานเพิ่มขึ้นไปตามลำดับ

ในขณะที่ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่มีส่วนในการเพิ่มคาร์บอนได้มากหรือน้อย คือ อุณหภูมิ โดยการทดลองใช้อุณหภูมิ 960, 980 และ 1,000 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้คาร์บอนสามารถแพร่เข้าไปในเนื้อเหล็กได้มากขึ้นจึงทำให้ความแข็งสูงขึ้นซึ่งเป็นไปตามหลักการของ Arrhenius<sup>13</sup> ที่ว่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นจะทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้มีพลังงานกระตุ้นที่สูงขึ้นทำให้อัตราการแพร่เพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อมิตโต้มีค่าความแข็งที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกลดลงซึ่งเป็นผลมาจากเวลาและอุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Narongsak Thammachot *et al*<sup>9</sup>. ที่ว่าอุณหภูมิและเวลาอบเพิ่มคาร์บอน ส่งผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ โดยเมื่ออุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอนสูงขึ้นจะทำให้คาร์บอนสามารถแพร่เข้าสู่ผิวของชิ้นงานได้ดี เนื่องจากชั้นผิวแข็งของมิตโต้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเหนียวลดลงจึงทำให้ความสามารถการรับแรงกระแทกของมิตโต้ลดลง

ในขณะที่การออกแบบการทดลองแบบแพ็คเกจ์เบอไรซิงที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลอง และหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการแพ็คเกจ์เบอไรซิง สามารถนำไปใช้หาระดับของอุณหภูมิและเวลาอบเพิ่มคาร์บอนที่ทำให้ค่าความแข็งมิตโต้ที่ผ่านการชุบแข็งผิวด้วยกระบวนการแพ็คเกจ์เบอไรซิงให้ใกล้เคียงกับค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกตามที่ต้องการได้ และจากผลของการทดลองยืนยันผล พบว่า ค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก นั้นมีค่าอยู่ในขอบเขตของสมบัติทางกลของมิตโต้ของชุบซึน

#### สรุปผลการทดลอง

จากการนำหลักการของการออกแบบการทดลองและการใช้สถิติในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบแข็งมิตโต้ด้วยกระบวนการแพ็คเกจ์เบอไรซิง โดยใช้สมบัติทางกลของมิตโต้ที่ดีขึ้นรูปและชุบแข็งโดยชุบซึนที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ที่ 607.0 HV โดยมีค่าควบคุมบนอยู่ที่ 625.3 HV และค่าควบคุมล่างอยู่ที่ 588.7 HV ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงกระแทกมีค่าอยู่ที่ 14.0 Joules เป็นค่าเปรียบเทียบกับมิตโต้ที่ชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คเกจ์เบอไรซิง โดยใช้สารเพิ่มคาร์บอนจากถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับสารเร่งปฏิกิริยาจากกระดูกัว ทำให้ทราบว่า จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาที่ส่งผลต่อสมบัติทางกล ทำให้ได้เวลาในการอบเพิ่มคาร์บอน 120 นาที อุณหภูมิการอบเพิ่มคาร์บอน 1,000 องศาเซลเซียส โดยทั้งสองปัจจัยจะให้ค่าความแข็งอยู่ที่ 604.0 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกอยู่ที่ 9.13 Jules และเมื่อนำปัจจัยที่เหมาะสมระหว่างเวลาและอุณหภูมิไปทำการทดลองเพื่อยืนยันผลโดยได้ค่าความแข็งอยู่ที่ 605.2 HV และความต้านทานแรงกระแทกอยู่ที่ 17.6 Jules

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิศวกรรมวัสดุ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ ในการทดลองครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สรุปผลภาวะการณ์ทำงานของประชากรประจำเดือนมีนาคม พ.ศ.2562. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.nso.go.th> สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2562.
2. Sinha AK. Physical metallurgy handbook. The McGraw-Hill Companies. Two Penn Plaza: New York ; 2003.
3. Lakhtin YM. Engineering physical metallurgy and heat treatment. Mir Publishers Moscow: Russia ; 1990.
4. ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, วรณา หอมจะบก, และนฤตม ทาดี. ประสิทธิภาพการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวในเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำของถ่านไม้ชนิดต่างๆ ในกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิง. วิศวกรรมสาร มข. 2555 ; 41(3):383-391.
5. Ihom PA. Case hardening of mild steel using cow bone as energizer. African Journal of Engineering Research. 2013 ; 1(4): 97-101.
6. ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, วรณา หอมจะบก, นฤตม ทาดี. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของสารเกรดทางการค้าชนิดต่างๆ ในการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวของมีดโต้ที่ชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิง. วารสาร มทร. อีสาน 2557 ; 7(2): 67-80.
7. Aramide FO, Ibitoye SA, Oladele IO, Borode JO. Pack carburization of mild steel using pulverized bone as carburizer optimizing process parameters. Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies. 2010 ; 1-12.
8. กฤษดา ประสพชัยชนะ. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการชุบผิวแข็งของเหล็กกล้าด้วยวิธีแพ็คคาร์บอนโรซิง. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. 2556.
9. Narongsak Thammachot, Prin Nachaisit, Wanna Homjabok, Chaiyawat Peeratatsuwan, Amornsak Mayai, and Jittiwat Nithikarnjanatharn, The efficiency of energizer, carburizing temperature and time on the mechanical properties of hardened big knives in a pack carburizing process. KKU Engineering Journal. October-December 2016 ; 172-177.
10. สุภัทรวิทย์ ศรีนอก, ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, รสรินทร์ ดือขุนทด, สมบัติ น้อยมิ่ง, ชัยวัฒน์ พิรทัตสุวรรณ, อมรศักดิ์ มาใหญ่, การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิงโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากผงหินปูนสำหรับการชุบผิวแข็งมีดโต้ด้วย. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. 2559.
11. ศักดิ์สิทธิ์ ศรีสุข, การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลของมีดโต้ที่ตีขึ้นรูปจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำและชุบผิวแข็งด้วยกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2561.
12. Askeland DR, Phulé PP. The science and engineering of materials. 4<sup>th</sup> Edition. USA: Thomson Learning Inc. ; 2003.
13. Smith WF. Foundations of materials science and engineering. 4<sup>th</sup> Edition. USA: McGraw-Hill Inc. ; 2006.

# การใช้เชื้อบาซิลลัสและสเตรปโตมัยซิสควบคุมเชื้อราโรคพืชบางชนิดโดยชีววิธี

## Use of *Bacillus* sp. and *Streptomyces* sp. for biological control of some plant pathogens

สุวภา สาวิภาค<sup>1\*</sup>, ชนัญกาญจน์ แสงประสาน<sup>2</sup>, อรุณ วงศ์จิรัฐิติ<sup>1</sup>  
Suwapha Sawiphak<sup>1\*</sup>, Chanankarn Saengprasan<sup>2</sup>, Aroon Wonggiratthiti<sup>1</sup>

Received: 22 May 2019 ; Revised: 2 September 2019 ; Accepted: 20 September 2019

### บทคัดย่อ

เชื้อราโรคพืชเป็นปัญหาสำคัญในการเกษตรซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาผลการยับยั้งของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. ต่อการเจริญเชื้อราโรคพืช *Bipolaris oryzae* DOAC 1760, *Aspergillus flavus* TISTR 3366, *Phytophthora palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยการสังเกตบริเวณวงใสรอบ ๆ เชื้อรา โดยใช้วิธีวัดค่า ผลการศึกษาพบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus flavus* TISTR 3366, *Phytophthora palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. ได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส เท่ากับ  $6.58 \pm 0.54$ ,  $2.83 \pm 0.47$  และ  $6.03 \pm 0.10$  ตามลำดับ ส่วนแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของ *Bipolaris oryzae* DOAC 1760, *Aspergillus flavus* TISTR 3366 และ *Phytophthora palmivora* DOAC 2072 ได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส เท่ากับ  $15.53 \pm 0.67$ ,  $1.78 \pm 0.43$  และ  $1.81 \pm 0.01$  ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิดสามารถใช้เป็นจุลินทรีย์ควบคุมทางชีวภาพได้

**คำสำคัญ:** การควบคุมโดยชีววิธี เชื้อราโรคพืช บาซิลลัส สเตรปโตมัยซิส

### Abstract

Plant parasitic fungi are major problem in agriculture that affect yield and quality of agricultural products. In this study, antagonistic effects of *Streptomyces* sp. and *Bacillus* sp. were evaluated against plant parasitic fungi *Bipolaris oryzae* DOAC 1760, *Aspergillus flavus* TISTR 3366, *Phytophthora palmivora* DOAC 2072 and *Penicillium* sp. The abilities of *Streptomyces* sp. and *Bacillus* sp. in inhibiting the growth of parasitic fungi were tested by the agar overlay method. *Streptomyces* sp. inhibited the radial growth of *Aspergillus flavus* TISTR 3366, *Phytophthora palmivora* DOAC 2072 and *Penicillium* sp was  $6.58 \pm 0.54$ ,  $2.83 \pm 0.47$  and  $6.03 \pm 0.10$ , respectively. The antagonist *Bacillus* sp. was shown to inhibit the growth of *Bipolaris oryzae* DOAC 1760, *Aspergillus flavus* TISTR 3366 and *Phytophthora palmivora* DOAC 2072 was  $15.53 \pm 0.67$ ,  $1.78 \pm 0.43$  and  $1.81 \pm 0.01$ , respectively. This study demonstrated that both bacteria can be used as biological control microorganisms.

**Keywords:** Biological control, Plant pathogens, *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp.

<sup>1</sup> อาจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

<sup>2</sup> อาจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

<sup>1</sup> Lecturer, Program of Biology, Faculty of Science and Technology, Sakonnakhon Rajabhat University, Sakonnakhon 47000

<sup>2</sup> Lecturer, Program of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Sakonnakhon Rajabhat University, Sakonnakhon 47000

\* Corresponding author: Suvapa Yottakot, Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Sakonnakhon Rajabhat University, Sakonnakhon 47000, ssuvapa@hotmail.com



## บทนำ

ปัจจุบันการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีมีบทบาทในการป้องกันโรคพืชมากขึ้น เนื่องจากการควบคุมโรคพืชด้วยสารเคมีมักมีผลเสียต่อกับพืชผลการเกษตรและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังทำให้โรคพืชดื้อยา ดังนั้นการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี จึงเป็นอีกวิธีที่จะช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมี ลดปัญหาสารพิษที่สะสมในผลิตผลทางการเกษตร และรักษาความสมดุลของธรรมชาติ การควบคุมโดยชีววิธีโดยใช้แบคทีเรียแกรมบวก เป็นทางเลือกที่มีความปลอดภัย โดยเฉพาะการใช้แบคทีเรีย *Bacillus* sp และ *Streptomyces* sp. แบคทีเรียแกรมบวกทั้งสองชนิดมีความสามารถในการสร้างสารประกอบระเหยที่สามารถออกฤทธิ์ทำลายเชื้อราก่อโรคพืชได้<sup>2,3</sup> นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสปอร์ที่ทนสภาพร้อนและแห้งได้ดี สามารถมีชีวิตอยู่ที่ผิวของพืชผลที่แห้งได้เป็นเวลานาน<sup>1</sup> ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม คนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร ดังนั้นการปลูกพืชเศรษฐกิจจึงเหมาะสำหรับคนไทยอย่างมาก และในปัจจุบันนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมีหลายอย่าง ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย ยางพารา เป็นต้น ปัญหาสำคัญในการปลูกพืชเศรษฐกิจ คือ โรคที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อปริมาณและคุณภาพของพืช เชื้อรา *Bipolaris oryzae* เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว เชื้อราจะแพร่ระบาดไปที่รวงและเมล็ดทำให้เกิดอาการเมล็ดต่าง คลุมเมล็ดข้าวเปลือก ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกสกปรกและหักงาย ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของข้าวลดลง<sup>4</sup> เชื้อรา *Aspergillus flavus* สามารถผลิตสารพิษอะฟลาทอกซิน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง อาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซินคือ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ผลิตภัณฑ์จากแป้ง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วลิสง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพ<sup>5</sup> *Phytophthora palmivora* เป็นเชื้อราทำลายส่วนต่างๆ ของพืช ทำให้เกิดอาการรากเน่า โรคเน่าระดับดิน โรคเน่าระดับลำต้นและหัว อีกทั้งยังทำให้เกิดโรคกับพืช เช่น มะละกอ มะเขือเทศ ยาสูบ มันฝรั่ง และยางพารา<sup>6</sup> *Penicillium* sp. เป็นราที่พบได้ทั่วไป สร้างสารพิษ ทำให้เกิดโรคผลเน่าเสียหาย โดยเฉพาะโรคหลังการเก็บเกี่ยว<sup>7</sup>

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการควบคุมเชื้อราโรคพืช *B. oryzae* DOAC 1760, *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. โดยการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ซึ่งแยกได้จากดิน และ แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. ที่แยกได้จากปุ๋ยหมัก จากผลการวิจัยการใช้เชื้อ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. เบื้องต้นในการควบคุมเชื้อ *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะละกอ พบว่า เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้งสองชนิดสามารถควบคุม เชื้อ

*Colletotrichum* sp. ได้ และมีรายงานว่าของ *Streptomyces* และ *Bacillus* สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากกว่า 10,000 ชนิด<sup>8</sup> จากคุณลักษณะดังกล่าว *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. จึงเป็นเชื่อที่มีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมเชื้อราโรคพืช และสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อลดการใช้สารเคมีที่อาจมีสารตกค้างในพืชผลและสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

### การเตรียมเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp.

*Streptomyces* sp. เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากดินบริเวณสวนพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เตรียมโดยใช้ที่เจาะจุกคอร์กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดชิ้นวุ้นโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. วางบนอาหาร Nutrient agar (NA) โดยวางในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของจานอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

### การเตรียมเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp.

*Bacillus* sp. เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากปุ๋ยหมักบริเวณคอกโค คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เตรียมโดยใช้ลูปแตะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. วางบนอาหาร NA โดยแตะในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของจานอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

### การเตรียมสปอร์เชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760

ใช้เข็มเขี่ยชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยของเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760 มาวางบนอาหารสำเร็จรูป Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760 ไปฉายรังสีเนียร์ยูวี เป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วนำเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760 บ่มไว้ที่มีด อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

### การเตรียมสปอร์เชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366 และ เชื้อรา *Penicillium* sp.

ใช้เข็มเขี่ยชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366 และเชื้อรา *Penicillium* sp. มาวางบนอาหารสำเร็จรูป PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง

### การเตรียมสปอร์เชื้อรา *P. palmivora* DOAC 2072

ใช้เข็มเขี่ยชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยของเชื้อรา *P. palmivora* DOAC 2072 วางบนอาหารสำเร็จรูป PDA บ่มที่อุณหภูมิ

25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 192 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อรา *P. palmivora* DOAC 2072 ไปเลี้ยงในน้ำกลั่น เป็นเวลา 96 ชั่วโมง

#### การเตรียมสารละลายสปอร์เชื้อรา

ทำการเก็บสปอร์ *B. oryzae* DOAC 1760, *A. flavus* TISTR 3366 และ *Penicillium* sp. โดยเติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในจานอาหาร ใช้หึ่งเชื้อชูด บริเวณผิวหน้าอาหาร กรองเพื่อแยกเส้นใยที่ติดมาออก ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ล้างสปอร์ด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 1 ครั้ง นับสปอร์ด้วย Haemocytometer ให้ได้ความเข้มข้นของสปอร์เป็น  $10^7$  spore/mL สำหรับเชื้อรา *P. palmivora* DOAC 2072 ทำการเก็บสปอร์ โดยนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman no.1 เพื่อแยกเส้นใยรา นับสปอร์ด้วย Haemocytometer ให้ได้ความเข้มข้นของสปอร์เป็น  $10^7$  spore/mL การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา โดยใช้วิธีลาดทับ<sup>9</sup>

นำสารละลายสปอร์ความเข้มข้น  $10^7$  spore/mL ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมกับอาหารสำเร็จรูป PDA หลอมเหลว ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วลาดทับบนจานอาหาร NA ที่มีการเจริญของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตรวจผลการทดสอบโดยการสังเกตวงใสรอบๆ โคลิ (Inhibition zone) ของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสด้วยเวอร์เนีย (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Tukey ที่  $P < 0.05$  โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) เวอร์ชัน 22

#### ผลการทดลอง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760, *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. โดยใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp.

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของสปอร์รา *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. ได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง โดยการสร้างบริเวณใสรอบๆ โคลิ พบบริเวณใสของการยับยั้งกว้าง  $6.58 \pm 0.54$ ,  $2.83 \pm 0.47$

และ  $6.03 \pm 0.10$  มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์รา *B. oryzae* DOAC 1760 ได้ (Table 1) และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ พบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของสปอร์รา *A. flavus* TISTR 3366 และ *P. palmivora* DOAC 2072 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $P \leq 0.05$ ) Figure 1 แสดงลักษณะบริเวณใสรอบๆ โคลิแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp.

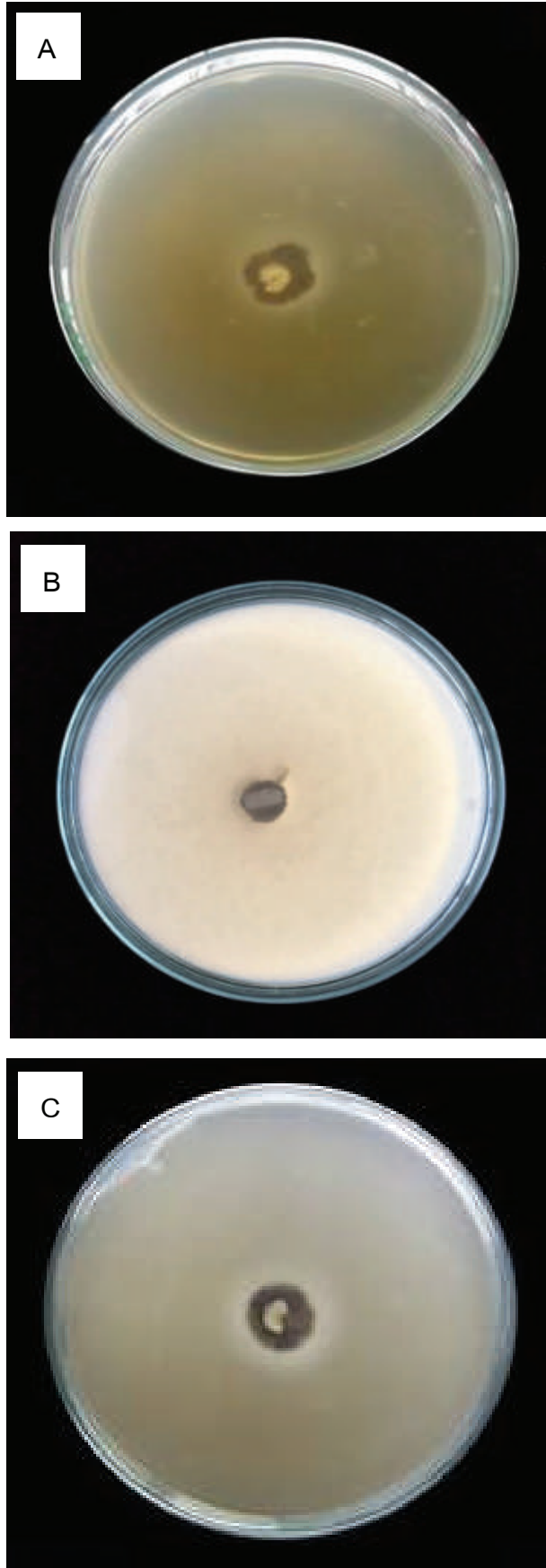
**Table 1** Antifungal activity of *Streptomyces* sp. and *Bacillus* sp.

Test organisms	Zone of inhibition (mm)	
	<i>Streptomyces</i> sp.	<i>Bacillus</i> sp.
<i>B. oryzae</i> DOAC 1760	0c	15.53±0.67a
<i>A. flavus</i> TISTR 3366	6.58±0.54a	1.78±0.43b
<i>P. palmivora</i> DOAC 2072	2.83±0.47b	1.81±0.01b
<i>Penicillium</i> sp.	6.03±0.10a	0c

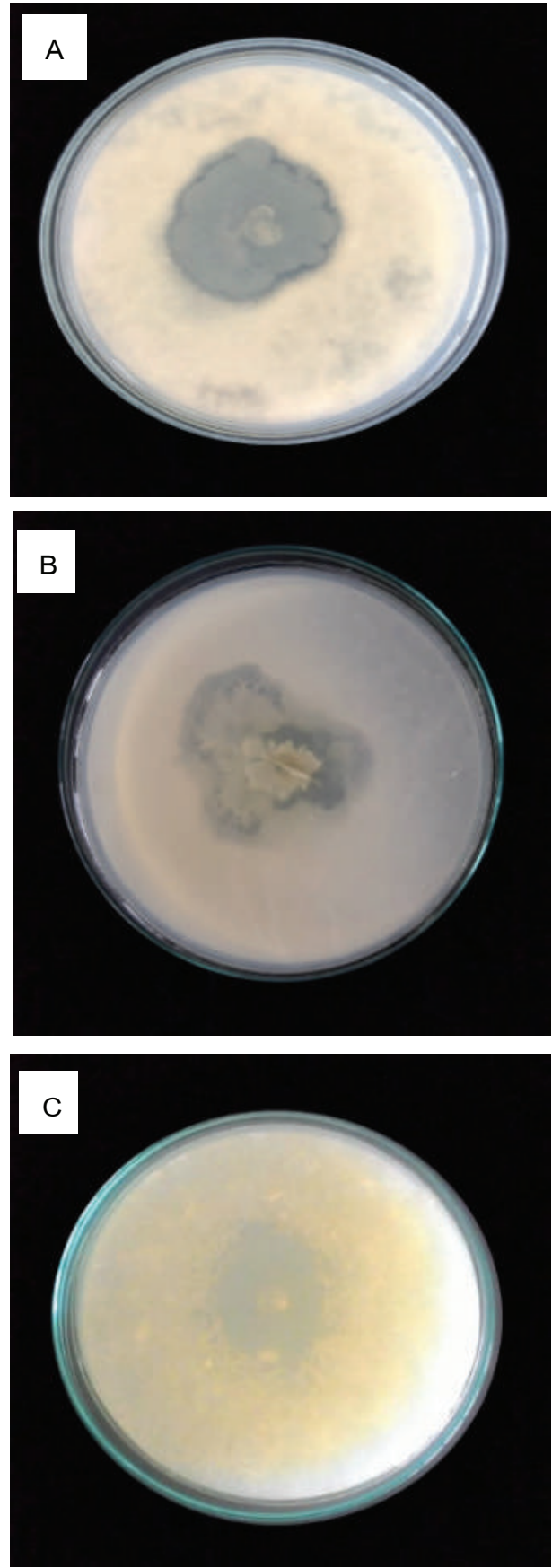
หมายเหตุ ในแต่ละคอลัมน์ อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760, *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. โดยใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp.

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของสปอร์รา *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *B. oryzae* DOAC 1760 ได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง โดยการสร้างบริเวณใสรอบๆ โคลิ พบบริเวณใสของการยับยั้งกว้าง  $1.81 \pm 0.01$ ,  $1.78 \pm 0.43$  และ  $15.53 \pm 0.67$  มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์รา *Penicillium* sp. ได้ (Table 1) และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ พบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของสปอร์รา *B. oryzae* DOAC 1760 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $P \leq 0.05$ ) ลักษณะบริเวณใสรอบๆ โคลิแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. แสดงใน Figure 2



**Figure 1** Inhibition zone of *Streptomyces* sp. against (A) *A. flavus* TISTR 3366, (B) *P. palmivora* DOAC 2072 and (C) *Penicillium* sp.



**Figure 2** Inhibition zone of *Bacillus* sp. against (A) *P. palmivora* DOAC 2072, *A. flavus* TISTR 3366, (B) and (C) *B. oryzae* DOAC 1760



## สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760, *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. โดยใช้แบคทีเรียปฏิชีวนะ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. พบว่าเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะทั้งสองชนิด มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการยับยั้งเชื้อราของแบคทีเรียปฏิชีวนะ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. Oskay<sup>10</sup> ได้ศึกษาการยับยั้งของเชื้อสายพันธุ์ *Streptomyces* KVK30, KEH23, KGG13, KMY10 และ KAK35 ต่อเชื้อรา *Penicillium* sp. พบว่าสายพันธุ์ *Streptomyces* KEH23, KGG13, KMY10 และ KAK35 สามารถยับยั้ง *Penicillium* sp. ได้ อีกทั้งยัง สอดคล้องกับการศึกษาของ Lee และคณะ<sup>11</sup> ได้ศึกษาการยับยั้งของ *Streptomyces* sp. AMG-P1 ต่อเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *Phytophthora palmivora* และ *Penicillium oxalicum* พบว่า *Streptomyces* sp. AMG-P1 สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ Paromomycin ออกมายับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *Phytophthora palmivora* และ *Penicillium oxalicum* ได้

สำหรับการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งของแบคทีเรียปฏิชีวนะ *Bacillus* sp. ต่อเชื้อ *B. oryzae* DOAC 1760, *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *Penicillium* sp. พบว่าแบคทีเรียปฏิชีวนะ *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งเชื้อ *A. flavus* TISTR 3366, *P. palmivora* DOAC 2072 และ *B. oryzae* DOAC 1760 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Siahmoshteh และคณะ<sup>12</sup> ได้ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* ได้ การศึกษาของ Zongzheng และคณะ<sup>13</sup> ได้ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (Dast). โดยใช้ *Bacillus subtilis* SY1 พบว่า *Bacillus subtilis* SY1 สามารถยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (Dast). รวมทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Carissimi และคณะ<sup>14</sup> ที่ได้ศึกษาฤทธิ์ของ *Bacillus* sp. E164 ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Bipolaris sorokiniana* พบว่า *Bacillus* sp. E164 สามารถยับยั้งเชื้อรา *Bipolaris sorokiniana* ได้

แบคทีเรียปฏิชีวนะ *Streptomyces* sp. และ *Bacillus* sp. สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณการใช้สารเคมีที่กำจัดเชื้อราที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อพืช ส่งผลทำให้อัตราการเน่าเสียของพืชลดลง

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในการสนับสนุนเครื่องมือ และห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- Emmert EAB, Handelsman J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective, FEMS Microbiology Letters 1999 ; 171(1): 1-9.
- Sumi CD, Yang BW, Yeo IC, Hahm YT. Antimicrobial peptides of the genus *Bacillus*: a new era for antibiotics, Can J Microbiol 2014 ; 61(2): 93-103.
- Procópio REDL, Silveira IRD, Martins MK, Azevedo JLD, Araújo JM. Antibiotics produced by *Streptomyces*, Braz j infect dis 2012 ; 16(5): 466-471.
- Picco AM, Rodolfi M. *Pyricularia grisea* and *Bipolaris oryzae*: a preliminary study on the occurrence of airborne spores in a rice field, Aerobiologia 2002 ; 18: 163-167.
- Okoth S, Boevre MD, Vidal A, Mavungu JDD, Landschoot S, Kyallo M, Njuguna J, Harvey J, Saeger SD. Genetic and Toxigenic Variability within *Aspergillus flavus* Population Isolated from Maize in Two Diverse Environments in Kenya, Frontiers in Microbiology 2018 ; 9(57): 1-14.
- Torres GA, Sarria GA, Martinez G, Varon F, Drenth A, Guest DI. Bud Rot Caused by *Phytophthora palmivora*: A Destructive Emerging Disease of Oil Palm, Phytopathology 2016 ; 106(4): 320-329.
- Visagie CM, Houbraken J, Frisvad JC, Hong SB, Klaassen CHW, Perrone G, Seifert KA, Varga J, Yaguchi T, Samson RA. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*, Studies in mycology 2014 ; 78: 343-371
- Bérd J. Bioactive Microbial Metabolites, The Journal of Antibiotics 2005 ; 58(1): 1-26.
- Hockett KL, Baltrus DA. Use of the Soft-agar Overlay Technique to Screen for Bacterially Produced Inhibitory Compounds, Journal of Visualized Experiments 2017 ; 119: 1-5.
- Oskay M. Antifungal and antibacterial compounds form *Streptomyces* strains, African Journal of Biotechnology 2009 ; 8(13): 3007-3017.
- Lee HB, Kim Y, Kim JC, Choi GJ, Park SH, Kim CJ, Jung HS. Activity of some aminoglycoside antibiotics against true fungi, *Phytophthora* and *Pythium* species, Journal of Applied Microbiology 2004 ; 99: 836-843.

12. Siahmoshteh F, Sicilianob I, Banani H, Hamidi ZE, Razzaghi AM, Gullinob ML, Spadarob D. Efficacy of *Bacillus subtilis* and *Bacillus amylo liquefaciens* in the control of *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxins production on pistachio, International Journal of Food Microbiology 2017 ; 254: 45-53.
13. Zongzheng Y, Xin L, Zhong L, Jinzhao P, Jin Q, Wenyan Y. Effect of *Bacillus subtilis* SY1 on antifungal activity and plant growth, International Journal of Agricultural and Biological Engineering 2009 ; 2(4): 55-61.
14. Carissimi M, Schipani MG, Carlos JG, Van Der Sand ST. Antifungal activity of *Bacillus* sp. E164 against *Bipolaris sorokiniana*, BIOCENCIAS 2009 ; 17(1): 48.



# การศึกษาแคริโอไทป์ของตั๊กแตนตัวห้ำหัวหอกเพศผู้ (*Palaeograecia brunnea*) และตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้ (*Hieroglyphus banian*) ในภาคเหนือของประเทศไทย

## Karyotypic Study of Male Predaceous Spear-headed Katydid (*Palaeograecia brunnea*) and Male Bluish-green Rice Grasshopper (*Hieroglyphus banian*) in Northern Thailand

อรอนงค์ ยามเลย<sup>1</sup>, อิศสระ ปะทะวัง<sup>2</sup>

Onanong Yamloei<sup>1</sup>, Isara Patawang<sup>2</sup>

Received: 3 July 2019 ; Revised: 29 October 2019 ; Accepted: 22 November 2019

### บทคัดย่อ

การศึกษาแคริโอไทป์และอิดิโอแกรมของตั๊กแตนตัวห้ำหัวหอกเพศผู้ [*Palaeograecia brunnea* (Ingrisch, 1998)] และตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้ [*Hieroglyphus banian* (Fabricius, 1798)] ในภาคเหนือของประเทศไทย เก็บตัวอย่างจากจังหวัดลำพูน และเชียงใหม่ เตรียมโครโมโซมไมโทซิสโดยตรงจากเนื้อเยื่อทางเดินอาหารและอวัยวะของตั๊กแตนเพศผู้ ด้วยเทคนิคการใช้โคลชิซิน-สารละลายไฮโปโทนิก-น้ำยาตรึงเซลล์ ย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดาด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 20% (v/v) ตรวจสอบโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาที่กำลังขยาย 1,000 เท่า ผลการศึกษาพบว่าตั๊กแตนตัวห้ำหัวหอกเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 13 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 12 แห่ง และโครโมโซมเอ็กซ์ 1 แห่ง มีสูตรแคริโอไทป์คือ  $2n(13)=L_{12}^m + X(L^m)$  chromosome ตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 22 แห่ง และโครโมโซมเอ็กซ์ 1 แห่ง มีสูตรแคริโอไทป์คือ  $2n(23)=L_8^l + M_6^l + S_8^l + X(L^l)$  chromosome

**คำสำคัญ:** ตั๊กแตนตัวห้ำหัวหอก ตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัส แคริโอไทป์ โครโมโซม ภาคเหนือของประเทศไทย

### Abstract

Karyotypic and idiogram studies were performed using male predaceous spear-headed katydid, *Palaeograecia brunnea* (Ingrisch, 1998), and male bluish-green rice grasshopper, *Hieroglyphus banian* (Fabricius, 1798), collected from Lamphun and Chiang Mai provinces in Northern Thailand. The mitotic chromosomes were directly prepared from gut tissue and male testis tissue by colchicine-hypotonic-fixation techniques and stained by conventional staining 20% (v/v) Giemsa working solution. Chromosomes were observed under compound light microscope (1,000 times). The results showed that the diploid chromosome number of the male *Palaeograecia brunnea* was  $2n=13$ , including 12 autosomes and 1 X chromosome. The karyotype formula of the male *Palaeograecia brunnea* was deduced as:  $2n(13)=L_{12}^m + X(L^m)$  chromosome. The diploid chromosome number of the male *Hieroglyphus banian* was  $2n=23$ , including 22 autosomes and 1 X chromosome. The karyotype formula of the male *Hieroglyphus banian* was deduced as:  $2n(23)=L_8^l + M_6^l + S_8^l + X(L^l)$  chromosome.

**Keywords:** *Palaeograecia brunnea*, *Hieroglyphus banian*, Karyotype, Chromosome, North Thailand

<sup>1</sup> นักศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup> อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup> Master's degree student, Graduate School, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Mueang District, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>2</sup> Instructor, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Mueang District, Chiang Mai 50200, Thailand

\* Corresponding author: isara.p@cmu.ac.th

**บทนำ**

ด้กัแตนตัวห้ำหัวหอก [*Palaeograecia brunnea* (Ingrisch, 1998)] เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในไฟลัม Arthropoda ชั้น Insecta อันดับ Orthoptera วงศ์ Tettigoniidae วงศ์ย่อย Conocephalinae และเผ่า Agraeciini ด้กัแตนตัวห้ำหัวหอก มีเขตการแพร่กระจายพันธุ์ตั้งแต่ อินเดีย ตะวันออกเฉียงใต้ ของเทือกเขาหิมาลัย มาเลเซีย และประเทศไทย1 ปัจจุบัน ด้กัแตนตัวห้ำหัวหอกในสกุล *Palaeograecia* มี 6 ชนิด ได้แก่ *P. ascenda*, *P. brunnea*, *P. chyzeri*, *P. globiceratus*, *P. lutea* และ *P. philippina* ลักษณะเด่นภายนอกของด้กัแตนตัวห้ำหัวหอก คือ ลำตัวสีครีมอมชมพู มีแถบบนหัว ออก และ โคนปีกด้านบนสีดำ ลักษณะเฉพาะที่ใช้จำแนกชนิดของ ด้กัแตนตัวห้ำหัวหอกคือ ส่วนของสันหัวและอกมีแถบสีน้ำตาล เข้มอยู่ตรงกลาง ส่วนท้องด้านบนปล้องที่ 10 แบ่งเป็นสองพู มีขนาดใหญ่ และโป่งออกเป็นมุมแหลมยื่นออกมา ปลายท้อง มี styli อยู่ชิดติดกัน และมี subgenital plate อยู่กึ่งกลางทาง ด้านท้ายส่วนท้อง<sup>3</sup>

ด้กัแตนข้าวไฮโรไกลฟัส [*Hieroglyphus banian* (Fabricius, 1798)] จัดอยู่ในวงศ์ Acrididae วงศ์ย่อย Hemiacridinae และเผ่า Hieroglyphini<sup>1</sup> ด้กัแตนข้าวไฮโรไกลฟัสในสกุล *Hieroglyphus* มี 13 ชนิด ได้แก่ *H. acuticercus*, *H. africanus*, *H. akbari*, *H. banian*, *H. annulicornis*, *H. concolor*, *H. daganensis*, *H. indicus*, *H. kolhapurnensis*, *H. nigrorepletus*, *H. oryzivorus*, *H. perpolita* และ *H. tonkinensis* ลักษณะเด่นภายนอกของด้กัแตนข้าวไฮโรไกลฟัส คือ ตัวเต็มวัยมีสีเหลืองปนเขียวหรือน้ำตาลอ่อนปนเขียว ความยาวของลำตัว 30-50 มิลลิเมตร หนวดสีน้ำตาล ตรงข้อต่อมีสีเหลืองปนเขียว ส่วนหัวโต หน้าผากกว้าง ตารูปไข่มีขีดยาวสีดำในดวงตา สีของนัยน์ตาสีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาลแดง ส่วนอกเป็นทรงรูปกระบอกและมีรอยคาดขวาง สีดำ 4 เส้น ปีกยาวคลุมปล้องท้องจนมิด ทิเบียของขาคู่หลังมีสีฟ้า<sup>2</sup> ลักษณะเฉพาะที่ใช้จำแนกด้กัแตนชนิดข้าวไฮโรไกลฟัส คือ ส่วนปลายแพนหางมี 2 แฉก ลักษณะเรียวยแหลม แฉกบนโค้งลง ส่วนแฉกล่างยาวและแหลม<sup>4</sup>

ระบบกำหนดเพศของด้กัแตนในวงศ์ Tettigoniidae และ Acrididae โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นระบบโครโมโซมเพศแบบ XX/XO (XX ในเพศเมีย และ XO ในเพศผู้)<sup>5,6</sup> ในอดีตมีรายงานการศึกษาโครโมโซมของด้กัแตนในวงศ์ Tettigoniidae พบว่ามีความผันแปรของจำนวนโครโมโซมหลายรูปแบบ ได้แก่ ด้กัแตนเพศผู้บางชนิดมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 21 แห่ง7 บางชนิดมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง8 ในเพศผู้ 24 แห่ง9 ในเพศเมีย 7,8,9 นอกจากนี้ยังมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แห่ง ซึ่งมีระบบโครโมโซมเพศแบบ neo-XY system<sup>10</sup> จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 27

แห่ง<sup>7,10,11,12</sup> จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 29 แห่งในเพศผู้ 30 แห่งในเพศเมีย<sup>6,9,11,12,13,14</sup> จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 31<sup>6,7</sup> แห่ง 33 แห่ง และ 35 แห่งในเพศผู้<sup>7,14</sup> 32 แห่ง และ 34 แห่ง ในเพศเมีย<sup>7,14</sup> สำหรับด้กัแตนในสกุล *Palaeograecia* ยังไม่มีรายงานการศึกษาโครโมโซมมาก่อน การศึกษาโครโมโซมในด้กัแตนตัวห้ำหัวหอก (*Palaeograecia brunnea*) ครั้งนี้ จึงเป็นรายงานแรกของสกุล *Palaeograecia*

ส่วนด้กัแตนในวงศ์ Acrididae มีรายงานการศึกษาจำนวนโครโมโซมของด้กัแตนเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 19 แห่ง และ 20 แห่งในเพศเมีย<sup>5</sup> บางชนิดมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 21 แห่งในเพศผู้ และ 22 แห่งในเพศเมีย<sup>15,16</sup> นอกจากนี้ยังมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่งในเพศผู้ และ 24 แห่งในเพศเมีย<sup>5,15,16,17,18,19,20,21,22</sup> สำหรับด้กัแตนในสกุล *Hieroglyphus* เคยมีรายงานไว้ในชนิด *Hieroglyphus banian* มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง และมีระบบโครโมโซมเพศเป็น XX/XO<sup>17,19</sup>

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการศึกษา**

ใช้ตัวอย่างด้กัแตนตัวห้ำหัวหอกเพศผู้ 10 ตัว (หมายเลข AC i1-i10) และด้กัแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้ 10 ตัว (หมายเลข AC i11-i20) (Figure 1) โดยเทียบเคียงกับคำบรรยายลักษณะพื้นฐานวิทยาจากเอกสารของพิสุทธิ<sup>2</sup> รูปวิธานของสกุล *Palaeograecia* ตามเอกสารของ Kim and Lee<sup>3</sup> และรูปวิธานของสกุล *Hieroglyphus* ตามเอกสารของ Kumar and Usmani<sup>4</sup> ซึ่งใช้ลักษณะของสีลำตัว หนวด หัว ออก โคนปีก ทิเบียของขาคู่หลัง แพนหาง และ subgenital plate เพื่อจำแนก โดยเก็บรวบรวมจากพื้นที่จังหวัดลำพูน และเชียงใหม่ ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 นำด้กัแตนมาผ่านขั้นตอนการกระตุ้นด้วยสารโคลชิซินความเข้มข้น 0.01% (w/v) โดยฉีดเข้าบริเวณช่องท้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเตรียมโครโมโซมโดยตรงจากเนื้อเยื่อทางเดินอาหารและเนื้อเยื่ออวัยวะ สับให้ละเอียดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ (M) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อ นาที (rpm) เป็นเวลา 10 นาที และทำการตรึงเซลล์ด้วยน้ำยาตรึงเซลล์สูตรคาร์นอย (Carnoy's fixative) จำนวน 3 รอบ จากนั้นหยดเซลล์ลงบนสไลด์และนำไปย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดา (conventional Giemsa) ด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 20% (v/v) ตรวจสอบโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาที่กำลังขยาย 1,000 เท่า ถ่ายภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์ จัดทำแคโรไทป์จากโครโมโซมระยะเมทาเฟส จำแนกชนิดโครโมโซมโดยอ้างอิงตามวิธีการของอลงกลด และคณะ<sup>23</sup> และ Turpin and Lejeune<sup>24</sup>

ตัวอย่างตักแตนที่เหลือจากการตัดเอาเนื้อเยื่อทางเดินอาหารและอวัยวะ อนุรักษ์สภาพไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ 70% จัดทำบันทึกทะเบียนตัวอย่างและเก็บรักษาไว้ ณ แหล่งรวบรวมสัตว์ของห้องปฏิบัติการวิจัยพันธุศาสตร์ระดับเซลล์และเซลล์ชีวเคมีคัลส์ (Animal Collection of Cytogenetics and Cytosystematics Research, AC) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต

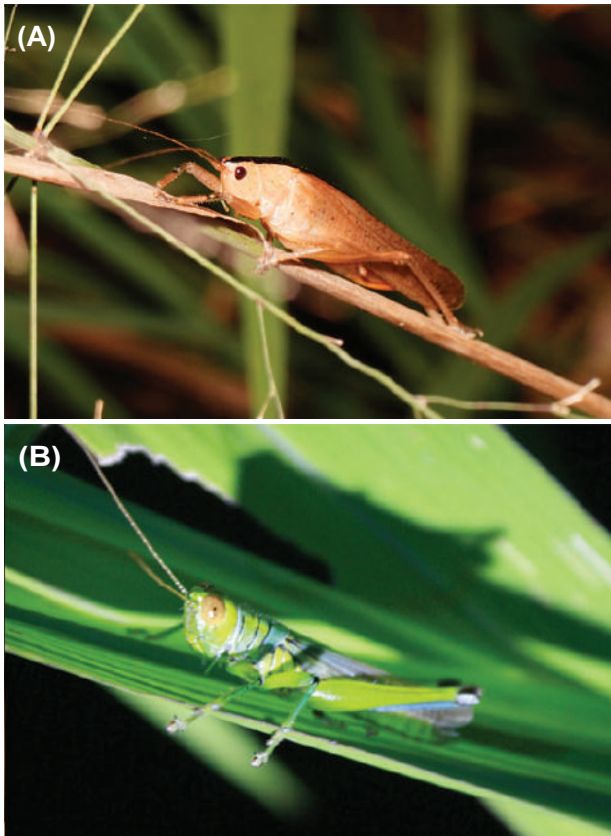


Figure 1 General characteristics of *Palaeoagraecia brunnea* (A) and *Hieroglyphus banian* (B)

**ผลการศึกษา**

ตักแตนตัวห้ำหอกเพศผู้มีชุดโครโมโซมแบบดิพลอยด์จำนวน 13 แห่ง ประกอบด้วยอโตโซม 12 แห่ง เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ (large metacentric) ทั้งหมด และโครโมโซมเพศ 1 แห่ง โดยเป็นโครโมโซม X ซึ่งเป็นชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ โครโมโซมเครื่องหมายที่สังเกตจากลักษณะรูปร่างโดยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาสามารถตรวจพบที่โครโมโซมคู่ที่ 4 มีลักษณะเป็นรอยคอดที่สองซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นตำแหน่งของเอ็นโออาร์ (NOR) ปรากฏบนแขนข้างสั้นใกล้กับตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ (Figures 2, 4A and Table 1A) และสามารถเขียนสูตรแคโรไทป์ได้ดังนี้

$$2n (13) = L_{12}^m + X (L^m) \text{ chromosome}$$

ตักแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้มีชุดโครโมโซมแบบดิพลอยด์จำนวน 23 แห่ง ประกอบด้วยอโตโซม 22 แห่ง เป็นโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก (telocentric) ทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 4 คู่ (คู่ที่ 1-4) ขนาดกลาง 3 คู่ (คู่ที่ 5-7) และขนาดเล็ก 4 คู่ (คู่ที่ 8-11) และโครโมโซมเพศ 1 แห่ง โดยเป็นโครโมโซม X ที่มีขนาดใหญ่ ทั้งนี้จากการย้อมสีโครโมโซมด้วยสีจิมซ่าแบบธรรมดา ไม่สามารถตรวจพบตำแหน่งรอยคอดที่สองหรือตำแหน่งเอ็นโออาร์บนแคโรไทป์ของตักแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้ได้ (Figures 3, 4B and Table 1B) และสามารถเขียนสูตรแคโรไทป์ได้ดังนี้

$$2n (23) = L_8^l + M_6^l + S_8^l + X (L^l) \text{ chromosome}$$

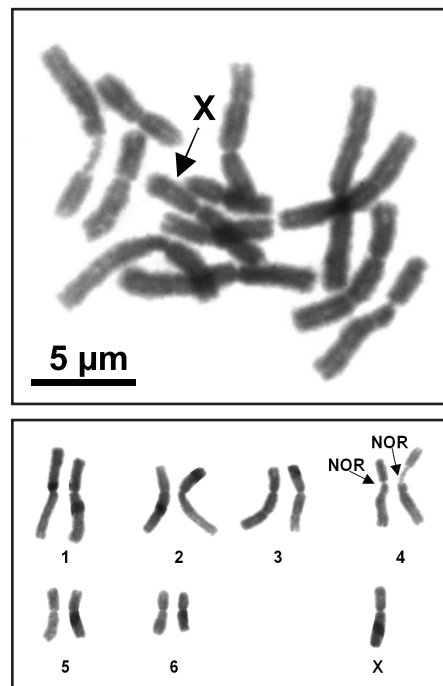
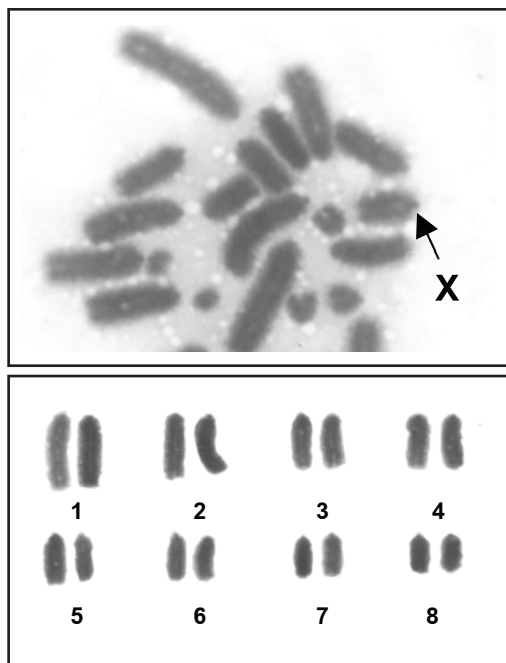


Figure 2 Metaphase chromosome plate and karyotype of male predaceous spear-headed katydid (*Palaeoagraecia brunnea*, 2n=13) by conventional staining technique



**วิจารณ์และสรุปผล**

ผลการศึกษาโครโมโซมของตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัส (*Hieroglyphus banian*) พบว่าโครโมโซมของตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัส สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่ระบุถึงจำนวนโครโมโซมดีพลอยด์ในตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัสเพศผู้เท่ากับ 23 แท่ง มีรูปแบบแคริโอไทป์แบบเทโลเซนทริกทั้งหมด และพบโครโมโซมเพศเป็นระบบ XX/XO<sup>17,19</sup> (Table 3) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับลักษณะแคริโอไทป์ส่วนใหญ่ของตั๊กแตนในวงศ์ Acrididae ที่ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก และโครโมโซมเพศเป็นระบบ XX/XO โดยเพศผู้มีโครโมโซมเพศเป็น XX และเพศผู้เป็น XO<sup>5,15-22</sup>

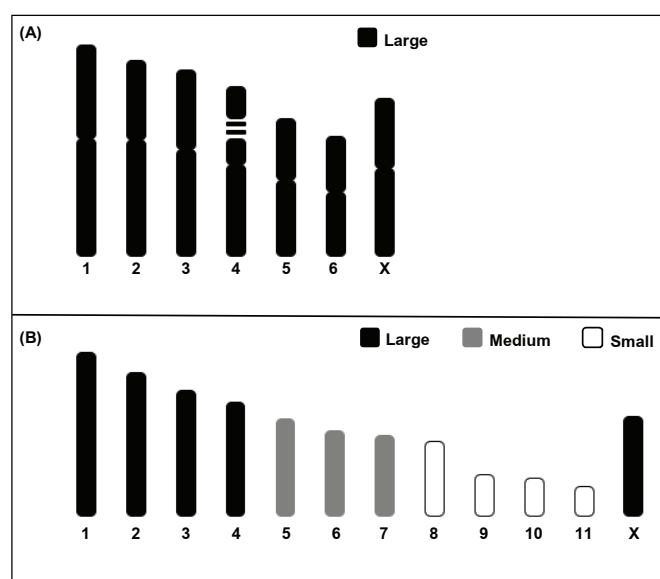
**Figure 3** Metaphase chromosome plate and karyotype of male bluish-green rice grasshopper (*Hieroglyphus banian*, 2n=23) by conventional staining technique

**Table 1** Mean length of the short arm chromosome (Ls), long arm chromosome (LI), total arm chromosome (LT), relative length (RL), centromeric index (CI) and standard deviation (SD) of RL, CI from metaphase cell of male predaceous spear-headed katydid (*Palaeograecia brunnea*, 2n=13) (A) and male bluish-green rice grasshopper (*Hieroglyphus banian*, 2n=23) (B)

Species	Pair	Ls	LI	LT	RL±SD	CI±SD	Size	Type
A	1	4.023	5.090	9.113	0.180±0.012	0.559±0.036	Large	Metacentric
	2	3.415	5.001	8.416	0.166±0.007	0.594±0.044	Large	Metacentric
	3	3.409	4.604	8.013	0.158±0.007	0.575±0.035	Large	Metacentric
	4	3.387	3.944	7.331	0.144±0.009	0.538±0.030	Large	Metacentric
	5	2.635	3.278	5.913	0.117±0.006	0.554±0.030	Large	Metacentric
	6	2.439	2.738	5.177	0.102±0.007	0.529±0.031	Large	Metacentric
	X	3.018	3.765	6.783	0.134±0.008	0.555±0.037	Large	Metacentric
B	1	0.000	6.677	6.677	0.149±0.024	1.000+0.000	Large	Telocentric
	2	0.000	5.843	5.843	0.131±0.011	1.000+0.000	Large	Telocentric
	3	0.000	5.108	5.108	0.114±0.029	1.000+0.000	Large	Telocentric
	4	0.000	4.649	4.649	0.104±0.030	1.000+0.000	Large	Telocentric
	5	0.000	3.962	3.962	0.089±0.019	1.000+0.000	Medium	Telocentric
	6	0.000	3.473	3.473	0.078±0.016	1.000+0.000	Medium	Telocentric
	7	0.000	3.303	3.303	0.074±0.017	1.000+0.000	Medium	Telocentric

**Table 1** Mean length of the short arm chromosome (Ls), long arm chromosome (LI), total arm chromosome (LT), relative length (RL), centromeric index (CI) and standard deviation (SD) of RL, CI from metaphase cell of male predaceous spear-headed katydid (*Palaeograecia brunnea*, 2n=13) (A) and male bluish-green rice grasshopper (*Hieroglyphus banian*, 2n=23) (B) (continue)

Species	Pair	Ls	LI	LT	RL±SD	CI±SD	Size	Type
	8	0.000	3.065	3.065	0.069±0.015	1.000+0.000	Small	Telocentric
	9	0.000	1.716	1.716	0.038±0.010	1.000+0.000	Small	Telocentric
	10	0.000	1.560	1.560	0.035±0.008	1.000+0.000	Small	Telocentric
	11	0.000	1.228	1.228	0.027±0.004	1.000+0.000	Small	Telocentric
	X	0.000	4.088	4.088	0.092±0.037	1.000+0.000	Large	Telocentric



**Figure 4** Idiograms of male *Palaeograecia brunnea*, 2n=13 (A) and male *Hieroglyphus banian*, 2n=23 (B) by conventional staining technique

**Table 2** Review of cytogenetic reports in the family Tettigoniidae

Family	2n	Sex determination system	Reference
Tettigoniidae	21(♂),	XX/XO	Na and Bing-Zhong <sup>6</sup> , Ferreira and Mesa <sup>7,14</sup> , Warchalowska-Sliwa <i>et al.</i> <sup>8,12</sup> , Grzywacz <i>et al.</i> <sup>10</sup> , Hemp <i>et al.</i> <sup>9,11</sup> , Barranco <i>et al.</i> <sup>13</sup>
	23(♂) 24(♀), 27(♂),		
	29(♂) 30(♀),		
	31(♂) 32(♀),		
	33(♂) 34(♀),		
	35(♂)		
	24(♂) 24(♀)	Neo-XY	Grzywacz <i>et al.</i> <sup>10</sup>
Only genus <i>Palaeograecia</i>	<i>P. brunnea</i> 13(♂)	XX/XO	This study



**Table 3** Review of cytogenetic reports in the family Acrididae

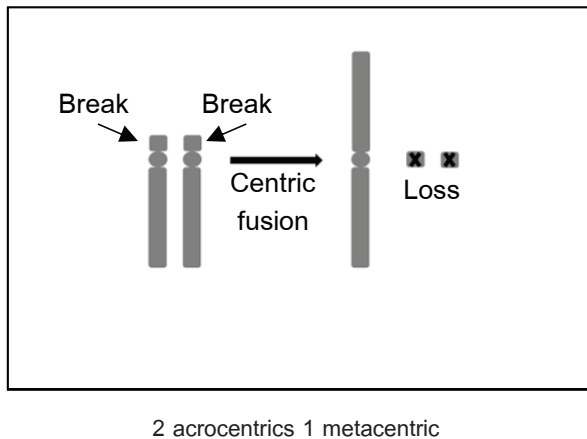
Family	2n	Sex determination system	Reference
Acrididae	19(♂) 20(♀),	XX/XO	Mesa and Fontanetti <sup>5</sup> , Grzywacz <i>et al.</i> <sup>15</sup> , Bugrov <i>et al.</i> <sup>16</sup> , บังอร <sup>17</sup> , Ashok <sup>18</sup> , Koli <i>et al.</i> <sup>19</sup> , Phimphan <i>et al.</i> <sup>20</sup> , Sandhu and Chadha <sup>21</sup> , John and Naylor <sup>22</sup>
	21(♂) 22(♀),		
	23(♂) 24(♀)		
Only genus <i>Hieroglyphus</i>	<i>H. banian</i> 23(♂)	XX/XO	บังอร <sup>17</sup> , Koli <i>et al.</i> <sup>19</sup> , This study

แคโรไทป์ของตั๊กแตนข้าวไฮโรไกลฟัสมีลักษณะแบบโบราณ (primitive) เนื่องจากมีโครโมโซมเป็นชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมด ซึ่งเป็นลักษณะแคโรไทป์แบบโบราณที่ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Mesa and Fontanetti ที่พบว่าตั๊กแตนในวงศ์ Acrididae มีการอนุรักษ์รูปแบบของแคโรไทป์แบบโบราณไว้สูง คือ จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 ในเพศผู้ และเป็นโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมด<sup>5</sup>

ผลการศึกษาในตั๊กแตนตัวห้าหัวหอกพบว่า มีโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 13 แท่ง และลักษณะแคโรไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ทั้งหมด ซึ่งมีความแตกต่างจากรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ของตั๊กแตนชนิดอื่นในวงศ์ Tettigoniidae ทั้งจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ขนาดของโครโมโซม และชนิดของโครโมโซม พบว่ามีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ตั้งแต่ 21 ถึง 35 แท่ง (Table 2) นอกจากนี้ยังพบความผันแปรของรูปร่างโครโมโซมในแบบต่างๆ คือมีรูปแบบแคโรไทป์ที่ประกอบไปด้วยโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกหรืออะโครเซนทริก ทั้งขนาดใหญ่และขนาดกลาง ซึ่งเป็นลักษณะแคโรไทป์แบบโบราณของบรรพบุรุษเริ่มแรก<sup>6-14</sup> ส่วนระบบโครโมโซมเพศไม่แตกต่างกันคือเป็นแบบ XX/XO โดยโครโมโซม X เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกเกือบทั้งหมด ยกเว้น Grzywacz *et al.* ซึ่งพบว่ามีตั๊กแตนบางชนิดที่มีระบบโครโมโซมเพศแบบ neo-XY<sup>10</sup>

เมื่อเปรียบเทียบแคโรไทป์ของตั๊กแตนตัวห้าหัวหอกกับตั๊กแตนชนิดอื่นในวงศ์ Tettigoniidae พบว่าแคโรไทป์ของตั๊กแตนตัวห้าหัวหอกมีลักษณะแบบพัฒนาหรือมีอายุวิวัฒนาการค่อนข้างน้อย เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซมที่แยกออกมาจากสายสัมพันธ์หลัก โดยสอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการระดับโครโมโซมของ White<sup>25</sup> คือโครโมโซมอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงมาจากบรรพบุรุษที่เกิดการแตกหักของชิ้นส่วนโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกหรืออะโครเซนทริก 2 แท่ง แล้วเกิดการเชื่อมรวมกันที่บริเวณเซนโทรเมียร์ (centric fusion) เปลี่ยนแปลงเป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกหรือซับเมทาเซนทริกจำนวน 1 แท่ง ชิ้นส่วนโครโมโซมบางส่วนที่ไม่มีเซนโทรเมียร์จะเกิดการสูญหาย (loss) และมีผลทำให้จำนวนโครโมโซมลดลง (Figure 5)

แบบจำลองนี้เป็นเพียงสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโครโมโซมที่เกิดขึ้นระหว่างวิวัฒนาการโดยใช้ข้อมูลทางพันธุศาสตร์ระดับเซลล์สนับสนุน ในการพิสูจน์สมมติฐานตามแบบจำลองการเกิดวิวัฒนาการระดับโครโมโซมของตั๊กแตนวงศ์ Tettigoniidae จะต้องศึกษาเพิ่มเติมด้วยเทคนิคอื่นๆต่อไปในอนาคตเพื่อสนับสนุนและให้ได้แบบจำลองสมมติฐานที่ถูกต้องที่สุด



**Figure 5** Model of chromosome rearrangement by centric fusion

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และได้รับอนุญาตการใช้สิทธิ์ทดลองตามมาตรฐานสถาบันพัฒนาการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (เลขที่คำขอรับใบอนุญาตใช้สัตว์ U1-04491-2559)

### เอกสารอ้างอิง

1. Cigliano MM. Orthoptera Species File. Version 12.10. Species File Group. 2019. Available: <https://doi.org/10.15468/nn7jhc> Accessed 19 February, 2019.
2. พิสุทธิ เอกอำนวยการ. โลกของตั๊กแตน จิ้งหรีด 2 ตั๊กแตนต่างๆ Grasshoppers. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พลัสเพรส ; 2556: 10-34.
3. Kim T, Lee KW. A new record of *Palaeoagraecia lutea* (Orthoptera: Tettigoniidae: Conocephalinae: Agraeciini) in Korea. *Animal Systematics, Evolution and Diversity* 2019 ; 35(3): 143-150.
4. Kumar H, Usmani M. A review of the genus *Hieroglyphus* (Acrididae: Hemiacridinae) from India, with description of a new species. *Tropical Zoology* 2015 ; 28:1-21.
5. Mesa A, Fontanetti CS. Karyotypes of nine Brazilian species of acridids (Orthoptera, Acridoidea). *Revista Brasileira de Genetica* 1983 ; 6(2): 295-305.
6. Na L, Bing-Zhong R. Karyotypes of Tettigoniidae (Orthoptera: Tettigonioidae) in Northeast China. *Zootaxa* 2007 ; 1475: 61-68.

7. Ferreira A, Mesa A. Cytogenetics studies in thirteen brazilian species of Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigonioidae: Tettigoniidae): main evolutive trends based on their karyological traits. *Neotropical Entomology* 2007 ; 36(4): 503-509.
8. Warchalowska-Sliwa E, Grzywacz B, Maryanska-Nadachowska A, Karamysheva TV, Rubtsov NB, Chobanov DP. Chromosomal differentiation among bisexual European species of Saga (Orthoptera: Tettigoniidae: Saginae) detected by both classical and molecular methods. *European Journal of Entomology* 2009 ; 106(1): 1-9.
9. Hemp C, Heller K, Warchalowska-Sliwa E, Grzywacz B. A molecular phylogeny of east African amytta (Orthoptera: Tettigoniidae, Meconematinae) with data on their cytogenetics. *Systematic Entomology* 2018 ; 43(2): 239-249.
10. Grzywacz B, Hemp C, Heller KG, Hemp A, Chobanov DP, Warchalowska-Sliwa E. Cytogenetics and molecular differentiation in the African armoured ground bushcrickets (Orthoptera: Tettigoniidae: Hetrodinae). *Zoologischer Anzeiger* 2015 ; 259(1): 22-30.
11. Hemp C, Heller KC, Warchalowska-Sliwa E, Grzywacz B, Hemp A. Ecology, acoustics and chromosomes of the East African genus *Afroanthracites* Hemp & Ingrisich (Orthoptera, Tettigoniidae, Conocephalinae, Agraeciini) with the description of new species. *Organisms Diversity & Evolution* 2015 ; 15: 351-368.
12. Warchalowska-Sliwa E, Grzywacz B, Maryanska-Nadachowska A, Karamysheva TV, Chobanov DP, Heller KG. Cytogenetic variability among bradyporinae species (Orthoptera: Tettigoniidae). *European Journal of Entomology* 2013 ; 110(1): 1-12.
13. Barranco P, Cabrero J, Camacho JPM, Pascual F. Chromosomal basis for a bilateral gynandromorph in *Pycnogaster inermis* (Rambur, 1838) (Orthoptera, Tettigoniidae). *Contribution to Zoology* 1995 ; 65(2): 123-127.

14. Ferreira A, Mesa A. Cytogenetics studies in brazilian species of Pseudophyllinae (Orthoptera: Tettigoniidae):  $2n(\sigma)=35$  and  $FN=35$  the probable basic and ancestral karyotype of the family Tettigoniidae. Neotropical Entomology 2010 ; 39(4): 590-594.
15. Grzywacz B, Tatsuta H, Shikat K, Elzbieta W. A comparative chromosome mapping study in Japanese Podismini grasshoppers (Orthoptera: Acrididae: Melanoplinae). Cytogenetic and Genome Research 2018 ; 154(1): 37-44.
16. Bugrov A, Warchalowska-Sliwa E, Maryanska - Nadachowska A. Karyotype evolution and chromosome C-banding patterns in some podismini grasshoppers (Orthoptera, Acrididae). Caryologia 1994 ; 47(2): 183-191.
17. บังอร กองอิม. ไมโทติกคาริโอไทป์ของตั๊กแตนหนวดสั้นบางชนิดในจังหวัดขอนแก่นและ สกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น ; 2544: 108-109.
18. Ashok KS. Cytology and cytotaxonomy of Acrididae: a summary. Records of the Zoological Survey of India 2006 ; 106(3): 47-78.
19. Koli YJ, Gaikwad SM, Bharmal DL, Bhawane GP. Karyotypic studies of six species of grasshopper (Orthoptera: Acrididae) from Kolhapur District, Maharashtra, India. Cytologia 2013 ; 78(3): 255-260.
20. Phimphan S, Sangpakdee W, Sangpakdee K, Tanomtong A. Chromosomal analysis and meiosis studies of *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acrididae) from Thailand. The Nucleus 2017 ; 60(1): 9-15.
21. Sandhu SK, Chadha P. Karyological studies of four species of grasshoppers from Gurdaspur District of Punjab, India. The Nucleus 2012 ; 55(3): 167-170.
22. John B, Naylor B. Anomalous chromosome behavior in the germ line of *Schistocerca gregaria*. Heredity 1961 ; 16: 187-198.
23. อลงกลด แทนอมทอง กฤษณ์ ปิ่นทอง และอิสสระ ปะทะวัง. พันธุศาสตร์ระดับเซลล์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2562: 429-505.
24. Turpin R, Lejeune J. Les chromosomes humains (caryotype normal et variations pathologiques). Paris: Gauthier Villars 1965 ; (6): 965-966.
25. White MJD. Animal cytology and evolution. Cambridge University Press, Cambridge ; 1973: 961.

# สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสจาก ส่วนสกัดเอทานอลของตดหมุดตดหมา (*Paederia linearis* Hook.f.)

## Bioactive Compounds, Antioxidant and $\alpha$ -Glucosidase Inhibitory Activities from Ethanolic Extracts of Tot Mu Tot Ma (*Paederia linearis* Hook.f.)

พรทิพย์ ปัดตาเคนัง<sup>1</sup>, วิลาวณิชย์ พร้อมพรม<sup>2\*</sup>, วรณชัย ชาแท่น<sup>2</sup>  
Phorntip Padtakenang<sup>1</sup>, Wilawan Promprom<sup>2\*</sup>, Wannachai Chatan<sup>2</sup>

Received: 3 October 2019 ; Revised: 30 January 2020 ; Accepted: 18 February 2020

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์การยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดส ของสารสกัดหยาบส่วนราก ลำต้น และใบของตดหมุดตดหมา ซึ่งสกัดด้วยวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลายเอทานอล ในการทดสอบ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหรือสารพิษเคมีเบื้องต้น ตรวจพบสารพิษเคมีในทุกสารสกัด คือ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน สเตียรอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ปริมาณฟีนอลิกรวม และฟลาโวนอยด์รวม

การตรวจสอบหาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) พร้อมทั้งวิเคราะห์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ก็ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากใบมีปริมาณฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมากที่สุดเท่ากับ  $174.42 \pm 2.07$  mgGAE.g<sup>-1</sup> และ  $41.32 \pm 1.94$  mgQE.g<sup>-1</sup> ใบของตดหมุดตดหมายังแสดงฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมากที่สุดของทั้งสองวิธี ด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP คือ ร้อยละ  $40.73 \pm 6.68$  และ  $21.35 \pm 5.80$  mMFe.g<sup>-1</sup> นอกจากนี้พบว่าส่วนใบของตดหมุดตดหมาแสดงฤทธิ์การยับยั้งแอลฟาไกลูโคซิเดสมากที่สุด คือ ร้อยละ  $93.04 \pm 1.63$  ผลการศึกษาแสดงให้เห็นศักยภาพของสารสกัดจากใบของตดหมุดตดหมาอาจจะสามารถใช้ในการบำบัดโรคเบาหวานชนิดที่ 2

**คำสำคัญ:** ตดหมุดตดหมา สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน แอลฟาไกลูโคซิเดส

### Abstract

The aims of this work were to study bioactive compounds, antioxidant and alpha glucosidase inhibitory activities of Tot Mu Tot Ma (*Paederia linearis*) in crude extracts of root, stem and leaf. The maceration method was used with ethanol as solvent. Bioactive compounds in the phytochemical screening study, were flavonoid, terpenoid, saponin, steroid and cardiac glycosides. Total phenolic and flavonoid content were measured in all extracts. Investigation of antioxidant activities used 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP). In vitro  $\alpha$ -glucosidase inhibitory assays were performed in this study. The results showed that the ethanolic leaf extracts had the highest total phenolic content ( $174.42 \pm 2.07$  mgGAE.g<sup>-1</sup>) and flavonoid content ( $41.32 \pm 1.94$  mgQE.g<sup>-1</sup>). Antioxidant activity in leaf extracts was high in both testing methods, i.e. DPPH method ( $40.73 \pm 6.68\%$ ) and FRAP method ( $21.35 \pm 5.80$  mMFe.g<sup>-1</sup>). In addition, the leaf of *P. linearis* revealed highest alpha glucosidase inhibitory activity at  $93.04 \pm 1.63\%$ . The results suggest that the leaf extract of *P. linearis* may be used to treat type 2 diabetes.

**Keywords:** *Paederia linearis* Hook. F., Bioactive compound, Antioxidant activities, Alpha glucosidase

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Master of Science (Biology Education), Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham Province. 44150  
E-mail: kruphorntip28@gmail.com

<sup>2</sup> Assistant Professor, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham Province. 44150

\* Correspondent author : Wipromprom@gmail.com

## บทนำ

ปัจจุบันโลกเผชิญกับปัญหาสุขภาพ โดยเฉพาะโรคเรื้อรังมีมากขึ้น มีข้อสันนิษฐานว่าอนุมูลอิสระ (free radicals) เป็นสาเหตุสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค หากพบว่าในร่างกายมีอนุมูลอิสระมากจนเกินความสามารถของกลไกการต้านออกซิเดชันภายในเซลล์แล้ว โมเลกุลอนุมูลอิสระอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดีเอ็นเอ สภาพของโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย เช่น ภาวะความแก่ชรา โรคหัวใจและหลอดเลือด และถ้าอนุมูลอิสระสะสมในร่างกายเป็นระยะเวลายาวนานจะส่งผลทำให้เกิดภาวะโรคเบาหวาน<sup>1</sup> โดยเฉพาะโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (type 2 diabetes) ซึ่งเป็นเบาหวานชนิดที่ไม่พึ่งอินซูลิน (non-insulin dependent diabetes) แนวทางในการศึกษาการรักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2 คือ ศึกษากลไกการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ซึ่งนับว่าเป็นแนวทางที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง เพราะเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ซึ่งอยู่บริเวณผนังของลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอนไซม์ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสทำให้สามารถชะลอการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการบำบัดรักษาโรคเบาหวาน ในปัจจุบันยาที่ใช้รักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้แก่ อะคาโบส (*acarbose*) โวกลิโบส (*voglibose*) และไมกลิทอล (*miglitol*) แต่เมื่อรับประทานในระยะเวลาที่ยาวนานจะทำให้เกิดอาการท้องอืด แน่นท้อง ผายลมบ่อย ถ่ายเหลว และปวดท้อง<sup>2</sup> ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงสนใจศึกษาพืชสมุนไพรที่ลดอาการข้างเคียงและมีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส มีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งอาหารและสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดและนำมาใช้รักษาโรคเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตดหมุดตดหมา (*Paederia linearis* Hook.f.) จัดอยู่ในวงศ์ Rubiaceae เป็นไม้เถาขนาดเล็กขึ้นตามธรรมชาติเลื้อยตามพื้นดิน หรือเกี่ยวพันต้นไม้อื่น<sup>3</sup> ก่อนหน้านี้มีรายงานการวิจัยของตดหมุดตดหมา โดยใช้สารสกัดจากรากที่สกัดด้วยเมทานอล ตรวจพบสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และฟีนอลิก (phenolic) เมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี  $\alpha$ -carotene bleaching assay, DPPH radical-scavenging assay และวิธี Reducing power ability assay พบว่า สารสกัดจากรากมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน butylated hydrotoluene (BHT) และ ascorbic acid ดังนั้นสารสกัดจากรากตดหมุดตดหมา มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและไม่เป็นพิษในระดับเซลล์<sup>4</sup>

นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติทางเคมีของพืชสกุล *Paederia* เช่น สารสกัดจากใบ *P. foetida* ที่สกัดด้วยเมทานอลสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูเบาหวานได้ใกล้เคียงกับสารมาตรฐานไกลเบนคลาไมด์<sup>5</sup> และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในปริมาณสูง ที่ทดสอบด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)<sup>6</sup>

จากความสำคัญของตดหมุดตดหมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (ตรวจสอบสารฟลาโวนอยด์ เบื้องต้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฟลาโวนอยด์รวม) ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยจะเป็นแนวทางในการนำสมุนไพรตดหมุดตดหมาไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นยารักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ต่อไปในอนาคต

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมุดตดหมา
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมุดตดหมา
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมุดตดหมา

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 1. การเก็บตัวอย่างพืช

ต้นพืชตดหมุดตดหมา เก็บจากบ้านท่าขอนยาง บริเวณหนองตีนบ้าน หมู่ที่ 3 ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ในช่วงเดือน ตุลาคม-ธันวาคม 2560 โดยมีตัวอย่างพรรณไม้ที่ใช้อ้างอิงงานวิจัย คือ *P. Pad-takenang* No. 01 ที่เก็บรักษาไว้ที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และระบุชนิดพืชจากตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิงงานวิจัย ตรวจสอบจากเอกสารทางอนุกรมวิธานคือ Puff (2007)<sup>3</sup>

### 2. วิธีการสกัดสารตัวอย่าง

นำราก ลำต้น และใบของตดหมุดตดหมามาล้างให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง นำไปบดให้ละเอียด สกัดด้วยเอทานอล 95%<sup>7</sup> ด้วยวิธีการแช่หมัก ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน นำมากรองผ่านกระดาษกรอง ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) ยี่ห้อ Heidolph รุ่น Hei-VAP Advantage



### 3. การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening)

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นดัดแปลงมาจากวิธีของ Ayoola และคณะ (2008)<sup>7</sup> โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอนดังนี้

#### 3.1 การตรวจสอบแอลคาลอยด์ (alkaloids)

ชั่งสารสกัด 0.2 g เติมน้ำกลั่นละลาย 10% ( $H_2SO_4$ ) ปริมาตร 1.0 mL เขย่านำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำของเหลวที่ได้จากการกรองไปหยดสารละลายดราเจนดอร์ฟ (dragendorff) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏตะกอนสีส้มแดงแสดงว่าพบแอลคาลอยด์

#### 3.2 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 g ละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 mL เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ใส่หลอดแมกนีเซียมชิ้นเล็ก ๆ ลงไป 1 ชิ้น และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

#### 3.3 การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ (terpenoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 g ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 mL เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 0.5 mL ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์

#### 3.4 การตรวจสอบแอนทราควิโนน (anthraquinones)

ชั่งสารสกัด 0.2 g เติมน้ำกลั่นละลาย 10% ( $H_2SO_4$ ) ปริมาตร 1.0 mL เขย่านำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ไปเติมน้ำกลั่น 10% ( $NH_3$ ) ปริมาตร 0.5 mL เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

#### 3.5 การตรวจสอบแทนนิน (tannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 g เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 mL นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมน้ำกลั่นละลายเพอริคลอไรด์ 1% ( $FeCl_3$ ) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

#### 3.6 การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins)

ชั่งสารสกัด 0.2 g เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5.0 mL นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที เขย่าอย่างแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

#### 3.7 การตรวจสอบสเตียรอยด์ (steroids)

ชั่งสารสกัด 0.2 g ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 mL เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดแกลเลียมแอซีติก ปริมาตร 0.5 mL เขย่า แล้วเติมน้ำกลั่นฟิวริกเข้มข้น จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียวแสดงว่าพบสเตียรอยด์

#### 3.8 การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (cardiac glycosides)

ชั่งสารสกัด 0.2 g ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 mL เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมน้ำกลั่นละลายเพอริคลอไรด์ 1% ( $FeCl_3$ ) จำนวน 5 หยด เขย่า เติมน้ำกลั่นแกลเลียมแอซีติก จำนวน 5 หยด เขย่า และค่อยๆ เติมน้ำกลั่นฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 0.5 mL ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

### 4. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH free radical scavenging<sup>7</sup>

เตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.05 mM โดยชั่ง DPPH 10.0 mg ละลายในเอทานอล 500 mL และเตรียมสารสกัดราก ลำต้น และใบของตดหมุดตดหมา ที่ความเข้มข้น 500, 250, 125, 62.5, 31.25, 15.625 ppm โดยนำสารสกัดจากที่เตรียมข้างต้น จำนวน 750  $\mu$ L และ DPPH 0.1  $\mu$ L ในอัตราส่วน 1:1 ใส่ลงในหลอดทดลองแล้วนำไปทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 nm วัดค่าดูดกลืนแสงทุกหลอดรวมทั้งหลอดควบคุม (DPPH) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ คำนวณค่า % Radical scavenging activity และค่า  $IC_{50}$  โดยใช้สูตรคำนวณ % Radical scavenging ดังนี้

$$\% \text{ Radical Scavenging} =$$

$$\frac{(A \text{ control} - A \text{ sample})}{A \text{ control}} \times 100$$

$$A \text{ control}$$

เมื่อ A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH เมื่อเติมน้ำกลั่นตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน

## 5. การทดสอบฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี FRAP<sup>8</sup>

เตรียมสารละลาย FRAP ( Ferric Reducing antioxidant Power) reagent และสารตัวอย่าง 0.2 g ละลายในเอทานอล 10 ml แล้วเจือจางให้มีความเข้มข้นในช่วง 2000-50 ppm โดยเปิดสารละลาย FRAP ปริมาตร 950  $\mu$ L ลงในหลอดทดลอง เติมสารสกัดราก ลำต้น และใบของตดหมูตดหมา ที่ทำการเจือจางแล้ว ปริมาตร 50  $\mu$ L ผสมให้เข้ากัน เก็บในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm สารมาตรฐานทำเช่นเดียวกันกับสารสกัดราก ลำต้น และใบของตดหมูตดหมา ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ คำนวณค่าร้อยละการต้านออกซิเดชัน และค่า  $IC_{50}$  โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการต้านออกซิเดชัน} = [(A_{595}-B)/M] \times 100$$

โดยที่ A 595 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm

B คือ จุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐานเพอร์ริสไอออน

M คือ ค่าความชันของกราฟมาตรฐานเพอร์ริสไอออน

## 6. การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส<sup>9</sup>

เตรียม  $\alpha$ -glucosidases และสารตัวอย่าง 0.2 g ละลายใน DMSO 10 mL ให้มีความเข้มข้น 2000-50 ppm โดยนำสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมูตดหมา 1 mg/mL ปริมาตร 20  $\mu$ L ใน 100 มิลลิโมลาร์โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.9 เติมสารละลายไนโตรฟีนิลแอลฟาดีกลูโคไพราโนไซด์ (p-nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside) ในโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.9 ที่มีความเข้มข้น 5 mM ปริมาตร 50  $\mu$ L จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เติมสารละลายแอลฟาไกลูโคซิเดส ปริมาตร 0.1 Unit/mL นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 405 nm แล้วทำการคำนวณร้อยละของกิจกรรมยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส และค่า  $IC_{50}$  โดยใช้สูตร  $[(ABS_{blank}-ABS_{sample})/ABS_{blank}] \times 100$

เมื่อ ABSblank คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีสารทดสอบ

ABSsample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีสารทดสอบ

## 7. การหาปริมาณฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจากวิธีของ Basma และคณะ (2017)<sup>10</sup> นำสารละลายสารสกัดหยาบเอทานอล 1 mg/mL ปริมาตร 200  $\mu$ L เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 10% 500  $\mu$ L น้ำกลั่น 500  $\mu$ L และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% (w/v) 800  $\mu$ L ตั้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

## 8. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium trichloride ( $AlCl_3$ ) colorimetric โดยสารละลายสารสกัดหยาบเอทานอล 1 mg/mL ปริมาตร 200  $\mu$ L เติมสารละลาย 5% ( $NaNO_2$ ) ปริมาตร 75  $\mu$ L ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติม 10%  $AlCl_3$  ปริมาตร 150  $\mu$ L แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 นาที หลังจากนั้นเติม 1 M ( $NaOH$ ) ปริมาตร 500  $\mu$ L และปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 2 mL ด้วยน้ำกลั่น แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง 1 กรัม (Quercetin equivalents, mgQE.g<sup>-1</sup>dried extract)

## 9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (standard error means, SEM) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองวิเคราะห์โดย one-way ANOVA ตามด้วย post-hoc Duncan's new multiple range test

## ผลการวิจัย

### 1. การตรวจสอบสารฟฤษเคมีเบื้องต้น

Table 1 การทดสอบฟฤษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากส่วน ราก ลำต้นและ ใบจำนวน 8 กลุ่ม พบสารฟฤษเคมีจำนวน 5 กลุ่มในทั้ง 3 ส่วน คือ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

**Table 1** Phytochemical analysis of screening of root, stem and leaf of *Paederia linearis* Hook.f.

Phytochemicals	Ethanollic Extracts		
	Root	Stem	Leaf
Alkaloids	+	-	-
Flavonoids	+	+	+
Terpenoids	+	+	+
Antraquinones	+	-	-
Tannins	-	+	+
Saponins	+	+	+
Steroids	+	+	+
Cardiac Glycosides	+	+	+

+ = Presence, -= Absence

## 2. การทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน โดยวิธี DPPH และ FRAP

**Table 2** Antioxidant test results of root, stem and leaf of extracts of *Paederia linearis* Hook.f. with DPPH assay method and FRAP method

Part of <i>Paederia linearis</i> Hook.f.	DPPH		FRAP	
	% Scavenging activity	IC <sub>50</sub> (µg/mL)	FRAP value (mM Fe.g <sup>-1</sup> )	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
Root	17.92±1.70 <sup>a</sup>	1.41±0.63	6.63±3.28 <sup>b</sup>	0.47±0.59
Stem	17.49±2.46 <sup>a</sup>	1.84±0.48	4.36±2.21 <sup>b</sup>	0.52±0.63
Leaf	40.73±6.68 <sup>b</sup>	0.44±0.67	21.35±5.80 <sup>a</sup>	0.04±0.97
Vitamin C	27.09±5.48 <sup>a</sup>	0.77±0.15	-	-

<sup>a,b</sup> Mean within a column with different letters are different (p <0.05), One way ANOVA followed by post-hoc Duncan's new multiple range test

## 3. การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส พบว่า สารสกัดจากใบตดหมุดหมาหามีร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสสูงสุด ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ร้อยละ 50 (IC<sub>50</sub>) ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ราก และลำต้น ซึ่งมีค่า เท่ากับ 93.04±1.63 ; 0.81±0.10 µg/mL, 86.62±1.56 ;

Table 2 การทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน โดยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดจากใบตดหมุดหมาหามีร้อยละของการต้านออกซิเดชันสูงสุดและค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 (IC<sub>50</sub>) ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ราก และลำต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.73 ± 6.68 ; 0.44±0.67 µg/mL, 17.92±1.70 ; 1.41±0.63 µg/mL และ 17.49±2.46 ; 1.84±0.48 µg/mL ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี ซึ่งมีร้อยละของการต้านออกซิเดชัน เท่ากับ 27.09± 5.48 ; 0.77±0.15 µg/mL แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบตดหมุดหมาหามีความสามารถต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) พบว่า สารสกัดจากใบตดหมุดหมาหามีร้อยละของการต้านออกซิเดชันสูงสุด ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันร้อยละ 50 (IC<sub>50</sub>) ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ราก และลำต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.35±5.80 mM Fe.g<sup>-1</sup> ; 0.04±0.97 µg/mL, 6.63± 3.28 mM Fe.g<sup>-1</sup> ; 0.47±0.59 µg/mL และ 4.36 ± 2.21 mM Fe.g<sup>-1</sup> ; 0.52±0.63 µg/mL ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบตดหมุดหมาหามีความสามารถต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.20± 0.09 µg/mL และ 48.78±2.75 ; 3.65±0.07 µg/mL ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบส ซึ่งมีร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส เท่ากับ 90.78±0.69 ; 0.98±0.02 µg/mL แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเทียบกับราก และลำต้น Table 3

**Table 3** Results of  $\alpha$ -glucosidase inhibition of root, stem and leaf of extracts of *Paederia linearis* Hook.f. with *p*-nitrophenol colorimetric method

Part of <i>Paederia linearis</i> Hook.f.	% $\alpha$ -glucosidase inhibition	IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL)
Root	86.62 $\pm$ 1.56 <sup>a</sup>	2.20 $\pm$ 0.09
Stem	48.78 $\pm$ 2.75 <sup>b</sup>	3.65 $\pm$ 0.07
Leaf	93.04 $\pm$ 1.63 <sup>c</sup>	0.81 $\pm$ 0.10
Acarbose	90.78 $\pm$ 0.69 <sup>ac</sup>	0.98 $\pm$ 0.02

<sup>a-c</sup> Mean within a column with different letters are different (p < 0.05), One way ANOVA followed by post-hoc Duncan's new multiple range test

#### 4. การหาปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

Table 4 พบว่า ส่วนสกัดจากใบตดหมุดหมา มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ราก และลำต้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 174.42 $\pm$ 2.07 mgGAE.g<sup>-1</sup>, 87.86 $\pm$ 2.51 mgGAE.g<sup>-1</sup> และ 85.21 $\pm$ 4.68 mg GAE.g<sup>-1</sup> ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ พบว่า สารสกัดจากใบตดหมุดหมา มีปริมาณฟีนอลิกรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) จากทุกส่วน

สารสกัดจากใบตดหมุดหมา มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุดรองลงมา คือ ราก และลำต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 41.32 $\pm$ 1.94 mgQE.g<sup>-1</sup>, 33.38 $\pm$ 3.31mgQE.g<sup>-1</sup> และ 29.99 $\pm$ 1.55 mgQE.g<sup>-1</sup> ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ พบว่า สารสกัดจากใบตดหมุดหมา มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) จากราก และลำต้น

**Table 4** Total phenolic content and total flavonoids content from root, stem and leaf extracts of *Paederia linearis* Hook.f.

Part of <i>Paederia linearis</i> Hook.f.	Total phenolic content (mg GAE.g <sup>-1</sup> )	Total flavonoids content (mg QE.g <sup>-1</sup> )
Root	87.86 $\pm$ 2.51 <sup>b</sup>	33.38 $\pm$ 3.31 <sup>b</sup>
Stem	85.21 $\pm$ 4.68 <sup>b</sup>	29.99 $\pm$ 1.55 <sup>b</sup>
Leaf	174.42 $\pm$ 2.07 <sup>a</sup>	41.32 $\pm$ 1.94 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup> Mean within a column with different letters are different (p < 0.05), One way ANOVA followed by post-hoc Duncan's new multiple range test

#### วิจารณ์และสรุปผล

ในตัวทำละลายเอทานอลเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วสูงสามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์จากส่วน ราก ลำต้น และใบได้ดี

โดยพบสารฟลาโวนอยด์ที่มีจำนวน 5 กลุ่มที่เหมือนกันในทุกสารสกัด คือ ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าสารฟลาโวนอยด์ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้และจากการศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในหลอดทดลองในครั้งนี้ เลือกการทดสอบคุณสมบัติในการเป็นตัวจับอนุมูลอิสระ (free radical scavenger) ด้วยวิธี DPPH ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว เนื่องจากเป็นอนุมูลอิสระที่ค่อนข้างเสถียร<sup>11</sup> นอกจากนี้ยังศึกษาคุณสมบัติในการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay ผลการศึกษาทั้งสองวิธีนี้มีความสอดคล้องไปในแนวทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมุดหมา มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โดยสารสกัดจากใบมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุด และมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระ เพื่อให้อยู่ในสภาวะเสถียร เนื่องจากสารสกัดจากราก ลำต้น และใบในการศึกษาครั้งนี้เป็นสารสกัดหยาบประกอบด้วยสารหลายชนิด ซึ่งฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบตดหมุดหมา อาจมาจากสารจำพวกฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และจะเห็นได้ว่าฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ได้สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวม ที่พบว่าสารสกัดจากใบของตดหมุดหมา ที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณฟีนอลิกรวม และฟลาโวนอยด์รวมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Silpi และคณะ (2014)<sup>12</sup> ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในพืชสกุลเดียวกัน คือ *P. foetida* พบว่า มีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี โดยจะเห็นว่าสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์เป็นสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี เป็นทั้งตัวจับอนุมูลอิสระ และเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ เพื่อให้อยู่ในสภาวะเสถียร

เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่อยู่บริเวณผนังลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส<sup>13</sup> ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการต้านเบาหวาน โดยศึกษาการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส จากผลการทดลอง พบว่า สารสกัดจากราก ลำต้น และใบที่สกัดด้วยเอทานอลมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส โดยเฉพาะส่วนสกัดจากใบ มีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีที่สุด อาจเป็นไปได้ว่าสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มที่มีขั้วค่อนข้างสูง นอกจากนั้นยังพบสารอินทรีย์ที่มีขั้วสูงส่วนใหญ่ที่จะพบเป็นกลุ่มฟลาโวนอยด์หรือฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ที่มีน้ำตาลติดอยู่กับโครงสร้าง<sup>14</sup> ส่งผลต่อการยับยั้งได้ดีขึ้น นอกจากนั้นสารดังกล่าวก็ยังส่งผลทำให้เกิดการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านเบาหวาน เช่น ไตรเทอร์พีนอยด์



ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ และฟีนอลิก<sup>15,16</sup> จากผลการทดลองของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมุดตหมา พบฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซึ่งเป็นไปได้ว่าสารออกฤทธิ์ดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านเบาหวานได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bhatnagar และคณะ (2016)<sup>17</sup> ที่พบว่าสารสกัดจากใบ *P. foetida* มีฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส มีปริมาณฟีนอลิก และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boroghain และคณะ (2017)<sup>5</sup> พบว่า สารสกัดจากใบ *P. foetida* สามารถรักษาโรคเบาหวานได้ โดยผ่านการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส อาจเกิดจากตัวยับยั้งของสารสกัดจากราก ลำต้น และใบของตดหมุดตหมา ซึ่งสารสกัดจากใบมีฤทธิ์ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ได้ดีที่สุด โดยเกิดจากการออกฤทธิ์เสริมกัน หรืออาจจะเป็นสารองค์ประกอบหลักที่อยู่ในส่วนของสารสกัด มีผลทำให้โครงสร้างของแอลฟาไกลูโคซิเดสเปลี่ยนแปลง หรือไปแย่งจับบริเวณเร่งปฏิกิริยา จนไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับซับสเตรตได้ จากการศึกษาดังกล่าวเป็นข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งควรจะต้องแยกและพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมทั้งศึกษากลไกการยับยั้ง เพื่อนำไปพัฒนาสู่การเป็นยารักษาโรคเบาหวานชนิด ที่ 2 ต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำงานวิจัยจนส่งผลให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

1. Maritim AC, Sanders RA and Watkins JB. Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: a review. J Biochem Mol Toxicol 2003 ; 17(1): 24-38.
2. Borges ME, Silverira GA and Carvalho I.  $\alpha$ - and  $\beta$ -glucosidase inhibitors: chemical structure and biological activity. Tetrahedron 2006 ; 62(44): 10277-10320.
3. Puff C. Revision of the genus *Paederia* L. (Rubiaceae-Paederia) in Asia. A Multidisciplinary study 2007 ; 3: 207-289.
4. Sudta P, Sabyjai C and Wanirat K. Phytochemical analysis, in vitro antioxidant and Cytotoxic activity of extracts of *Paederia linearis* Hook.f. root. J Sci Phetchaburi Rajabhat University 2013 ; 5-18.
5. Boroghain MP, Chowdhury L, Ahmed S, Bolshette N, Devasani K, Das TJ, Mohapatra A and Lahkar M. Renoprotective and antioxidative effects of methanolic *Paederia foetida* leaf extract on experimental diabetic nephropathy in rats. J Ethnopharmacology 2017 ; 198: 451-459.
6. Kanokporn S, Supap S and Kantarat J. Gastroprotective effects and antioxidant activities of *Paederia pilifera* Hook.f. root extract. J Sci 2014 ; 41(5): 1121-1131.
7. Ayoola GA, Coker H, Adesegun SA, Adepoju AA, Obawe K, Ezennia EC. Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in southwestern Nigeria. J Pharmaceutical 2008 ; 7(3): 1019-1024.
8. Benzie FF, and Anek H. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power : the FRAP assay. J Analytical Biochemistry 1996 ; 239(1): 70-76.
9. Wongsap P, Chaiwarit J and Zamaludien A. in vitro screening of phenolic compounds, potential inhibition against  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase of culinary herbs in Thailand. J Food Chemistry 2012 ; 131(3): 964-971.
10. Basma AA, Zakaria Z, Latha LY, and Sasidharan S. Antioxidant activity and phytochemical screening of the methanol extracts of *Euphorbia hirta* L. J Tropical Medicine 2017 ; 4(5): 386-390.
11. Ahmad R, Ali AM, Isral DA, Ismai NH, Sharik, Lajis NH. Antioxidant, radical-scavenging, anti-inflammatory, cytotoxic and antibacterial activities of methanolic extracts of some *Hedyotis* species. J Life Sci 2005 ; 76: 1953-1964
12. Silpi C, Sayeed A and Kuldeep S. Comparison of in vitro antioxidant potential of fractioned *Paederia foetida* leaf extract. Int J Drug Dev. & Res 2014 ; 6 (2): 105-109.
13. Sung HJ, Kyoung SH, Kyoung SM, Lee OH, Jang HD, Kwon YI. In vitro and in vivo anti-hyperglycemic effects of Omija (*Schizandra chinensis*) fruit. Int J Mol Sci 2011 ; 12(2): 1359-1370.



14. Thanakosai W, Phuwapraisirisan P. First identification of  $\alpha$ -glucosidase inhibitors from okra (*Abelmoschus esculentus*) seeds. *Natural Product Communications* 2013 ; 8(8): 1085-1088.
15. Jouad H, Haloui M, Rhiouani H, Hilaly JEI and Eddouks M. Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes, cardiac and renal diseases in the North centre region of Morocco (Fez-Boulemane). *J Ethnopharmacology* 2001 ; 77: 175-182.
16. Yin Z, Zhang W, Feng F, Zhang Y, Kang W.  $\alpha$ -Glucosidase inhibitors isolated from medicinal plants. *Food Science and Human Wellness* 2014 ; 3(3): 136-174.
17. Bhatnagar S and Sahoo M. Cytotoxic and antidiabetic activity of leaf extracts of *Paederia foetida* L. *J Pharmacognosy and Phytochemical Research* 2016 ; 8(4): 659-662.

# การเตรียมสีเลคจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ลิปสติก

## Lake Preparation and Lipstick Development from Red-Purple Bracts of Paper Flower

ณรงก์ฤทธิ หล้าพันธ์<sup>1\*</sup>, ณัฐนิชา พลศิริ<sup>2</sup>  
Narongrit Lahpun<sup>1\*</sup>, Nattanicha Phonsiri<sup>2</sup>

Received: 21 May 2019 ; Revised: 2 October 2019 ; Accepted: 16 October 2019

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากใบประดับเฟืองฟ้าและพัฒนาสีเลคจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ในการทดลองเฟืองฟ้าสีม่วงแดงถูกนำมาสกัดสีด้วยวิธีที่เหมาะสม (ความเข้มข้นของสารละลาย, อัตราส่วนของตัวอย่างแห้งต่อสารละลาย และระยะเวลาในการสกัด) โดยเปรียบเทียบปริมาณเบต้าไซยานินที่วิเคราะห์โดยวิธีสเปกโทรสโกปี และนำสีย้อมไปเตรียมเป็นสีเลคโดยเกลือ 7 ชนิด และทำการวัดสีและวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรด สเปคโตรมิเตอร์ จากนั้นนำสีเลคที่ได้ไปพัฒนาเป็นลิปสติกแห้งและประเมินผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยผลการทดลองพบว่า ในการสกัดสีจากใบประดับเฟืองฟ้าที่อัตราส่วนใบประดับแห้งต่อสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร ในอัตราส่วนตัวอย่างแห้งต่อสารละลายเท่ากับ 1:30 (g/mL) และระยะเวลาในการสกัด 30 นาที ให้ปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดในแต่ละการทดลอง และเกลือที่สังเคราะห์สีเลคจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงได้ คือ อะลูมิเนียมคลอไรด์ โดยจากการวัดสีเลคที่ได้มีค่าความสว่าง ค่าความแดง และค่าความเหลือง เท่ากับ 37.51 ( $\pm 1.62$ ), 10.23 ( $\pm 0.12$ ) และ 12.65 ( $\pm 0.22$ ) ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรมิเตอร์ พบพีกที่เลขคลื่น 1624.38  $\text{cm}^{-1}$  ที่บ่งชี้ว่ามีหมู่คาร์บอนิล (C=O แบบยืด) เชื่อมโยงกับพันธะเอไมด์ และจากการศึกษาสูตรพบว่า สูตรที่เติมสีเลคไม่ทำให้เกิดเหงื่อ และสูตรที่มีสีความใกล้เคียงกับสูตรต้นแบบมากที่สุด คือ สูตรที่มีสีเลคร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ( $\Delta E=1.24$ ) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65.3 ( $\pm 0.3$ ) องศาเซลเซียส โดยสรุป งานวิจัยนี้เป็นการค้นพบวัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องสำอางที่ลดการเกิดเหงื่อในลิปสติก

**คำสำคัญ:** สีเลค เฟืองฟ้า ใบประดับสีม่วงแดง ลิปสติก

### Abstract

This research aimed to study the optimal condition of natural color extraction from the bracts of *Bougainvillea glabra* and to develop a cosmetic product containing color lake from the red-purple bracts. The dye extraction was optimized for three conditions (solvent concentration, solid-liquid ratio, and extraction time) and analyzed by spectroscopy. The obtained dye was synthesized into lake pigments in 7 different salts. Then, the red-purple lake was investigated by colorimeter and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Lipstick containing the pigment was developed. The optimal condition for dye extraction from the bracts was with 50% ethanol, a solid-liquid ratio of 1:30 g/mL, and an extraction time of 30 minutes. Interestingly, the paper flower lake pigment was only prepared from aluminum chloride. The whiteness (L), redness (a), and yellowness (b) of the aluminum lake were 37.51 ( $\pm 1.62$ ), 10.23 ( $\pm 0.12$ ), and 12.65 ( $\pm 0.22$ ), respectively. The infrared spectrum of the aluminum lake sample appeared at a wavenumber of 1624.38  $\text{cm}^{-1}$  that indicated carbonyl group (C=O stretching) connected with amide bonds. All of the lipstick formulations containing aluminum lake in this experiment were not sweaty. The lipstick consisting of 1% red-purple lake had the closest color with the master formula ( $\Delta E=1.24$ ), and its melting point was 65.3 ( $\pm 0.3$ ) °C. In conclusion, this research found a novel cosmetic ingredient to overcome the lipstick sweating problem.

**Keywords:** Color Lake, *Bougainvillea glabra*, Red-Purple Bract, Lipstick

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร บางเขน กรุงเทพฯ 10220

<sup>2</sup> นักศึกษาปริญญาตรี, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร บางเขน กรุงเทพฯ 10220

<sup>1</sup> Lecturer, Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, Bangkok 10220, Thailand.

<sup>2</sup> Undergraduate student, Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, Bangkok 10220, Thailand.

\* Corresponding author: Narongrit Lahpun, Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, Bangkok 10220, Thailand.

## บทนำ

ลิปสติก (lipstick) เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ถูกใช้เพื่อเสริมความมั่นใจแก่ผู้บริโภค และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางยังเป็นธุรกิจที่มีความเติบโตมากในประเทศไทย ซึ่งกระทรวงอุตสาหกรรมประเทศไทยมีความคาดหวังว่าอุตสาหกรรมเครื่องสำอางจะเติบโตได้ถึงร้อยละ 10 โดยต้องอาศัยการวิจัยและพัฒนา รวมถึงนวัตกรรม ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อแข่งขันในตลาด ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องสำอางในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 210 ล้านบาท แบ่งเป็นตลาดท้องถิ่น (local market) 120 ล้านบาท และการนำเข้า 90 ล้านบาท<sup>1</sup>

มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 234-2559) แบ่งประเภทของลิปสติกออกเป็นสองประเภท ได้แก่ ลิปสติกสี และลิปสติกมัน<sup>2</sup> โดยลิปสติกสีมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดึงดูดผู้บริโภค อย่างไรก็ตามสารให้สีในเครื่องสำอางโดยทั่วไปเป็นสารสังเคราะห์ซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ในตำรับประเภทใด ซึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบมักใช้สีอินทรีย์ที่ละลายในตัวทำละลายได้หรือสีย้อม (dye) และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางอื่นๆ โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ตกแต่งใบหน้า (makeup) มักใช้สีที่ไม่ละลายในตัวทำละลายหรือเม็ดสี (pigment) ได้แก่ สีในกลุ่มแลก (lake) และสีในกลุ่มอนินทรีย์ (inorganic pigment)<sup>3</sup> และยิ่งไปกว่านั้นสารให้สีในทางเครื่องสำอางยังไม่สามารถผลิตขึ้นได้เองภายในประเทศไทย ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศจนถึงปัจจุบัน ซึ่งการสกัดสารสีจากธรรมชาติเพื่อทดแทนการใช้สารสังเคราะห์เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยลดการนำเข้าสารให้สีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

เฟื่องฟ้า (*Bougainvillea*) เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางหากนำไปทำการตลาดก็จะเข้าถึงผู้บริโภคได้ง่าย ซึ่งเฟื่องฟ้าถูกค้นพบโดยนักพฤกษศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Philibert Commerson จากการเดินเรือไปรอบโลกระหว่างปี พ.ศ. 2309 ถึง พ.ศ. 2312 และได้พบเฟื่องฟ้าที่ประเทศบราซิล และนำไปเผยแพร่ยังทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย สำหรับประเทศไทยเฟื่องฟ้าต้นแรกได้ถูกนำมาปลูกในปี พ.ศ. 2423 ซึ่งเป็นพันธุ์ดอกสีม่วง และได้รับการตั้งชื่อว่า "ตรุษจีน" เพราะเป็นพันธุ์ที่ออกดอกในช่วงเทศกาลตรุษจีน<sup>4</sup> นอกจากนี้ยังพบว่าดอกเฟื่องฟ้าถูกนำมาใช้ในการแต่งสีสำหรับการประกอบอาหาร ในทางเครื่องสำอางใบของเฟื่องฟ้าถูกนำไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและนำมาเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการจดสิทธิบัตร (Patent No. WO 2015162051 A1) ที่มีการเผยแพร่ในวันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2558 โดย Jacques Leclere และ Rachid Ennamany<sup>5</sup>

โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากใบประดับเฟื่องฟ้า

โดยในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมตัดสินจากปริมาณของเบต้าไซยานินซึ่งเป็นสารสีที่อยู่ในใบประดับเฟื่องฟ้า และเมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจึงนำไปเตรียมสีจากใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง และสีที่ได้จากการทดลองถูกใช้เป็นส่วนผสมในลิปสติก

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง

ใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดงถูกเก็บบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน) ปี พ.ศ. 2562 และตัดแยกใบประดับไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อใบประดับแห้งเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น (desiccator) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 75 จนกว่าจะนำไปทำการทดลองขั้นตอนต่อไป

ในการวางแผนการทดลอง ใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดงจะถูกนำมาทดลองเพื่อทดสอบหาความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดเป็นลำดับแรก โดยควบคุมระยะเวลาในการสกัด และอัตราส่วนของพืชตัวอย่างต่อปริมาณของตัวทำละลายสำหรับตัวบ่งชี้ความเหมาะสมในการการสกัดสีในใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง คือ ปริมาณเบต้าไซยานิน โดยกำหนดให้สภาวะที่มีปริมาณสูงสุดในการทดลอง คือ สภาวะที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ นอกจากนี้ยังมีการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (one-way ANOVA) โดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

เมื่อทราบผลการทดลองของความเข้มข้นสารละลายที่มีผลต่อปริมาณเบต้าไซยานินในพืชตัวอย่างแล้ว จึงนำความเข้มข้นของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการทดลองก่อนหน้านี้มาใช้ในการทดลองอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัด โดยควบคุมความเข้มข้นของเอทานอลและระยะเวลาในการสกัด

การทดลองสุดท้ายในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง คือ ระยะเวลาในการสกัด ซึ่งในการทดลองจะนำผลการทดลองหาความเข้มข้นและอัตราส่วนที่เหมาะสมมาออกแบบการทดลอง โดยนำสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละการทดลองมาควบคุมให้การทดลองอยู่ในสภาวะเดียวกัน แต่กำหนดให้มีระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน

#### 1.1 การศึกษาความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมในใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง

ใบประดับเฟื่องฟ้าแห้งถูกแช่ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ ในอัตราส่วน 1:10 (g/mL) โดยความเข้มข้น

ชั้นของเอทานอล ได้แก่ ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (% mass by volume) 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10 และ น้ำกลั่น แซ่ตัวอย่างทั้ง 11 ตัวอย่าง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้ว นำสารละลายสีไปกรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman no.1) เมื่อกรองกากใบประดับเพียงพอแล้ว นำตัวอย่างสารละลายสีทั้งหมดไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm ตัวอย่าง ละ 3 ซ้ำ และคำนวณปริมาณเบต้าไซยานิน (BC)<sup>6</sup> ตามสมการ

$$BC = (A \times DF \times MW) / (\epsilon \times L)$$

เมื่อ

BC คือ เบต้าไซยานิน (mg/g)

A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

DF คือ เฟคเตอร์ที่ทำให้เจือจาง

MW คือ มวลโมเลกุลของเบต้าไซยานิน (550 g/mol)

$\epsilon$  คือ ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง (60,000 L/mol\*cm)

L คือ ความกว้างของ cuvette (1 cm)

### 1.2 การศึกษาอัตราส่วนน้ำหนักใบประดับ ฟีองฟ้า สีม่วงแดงต่อปริมาตรสารละลายเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดสี

เพื่อศึกษาอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งใบประดับ ต่อ ปริมาตรสารละลายเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัด สียอม ทำการทดลองโดยเตรียมใบประดับฟีองฟ้าแห้งต่อตัวทำ ละลายความเข้มข้นที่มีปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดจาก ผลการทดลองก่อนหน้า และกำหนด อัตราส่วนต่างๆ ของ ตัวอย่างในการทดลอง คือ 1:30, 1:40, 1:50, 1:60, 1:70, 1:80, 1:90 และ 1:100 (g/mL) จากนั้นแซ่ตัวอย่างทั้ง 8 ตัวอย่าง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายสีไปกรองผ่านกระดาษกรอง

เมื่อกรองกากใบประดับเพียงพอแล้ว จึงนำตัวอย่าง สารละลายสีทั้งหมดไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาว คลื่น 540 nm ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และคำนวณปริมาณ เบต้าไซยานิน ตาม สมการข้างต้น

### 1.3 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด สียอมในใบประดับฟีองฟ้าสีม่วงแดง

สำหรับการสกัดสียอมจากใบประดับฟีองฟ้าสี ม่วงแดงเพื่อหาระยะเวลาที่ที่เหมาะสมในการเตรียม สียอม ทำ การทดลองโดยนำสภาวะจากการทดลอง ที่ได้ปริมาณเบต้า ไซยานินมากที่สุด คือ ความเข้มข้น ของสารละลาย และอัตรา ส่วนของใบประดับฟีองฟ้า แห้งต่อปริมาตรตัวทำละลาย เอทานอล ที่เหมาะสมใน การสกัดสียอม คัดเลือกสภาวะที่ เหมาะสมจากทั้งสอง การทดลองแล้ว ทำการทดลองระยะเวลา ในการแช่ ฟีองฟ้าแห้งที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 10 นาที, 20

นาที 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง, 6 ชั่วโมง, 8 ชั่วโมง, 10 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เมื่อแช่ฟีองฟ้าตัวอย่างครบ ตามเวลาแล้วนำไป กรองด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายสีไป วัดค่า ดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 540 nm ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และ คำนวณปริมาณเบต้าไซยานิน ตามสมการข้างต้น

### 2. การเตรียมสีเลิศจากสียอมของใบประดับ ฟีองฟ้า

ในการทดลองเตรียมสีเลิศจากใบประดับ ฟีองฟ้า เริ่มจากการเตรียมสารละลายเกลือทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ แคลเซียม อะซีเตท (calcium acetate) แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulphate) โพแทสเซียม อะลูมิเนียมซัลเฟต (aluminium potassium sulphate) อะลูมิเนียมคลอไรด์ (aluminium chloride) แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) และแบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) นำเกลือผสมกับสี ย่อมใบประดับฟีองฟ้าในอัตราส่วน 1:1 (w/w) จากนั้น นำสารละลายเกลือแต่ละชนิดที่ผสมสียอม แล้วไปผสม กับสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) และทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชั่วโมง และนำตัวอย่างมา กรองและนำส่วนตะกอน ที่ได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวอย่างจะแห้ง เมื่อตัวอย่างแห้งสนิท นำ ตัวอย่างที่ให้สีม่วงแดงไปวัดสีด้วยเครื่องวัดสี โดย บันทึกค่าความสว่าง (L) ค่าความแดง-เขียว (a) ค่า ความ เหลือง-น้ำเงิน (b) และทำการวิเคราะห์หมู่ ฟังก์ชันด้วย เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปค โทรมิเตอร์ (Tensor II Bruker, USA)

### 3. การพัฒนาลิปสติกผสมสีเลิศใบประดับฟีองฟ้า

เตรียมเบสลิปสติก (Lipstick base) โดยซ้ ส่วน ผสมต่างๆ ได้แก่ shea butter, petrolatum, candelilla wax, beeswax, Performathox 450 (C20- 40 Pareth-10), synthetic wax, isopropyl myristate, triethylhexanoin, butylated hydroxytoluene และ propylparaben นำไปให้ ความร้อนที่ 75-80 องศาเซลเซียส คนเบาๆ ให้ทั่วแล้ว เทลงในแม่พิมพ์ที่อุ่น เตรียมไว้ เมื่อแห้งลิปสติกแห้งจึงนำ ออกจากแม่พิมพ์ ในการศึกษาตัวรับลิปสติกที่มีส่วนผสมสีเลิศ จากใบประดับฟีองฟ้า ทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรเบสลิปสติก สูตรที่ผสมสีเลิศร้อยละ 1, 2 และ 3 โดย น้ำหนัก ดังที่แสดงใน Table 1 เมื่อซ้ ส่วนผสมได้ตาม สูตรแล้ว นำแต่ละสูตรไปบดโดยเครื่อง บดสามลูกกลิ้ง เพื่อให้สีกระจายตัว แล้วหลอมลิปสติก เทลงในแม่พิมพ์ที่อุ่น เพื่อขึ้นรูปเป็นแท่งและอีกส่วนหนึ่ง เทลงบนจานเพาะเลี้ยง เพื่อทำการประเมินสีของ ผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี ซึ่งผล การวัดสีแสดงค่าความ สว่าง (L) ค่าความแดง-เขียว (a) ค่าความเหลือง-น้ำเงิน (b) และค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E$ ) ซึ่งคำนวณ ได้จากสมการ<sup>7</sup> ต่อไปนี้

$$\Delta E = [(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$$

เมื่อ

$\Delta E$  คือ ค่าความแตกต่างของสี

$L_1, L_2$  คือค่าความสว่าง-ความมืดครั้งที่ 1 และ 2

$a_1, a_2$  คือ ค่าความแดง-ความเขียว ครั้งที่ 1 และ 2

$b_1, b_2$  คือ ค่าความเหลือง-ความน้ำเงิน ครั้งที่ 1 และ 2

นอกจากนี้ยังมีการวัดจุดหลอมเหลวของ ลิปสติค สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 เพื่อเปรียบเทียบจุด หลอมเหลวของแต่ละสูตร โดยทดสอบด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากเอกสารมาตรฐานอุตสาหกรรม ลิปสติค (มอก. 234-2559)<sup>2</sup>

**4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ**

ผลจากการทดลองที่ถูกประเมินตัวอย่างละ 3 ครั้งต่อกลุ่ม ถูกวิเคราะห์โดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20 ซึ่งค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงถูกนำเสนอ โดยแสดง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยของแต่ละการทดลองถูก ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Post Hoc test (one-way ANOVA) และกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) โดยค่าเฉลี่ยกลุ่มที่มี ความแตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญจะมีสัญลักษณ์ดอกจัน (\*) ต่อจากข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนข้อมูลที่ไม่มีความแตกต่างต่อท้ายคือ ข้อมูลที่ไม่แตกต่างทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ

**Table 1** Lake Colour Lipstick recipe, mixed with color from bougainvillea retrieved from the lab

Ingredient	recep 1 %w/w	recep 2 %w/w	recep 3 %w/w	recep 4 %w/w
Lipstick base	86	86	86	86
D&C Red No.7 Lake	14	13	12	11
Red-Purple Lake	-	1	2	3

**ผลการทดลอง**

**1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดง**

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงโดยนำสีย้อมที่ได้มา วัดปริมาณเบต้าไซยานิน การทดลองหาความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลที่เหมาะสม ซึ่งผลการทดลองแสดงดัง Table 2 ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 50 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับการทดลองด้วยการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นอื่นๆ ในการทดลองนี้

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงแก่ต่อปริมาณสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 เมื่อสกัดนาน 1 ชั่วโมง แสดงดัง Table 3 พบว่าอัตราส่วน 1:30 สกัดได้ปริมาณเบต้าไซยานินมากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกอัตราส่วนในการทดลองนี้อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

**Table 2** The result of the study of the suitable concentration of ethanol solution for the extraction of dyes from magenta bougainvillea. Dried plants were extracted with solution in the ratio of 1:10 (g / mL), extraction time 1 hour

Solution concentration	Beta Cyanin ( $\mu\text{g/g}$ )
100%	5.87 $\pm$ 0.11*
90%	13.02 $\pm$ 0.11*
80%	48.40 $\pm$ 1.01*
70%	44.00 $\pm$ 0.59*
60%	57.02 $\pm$ 0.00*
50%	121.00 $\pm$ 0.37*
40%	74.43 $\pm$ 1.01*
30%	107.62 $\pm$ 1.38
20%	104.13 $\pm$ 0.59*
10%	106.33 $\pm$ 0.76
0%	92.40 $\pm$ 2.11*

\* significant difference from the average among all groups. ( $p < 0.05$ )

**Table 3** The results showed that the optimum ratio for the extraction of dyes from magenta bougainvillea when ethanol was 50%, extraction time 1 hour

Ratio of dry samples: Ethanol	Beta Cyanin ( $\mu\text{g/g}$ )
1:30	85.25 $\pm$ 1.46*
1:40	64.78 $\pm$ 2.61*
1:50	44.73 $\pm$ 2.40*
1:60	37.46 $\pm$ 0.76*
1:70	31.11 $\pm$ 0.46*
1:80	24.38 $\pm$ 0.66*
1:90	20.41 $\pm$ 1.38
1:100	19.74 $\pm$ 0.76

\* significant difference from the average among all groups. ( $p < 0.05$ )



ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเฟืองฟ้า แสดงดัง Table 4 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สกัดเบต้าไซยานินได้ปริมาณมากที่สุดในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) คือ 30 นาที ในขณะที่การสกัดด้วยระยะเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณเบต้าไซยานินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการสกัดในระยะเวลาอื่นๆ ในการทดลองครั้งนี้มีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

**Table 4** The results of the study of the optimum time for dye extraction from magenta bougainvillea when ethanol was 50% , The ratio of dry plant to solution is 1:30 (g / mL).

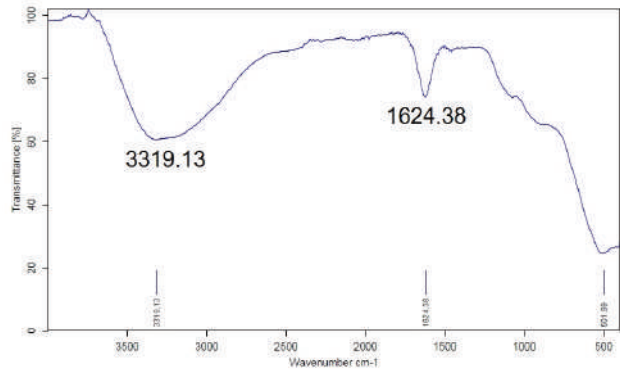
Extraction time	Beta Cyanin ( $\mu\text{g/g}$ )
10 minutes	58.75 $\pm$ 0.38
20 minutes	49.50 $\pm$ 1.43*
30 minutes	60.87 $\pm$ 0.18*
1 hours	57.57 $\pm$ 1.02
2 hours	56.04 $\pm$ 0.53
4 hours	55.86 $\pm$ 0.46
6 hours	55.73 $\pm$ 0.55
8 hours	56.83 $\pm$ 1.68
10 hours	56.77 $\pm$ 1.39
12 hours	57.63 $\pm$ 1.01
24 hours	54.39 $\pm$ 1.64

\* significant difference from the average among all groups. ( $p < 0.05$ )

## 2. การเตรียมสีจากสีของใบประดับเฟืองฟ้า

ในการเตรียมสีจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงได้นำสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ สภาวะที่สามารถสกัดสีที่มีปริมาณเบต้าไซยานินมากที่สุด (อัตราส่วน 1:30 g/mL ของพืชแห้งต่อสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 และสกัดด้วยเวลา 30 นาที) มาทำการสังเคราะห์สีโดยทำปฏิกิริยาสารละลายสีกับเกลือทั้ง 7 ชนิด โดยผลการทดลองพบว่า เกลือที่สามารถเตรียมสีจากใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงมีเพียงชนิดเดียว คือ อะลูมิเนียมคลอไรด์ ส่วนการเตรียมด้วยเกลืออื่นๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือยังคงเป็นเกลือสีขาว โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสีที่ใช้ในการเตรียมสีด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์ มีค่า 3.55 หลังการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 และผลการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี ทั้งสามค่า คือ ค่าความสว่าง (L) ค่าความแดง-เขียว (a) และ ค่าความเหลือง-น้ำเงิน (b) มีค่าเท่ากับ 37.51 ( $\pm 1.62$ ), 10.23 ( $\pm 0.12$ ) และ 12.65 ( $\pm 0.22$ ) ตามลำดับ นอกจากนี้สีจากสารสังเคราะห์ยังถูกนำไปวิเคราะห์โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม

อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ โดยผลการทดลองแสดงดัง Figure 1 แสดงองค์ประกอบของ O-H stretching ที่เลขคลื่น (wavenumber) 3319.13  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งพีกที่เกิดขึ้นมีลักษณะกว้าง นอกจากนี้เลขคลื่น 1624.38  $\text{cm}^{-1}$  ยังเป็นการยืนยันว่าในสีเลคใบประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงมีหมู่คาร์บอนิล (C=O stretching) ที่สัมพันธ์กับพันธะเอไมด์ (amide bond)<sup>9</sup>



**Figure 1** The infrared spectrum of lake color from magenta bougainvillea

## 3. การพัฒนาลิปสติกผสมสีเลคใบประดับเฟืองฟ้า

จากการออกแบบการพัฒนาลิปสติกชนิดแห้ง ทั้งสีสูตร ซึ่งมีความแตกต่างของสูตร คือ ปริมาณของสีเลคจากใบประดับเฟืองฟ้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 (สูตร 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างจากผลการทดลอง ลิปสติกทั้งสี่สูตรไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่าจึงมีการประเมินโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการวัดสี เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โดยผลการวัดสี ค่าความสว่าง (L) ค่าความแดง-เขียว (a) และ ค่าความเหลือง-น้ำเงิน (b) ของแต่ละสูตรแสดงดัง Table 5 ซึ่งสูตรที่มีสีใกล้เคียงสูตรต้นแบบ (สูตร 1) มากที่สุด คือ สูตร 2 (สูตรที่มีสีเลคร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก) ซึ่งมีค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E$ ) จากสูตร 1 เพียง 1.24 ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า ลิปสติกแห้งสูตรที่ไม่มีการเติมสีเลค เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 เดือน จะมีการปรากฏของเหงื่อ (sweating) ซึ่งเป็นความไม่คงตัวของกายภาพประเภทหนึ่งของลิปสติกที่เป็นรูปแบบแห้ง ดังแสดงใน Figure 2 และจุดหลอมเหลวลิปสติกสูตร 1, 2, 3 และ 4 แสดงดัง Table 6

**Table 5** Measuring the color of lipstick mixed with lake colors, various solutions

receipt	L	a	b	$\Delta E^*$
1	45.81	19.40	1.95	-
2	45.92	19.76	2.05	1.24
3	46.50	18.97	1.25	1.75
4	45.93	18.03	2.32	2.40

\* ค่าความต่างของสีเทียบกับสูตร 1

**Table 6** Melting point test of lipstick mixed with lake colors, various solutions

receipt	Melting point (Degrees celsius)
1	66.2 ± 3.8
2	65.3 ± 0.3
3	66.9 ± 0.1
4	67.6 ± 0.1

### สรุปผลการทดลอง

จากทดลองสกัดสีจากใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีให้ได้ปริมาณเบต้าไซยานินมากที่สุด คือ การสกัดที่อัตราส่วนใบประดับเฟื่องฟ้าแห้งต่อสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร เท่ากับ 1:30 (g/mL) และระยะเวลาในการสกัดสี 30 นาที พบเบต้าไซยานินมากที่สุด สภาวะในการสกัดสีจากใบประดับเฟื่องฟ้าดังกล่าวจึงถูกนำมาเตรียมสีเลค โดยผลการเตรียมด้วยเกลือต่างๆ พบว่าเกลือที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้ คือ อะลูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งให้สีม่วงแดงเข้ม จึงทำสีเลคที่เตรียมด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์ มาศึกษาต่อเพียงตัวอย่างเดียว โดยนำสีเลคที่ได้ไปวัดด้วยเครื่องวัดสี ซึ่งผลการทดลองเป็นไปดังนี้ ค่าความสว่าง-ความมืดเฉลี่ย ค่าความแดง-เขียวเฉลี่ย และ ค่าความเหลือง-ความน้ำเงินเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 37.51 (±1.62), 10.23 (±0.12) และ 12.65 (±0.22) ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อนำสารสีเลคที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ ยังพบว่ามีหมู่คาร์บอนิลในโครงสร้างเพราะการปรากฏของพีคที่เลขคลื่น 1624.38  $\text{cm}^{-1}$  และจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีสีเลคจากใบประดับเฟื่องฟ้า พบว่าค่าความแดงยิ่งลดลงเมื่อมีการเติมสีเลคมากขึ้น โดยสูตรที่มีความแตกต่างของสีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรต้นแบบ (สูตรที่ 1) คือ สูตรที่ 2 ( $\Delta E=1.24$ ) และจากผลการทดสอบจุดหลอมเหลวที่เปรียบเทียบระหว่างสูตรที่มีสีเลค พบว่ายิ่งความเข้มข้นของสีเลคใบประดับเฟื่องฟ้ามาก ยิ่งมีจุดหลอมเหลวสูง

**Figure 2** Lipstick

- (1) Lipstick receipt 1 (without lake colour)
- (2) Lipstick receipt 2 (with 1% lake colour)
- (3) Lipstick receipt 3 (with 2% lake colour)
- (4) Lipstick receipt 4 (with 3% lake colour)

### วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสกัดสีจากใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกจากปริมาณเบต้าไซยานิน ผลการทดลองพบว่าการสกัดที่อัตราส่วนใบประดับเฟื่องฟ้าแห้งต่อสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร เท่ากับ 1:30 (g/mL) และสกัดในระยะเวลา 30 นาที ได้ปริมาณเบต้าไซยานินมากที่สุด ซึ่งระยะเวลาในการสกัดเบต้าไซยานินที่เหมาะสม มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Maran, Priya และ Nivetha (2015)<sup>6</sup> ที่ใช้ระยะเวลาในการสกัด 37 นาที และความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมในการสกัดเบต้าไซยานิน คือ ร้อยละ 50 เนื่องจากเบต้าไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุประเภทหนึ่งของเบตาเลนซึ่งเป็นโครงสร้างมีประจุ และเอทานอลเป็นสารที่ช่วยให้คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนตกตะกอน อีกทั้งยังช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสีหรือปริมาณเบต้าไซยานิน<sup>9</sup> อย่างไรก็ตาม ใบประดับดอกเฟื่องฟ้าสีม่วงแดงในการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้มีปริมาณเบต้าไซยานินที่แตกต่างกันในแต่ละการทดลอง ถึงแม้ว่าจะมีการใช้สภาวะในการทดลองเดียวกัน เนื่องจากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมที่ละเอียด และเป็นการเก็บใบประดับในวันที่แตกต่างกัน ซึ่งใบประดับของเฟื่องฟ้ามีสีที่ไม่สม่ำเสมอ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละการทดลองได้ แต่สามารถเป็นข้อมูลเพื่อทำงานวิจัยในอนาคต โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในแต่ละการทดลองเพื่อการออกแบบการทดลอง (design of experiment) ในการสกัดสีจากใบประดับเฟื่องฟ้าสีม่วงแดง

ชนิดเกลือที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เลคครั้งนี้คือ อะลูมิเนียมคลอไรด์ซึ่งเคยมีงานวิจัยศึกษาการสังเคราะห์

เม็ดสี สีม่วงจากไบโประดับเฟืองฟ้า โดยใช้ gamma-alumina ( $Al_2O_3$ ) ที่สามารถทำให้โครโมฟอร์ (chromophore) สีม่วงของไบโประดับเฟืองฟ้าเสถียร<sup>10</sup> อย่างไรก็ตาม ปริมาณเบต้าไฮยานินในไบโประดับเฟืองฟ้ามีความแปรปรวนสูง เนื่องจากสีของไบโประดับและการออกดอกขึ้นอยู่กับฤดูกาล ซึ่งฤดูที่เฟืองฟ้าออกดอกรวมถึงไบโประดับมาก คือ ช่วงฤดูร้อน<sup>4</sup>

จากการศึกษาสูตรของลิปสติกที่มีส่วนผสมของสีเลคจากไบโประดับเฟืองฟ้าสีม่วงแดงกับสูตรที่ไม่มีการเติมสีเลคลงไปในสูตร พบว่าสูตรที่เติมสีเลคทำให้ลิปสติกไม่เกิดเหี่ยว ซึ่งชนิดของสีที่ใช้มีผลต่อ matrix ของไขแข็ง (wax) โดยยืนยันจากผลการทดลองของ Seo และคณะ (1999) ที่ทำการศึกษากาเกิดเหี่ยวของลิปสติกในสภาวะต่างๆ โดยเปรียบเทียบผลการทดลองจากภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) โดยมีการสรุปผลการทดลองว่า สิ่งที่มีผลต่อการเกิดเหี่ยวของลิปสติกชนิดแห้ง ได้แก่ การเฟรมมิ่ง (flaming) อุณหภูมิของแม่พิมพ์ในขณะเทเนื้อลิปสติก ความเข้ากันของไขแข็งและน้ำมันในสูตร และ ชนิดของสี Seo และคณะยังได้สรุปไว้ว่า ยิ่ง matrix ของไขแข็ง มีขนาดใหญ่ จะช่วยให้การเกิดเหี่ยวในลิปสติกแห้งลดลงและเกิดช้าลง<sup>11</sup> ซึ่งวิธีการลดการเกิดเหี่ยวในลิปสติกอาจแก้ปัญหาโดยการใช้ microcrystalline waxes ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันไว้ได้ดี ยกเว้น น้ำมันละหุ่ง (castor oil) ที่มักถูกใช้ในลิปสติกที่ต้องการให้ความมันวาว<sup>12</sup> และจุดหลอมตัวของลิปสติกทุกสูตรในการทดลองนี้มีค่ามากกว่า 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นคุณลักษณะตามที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ (มอก. 234-2559) โดยจุดหลอมตัวของลิปสติกที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 55-75 องศาเซลเซียส<sup>13</sup> ซึ่งจุดหลอมเหลวที่ต่ำเกินไปจะทำให้ลิปสติกเหลวเมื่อสัมผัสกับความร้อนที่มากกว่าจุดหลอมเหลว แต่หากจุดหลอมเหลวมากเกินไปจะทำให้ลิปสติกแข็งกระด้าง ทาดัดยาก จึงควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ลิปสติกให้เหมาะสมกับสภาพอากาศ

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจวิเคราะห์สารด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์

### เอกสารอ้างอิง

1. Spencer N. *Thailand to focus on increasing cosmetic growth by up to 10%*. Cosmetics Jan 28]. Available from: <http://www.cosmeticsdesign-asia.com/Business-Financial/ Thailand-to-focus-on-increasing-cosmetic-growth-by-up-to-10>.

- กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลิปสติก. *ประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2560* ; มอก. 234-2559: 1-11.
- Lahpun N, Saenprakob P. Colours in Cosmetic Formulations. *Journal of Science & Technology Phranakhon Rajabhat University 2017* ; 7: 1-10.
- ณรงค์ โฉมเฉลา. *เฟืองฟ้า*. กรุงเทพฯ: สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย ; 2533.
- Leclere J, Ennamany R. *inventor; Cosmetic compositions for topical application comprising bougainvillea plant cells*. France Patent WO 2015162051 A1, 2015 Oct 29.
- Prakash Marana J, Priya B, Vigna Nivetha C. Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from *Bougainvillea glabra* flowers. *Industrial Crops and Products 2015* ; 63: 182-9.
- Boonsong P, Laohakunjit N, Kerdchoechuen O. Natural pigments from six species of Thai plants extracted by water for hair dyeing product application. *Journal of Cleaner Production 2012*: 37 ; 93-106.
- Kumar SNA, Ritesh SK, Sharmila G, Muthukumaran C. Extraction optimization and characterization of water soluble red purple pigment from floral bracts of *Bougainvillea glabra*. *Arabian Journal of Chemistry 2013* ; 1-6.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. *หลักการวิเคราะห์อาหาร*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์ ; 2554.
- Perez-Ramírez E, Lima E, Guzman A. Natural betalains supported on gamma-alumina: A wide family of stable pigments. *Dyes and Pigments 2015* ; 120: 161-8.
- Seo SY, Lee IS, Shin HY, Choi KY, Kang SH, Ahn HJ. Observation of the sweating in lipstick by scanning electron microscopy. *International Journal of Cosmetic Science 1999* ; 21(3): 207-16.
- Pearce SE, Knowlton JL. *Handbook of Cosmetic Science & Technology*. UK: Elsevier Science Publishers Ltd. ; 1993.
- Reider MM. Color Cosmetics. In: *Harry's Cosmetology Volume 2*. 8<sup>th</sup> ed. Gloucester: Chemical Publishing Co., Inc. ; 2009. p. 523-72.

# การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน Analysis of Drought in Northern Thailand Using Standardized Precipitation Index

วรลักษณ์ ไก่งาม<sup>1</sup>, ชาคริต โชติอมรศักดิ์<sup>2</sup>

Voraluck Kaingam<sup>1</sup>, Chakrit Chotamonsak<sup>2</sup>

Received: 2 July 2019 ; Revised: 13 September 2019 ; Accepted: 23 September 2019

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาช่วงปี ค.ศ.1980-2017 (38 ปี) โดยวิเคราะห์จากค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (ดัชนี SPI) ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ของทุกปี ข้อมูลที่ใช้ประกอบไปด้วยข้อมูลน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา 31 สถานี และข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก Climatic Research Unit (CRU) จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลกริดน้ำฝนจาก CRU พบว่ามีค่าสูงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.826-0.983 ซึ่งแสดงว่าข้อมูล CRU สามารถใช้เป็นตัวแทนข้อมูลตรวจวัดได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลฝนรูปแบบกริดจาก CRU ทั้งหมด 78 กริดครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือเพื่อคำนวณดัชนี SPI ใน 2 ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คือดัชนี SPI ราย 3 เดือน (SPI3) เพื่อวิเคราะห์ภัยแล้งในช่วงต้นฤดูฝน และดัชนี SPI ราย 6 เดือน (SPI6) เพื่อวิเคราะห์ภัยแล้งตลอดช่วงฤดูฝน จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI3 ของเดือนกรกฎาคม (ค่าเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม) พบปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ( $SPI3 \leq -1.50$ ) ทั้งหมด 14 ปี โดยปี ค.ศ.1987 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 47.35% ของพื้นที่ศึกษา และปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 97.10% ของพื้นที่ศึกษา ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI6 ของเดือนตุลาคม (ค่าเฉลี่ยของพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม) พบปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ( $SPI6 \leq -1.50$ ) ทั้งหมด 15 ปี โดยปี ค.ศ.1993 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 42.44% ของพื้นที่ศึกษา และปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 92.27% ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอลนีโญ โดยปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญระดับรุนแรงได้ส่งผลให้เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้างเกือบทั่วภาคเหนือ

**คำสำคัญ:** ภัยแล้ง ผลกระทบ ดัชนีภัยแล้ง SPI CRU ภาคเหนือประเทศไทย

## Abstract

This study aims to analyze the characteristics of the spatial and temporal drought in northern Thailand during the years 1980-2017 (38 years), by analyzing the Standardized Precipitation Index (SPI). The data consists of monthly rainfall data from 31 observation stations of the Thai Meteorological Department (TMD) and gridded rainfall data from the Climatic Research Unit (CRU). The correlation coefficient between TMD's monthly observed rainfall data and CRU's gridded data is high with the range of 0.826-0.983, which indicates that the CRU data can be represented as the observation data. Therefore, in this study, the 78 grids of the CRU's precipitation data covering the northern region were used for calculating the SPI index in 2 different periods which is the 3-month SPI index (SPI3) to analyze the early drought of the rainy season, and the 6-month SPI index (SPI6) to analyze drought throughout the rainy season. From the analysis of SPI3 of July (Average of May-July) found that there were drought years ranging from severe drought to extreme drought ( $SPI3 \leq -1.50$ ) for 14 years. There were 47.35% of affected areas in 1987 and 97.10% in 2015. While the analysis of SPI6 of October (Average of May-October) found that there were drought years ranging from severe drought to extreme drought ( $SPI6 \leq -1.50$ ) for 15 years. There were 42.44% of affected areas in 1993 and 92.27%

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> อาจารย์, ประจำภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>1</sup> Master degree Student, Department of Geography, Faculty of Social Science, Chiang Mai University

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Geography, Faculty of Social Science, Chiang Mai University

\* Corresponding author: voraluck1992@gmail.com



in 2015. In addition, it was found that drought in the northern region was associated with the El Nino phenomenon. The severe El Nino year has resulted in severe and extreme droughts, affecting almost the entire northern region.

**Keywords:** Drought, Impacts, Drought Index, SPI, CRU, Northern Thailand

## บทนำ

ภัยแล้งเป็นภัยพิบัติธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อและสร้างความเสียหายอย่างมากแก่สิ่งมีชีวิตบนโลก ภาวะแห้งแล้งเกิดจากการขาดแคลนน้ำเป็นเวลานานในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งจนทำให้เกิดปัญหาหน้าไม่พอใช้ทั้งต่อการอุปโภค บริโภค รวมถึงภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม โดยภัยแล้งเป็นภัยพิบัติที่มีกระบวนการเกิดที่ยาวนานและมีความซับซ้อน<sup>1</sup> ภัยแล้งแบ่งได้เป็น 4 ประเภทได้แก่ ภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยา ภัยแล้งทางการเกษตร ภัยแล้งทางอุทกวิทยา และภัยแล้งทางเศรษฐกิจสังคม โดยภัยแล้งแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกับภัยแล้งประเภทอื่นๆ<sup>2</sup>

สำหรับภัยแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้งและฝนทิ้งช่วง<sup>3</sup> เนื่องจากรูปแบบของฝนในประเทศไทยนั้นขึ้นอยู่กับมรสุมตามฤดูกาลได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นประกอบกับการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญซึ่งเป็นความแปรปรวนของภูมิอากาศตามธรรมชาติที่ควบคุมรูปแบบของการเกิดฝนจนทำให้เกิดฝนทิ้งช่วงซึ่งเป็นภาวะที่มีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนไม่ตกตามฤดูกาลส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อแหล่งกักเก็บน้ำ ภาคการเกษตรและวิถีชีวิตในชนบทหรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 40 สร้างความเสียหายอย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศ<sup>4</sup>

จากตารางสรุปสถานการณ์ฝนแล้งของประเทศไทยปี ค.ศ.2015 (ระหว่างวันที่ 10 พฤษภาคม ค.ศ.2015-15 ตุลาคม ค.ศ.2015) ของศูนย์อำนวยการบรรเทา สาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย<sup>5</sup> พบว่าภาคเหนือได้รับผลกระทบจากภัยแล้งรวมมูลค่าความเสียหายทั้งสิ้น 67,298,922 บาท โดยจังหวัดอุตรดิตถ์มีพื้นที่ประสบภัยแล้งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายมากที่สุดถึง 28,050,000 บาท รองลงมาได้แก่จังหวัดน่านมีมูลค่าความเสียหายจากพื้นที่ประสบภัยแล้งทั้งหมด 27,416,097 บาท จังหวัดเชียงรายมีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 7,682,825 บาท และจังหวัดแพร่มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 4,150,000 บาทตามลำดับ

ในการศึกษารายนี้ได้ทำการวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาในช่วงฤดูฝนโดยเฉพาะภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ตั้งแต่ปี ค.ศ.1980-2017 เนื่องจากว่าภัยแล้ง

ที่เกิดขึ้นในช่วง ฤดูฝนนั้นส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตร โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยเช่น ข้าวนาปีที่ต้องใช้ น้ำจากฝนตามฤดูกาล ในส่วนของพื้นที่ศึกษาบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยตามการแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยานั้น มีลักษณะภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกันทั้งภูมิภาคแต่มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูง มีภูเขาติดกันในแนวเหนือ-ใต้สลับกับหุบเขาทั้งแคบและกว้างที่มีอยู่อย่างมากมาย ส่งผลให้ระบบภูมิอากาศบริเวณหน้าเขาและหลังเขา บริเวณพื้นที่ราบและแอ่งมีความแตกต่างกันและบ่อยครั้งที่ภาคเหนือ มักจะประสบกับปัญหาภัยแล้ง

## พื้นที่ศึกษาและข้อมูล

ภาคเหนือของประเทศไทยตามการแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วย 15 จังหวัด ได้แก่จังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา น่าน แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร พิษณุโลก พิจิตร และเพชรบูรณ์ โดยมีที่ตั้งตามพิกัดภูมิศาสตร์คือตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 15° 10' เหนือ ถึง 20° 27' เหนือ และระหว่างลองจิจูด 97° 22' ตะวันออก ถึง 101° 47' ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 155,760 ตารางกิโลเมตร (Figure 1)

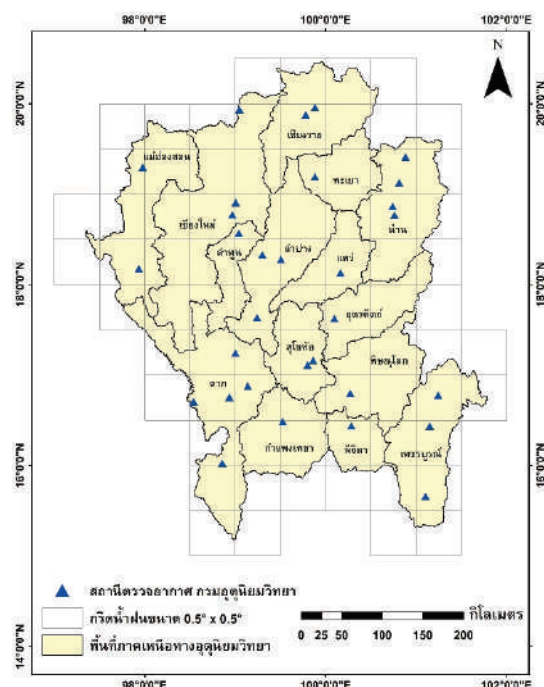


Figure 1 Study area



ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณภาคเหนือทั้งหมด 31 สถานี และข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก Climate Research Unit (CRU) University of East Anglia<sup>6</sup> เวอร์ชัน TS3.26 ซึ่งเป็นข้อมูลภูมิอากาศความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 0.5° x 0.5° ทั้งหมด 78 กริด ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตามการแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยา ช่วงเวลาปี ค.ศ. 1980-2017 รวมทั้งหมด 38 ปี

**วิธีการวิจัย**

การศึกษาภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน ในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ 1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดของ กรมอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU และ 2. การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ดังนี้

**1. การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝน**

การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด 31 สถานีและข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับสถานีตรวจวัดทั้ง 31 สถานี เพื่อประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลกริด โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ เพียร์สัน<sup>7</sup> หรือ r ดังสมการที่ 1

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

โดยที่

$r_{xy}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ เพียร์สัน

$\sum xy$  คือ ผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลตัวแปรที่ 1 และ 2

$\sum x$  คือ ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1 (X)

$\sum y$  คือ ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2 (Y)

$\sum x^2$  คือ ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1

$\sum y^2$  คือ ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2

$n$  คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

โดยระดับของค่าความสัมพันธ์ที่ได้สามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์ของ Hinkle<sup>8</sup> ดังต่อไปนี้ (Table 1)

**Table 1** Relation of r values

r	ระดับความสัมพันธ์
0.90-1.00	มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก
0.70-0.90	มีความสัมพันธ์ในระดับสูง
0.50-0.70	มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง
0.30-0.50	มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ
0.00-0.30	มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก

**2. การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย**

ในการศึกษาครั้งนี้จะวิเคราะห์ภัยแล้งโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index) หรือ ดัชนี SPI โดยที่ดัชนี SPI พัฒนามาจากแนวคิดของ Thomas B. McKee และคณะในปี ค.ศ.1993 เพื่อตรวจสอบความแห้งแล้งโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนหลายช่วงเวลา เช่น 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือน 12 เดือน และ 24 เดือน เป็นต้น นอกจากนี้ดัชนี SPI ยังเป็นดัชนีที่ถูกใช้ในการวิเคราะห์ภัยแล้งในหลายประเทศทั่วโลกเช่น การใช้ดัชนี SPI เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของภัยแล้งทั้งเชิงพื้นที่และเวลาในสาธารณรัฐตุรกี<sup>9</sup> การศึกษาวิวัฒนาการของภัยแล้งบนคาบสมุทรไอบีเรียโดยใช้ดัชนี SPI ตั้งแต่ปี ค.ศ.1910-2000<sup>10</sup> หรือการวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ของภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้ดัชนี SPI บริเวณรัฐคุชราต สาธารณรัฐอินเดีย<sup>11</sup> เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าดัชนี SPI ในช่วงฤดูฝนของประเทศไทยหรือช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม โดยใช้ค่าดัชนี SPI ราย 3 เดือน (SPI3) ของเดือนกรกฎาคม (ค่าเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม) และดัชนี SPI ราย 6 เดือน (SPI6) ของเดือนตุลาคม (ค่าเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม) ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาของการเพาะปลูกพืชที่ต้องอาศัยน้ำฝนเนื่องจากว่าค่าดัชนี SPI ในช่วงเวลาสั้นๆ (SPI3 และSPI6) เป็นช่วงเวลาที่ข้ออธิบายภัยแล้งที่ส่งผลต่อการเกษตร<sup>12, 13</sup>

โดยดัชนี SPI สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 ดังต่อไปนี้<sup>14</sup>

$$SPI = \frac{(X_{ik} - \bar{X}_i)}{\hat{O}_i} \quad (2)$$

โดยที่

$X_{ik}$  คือปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานี i ณ ช่วงเวลา k

$\bar{X}_i$  คือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานี i

$\hat{O}_i$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสถานี i

โดยค่าดัชนี SPI สามารถแบ่งระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งได้ดังต่อไปนี้ (Table 2)

**Table 2** Severity of the SPI value

ค่าดัชนี SPI	ระดับของความรุนแรง
$\geq 0$	ไม่แห้งแล้ง
-0.01 ถึง -0.99	แห้งแล้งไม่รุนแรง
-1.00 ถึง -1.49	แห้งแล้งปานกลาง
-1.50 ถึง -1.99	แห้งแล้งรุนแรง
$\leq -2$	แห้งแล้งรุนแรงมาก

Source: Adapted from Mckee *et al.*<sup>15</sup>

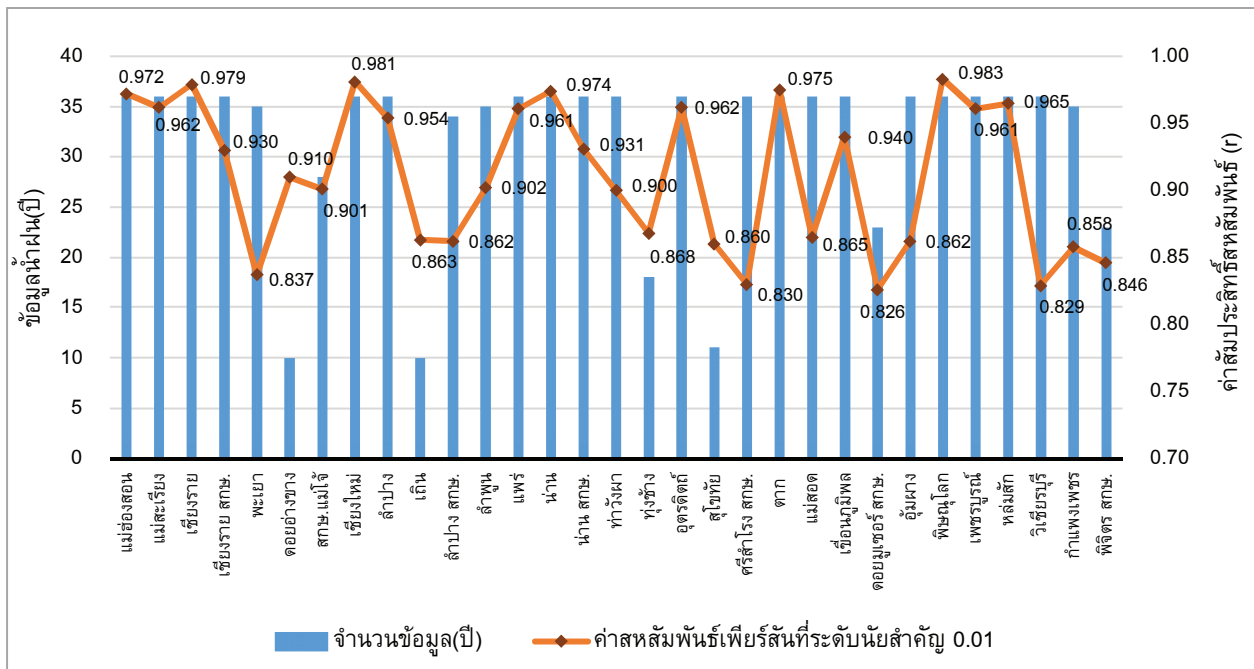
**ผลการศึกษา**

**1. ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU**

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของข้อมูลน้ำฝนทั้ง 2 ชุด ณ ตำแหน่งสถานีตรวจวัด จาก Figure 2 พบ

ว่าทั้ง 31 สถานีมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.70-1.00 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลน้ำฝนทั้ง 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝน ณ สถานีตรวจวัด และข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU มีความสัมพันธ์ในระดับที่สูงและมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคือ  $r=0.983$  ณ ตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา พิษณุโลก รองลงมาคือ  $r=0.981$  ณ ตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา เชียงใหม่ และค่าความสัมพันธ์ที่น้อยที่สุดคือ  $r=0.826$  ณ ตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ดอยมูเซอร์ สกษ.

ดังนั้น ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยจึงใช้ข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU ในการวิเคราะห์ภัยแล้งทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยแทนข้อมูลน้ำฝนตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา เนื่องจากข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่มากกว่าข้อมูลตรวจวัดจากสถานี นอกจากนี้ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศนั้นมิใช่ข้อจำกัดของจำนวนข้อมูลตรวจวัดที่ไม่ครอบคลุมช่วงเวลาในการศึกษาในบางสถานี



**Figure 2** Correlation coefficient between stations precipitation and CRU gridded data

**2. การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย**

การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในครั้งนี้ได้ใช้ค่าดัชนี SPI ในการวิเคราะห์ภัยแล้งจากข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU ทั้งหมด 78 กริด ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตามการแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยา ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1980-2017 รวมทั้งหมด 38 ปี ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของภัยแล้งทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา โดยแบ่งการวิเคราะห์ตามระดับช่วงเวลาของค่าดัชนี SPI ทั้งหมด 2 ระดับช่วงเวลา ได้แก่ค่าดัชนี SPI3 และดัชนี SPI6 ในช่วงฤดูฝนของประเทศไทยดังนี้

**2.1 การวิเคราะห์เชิงเวลา**

ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของภัยแล้ง เชิงเวลา บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ค่าดัชนี SPI3 ซึ่งอยู่ในช่วงต้นฤดูฝน จากการวิเคราะห์คุณลักษณะของภัยแล้ง พบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ.1980-2017 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งตั้งแต่ระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ( $SPI3 \leq -1.50$ ) ทั้งหมด 14 ปี ได้แก่ ค.ศ.1982, 1983, 1987, 1991, 1992, 1993, 1996, 1997, 1998, 1999, 2003, 2010, 2012 และ2015 โดยมีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก คิดเป็น 36.84% ของช่วงเวลาศึกษาทั้งหมด 38 ปี แต่มีเพียง 2 ปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 25% ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ปี ค.ศ.1987 และ2015 โดยในปี ค.ศ.1987 มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากอยู่ในช่วง 25-49.99% ของพื้นที่ศึกษา และปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 75% ของพื้นที่ศึกษา ส่วนอีก 12 ปีที่เหลือมีพื้นที่ได้รับผลกระทบคิดเป็นพื้นที่ไม่ถึง 25% ของพื้นที่ศึกษา ในส่วนของปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจาก ภัยแล้งระดับปานกลาง ( $SPI3=-1.00$  ถึง  $-1.49$ ) อยู่ในช่วง 25-49.99% ของพื้นที่ศึกษา

มีทั้งหมด 5 ปี และปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งระดับไม่รุนแรง ( $SPI3=-0.01$  ถึง  $-0.99$ ) อยู่ในช่วง 25-49.99% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 22 ปี พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอยู่ในช่วง 50-74.99% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 12 ปี และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 75% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 1 ปี ได้แก่ ปี ค.ศ.1986 (Figure 3)

ส่วนของการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI6 ซึ่งเป็นช่วงตลอดฤดูฝนจากการวิเคราะห์คุณลักษณะของภัยแล้ง พบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ.1980-2017 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งตั้งแต่ระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ( $SPI6 \leq -1.50$ ) ทั้งหมด 15 ปี ได้แก่ ค.ศ. 1982, 1986, 1987, 1989, 1991, 1992, 1993, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003, 2009, 2012 และ 2015 โดยมีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก คิดเป็น 38.47% ของช่วงเวลาศึกษาทั้งหมด 38 ปี แต่มีเพียง 2 ปีจากทั้งหมด 15 ปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 25% ของพื้นที่ศึกษาได้แก่ปี ค.ศ.1993 และ2015 โดยในปี ค.ศ.1993 มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากอยู่ในช่วง 25-49.99% ของพื้นที่ศึกษา และปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 75% ของพื้นที่ศึกษา ส่วนที่เหลืออีก 13 ปี มีพื้นที่ได้รับผลกระทบไม่ถึง 25% ของพื้นที่ศึกษา ในส่วนของปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งระดับปานกลาง ( $SPI6=-1.00$  ถึง  $-1.49$ ) อยู่ในช่วง 25-49.99% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 4 ปี และปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งระดับไม่รุนแรง ( $SPI6=-0.01$  ถึง  $-0.99$ ) อยู่ในช่วง 25-49.99% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 25 ปี ส่วนพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอยู่ในช่วง 50-74.99% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 10 ปี และมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 75% ของพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 1 ปี ได้แก่ ปี ค.ศ.2014 (Figure 4)

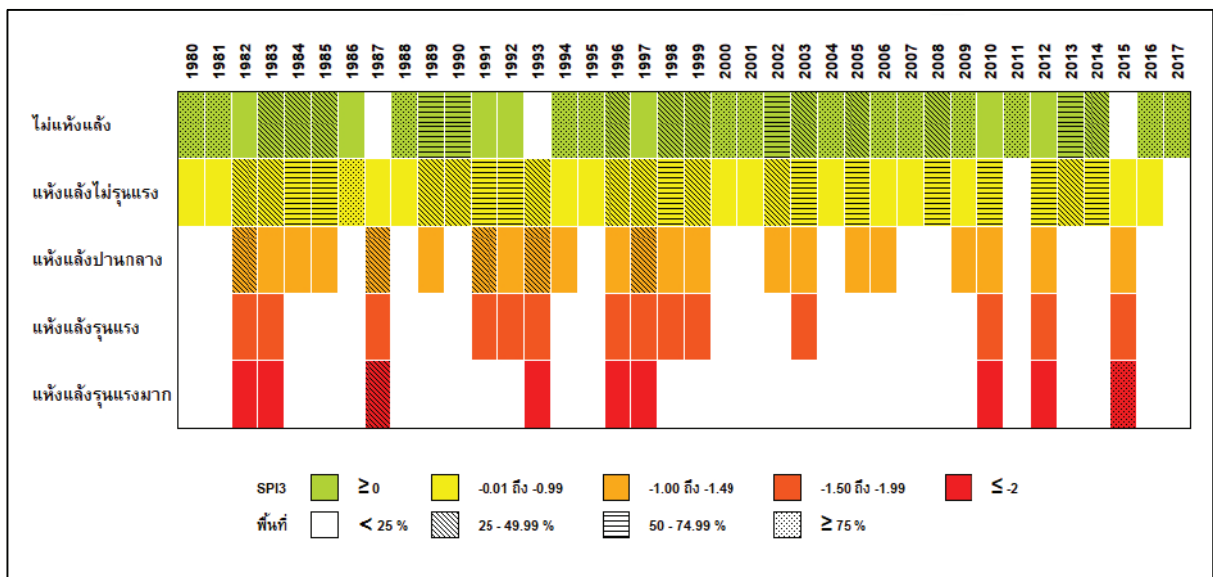


Figure 3 Yearly SPI3 index (May-July averaged) divided by severity levels and affected area

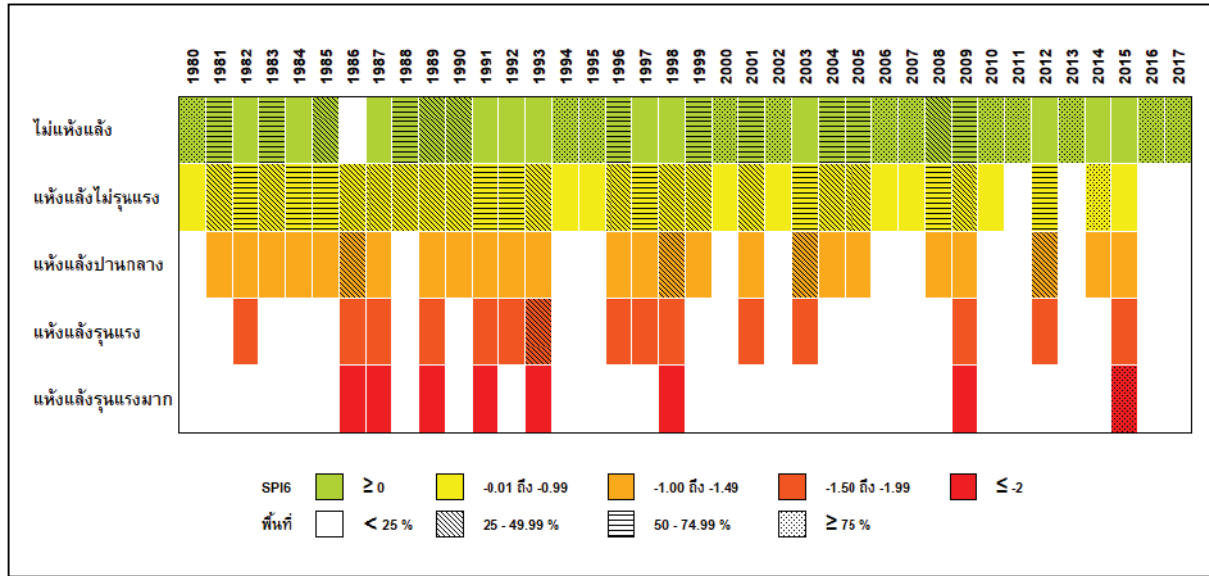


Figure 4 Yearly SPI6 index (May-October averaged) divided by severity levels and affected area

### 2.2 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่

การศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งเชิงพื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย โดยวิเคราะห์จากค่าดัชนี SPI3 และดัชนี SPI6 ในช่วงฤดูฝนของประเทศไทย พบว่าในระดับค่าดัชนี SPI3 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งตั้งแต่ระดับความแห้งแล้งรุนแรง (สีส้ม) ไปจนถึงระดับความแห้งแล้งรุนแรงมาก (สีแดง) ทั้งหมด 14 ปี จากช่วงเวลาศึกษาทั้งหมด 38 ปีตามที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากนั้นเกิดกระจายไปทั่วบริเวณพื้นที่ภาคเหนือ โดยปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก คิดเป็นพื้นที่มากกว่า 25% ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ปี ค.ศ.1987 และ2015 โดยในปี ค.ศ. 1987 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 73,751 ตารางกิโลเมตร หรือ 47.35% ของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พะเยา และน่าน โดยเฉพาะจังหวัดเชียงรายและพะเยาที่พื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดประสบกับภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ในส่วนของปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากเกือบทั่วทั้งพื้นที่บริเวณภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 151,245 ตารางกิโลเมตร หรือ 97.10% ของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของทั้ง 15 จังหวัดภาคเหนือโดยที่ 12 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร พิษณุโลก และพิจิตร มีพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดประสบกับภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก (Figure 5)

ส่วนในระดับค่าดัชนี SPI6 พบว่ามีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งตั้งแต่ระดับความแห้งแล้งรุนแรงไปจนถึงระดับความแห้งแล้งรุนแรงมากทั้งหมด 15 ปี จากช่วงเวลาศึกษาทั้งหมด 38 ปีตามที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากนั้นเกิดกระจายไปทั่วบริเวณพื้นที่ภาคเหนือเช่นเดียวกับในระดับค่าดัชนี SPI3 โดยปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากคิดเป็นพื้นที่มากกว่า 25% ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ปี ค.ศ.1993 และ2015 โดยในปี ค.ศ.1993 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากบริเวณตอนล่างและตะวันออกของภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 66,105 ตารางกิโลเมตร หรือ 42.44% ของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดลำพูน แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย กำแพงเพชร พิษณุโลก พิจิตร และเพชรบูรณ์ โดยเฉพาะจังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลกที่พื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดประสบกับภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ส่วนในปี ค.ศ. 2015 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากเป็นบริเวณกว้างเกือบทั่วทั้งหมดของพื้นที่ภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 143,722 ตารางกิโลเมตร หรือ 92.27% ของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของเกือบทุกจังหวัดยกเว้นจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ทั้งหมดประสบกับภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร และพิษณุโลก รวมทั้งทั้งหมด 10 จังหวัด (Figure 6)



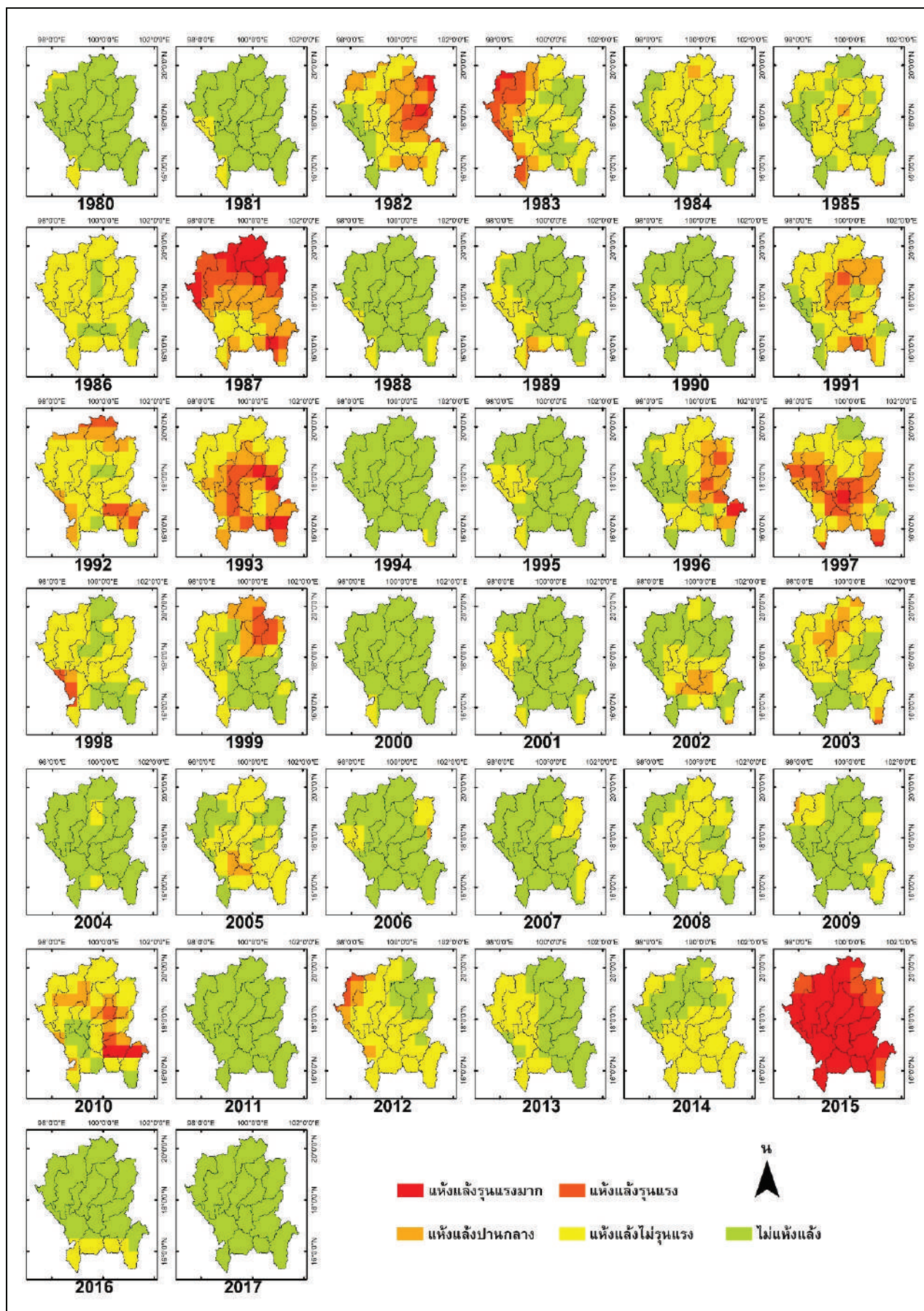


Figure 5 Spatial and temporal distribution of SPI3 index (May-July averaged) since 1980-2017



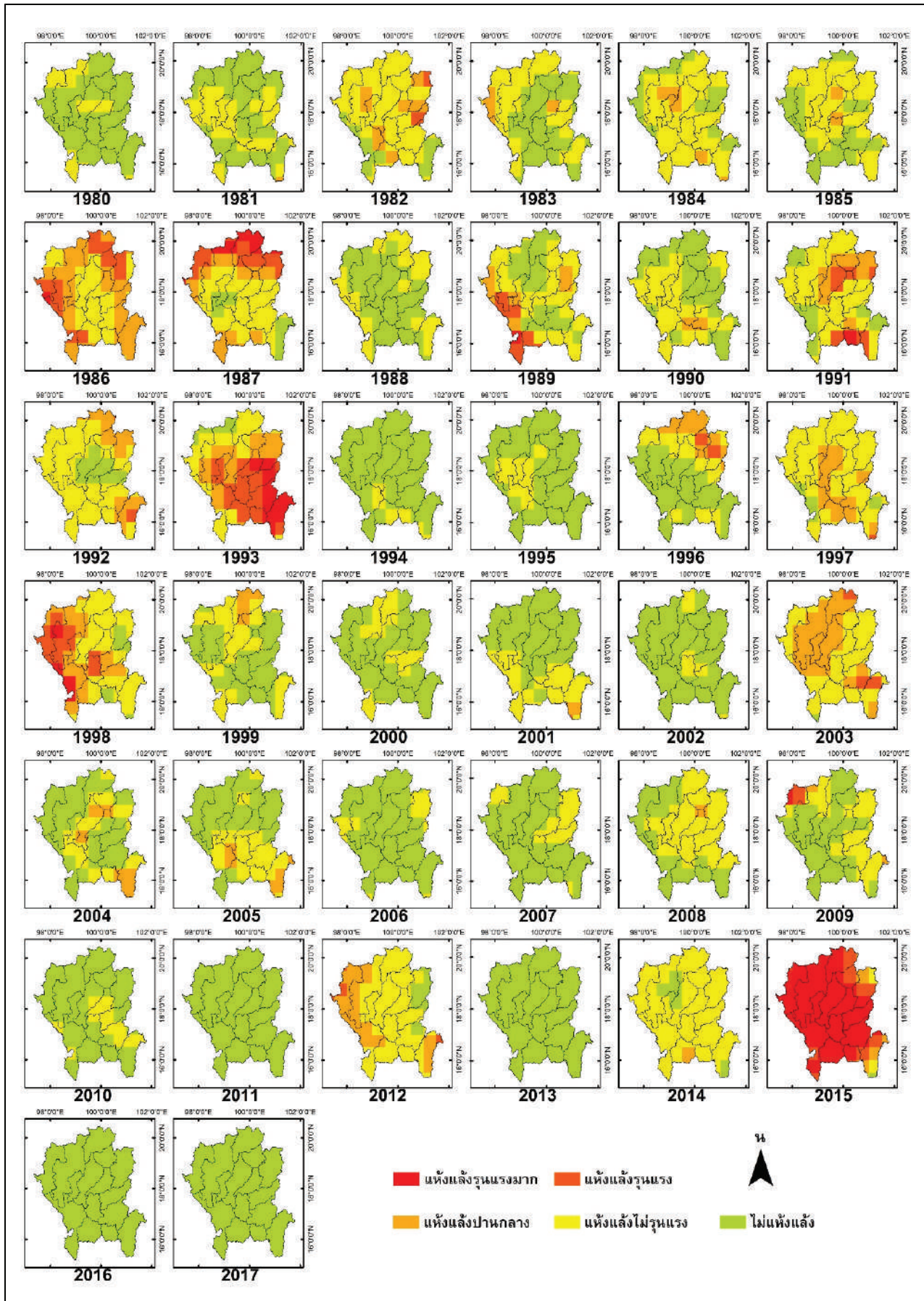


Figure 6 Spatial and temporal distribution of SPI6 index (May-October averaged) since 1980-2017

## สรุปผลและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนทั้ง 2 ชุดเพื่อประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดพบว่า ค่า  $r$  มีค่าตั้งแต่ 0.826-0.983 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลน้ำฝนทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงจนถึงสูงมาก หรือกล่าวได้ว่าข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU นั้นมีประสิทธิภาพสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลน้ำฝนตรวจวัดของสถานีตรวจอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก CRU มาศึกษาแทนข้อมูลน้ำฝนจากข้อมูลตรวจวัดเนื่องจากมีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ละเอียดกว่าและมีข้อมูลที่ครบถ้วนมากกว่าข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศ

ในส่วนของการวิเคราะห์คุณลักษณะของ ภัยแล้งในช่วงฤดูฝนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ตั้งแต่ปี ค.ศ.1980-2017 โดยใช้ค่าดัชนี SPI3 และดัชนี SPI6 จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI3 ของเดือนกรกฎาคมพบว่าปีที่เกิด ภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ( $SPI3 \leq -1.50$ ) มีทั้งหมด 14 ปี คิดเป็น 36.84% ของช่วงเวลาศึกษา โดยปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ 97.10% รองลงมาได้แก่ ปี ค.ศ.1987 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 47.35% ของพื้นที่ศึกษา ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI6 ของเดือนตุลาคมพบว่าปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ( $SPI6 \leq -1.50$ ) มีทั้งหมด 15 ปี คิดเป็น 38.47% ของช่วงเวลาศึกษา โดยปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ 92.27% รองลงมาได้แก่ ปี ค.ศ.1993 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 42.44% ของพื้นที่ศึกษา โดยปี ค.ศ.1982, 1987, 1991, 1992, 1993, 1996, 1997, 1998, 2003, 2012 และ 2015 รวมทั้ง 11 ปีมีพื้นที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากทั้งในระดับค่าดัชนี SPI3 และดัชนี SPI6 โดยปี ค.ศ.1982, 1987, 1991, 1992, 1997, 1998 และ 2015 เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ เอลนีโญสอดคล้องกับตาราง Oceanic Nino Index (ONI)<sup>16</sup> ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดปรากฏการณ์เอนไซ์โดยปีที่มีค่าเฉลี่ย 3 เดือน(3-month moving averaged) ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงกว่าปกติตั้งแต่ 0.5 องศาเซลเซียสขึ้นไปติดต่อกันอย่างน้อย 5 เดือนแสดงว่าเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญส่งผลกระทบก่อให้เกิดความแห้งแล้งบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตัวอย่างเช่น ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศอินโดนีเซีย<sup>17</sup> และฟิลิปปินส์<sup>18</sup> ซึ่งสาเหตุ ส่วนใหญ่เป็นผลกระทบมาจากปรากฏการณ์เอลนีโญ

นอกจากนี้รูปแบบของการเกิดภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในช่วงฤดูฝนตลอดช่วงเวลาศึกษาทั้งหมด 38 ปีมีพื้นที่เกิดภัยแล้งทุกช่วงระดับความรุนแรงกระจายตัวเป็นกระจุกอยู่ที่บริเวณภาคเหนือเกือบทุกปีโดย

เฉพาะในปีที่เกิดปรากฏการณ์ เอลนีโญซึ่งส่วนใหญ่มักจะพบพื้นที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงทั้งภัยแล้งช่วงต้นฤดูฝนและภัยแล้งตลอดฤดูฝน โดยภัยแล้งช่วงต้นฤดูฝนจากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI3 พื้นที่ที่ควรเฝ้าระวังเป็นพิเศษได้แก่ จังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พะเยา และน่าน เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากทั้งในปี ค.ศ.1987 และ 2015 ซึ่งเป็น 2 ปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากกว่า 25% ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ภัยแล้งตลอดฤดูฝนจากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI6 พื้นที่ที่ควรเฝ้าระวังเป็นพิเศษได้แก่ จังหวัดลำพูน แพร่ อุดรดิตถ์ สุโขทัย กำแพงเพชร พิษณุโลก และพิจิตร เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากทั้งในปี ค.ศ.1993 และ 2015 ซึ่งเป็น 2 ปีที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากกว่า 25% ของพื้นที่ศึกษา

จะเห็นได้ว่าภาคเหนือของประเทศไทยมักจะประสบกับปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากซึ่งจะส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรและสร้างความเสียหายให้แก่ประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้น ผลการศึกษาครั้งนี้จะช่วยให้คนในชุมชนและสังคมตระหนักและรับรู้ถึงความเสี่ยงจากภัยแล้งเพื่อที่จะสามารถปรับตัวและวางแผนเตรียมการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงเป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนและการตัดสินใจในการกำหนดนโยบายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทูสนับสนุนการทำวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลน้ำฝน จากสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก The Climatic Research Unit (CRU), University of East Anglia

## เอกสารอ้างอิง

1. Damberg L. and AghaKouchak A. Global trends and patterns of drought from space. *Theoretical and applied climatology* 2014 ; 117(3-4): 441-448.
2. Wilhite DA and Glantz MH. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international* 1985/ ; 10(3): 111-120.
3. กรมอุตุนิยมวิทยา. *การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ*. ได้จาก: URL: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86/17> กุมภาพันธ์ 2559.



4. Thanapakpawin P. Boonya-aroonnet S. Chankarn A. Chitradon R. and Snidvongs A. Chapter 7 Thailand drought risk management: macro and micro strategies. *Droughts in Asian Monsoon Region (Community, Environment and Disaster Risk Management, Volume 8) Emerald Group Publishing Limited 2011* ; 8: 121-140.
5. ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. ภัยแล้ง 2551-2560. ได้จาก [http://122.155.1.141/cmsdetail.directing-6.191/24528/menu\\_4469/4052.1/ภัยแล้ง+2551+-+2560?fbclid=IwAR1Zv\\_tMRg-0DHLAUSRFsdingcEUUZ-w8APPIGmRDIm-lqGfLnN8cxs\\_JUV4](http://122.155.1.141/cmsdetail.directing-6.191/24528/menu_4469/4052.1/ภัยแล้ง+2551+-+2560?fbclid=IwAR1Zv_tMRg-0DHLAUSRFsdingcEUUZ-w8APPIGmRDIm-lqGfLnN8cxs_JUV4) 26 สิงหาคม 2562.
6. Harris IPDJ, Jones PD, Osborn TJ. and Lister DH. Updated high resolution grids of monthly climatic observations—the CRU TS3.10 dataset. *International Journal of Climatology 2014* ; 34(3): 623-642.
7. จักรภพ สุวรรณ. บทที่ 7 สหสัมพันธ์ (Correlation). 2550. ได้จาก: [http://intraserver.nurse.cmu.ac.th/mis/download/course/lec\\_567730\\_lesson\\_07.pdf](http://intraserver.nurse.cmu.ac.th/mis/download/course/lec_567730_lesson_07.pdf) 24 พฤศจิกายน 2561.
8. Hinkle DE, Wiersma W, and Jurs SG. *Applied Statistics for the Behavior Sciences*. 4<sup>th</sup> ed. New York: Houghton Mifflin ; 1998.
9. Komuscu AU. *Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey*. Drought Network News (1994-2001) ; 1999. 49.
10. Vicente-Serrano SM. Spatial and temporal analysis of droughts in the Iberian Peninsula (1910–2000). *Hydrological Sciences Journal 2006* ; 51(1): 83-97.
11. Patel NR, Chopra P. and Dadhwal VK. Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index. *Meteorological Applications 2007* ; 14(4): 329-336.
12. Bonaccorso B, Bordi I, Cancelliere A, Rossi G. and Sutera A. Spatial variability of drought: an analysis of the SPI in Sicily. *Water resources management 2003* ; 17(4): 273-296.
13. Svoboda M, Hayes M. and Wood D. *Standardized precipitation index user guide*. World Meteorological Organization Geneva, Switzerland ; 2012.
14. Agnew CT. *Using the SPI to identify drought*. Drought Network News (1994-2001) ; 2000. Paper 1.
15. McKee TB, Doesken NJ. and Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology. Boston. MA: *American Meteorological Society 1993* ; 17(22): 179-183.
16. NOAA. *Historical El Nino / La Nina episodes (1950-present)*. Available from: [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php) August 26, 2019
17. Mursidi A. and Sari DAP. Management of Disaster Drought in Indonesia. *JURNAL TERAPAN MANAJEMEN DAN BISNIS 2017* ; 3(2): 165-171.
18. Dawe D, Moya P. and Valencia S. Institutional, policy and farmer responses to drought: El Niño events and rice in the Philippines. *Disasters 2009* ; 33(2): 291-307.

## ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยในนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

### Causal Factors Affecting Helmet Use Behavior among Public Health Students of Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok Province

กุกีเกียรติ ก้อนแก้ว<sup>1\*</sup>, วิภาดา ศรีเจริญ<sup>2</sup>  
Kukiet Konkaew<sup>1\*</sup>, Wiphada Srijaroen<sup>2</sup>

Received: 25 July 2019 ; Revised: 13 September 2019 ; Accepted: 23 September 2019

#### บทคัดย่อ

การวิจัยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยและหาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัย ประชากรเป็นนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 422 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือเท่ากับ 0.94 ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่หรือซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์เป็นบางครั้งมากที่สุดร้อยละ 66.3 ด้านปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยในนักศึกษาพบว่าโมเดลมีความสอดคล้องเชิงประจักษ์ Chi-square=227.64, df=200, Chi-square/df=1.138, p-value=0.08754, SRMR=0.038, GFI=0.99, AGFI=0.98 และ RMSEA=0.018 ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา ได้แก่ ความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม และทัศนคติต่อพฤติกรรม ด้วยขนาดอิทธิพลเส้นทางเท่ากับ 0.47 และ -0.45 ตามลำดับ โดยตัวแปรทั้ง 2 ตัว สามารถทำนายพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาได้ร้อยละ 64.0 (R<sup>2</sup>=0.64) ส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา ผ่านตัวแปรความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม ได้แก่ ทัศนคติต่อพฤติกรรม การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และการคล้อยตามบุคคลอ้างอิง และยังมีตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาส่งผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรม ดังนั้นเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัย ผู้ปกครอง และเพื่อน ควรส่งเสริมให้นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อการสวมหมวกนิรภัย และมีความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม จึงจะส่งผลให้นักศึกษาสวมหมวกนิรภัยในที่สุด

**คำสำคัญ:** ปัจจัยเชิงสาเหตุ พฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัย นักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์

#### Abstract

The aims of this study were to determine helmet use behavior (HUB) and to explore the causal factors influencing HUB. Four hundred and twenty two public health students of Pibulsongkram Rajabhat University were chosen as the population. The questionnaire with reliability (Cronbach's alpha coefficient 0.94) was used as a research instrument. The results showed that 66.4% of all students claimed to wear a helmet, at least sometimes, while riding a motorcycle or sitting behind the motorcycle rider. With regard to causal factors influencing HUB among students, the structural equation model was valid and fitted the empirical data. This model indicated that the Chi-square goodness of fit to test was 227.64, df=200, Chi-square/df=1.138, p-value=0.08754, SRMR=0.038, GFI=0.99, AGFI=0.98 and RMSEA=0.018. The intention (r=0.47) and attitude (r=-0.45) toward behavior had direct influence on HUB of students. Both variables accounted for 64% (R<sup>2</sup>=0.64) of variance of those HUBs. Other variables which indirectly influenced students' HUB via intention, included attitude, perceived behavioral control on HUB, and subjective norms. Also, perceived behavioral

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok

<sup>2</sup> Assistant Professor, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok

\* E-mail: kukietk@gmail.com

control and subjective norms indirectly influenced students' HUB via attitude. Therefore, academic staff, parents, and friends should encourage students to adopt a positive attitude toward helmet use and have perseverance to behave better. Subsequently, those students would eventually realize the good sense of wearing a helmet.

**Keywords:** Causal factors, Helmet-use behavior, Public health students

## บทนำ

อุบัติเหตุเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดหรือเกิดจากความบังเอิญ โดยสาเหตุการบาดเจ็บแบ่งเป็น 2 กลุ่ม<sup>1</sup> ตามบัญชีการจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับแก้ไข ครั้งที่ 10 คือ 1) อุบัติเหตุจากการชนส่ง และ 2) สาเหตุภายนอกที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ พบว่า ตั้งแต่ปี 2553 เป็นต้นมา จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุการจราจรทางถนนเพิ่มขึ้นใน 104 ประเทศทั่วโลก โดยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางจรรอร้อยละ 80.0 ซึ่งประเทศที่มีรายได้ปานกลางมีอัตราการเสียชีวิตสูงกว่าประเทศที่มีรายได้สูงถึง 11.5 เท่า กลุ่มประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลางมีอัตราการเสียชีวิตสูงสุดคือ 26.6 ต่อแสนประชากร ในขณะที่กลุ่มประเทศที่มีรายได้สูงมีอัตราการเสียชีวิตสูงสุดคือ 9.3 ต่อแสนประชากร แสดงให้เห็นว่าประเทศที่มีรายได้ต่างกัน มีสัดส่วนของจำนวนผู้เสียชีวิตที่ต่างกัน เมื่อจำแนกตามประเภทการใช้ถนน พบว่าในประเทศยากจน มีคนเดินเท้าเสียชีวิตมากกว่ากลุ่มอื่น ในทางตรงกันข้ามพบว่าประเทศที่มีรายได้สูงจะมีผู้ใช้รถยนต์เสียชีวิตมากกว่า สำหรับประเทศที่มีรายได้ปานกลางจะมีผู้ใช้รถจักรยานยนต์หรือรถยนต์เสียชีวิตมากที่สุด<sup>2</sup>

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนเป็นอันดับสองของโลก ประเทศไทยมีแนวโน้มผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2557 เสียชีวิต 21,429 ราย ลดลงจากปี พ.ศ.2555 ซึ่งมีจำนวนผู้เสียชีวิต 23,601 ราย สำหรับในปี พ.ศ. 2557 มีผู้เสียชีวิตเฉลี่ย 60 คนต่อวัน สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการขับรถจักรยานยนต์เร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนดมาแล้วขับ และไม่สวมหมวกนิรภัยร้อยละ 70.0 เนื่องจากจักรยานยนต์ไม่มีระบบป้องกันอันตรายที่เพียงพอ เมื่อเกิดอุบัติเหตุทำให้มีโอกาสการบาดเจ็บ สูงกว่าผู้ที่ขับขี่หรือนั่งรถยนต์ ซึ่งบริเวณของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บมากที่สุด คือ ศีรษะ รองลงมาคือ แขน ขา ทั้งนี้หมวกนิรภัยเป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดความรุนแรงจากการได้รับบาดเจ็บทางสมอง ลดอัตราเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ แต่ผู้ขับขี่ยังไม่ตระหนักและให้ความสำคัญต่อการใช้หมวกนิรภัย ซึ่งสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเสียชีวิตเกือบร้อยละ 40.0 และลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บถึงร้อยละ 70.0<sup>2-3</sup>

มหาวิทยาลัยเป็นสถานศึกษาที่มีนักศึกษาใช้รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะหลักในการเดินทาง นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า กลุ่มเยาวชนในสถาบันการศึกษาต่างๆ เป็นกลุ่มที่ประสบอุบัติเหตุทางถนนมากที่สุด จากรายงานสถานการณ์ความปลอดภัยทางถนนของไทย ปี พ.ศ.2557 รายงานว่ากลุ่มอายุที่ประสบอุบัติเหตุทางถนนมากที่สุดคือกลุ่มอายุ 15-24 ปี<sup>3</sup> และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับทุกกลุ่มอายุ เพราะรถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่มีความคล่องตัวสูงในการขับขี่ สามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่สูงมาก การบำรุงรักษาง่าย ตลอดจนประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับยานพาหนะอื่นๆ อีกทั้งยังเหมาะสำหรับผู้มีรายได้น้อย สามารถฝึกหัดขับขี่ได้ง่าย และยังบรรทุกผู้โดยสารหรือสิ่งของได้ตามความจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน จากการศึกษาของ ณัฐบตี วิริยาวัฒน์ และสุรชาติ สินวรรณ<sup>4</sup> พบว่านักศึกษาขาดความรู้เรื่องหมวกนิรภัย ทศนคติต่อการใช้หมวกนิรภัยไม่ดี ในขณะที่ บรรจง พลไชย<sup>5</sup> พบว่านักศึกษาพยาบาล มหาวิทยาลัยนครพนม มีพฤติกรรมการรัดคางด้วยสายรัดคางให้แน่นทุกครั้งเมื่อสวมหมวกนิรภัยอยู่ในระดับปานกลาง และมีพฤติกรรมสวมหมวกนิรภัยทุกครั้งเมื่อนั่งซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ไปในระยะทางใกล้ๆ อยู่ในระดับน้อย นอกจากนี้ ชิติพัทธ์ ขอนพิกุล นภดล กรประเสริฐ และปรีดา พิษญาพันธ์<sup>6</sup> ยังพบว่าการสนับสนุนทางสังคม โดยพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุจะถูกกระตุ้นจากปัจจัยทางสังคมที่แวดล้อมนักศึกษา เช่น กลุ่มเพื่อน ดังนั้นการส่งเสริมให้ผู้ใช้รถจักรยานยนต์หันมาใช้หมวกนิรภัยในการใช้หมวกนิรภัยมากขึ้นจึงเป็นสิ่งที่ดีและยังสอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัย ที่ห้ามผู้ขับขี่หรือซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยเข้าและออกมหาวิทยาลัย

จากการทบทวนสถานการณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ตัวแปรที่จะศึกษาในการวิจัยได้แก่ เพศ การคล้อยตาม บุคคลอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม ความรู้เกี่ยวกับหมวกนิรภัย ทศนคติต่อพฤติกรรม ความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม และพฤติกรรม ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเกิดคำถามวิจัยว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่เป็นปัจจัยเชิงสาเหตุทั้งทางตรง และทางอ้อม ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยของนักศึกษา สาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลการศึกษาที่ได้รับจะได้



นำมาปรับใช้กับมาตรการรณรงค์การใช้หมวกนิรภัยในมหาวิทยาลัยฯ อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักศึกษามีวินัยทางการจราจรและมารยาทในการขับขี่รถจักรยานยนต์ซึ่งจะช่วยลดความสูญเสียและความรุนแรงอันเกิดจากอุบัติเหตุได้

**วัตถุประสงค์**

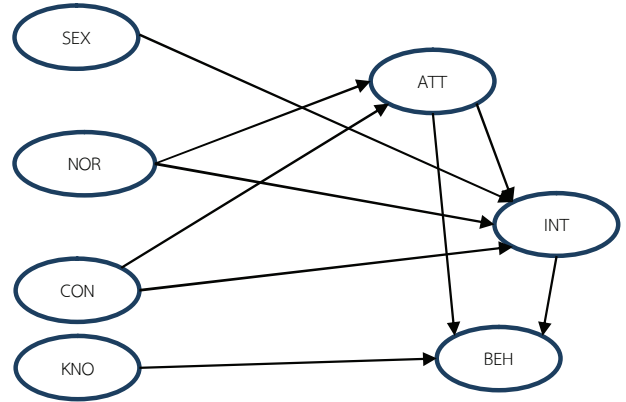
1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยในนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยในนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

**สมมติฐานการวิจัย**

1. ความรู้ ทักษะติดต่อพฤติกรรม และความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม มีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์
2. เพศ การคล้อยตามบุคคลอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และทัศนคติต่อพฤติกรรม มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ ผ่านความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม
3. การคล้อยตามบุคคลอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ ผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรม

**กรอบแนวคิดในการวิจัย**

ในการกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ซึ่งจะนำไปสู่การตั้งสมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำตัวแปรที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งประกอบด้วย เพศ การคล้อยตามบุคคลอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม ความรู้เกี่ยวกับหมวกนิรภัย และทัศนคติต่อพฤติกรรม ความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม มาโยงใยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ โดยใช้แนวคิดทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนของ Ajzen<sup>7</sup> โดยทฤษฎีนี้มีฐานความคิดว่าพฤติกรรมของคนเราจะเกิดขึ้นได้ต้องมีความตั้งใจในการจะทำพฤติกรรมนั้น ซึ่งความตั้งใจนั้นได้รับอิทธิพลจากการคล้อยตามบุคคลอ้างอิง ความเชื่อในการควบคุมพฤติกรรมตนเอง และทัศนคติในการกระทำพฤติกรรม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มตัวแปรอีก 2 ตัว ได้แก่ เพศ และความรู้เกี่ยวกับหมวกนิรภัย รายละเอียดความสัมพันธ์ของตัวแปร แสดงดัง Figure 1



**Figure 1** Causal relationship model influencing helmet use behavior among public health students

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**พื้นที่ศึกษา** ได้แก่ สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

**ประชากรที่ศึกษา** ได้แก่ นักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ทั้ง 4 ชั้นปีจำนวน 436 คน ในช่วงเวลาที่ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่าข้อมูลที่ได้รับตอบกลับมีความสมบูรณ์ของข้อมูล 422 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 96.8 ที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูล

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องมือวิจัย โดยใช้การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จนได้กรอบแนวคิด แล้วจึงทำการออกแบบเครื่องมือวิจัย โดยเครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถาม ประกอบด้วย 8 ส่วน ดังนี้ 1) ลักษณะทางประชากร ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปีที่กำลังศึกษา เกรดเฉลี่ย หลักสูตรที่ศึกษา ศาสนา รายรับต่อเดือน การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ การได้รับการอบรมจำนวนปีที่ใช้จักรยานยนต์ ระยะทางที่ขับขี่ต่อวัน ความเร็วที่ใช้ สถานภาพในการขับขี่ การประสบอุบัติเหตุจากการขับขี่ในอดีต การสวมหมวกนิรภัย และความคิดเห็นต่อมาตรการบังคับใช้หมวกนิรภัย 2) ทัศนคติต่อพฤติกรรม 3) การคล้อยตามบุคคลอ้างอิง 4) การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม 5) ความรู้เกี่ยวกับหมวกนิรภัย 6) ความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม 7) พฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัย และ 8) ข้อเสนอแนะ สำหรับข้อคำถามในส่วนที่ 2 และ 6 เป็นแบบมาตราวัดประมาณค่า 5 ระดับ (1-5) ส่วนที่ 3 และ 5 เป็นแบบเลือกตอบ (0-1) ส่วนที่ 4 เป็นแบบมาตราวัดประมาณค่าของ Osgood 7 ระดับ (-3 ถึง 3) ส่วนที่ 7 เป็นมาตราวัดประมาณค่า 3 ระดับ (1-3) และส่วนที่ 8 เป็นการเขียนแสดงความคิดเห็น

เห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด และนำไปตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยได้นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มนักศึกษาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับประชากรที่ศึกษาจำนวน 36 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้นำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Cronbach (Alpha Coefficient of Cronbach) ในส่วนที่ 2-7 ได้ค่าความเชื่อ 0.737, 0.963, 0.942, 0.654, 0.876, และ 0.722 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.916 ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยด้วยแบบสอบถามครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือกับอาจารย์ประจำชั้นเรียนในการเก็บข้อมูล โดยก่อนตอบแบบสอบถามได้มีการแจ้งสิทธิในการตอบคำถามให้กับผู้ตอบแบบสอบถามตามหลักการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ หลังจากนั้นได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของแบบสอบถาม

**จริยธรรมการวิจัยและการพิทักษ์สิทธิ** การวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์แห่งมหาวิทยาลัยนเรศวร ตามเอกสารรับรองเลขที่ RREC No.005/60 และในขณะดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามหลักการพิทักษ์สิทธิของผู้ให้ข้อมูลทุกประการ โดยข้อมูลที่ได้อาจจากการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้นหากกลุ่มตัวอย่างไม่ประสงค์จะให้ข้อมูลก็สามารถออกจากกระบวนการวิจัยได้ตลอดเวลา

**การวิเคราะห์ข้อมูล** ผู้วิจัยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) ดังนี้

1. อธิบายคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามากที่สุด และค่าน้อยสุด
2. ทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยใช้การวิเคราะห์สมการโครงสร้างเชิงเส้น ด้วยโปรแกรม LISREL

## ผลการวิจัย

1. คุณลักษณะทางประชากรของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่านักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 90.3 ส่วนใหญ่อายุ 19 ปี ร้อยละ 29.4 รองลงมาอายุ 20 ปี ร้อยละ 27.5 อายุเฉลี่ย 20.2 ปี อายุน้อยที่สุด 18 ปี และมากที่สุด 24 ปี เกรดเฉลี่ย 2.85 น้อยที่สุด 1.00 มากที่สุด 4.00 ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 98.6 รายได้ที่ได้จากผู้ปกครองเฉลี่ย 4,969.7 บาท/เดือน น้อยที่สุด 1,000 บาทมากที่สุด 18,000 บาท การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์

พบว่าไม่มีใบอนุญาตขับขี่ร้อยละ 66.6 ไม่มีใบอนุญาตขับขี่ร้อยละ 33.4 เคยผ่านการอบรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และกฎหมายการจราจรทางบก ร้อยละ 87.0 ไม่เคยผ่านการอบรม ร้อยละ 13.0 ระยะทางในการขับขี่รถจักรยานยนต์ต่อวันเฉลี่ย 12.7 กิโลเมตร/วัน การใช้ความเร็วในการขับขี่รถจักรยานยนต์พบว่าความเร็วเฉลี่ย 58.4 กิโลเมตร/ชั่วโมง มากที่สุด 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง น้อยที่สุด 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับสถานะของผู้ใช้รถจักรยานยนต์พบว่าเป็นผู้ขับขี่ร้อยละ 49.8 รองลงมาเป็นผู้ขับขี่และผู้ซ้อนท้ายร้อยละ 34.4 ด้านประสบการณ์การได้รับอุบัติเหตุเมื่อขับขี่รถจักรยานยนต์พบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 67.3 ไม่เคยได้รับอุบัติเหตุ แต่ในอีกด้านหนึ่งกลับพบว่าเคยประสบอุบัติเหตุถึงร้อยละ 32.7

2. ข้อมูลด้านพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์พบว่าส่วนใหญ่สวมหมวกนิรภัยเป็นบางครั้ง ร้อยละ 66.3 รองลงมาคือสวมทุกครั้ง ร้อยละ 33.2 แต่ก็ยังพบผู้ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ร้อยละ 0.5 เมื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับมาตรการการสวมหมวกนิรภัยเมื่อขับขี่รถจักรยานยนต์เข้าออกมหาวิทยาลัยพบว่าส่วนใหญ่เห็นด้วยร้อยละ 94.5

3. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยในนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก พบว่าโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา มีความสอดคล้องเชิงประจักษ์ ( $\chi^2=227.64$ ,  $df=200$ ,  $\chi^2/df=1.138$ ,  $P\text{-value}=0.08754$ ,  $SRMR=0.038$ ,  $GFI=0.99$ ,  $AGFI=0.98$ ,  $RMSEA=0.018$ ) เมื่อทำการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในโมเดล พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา ได้แก่ ความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม และทัศนคติต่อพฤติกรรม ด้วยขนาดอิทธิพลเส้นทางเท่ากับ 0.47 และ -0.45 ตามลำดับ โดยตัวแปรความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม และตัวแปรทัศนคติต่อพฤติกรรมสามารถทำนายพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาได้ร้อยละ 64.0 ( $R^2=0.64$ ) ส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา ผ่านตัวแปรความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม ได้แก่ ทัศนคติต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยมีขนาดอิทธิพลเส้นทางรวมเท่ากับ -0.34 รองลงมาได้แก่ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยมีขนาดอิทธิพลเส้นทางรวมเท่ากับ 0.33 และการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงมีขนาดอิทธิพลเส้นทางรวมเท่ากับ 0.15 โดยทัศนคติต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัย และการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงสามารถทำนายความ

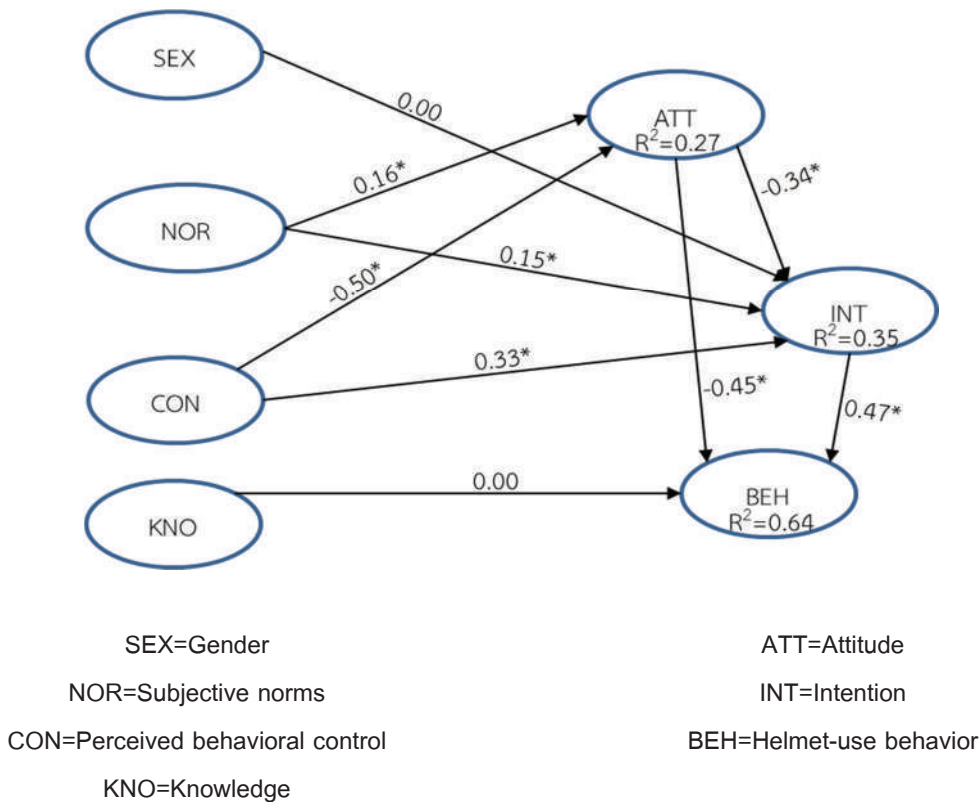
ตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรมได้ ร้อยละ 35 ( $R^2=0.35$ ) ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาอีกตัวแปรได้แก่ ทักษะคิดต่อพฤติกรรมโดยมีตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองส่งผ่านด้วยขนาดอิทธิพลเส้นทางเท่ากับ -0.50 และการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงส่งผ่านด้วยขนาดอิทธิพลเส้นทางเท่ากับ 0.16 โดยตัวแปรการรับรู้ความ

สามารถของตนเองและการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงสามารถทำนายทัศนคติต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยได้ร้อยละ 27.0 ( $R^2=0.27$ ) รายละเอียดความสัมพันธ์และขนาดอิทธิพลเส้นทางระหว่างตัวแปรแฝง และตัวแปรสังเกต แสดงดัง Table 1 และ Figure 2

**Table 1** Direct effect (DE), Indirect effect (IE), and Total effect (TE) of Influencing factors on helmet-use behavior among public health students

Variable	Attitude			Intention			Helmet-use behavior		
	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE
Subjective norms	0.16*	-	0.16*	0.15*	-0.06*	0.09*	-	-0.03*	-0.03*
Perceived behavioral control	-0.50*	-	-0.50*	0.33*	0.17*	0.50*	-	0.46*	0.46*
Attitude	-	-	-	-0.34*	-	-0.34*	-0.45*	-0.16*	-0.61*
Intention	-	-	-	-	-	-	0.47*	-	0.47*
<b>R-Squared (<math>R^2</math>)</b>	<b>0.27</b>			<b>0.35</b>			<b>0.64</b>		

\* $p$ -value<0.05



**Figure 2** Causal relationship model of Influencing factors on helmet-use behavior among public health students (n=422, \* $p$ <.05)

## วิจารณ์และสรุปผล

ผลการศึกษสามารถอภิปรายตามสมมติฐานได้ดังนี้

**สมมติฐานที่ 1** ความรู้ ทักษะคติต่อพฤติกรรม และความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม มีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

ความรู้เกี่ยวกับหมวกนิรภัยไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา สาขาสาธารณสุขศาสตร์ ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากบุคคลเมื่อมีความรู้แต่ไม่มีความตั้งใจที่จะปฏิบัติพฤติกรรมไม่เห็นความสำคัญในการกระทำพฤติกรรม จะส่งผลให้ไม่มีการกระทำพฤติกรรมนั้นๆ สอดคล้องกับการวิจัยของ Adnan M, Gazder U.<sup>8</sup> ที่พบว่าระดับความรู้เกี่ยวกับหมวกนิรภัยไม่มีความสัมพันธ์กับการสวมหมวกนิรภัยของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในประเทศปากีสถาน แต่ไม่สอดคล้องกับการวิจัยของ Suwannaporn S.<sup>9</sup> ที่ศึกษาความรู้ ทักษะคติ และการปฏิบัติในการใช้หมวกนิรภัยในผู้ขับขี่และผู้ซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์จังหวัดราชบุรี พบว่า ความรู้มีความสัมพันธ์กับการใช้หมวกนิรภัยเมื่อขับขี่และซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ ( $r=0.197$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p\text{-value}<0.05$

ทัศนคติต่อพฤติกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อธิบายได้ว่า บุคคลเมื่อจะกระทำพฤติกรรมจะต้องเกิดจากทัศนคติ หรือความคิดเห็นว่าจะปฎิบัติต่อตนเอง ถึงได้กระทำพฤติกรรมนั้น สอดคล้องกับการวิจัยของ Trinh TA, Le TPL.<sup>10</sup> ที่ศึกษาบทบาทของผู้อุปการะต่อการใช้หมวกนิรภัยในเด็ก พบว่าทัศนคติต่อพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของเด็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $p\text{-value}<0.05$  ( $r=0.28$ ) ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยของ Ali *et al.*<sup>11</sup> ที่ศึกษาพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยในกลุ่มจักรยานยนต์รับจ้างเมืองยาร์ฮัด ประเทศอิหร่าน พบว่าทัศนคติต่อพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยในกลุ่มจักรยานยนต์รับจ้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $p\text{-value}<0.05$  ( $r=0.57$ )

ความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อธิบายได้ว่าบุคคลที่จะกระทำพฤติกรรม ต้องมีความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม ถึงจะมีการกระทำพฤติกรรมนั้นๆ เป็นไปตามทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนของ Ajzen<sup>7</sup> สอดคล้องกับการวิจัยของ O'Callaghan FV, Nausbaum S.<sup>12</sup> ที่ศึกษาการทำนายพฤติกรรมและความตั้งใจในการใช้หมวกนิรภัยในวัยรุ่น พบว่าความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรมมีความสัมพันธ์

กับพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $p\text{-value}<0.01$  ( $r=0.68$ ) และยิ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Ahmed *et al.*<sup>(13)</sup> ที่พบว่า ความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการใช้หมวกนิรภัยของวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $p\text{-value}<0.01$  ( $r=0.43$ )

**สมมติฐานที่ 2** เพศ การคล้อยตามบุคคลอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และทัศนคติต่อพฤติกรรมมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ ผ่านความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม ผลการวิจัยพบว่า

เพศไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยผ่านความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจาก นักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ที่เป็นประชากรในการวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงถึงร้อยละ 90.3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ross *et al.*<sup>14</sup> ที่พบว่าเพศไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งในการวิจัยของ Ross *et al.* พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 69

การคล้อยตามบุคคลอ้างอิงมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยผ่านความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม และผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรม เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย อธิบายได้ว่าคนที่บุคคลจะกระทำพฤติกรรมนั้นบุคคลรอบข้างตนเองมีส่วนในการกระตุ้นให้เกิดการกระทำพฤติกรรมนั้นๆ เช่นเพื่อนสนิทสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ ทำให้ตนเองเห็นต้นแบบเกิดความตระหนักต่อการกระทำพฤติกรรมนั้น หรืออาจจะอยากเลียนแบบเพื่อน จึงเกิดความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม หรือมีทัศนคติที่ดีต่อการกระทำพฤติกรรมนั้นๆ จึงทำให้บุคคลนั้นกระทำพฤติกรรม สอดคล้องกับการวิจัยของ Ali *et al.*<sup>11</sup> ที่ศึกษาพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยในกลุ่มจักรยานยนต์รับจ้างเมืองยาร์ฮัด ประเทศอิหร่าน พบว่าการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยในกลุ่มจักรยานยนต์รับจ้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p\text{-value}<0.001$  สามารถทำนายพฤติกรรมได้ร้อยละ 47.2 ( $R^2=0.472$ ) แต่ไม่สอดคล้องกับการวิจัยของปัทมา สุพรรณกุล และวัชร ศรีทอง<sup>15</sup> ที่พบว่าการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของพระสงฆ์ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันทั้งอายุ และระดับการศึกษา ของกลุ่มตัวอย่าง

การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยผ่านความตั้งใจ



ในการปฏิบัติพฤติกรรม และผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรม เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย อธิบายได้ว่าบุคคลเมื่อจะกระทำพฤติกรรม จะต้องมีความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม ซึ่งความตั้งใจนั้นมาจากการที่บุคคลนั้นรับรู้ว่าคุณมีความสามารถในการกระทำพฤติกรรมนั้น สอดคล้องกับการวิจัยของ Shruthi *et al.*<sup>16</sup> ที่ทำการศึกษาปัจจัยกำหนดการใช้หมวกนิรภัยในผู้ดูแลสุขภาพ ประเทศอินเดีย พบว่าการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p\text{-value}<0.05$  สามารถทำนายพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยได้ร้อยละ 29 และยังคงสอดคล้องกับการวิจัยของ Kumphong J, Satiennam T, Satiennam W.<sup>17</sup> ที่พบว่า การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมส่งอิทธิพลทางตรงต่อความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรมด้วยค่าอิทธิพลเส้นทางเท่ากับ 0.36 ไปหาพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยในนักศึกษามหาวิทยาลัย

**สมมติฐานที่ 3** การคล้อยตามบุคคลอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ ผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรมผลการวิจัยพบว่า

การคล้อยตามบุคคลอ้างอิงมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรม เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย อธิบายได้ว่า การที่บุคคลจะกระทำพฤติกรรมจะต้องมีทัศนคติที่ดีต่อการกระทำพฤติกรรมนั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Ali *et al.*<sup>11</sup> พบว่าการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยในกลุ่มจักรยานยนต์รับจ้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p\text{-value}<0.001$  และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยผ่านทัศนคติต่อพฤติกรรม สอดคล้องกับการศึกษาของ Shruthi *et al.*<sup>16</sup> พบว่าการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p\text{-value}<0.05$

สรุปได้ว่า พฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาสาขาสาธารณสุขศาสตร์ ได้รับอิทธิพลจากความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม และความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรมได้รับอิทธิพลจากทัศนคติต่อพฤติกรรม โดยทัศนคติต่อพฤติกรรม ได้รับอิทธิพลจากการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงและ

การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม ในอีกด้านหนึ่งพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษาได้รับอิทธิพลจากทัศนคติต่อพฤติกรรม โดยทัศนคติต่อพฤติกรรมได้รับอิทธิพลจากการคล้อยตามบุคคลอ้างอิงและการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม

## ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ควรดำเนินการดังนี้

1. เจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ การควบคุมกำกับใช้หมวกนิรภัยในนักศึกษา ควรส่งเสริมให้นักศึกษามีทัศนคติต่อการสวมหมวกนิรภัย และส่งเสริมให้นักศึกษามีความตั้งใจในการสวมหมวกนิรภัย ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา

2. นักศึกษามีตัวแบบคือบุคคลอ้างอิงที่ใกล้ชิดกับนักศึกษา เช่น เพื่อน ผู้ปกครอง ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดทัศนคติและความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม จึงควรขอความร่วมมือบุคคลดังกล่าวในการปรับทัศนคติต่อพฤติกรรมในการสวมหมวกนิรภัยของนักศึกษา

3. ควรสร้างความเชื่อมั่นให้นักศึกษา กระตุ้นเตือนนักศึกษาเพื่อให้เกิดการควบคุมพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัย จึงจะทำให้ให้นักศึกษามีทัศนคติ และมีความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรม

## ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาปัญหาอุปสรรคกับความสะดวกในการใช้หมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ ทั้งในผู้ขับขี่และผู้ซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์

2. ศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาเหตุผลในการสวมและไม่สวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ ในมุมมองของผู้ขับขี่และผู้ซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาประจำชั้นในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอใจนักศึกษาลักสูตรสาขาสาธารณสุขศาสตร์ทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามวิจัย



## เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554. [อินเทอร์เน็ต]. 2554 [เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2560] ; เข้าถึงได้จาก <http://www.royin.go.th/dictionary/>.
2. World Health Organization. *Global status report on road safety 2018*. [Internet]. 2018 [cited September 3 2019] ; Available from: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2018/English-Summary-GSRRS2018.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/English-Summary-GSRRS2018.pdf).
3. แผนงานสนับสนุนการป้องกันอุบัติเหตุจราจรในระดับจังหวัด. รายงานสถานการณ์ความปลอดภัยทางถนนประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557. ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์ ; 2559.
4. ณัฐบดี วิริยาวัฒน์, สุรชาติ สินวรรณ. พฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยในการป้องกันอุบัติเหตุของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science* 2556 ; 5 (2): 65-88.
5. บรรจง พลไชย. การรับรู้ประโยชน์ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้หมวกนิรภัยของนักศึกษาพยาบาล มหาวิทยาลัยนครพนม. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)* 2557 ; 6(11): 78-88.
6. ชีดิพัทธ์ ขอนพิกุล, นกตล กรประเสริฐ, ปรีดา พิษญาพันธ์. การเปรียบเทียบทัศนคติและพฤติกรรมด้านความปลอดภัยสำหรับผู้ขับขี่จักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัย. ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20. 2558. หน้า 1-5.
7. Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1991 ; 50(2):179-211.
8. Adnan M, Gazder U. Investigation of helmet use behavior of motorcyclists and effectiveness of enforcement campaign using CART approach. *IATSS Research* 2019 ; In press.
9. Suwannaporn S. *Knowledge, attitude, and practice toward helmet use among motorcycle rider and passenger in Ratchaburi Province, Thailand* Doctoral dissertation, Chulalongkorn University ; 2011.
10. Trinh TA, Le TPL. Motorcycle helmet usage among children passengers: Role of parents as promoter. *Procedia engineering* 2016 ; 142: 10-17.
11. Ali M, Saeed MMS, Ali MM, Haidar N. Determinants of helmet use behaviour among employed motorcycle riders in Yazd, Iran based on theory of planned behaviour. *Injury* 2011 ; 42(9): 864-869.
12. O'Callaghan FV, Nausbaum S. Predicting bicycle helmet wearing intentions and behavior among adolescents. *Journal of Safety Research* 2006 ; 37(5): 425-431.
13. Ahmed MB, Ambak K, Raqib A, Sukor NS. Helmet usage among adolescents in rural road from the extended theory of planned behaviour. *Journal of Applied Sciences* 2013 ; 13(1): 161-166.
14. Ross LT, Ross TP, Farber S, Davidson C, Trevino M, Hawkins A. The theory of planned behavior and helmet use among college students. *American journal of health behavior* 2011 ; 35(5): 581-590.
15. ปัทมา สุพรรณกุล, วชิรี ศรีทอง. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของพระสงฆ์ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย. *วารสารพฤติกรรมศาสตร์* 2558 ; 21 (1): 95-110.
16. Shruthi MN, Meundi AD, Sushma D. Determinants of helmet use among health-care providers in urban India: Leveraging the theory of planned behavior. *Journal of education and health promotion* 2019 ; 8(1): 24-36.
17. Kumphong, J., Satiennam, T., Satiennam, W.A. Study of Social Norms and Motorcycle Helmet Use Intentions among Student Riders in University: A comparison of the Theory of Reasoned Action and the Theory of Planned Behavior. In *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Eastern Asia Society for Transportation Studies* ; 2017 Sep ; Ho Chi Minh City, Vietnam ; 2017. P.1-15.

# การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโครงสร้างเหมือนข้อมูลเพื่อจำแนกโรคซึมเศร้าจากพฤติกรรมการโพสต์ข้อความบนทวิตเตอร์

## Comparison of data mining structure performance for depressive classification if twitter users from their posts on twitter of user behaviors

ดำรงเดช เเดินริบรัมย์<sup>1</sup>, ฉัตรเกล้า เจริญผล<sup>2</sup>, จริญญา จิรานุกูล<sup>3</sup>

Damrongdet Doenribram<sup>1</sup>, Chatklaw Jareanpon<sup>2</sup>, Jariya Jiranukool<sup>3</sup>

Received: 18 September 2019 ; Revised: 6 January 2020 ; Accepted: 28 January 2020

### บทคัดย่อ

ในปี ค.ศ. 2018 องค์การอนามัยโลกและกรมสุขภาพจิตระบุว่า โรคซึมเศร้าทำให้เกิดการสูญเสียของสุขภาพเป็นอันดับ 2 โดยเกิดจากการใช้งานโซเชียลมีเดียอย่างไม่เหมาะสม เสพสื่ออย่างไม่ระมัดระวัง ทำให้เกิดความเครียด ความรุนแรง และส่งผลทำให้เกิดโรคซึมเศร้าได้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ของการจำแนกโรคซึมเศร้าจากพฤติกรรมการโพสต์ข้อความบนทวิตเตอร์ โดยมีการเปรียบเทียบการจำแนกระหว่างแบบหนึ่งระดับและแบบสองระดับ การจำแนกหนึ่งระดับจะใช้งานอัลกอริทึม Bayes และอัลกอริทึม SVM จำแนกข้อความทั่วไปและข้อความที่บ่งบอกถึงลักษณะอาการซึมเศร้าตามแบบสอบถาม DSM-5 ได้แก่ อาการซึมเศร้า ความสนใจลดลง น้ำหนักลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างผิดสังเกต นอนไม่หลับหรือนอนหลับมากกว่าปกติ ร่างกายอ่อนเพลีย รู้สึกตนเองไร้ค่า สมาธิสั้น เคลื่อนไหวช้าและคิดฆ่าตัวตาย การจำแนกสองระดับจะใช้งานอัลกอริทึม SVM เพื่อจำแนกข้อความทั่วไปกับข้อความที่บ่งบอกถึงโรคซึมเศร้า ต่อมาใช้งานอัลกอริทึม Bayes เปรียบเทียบกับอัลกอริทึม Random Forest เพื่อจำแนก 9 อาการที่บ่งบอกถึงโรคซึมเศร้าตามแบบสอบถาม DSM-5 โดยใช้ข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ ชุดเรียนรู้ (Training set) และชุดทดสอบ (Test set) ที่มาจากการโพสต์ของดาราต่างประเทศ ผลการทดลองของชุด Training set ระหว่างการจำแนกหนึ่งระดับและการจำแนกสองระดับ คือ หนึ่งระดับอัลกอริทึม Bayes ได้ Accuracy=82.55% และอัลกอริทึม SVM ได้ Accuracy=96.18% การจำแนกสองระดับอัลกอริทึม SVM ได้ Accuracy=98.20% ส่วนผลการทดลองอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Bayes ได้ Accuracy=83.23% และอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Random Forest ได้ Accuracy=94.45% ผลการทดลองของชุด Test set โดยมีการกำหนดค่าความน่าจะเป็นตั้งแต่ 0.1-0.9 การจำแนกหนึ่งระดับอัลกอริทึม Bayes ได้ Accuracy=76.67% และอัลกอริทึม SVM ได้ Accuracy=70.00% การจำแนกสองระดับอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Bayes ได้ Accuracy=73.33% ส่วนอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Random Forest ได้ Accuracy=70.00%

**คำสำคัญ:** โรคซึมเศร้า การทำเหมืองความคิดเห็น เทคนิคการจำแนกข้อมูล การทำเหมืองข้อความคำ

### Abstract

In 2018, The World Health Organization (WHO) and Department of Mental Health (DMH), specified that major depressive disorder (MDD) was the second most important disease that it is probably caused by social media usage affecting stress and leading to violence, and depression . This research proposes the depressive classification from posts on twitter of user behaviors and compared the accuracy of two classifiers between one level and two levels:- (1) one level: using the Bayes algorithm created a model for classification between general and symptoms based on a symptoms detailed in a questionnaire (DSM-5) including as follows: depression, loss of interest, loss of

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master's degree, Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

<sup>2</sup> Assistant professor, Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

<sup>3</sup> Assistant professor, Department of Psychiatry, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

appetite, abnormal sleep, slowed thinking, guilt, tiredness, unexplained and suicidal ideation. (2) Two levels: Using the SVM algorithm created a model for classification between general and depression. Using the Bayes algorithm compared with the Random Forest algorithm for classification of symptoms in a questionnaire (DSM-5). The data came from real postings of international celebrities. The dataset is divided into 2 sets: a training set and a test set. Finally, the results are demonstrated in a training set prediction between one level and two levels: One level: the Bayes algorithm showed that the accuracy=82.55%, and the SVM algorithm showed that the accuracy=96.18%. Two level: the SVM algorithm showed that the accuracy=98.20%. SVM algorithm pair with Bayes algorithm showed that the accuracy=82.23%, and SVM algorithm pair with the Random Forest algorithm showed that the accuracy=91.45%. The results of test set, by the boundary of probability are variously set 0.1 to 0.9 that prediction between one level and two levels : One level: the Bayes algorithm showed that the accuracy=76.67%, and the SVM algorithm showed that the accuracy=70.00%. Two level: SVM algorithm pair with Bayes algorithm showed that the accuracy=73.33%. SVM algorithm pair with Random Forest algorithm showed that the accuracy=70.00%.

**Keywords:** Major Depressive Disorder, Classification, Social Mining, Text Mining

## บทนำ

ในปี ค.ศ. 2018 องค์การอนามัยโลกระบุว่า โรคซึมเศร้า (Major Depressive Disorder ตัวย่อ MDD)<sup>1,2</sup> ทำให้เกิดการสูญเสียของสุขภาพเป็นอันดับ 2 โดยส่งผลทำให้ผู้ป่วยเกิดความเสียหายต่อการฆ่าตัวตายมากกว่าคนทั่วไปถึง 20 เท่า สาเหตุของการเกิดโรคซึมเศร้าเกิดจาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยทางกรรมพันธุ์ ปัจจัยทางจิตใจและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม อาการของโรคซึมเศร้าจะมีลักษณะ 9 อาการ ได้แก่ 1. อารมณ์ซึมเศร้า 2. ความสนใจลดลง 3. น้ำหนักลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างผิดสังเกต 4. นอนไม่หลับหรือนอนหลับมากกว่าปกติ 5. ร่างกายอ่อนเพลีย 6. รู้สึกตนเองไร้ค่า 7. สมาธิสั้น 8. เคลื่อนไหวช้า และ 9. คิดฆ่าตัวตาย

ปัจจุบันโซเชียลมีเดียมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็น Facebook Instagram หรือ Twitter โดยกรมสุขภาพจิตระบุว่า การใช้งานโซเชียลมีเดียส่งผลทำให้เกิดโรคซึมเศร้า เกิดจากการใช้งานอย่างไม่เหมาะสม หรือเสพสื่ออย่างไม่ระมัดระวัง ส่งผลทำให้เกิดความเครียด ความรุนแรง รวมไปถึงภาวะซึมเศร้าได้ นอกจากนี้ยังแสดงภาวะซึมเศร้าผ่านการโพสต์และการแชทได้

การทำเหมืองข้อมูล (Data mining) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากด้วยอัลกอริทึมมา จำแนกทำนาย หาความสำคัญ หรือหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยปัจจุบันข้อมูลมหาศาลที่เกิดขึ้นตลอดเวลาล้วนมาจากโซเชียลมีเดียและได้มีงานวิจัยที่น่าเชื่อถือจากโซเชียลมีเดียเข้ามาทำเหมืองข้อมูลเป็นจำนวนมากดังงานวิจัยต่อไปนี้

ค.ศ. 2014 งานวิจัยของ Yoon<sup>3</sup> และคณะได้มีการใช้งานการทำเหมืองข้อมูลเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของการเกิดภาวะซึมเศร้าเรื้อรังด้วยข้อมูลจากหน่วยงาน Behavioral Risk

Factor Surveillance System (BRFSS) ที่เป็นหน่วยงานเกี่ยวกับการสำรวจสุขภาพทางโทรศัพท์ของสหรัฐอเมริกา โดยในการสร้างแบบจำลองครั้งนี้ใช้อัลกอริทึม Tree J48, Random Forest, Multilayer Perception, Adaboost และ Support Vector Machine ถึงแม้ว่า Random Forest จะให้ผลลัพธ์ดีกว่าแต่ผู้วิจัยจึงเลือก Tree J48 เพราะง่ายต่อการสร้างต้นไม้ตัดสินใจเพื่อวิเคราะห์ผลในครั้งนี้ โดยแบบจำลองมีความถูกต้อง 80-82%

ค.ศ. 2014 งานวิจัยของ Maryam<sup>4</sup> และคณะได้มีการใช้งาน Hashtags จำแนกอารมณ์ของบุคคลที่ใช้งานโซเชียลมีเดียอย่าง Twitter โดยจะมุ่งการศึกษาไปการจำแนกอารมณ์ซึมเศร้าในการทดลองได้เปรียบเทียบกับอัลกอริทึม SVM และ KNN โดยใช้กับข้อมูลที่เก็บจาก Hashtags ที่บ่งบอกถึงอารมณ์ซึมเศร้าและอารมณ์ที่บ่งบอกว่ามีความสุข ผลปรากฏว่า SVM มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยมีความถูกต้องถึง 90%

ค.ศ. 2015 งานวิจัยของ McManus<sup>5</sup> และคณะได้มีการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการวิเคราะห์หาผู้ป่วยจิตเวชด้วยข้อมูลจากโซเชียลมีเดียอย่าง Twitter ด้วยอัลกอริทึม SVM, Neural Network และ Naïve Bayes โดยกระทำกับข้อมูลโปรไฟล์ของผู้เข้ารับการทดลองอย่างจำนวนเพื่อน ช่วงเวลาในการทวีต คำที่เกี่ยวข้องกับจิตเวชและอีโมติคอน ผลปรากฏว่า SVM มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยมีความถูกต้องถึง 92.3%

ค.ศ. 2017 Anees<sup>6</sup> และคณะ ได้มีการทำเหมืองข้อมูลเพื่อหาภาวะซึมเศร้าจากข้อมูลโซเชียลมีเดีย โดยจำแนกเฉพาะข้อความที่เป็นภาวะซึมเศร้าและไม่เป็นภาวะซึมเศร้าด้วยใช้อัลกอริทึม SVM Bayes และ Maximum Entropy ผลปรากฏว่า SVM มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยมีความถูกต้องถึง 91%

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการทำเหมืองข้อมูล โดยนำความคิดเห็นจากผู้ใช้งาน Twitter มาทำการจำแนกโรคซึมเศร้าจากเหมืองข้อมูลโดยมีการเปรียบเทียบการจำแนก ระหว่างแบบหนึ่งระดับและแบบสองระดับ ได้แก่ การจำแนกหนึ่งระดับจะใช้งานอัลกอริทึม Bayes และอัลกอริทึม SVM จำแนกข้อความทั่วไปและข้อความที่บ่งบอกถึงลักษณะอาการซึมเศร้าตามแบบสอบถาม DSM-5 ได้แก่ 1. อารมณ์ซึมเศร้า 2. ความสนใจลดลง 3. น้ำหนักลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ 4. นอนไม่หลับหรือนอนหลับมากกว่าปกติ 5. ร่างกายอ่อนเพลีย 6. รู้สึกตนเองไร้ค่า 7. สมาธิสั้น 8. เคลื่อนไหวช้า และ 9. คิดฆ่าตัวตาย ส่วนการจำแนกสองระดับจะใช้งานอัลกอริทึม SVM เพื่อจำแนกข้อความทั่วไปกับข้อความที่บ่งบอกถึงโรคซึมเศร้า ต่อมาใช้งานอัลกอริทึม Bayes

เปรียบเทียบกับอัลกอริทึม Random Forest เพื่อจำแนก 9 อาการที่บ่งบอกถึงโรคซึมเศร้าตามแบบสอบถาม DSM-5 ทั้งหมดเพื่อให้สามารถเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกผู้ที่เข้าข่ายโรคซึมเศร้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

### งานที่เกี่ยวข้อง

#### 1. โรคซึมเศร้า

โรคซึมเศร้า คือ โรคทางจิตเวชชนิดหนึ่งที่เกิดจากสารเคมีเซโรโโทนินในสมองมีปริมาณลดลงจนเสียสมดุลส่งผลทำให้ร่างกายและจิตใจเกิดภาวะซึมเศร้า เบื่อหน่าย ท้อแท้ นอนไม่หลับ หรือ อยากฆ่าตัวตาย เป็นต้น ซึ่งอาการป่วยจะเป็นอย่างต่อเนื่องมากกว่า 2 สัปดาห์ขึ้นไป

**Table 1** DSM-5 criteria's

No.	Symptoms	Non	Someday	Frequently	Everyday
1	Depressed mood	0	1	2	3
2	Diminished interest	0	1	2	3
3	Change in appetite	0	1	2	3
4	Change in sleep	0	1	2	3
5	Slowed thinking	0	1	2	3
6	Worthlessness or guilt	0	1	2	3
7	Fatigue	0	1	2	3
8	Agitation or retardation	0	1	2	3
9	Suicidal ideation	0	1	2	3

**Table 2** Training set

No.	Symptoms	Hashtag	Examples of Training set	Number of messages
1	Depressed mood	#Sadness #Depressive	I'm in such a depressive spiral today.	3,000
2	Diminished interest	#Loss of Interest #Lose interest	Loss of interest in friends, family & favorite activities.	3,000
3	Change in appetite	#Appetite #Hunger	I'm hungry but I have no appetite can anyone relate.	3,000
4	Change in sleep	#Sleep #Lethargy	I just want to sleep for real!	3,000
5	Slowed thinking	#Un thinking #Out thinking	These neighbors really out here thinking that I'm selling dope.	3,000
6	Worthlessness or guilt	#Guilt #Disgrace #Dishonor	This guy is a perpetual disgrace.	3,000
7	Fatigue	#Tired #Bored #Fatigued	I'm just tired that's all.	3,000
8	Agitation or retardation	#Lackadaisical #Lazy #Loafing #Phlegmatic	Feeling lazy of today.	3,000
9	Suicidal ideation	#Suicidal #Dangerous #Destructive	Suicidal thoughts will never get out of my head.	3,000
10	Normal	#Happy	Happy birthday, family.	3,000



ในการวินิจฉัยสามารถวินิจฉัยโดยใช้เกณฑ์การวินิจฉัยของสมาคมจิตแพทย์อเมริกัน โดยกำหนดไว้ในหนังสือ The 5<sup>th</sup> Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)[8] มีหลักเกณฑ์ว่าผู้ที่เป็นโรคซึมเศร้าจะต้องมีลักษณะอาการอย่างน้อย 5 อาการหรือมากกว่า ได้แก่ 1. มีอารมณ์ซึมเศร้า 2. ความสนใจหรือความสนุกสนานในการทำกิจกรรมต่างๆ ที่เคยทำทั้งหมดลดลงอย่างมาก 3. น้ำหนักลดลงอย่างชัดเจน 4. มีอาการนอนไม่หลับหรือหลับนานหลับบ่อยกว่าปกติ 5. การเคลื่อนไหวช้าลง 6. อ่อนเพลียไม่มีเรี่ยวแรง 7. รู้สึกว่าตนเองไร้ค่าหรือรู้สึกผิดโดยไม่มีสาเหตุ 8. สมาธิสั้นหรือความสามารถในตัดสินใจลดลง 9. มีความคิดอยากฆ่าตัวตาย โดยเกิดขึ้นติดต่อกันนานไม่ต่ำกว่า 2 สัปดาห์ ซึ่งจัดทำเป็นแบบสอบถามไว้ดัง Table 1

จาก Table 1 ในการวิเคราะห์จะให้ผู้ป่วยทำแบบสอบถามดังกล่าว Someday คือ มีอาการนั้นใน 2-4 วัน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ Frequently คือ มีอาการนั้นใน 6-8 วัน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ และ Everyday คือ มีอาการนั้นใน 10-14 วัน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ แล้วจึงนำไปหาผลรวมของคะแนนในแบบประเมินของการวินิจฉัยโรคซึมเศร้า ในการสรุปผลสามารถนำคะแนนจากแบบประเมินไปประเมินได้ว่า ถ้าหากน้อยกว่า 7 คะแนน แสดงว่าปกติ ถ้าอยู่ระหว่าง 8-12 คะแนน แสดงว่ามีอาการน้อย ถ้าอยู่ระหว่าง 13-18 แสดงว่ามีอาการปานกลาง ถ้ามากกว่า 19 แสดงว่ามีอาการรุนแรง

## 2. การคัดเลือกคุณลักษณะด้วย Information Gain

Information Gain<sup>9</sup> เป็นการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature) สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากคุณลักษณะในข้อมูลนั้นมีจำนวนมากเกินไป ทำให้เวลาในการสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลองนั้นล่าช้า และอาจจะส่งผลทำให้ค่าความถูกต้องในการทำนายนั้นลดลง ส่วนสมการ Information Gain มีดังสมการที่ (1) เมื่อ S คือ ตัวอย่างที่ประกอบด้วยชุดของตัวแปรต้นและตัวแปรตามหลายๆ กรณี E คือ เอนโทรปีของตัวอย่าง A คือ ตัวแปรต้นที่พิจารณา  $V = value(A)$  คือ เซตของค่าของ A ที่เป็นไปได้และ  $S_V$  คือ ตัวอย่างที่ A มีค่า V ทั้งหมด โดยที่ Entropy หาได้จากสมการที่ (2) เมื่อ S คือ ตัวอย่างที่ประกอบด้วยชุดของตัวแปรต้นและตัวแปรตามหลายๆ กรณีและ  $P_s(j)$  คือ อัตราส่วนของกรณีใน s ที่ตัวแปรตามหรือผลลัพธ์มีค่า j

$$Gain(S, A) = E(S) - \sum_{v=value(A)} \frac{|S_v|}{|S|} E(S_v) \quad (1)$$

$$E(S) = - \sum_{j=1}^n p_s(j) \log_2 p_s(j) \quad (2)$$

## 3. อัลกอริทึม Support Vector Machine (SVM)

เทคนิค SVM<sup>10</sup> เป็นเทคนิคอัลกอริทึมประเภท Supervised Learning Algorithm ที่คิดค้นโดย Vladimir N. Vapnik และ Alexey Ya. Chervonenkis ในปี 1963 โดยใช้หลักการสร้าง Hyperplane ที่เป็นเส้นตรงขึ้นมาดังสมการที่ (3) เมื่อ  $W^T$  คือ ความชันของเส้นตรง b คือ จุดตัดแกน y  $g(x)$  คือ พิกัดแกน y และ x คือ พิกัดแกน x เพื่อแบ่งกลุ่มของข้อมูลออกจากกันและคำนวณหาเส้นตรงเส้นใดที่ดีที่สุด โดย SVM มีข้อดีที่ไม่ค่อยเกิดปัญหา Overfitting มากเหมือนกับ Neural Network

$$g(x) = w^T x + b \quad (3)$$

## 4. อัลกอริทึม Naïve Bayes

เทคนิค Naïve Bayes<sup>11</sup> เป็นเทคนิคอัลกอริทึมประเภท Supervised Learning Algorithm โดยใช้หลักการความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขที่คิดค้นโดย Theorem Bayes เข้ามาพัฒนาทฤษฎีดังกล่าว สมมติฐานของสมการที่กำหนดให้การเกิดของเหตุการณ์ต่างๆ มีอิสระต่อกัน (Independence) ซึ่งการใช้งาน Bayes มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในงานด้าน Machine Learning เช่น sentiment analysis มีเหตุผลเนื่องจาก Bayes มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนแต่ให้ประสิทธิภาพที่สูง ใช้เวลาในการสร้างโมเดลไวกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ดังสมการที่ (4) เมื่อ  $p(c|x)$  คือ Posterior probability เป็นค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลที่มีแอตทริบิวต์เป็น x จะเป็นคลาส c  $P(c)$  คือ Prior probability เป็นค่าความน่าจะเป็นของคลาส คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ข้อมูลเป็นคลาส c มีแอตทริบิวต์ x และ  $P(x)$  คือ Predictor Prior probability เป็นจำนวนที่มีแอตทริบิวต์ x ทั้งหมดในข้อมูล

$$p(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)} \quad (4)$$

## 5. อัลกอริทึม Random Forest

เทคนิค Random Forest<sup>12</sup> เป็นเทคนิคอัลกอริทึมประเภท Supervised Learning Algorithm ที่คิดค้นโดย Ho ในปี 1995 โดยใช้หลักการสร้างโมเดลด้วย Decision Tree หลายๆ ต้น โดยในแต่ละ Decision Tree จะได้ Data และ Feature แบบ Random ไปเพื่อสร้างโมเดล หลังจากนั้นเมื่อจำแนกผลก็จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาโหวตหาค่าที่มากที่สุด ข้อดีของ Random Forest คือ ระยะเวลาในการจำแนกผลลัพธ์ที่สั้น เนื่องจากเป็น Decision Tree ที่ข้างในประกอบไปด้วยเงื่อนไข If-Else แต่มีระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองที่นานถ้าหาก

เลือกจำนวน Decision Tree เยอะขึ้นและถ้าปรับพารามิเตอร์ Maximal depth ที่ซึ่งหมายถึงระดับความลึกของ Decision Tree แต่ละต้น ระยะเวลาสร้างแบบจำลองก็จะมากขึ้นตามลำดับ

**วิธีการดำเนินงานวิจัย**

ในการดำเนินงานวิจัยประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดัง Figure 1

**1. Data collection**

ในการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยจะใช้ข้อความจากการโพสต์บน Twitter ของผู้ใช้งานทั่วไป โดยการเก็บข้อมูลผ่าน Twitter API บน RapidMiner Studio โดยในงานวิจัยจะแบ่งข้อมูล (Data set) ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ Training set และ Test set

Training set จะเป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อความที่รวบรวมจาก Twitter

โดยกำหนดจาก Hashtag ที่เกี่ยวกับ 9 ลักษณะอาการที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้าดัง Table 2 จาก Table 2 ในการใช้งาน Training set จะติด Label โดยการกำหนดอาการทั้ง 9 คือ ลำดับที่ 1-9 เป็น Negative คือ เป็นข้อความที่เข้าข่ายเป็นโรคซึมเศร้าและลำดับที่ 10 เป็น Positive คือ ข้อความที่ไม่เข้าข่ายเป็นโรคซึมเศร้า มีตัวอย่างข้อความดัง Table 2

Test set จะเป็นข้อมูลสำหรับทดสอบแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อความภาษาอังกฤษจาก Twitter ที่รวบรวมจากผู้ใช้งานที่เป็นดาราต่างประเทศที่ป่วยเป็นโรคซึมเศร้าจำนวน 15 คน และผู้ใช้งานที่เป็นดาราต่างประเทศแต่ไม่เป็นโรคซึมเศร้า 15 คน รวมทั้งหมด 30 คน โดยผู้ใช้งานแต่ละคนมีการโพสต์ข้อความมากกว่า 2 สัปดาห์ขึ้นไป

**2. Data Preprocessing**

Data Preprocessing เป็นขั้นตอนในการเตรียม

ข้อมูลก่อนนำเข้าอัลกอริทึม โดยใช้กับข้อมูล Train set และ Test set โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้ Regular Expression เป็นขั้นตอนในการกรองข้อความที่ไม่จำเป็นบางส่วนออก โดยใช้งาน Regular expression ผู้วิจัยเลือกกรองข้อความที่เป็นข้อความ Retweet โดยกำหนดค่าฟังก์ชันคือ "RT(.\*)" กรองข้อความที่เป็นลิงค์เข้าใช้งานเว็บไซต์โดยกำหนดค่าฟังก์ชันคือ "(https?|http)://[a-zA-Z0-9+&@#/%?=-\_!:. ; ]\*[a-zA-Z0-9+&@#/%?=-\_!:. ; ]\*" และกรองข้อความที่เป็นชื่อคนภายในโพสต์ โดยกำหนดค่าฟังก์ชันคือ "(@)[a-zA-Z0-9+&@#/%?=-\_!:. ; ]\*[a-zA-Z0-9+&@#/%?=-\_!:. ; ]\*"

Word Segmentation เป็นการทำข้อมูล Training set และ Test set เข้าไปขั้นตอนการตัดคำออกมาเก็บในถุงคำ (Bag of word)

Transform Cases เป็นการนำคำศัพท์ใน Bag of word มาแปลงเป็น Lower case เพื่อลดความหลากหลายของคำศัพท์

Filter Stop words เป็นการนำคำศัพท์มาตัดคำหยุดของภาษาอังกฤษ (Stop words) [13] เพื่อลดคำที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปจาก Bog of word

Weighting เป็นขั้นตอนในนำคำใน Bag of word มานับค่าในประโยคของ Train set และ Test set โดยให้อยู่ในรูปแบบ Numeric data เพื่อให้สามารถเข้าอัลกอริทึมคำนวณได้ โดยใช้วิธีการ Binary term occurrence ซึ่งเป็นการนับความถี่ในประโยค โดยค่าที่ตรวจพบจะให้ค่าน้ำหนักเป็น 1 และค่าที่ไม่พบจะให้ค่าน้ำหนักเป็น 0

Features Selection คือการลดจำนวนของคุณลักษณะ โดยใช้วิธีการ Information Gain ผู้วิจัยทำการเลือกคุณลักษณะโดยใช้เกณฑ์ Top-K=2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะและคุณลักษณะทั้งหมด

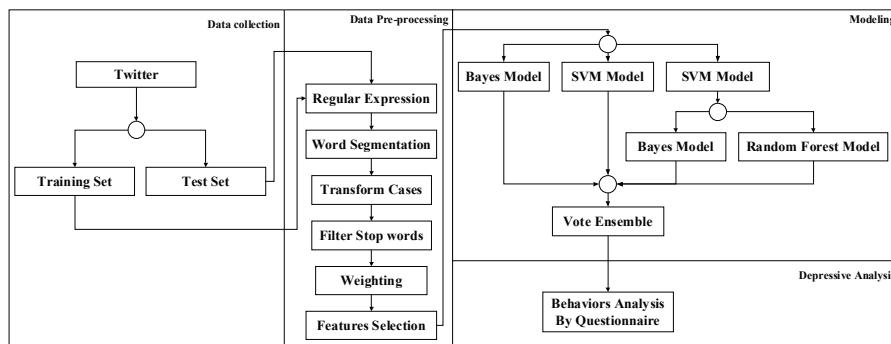


Figure 1 The proposed diagram

**Table 3** Top 20 feature frequency

No.	Feature	No.	Feature	No.	Feature	Feature	No.	Feature
1	things	6	tiredness	11.	tired	tired	16.	people
2	loss	7	esteem	12.	sleep	sleep	17.	bored
3	feeling	8	hopeless	13.	appetite	appetite	18.	sadness
4	self	9	happy	14.	get	get	19.	bra

### 3. Modelling

ในการสร้างแบบจำลองใช้งาน K-Fold Cross Validation โดยการกำหนดให้ K=10 และจะแบ่งเป็นการจำแนกเป็น 2 ระดับ ดังต่อไปนี้

จำแนกหนึ่งระดับ คือ ใช้อัลกอริทึม Bayes และอัลกอริทึม SVM ในการจำแนก Training set และ Test set โดยจำแนกข้อความทั่วไปและข้อความที่บ่งบอกถึงลักษณะอาการซึมเศร้าตามแบบสอบถาม DSM-5 ได้แก่ 1. อารมณ์ซึมเศร้า 2. ความสนใจลดลง 3. น้ำหนักลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ 4. นอนไม่หลับหรือนอนหลับมากกว่าปกติ 5. ร่างกายอ่อนเพลีย 6. รู้สึกตนเองไร้ค่า 7. สมาธิสั้น 8. เคลื่อนไหวช้า และ 9. คิดฆ่าตัวตาย

จำแนกสองระดับ คือ การใช้งานอัลกอริทึมซ้อนกัน 2 อัลกอริทึมโดยจะแบ่งเป็น 2 ชั้น ดังต่อไปนี้ ชั้นที่ 1 ใช้งานอัลกอริทึม SVM ในการจำแนก Training set และ Test set โดยที่จะจำแนกข้อความที่เข้าข่ายเป็นโรคซึมเศร้าและไม่เข้าข่ายเป็นโรคซึมเศร้าเท่านั้น

ชั้นที่ 2 ใช้งานอัลกอริทึม Bayes เปรียบเทียบกับอัลกอริทึม Random Forest โดยจำแนกข้อความที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้าออกเป็น 9 ลักษณะอาการ (อัลกอริทึม Random Forest กำหนดค่าตัวแปรดังนี้ Criterion ใช้ Gain ratio, Number of trees=100 และ Maximal=100)

สุดท้ายผลลัพธ์แต่ละ Class จะได้ค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละอาการที่เข้าข่ายซึมเศร้า ผู้วิจัยจึงได้

ทำการเลือกค่า Maximum Probability คือ การเลือกค่าความน่าจะเป็นที่มีค่าสูงที่สุด โดยที่ข้อมูล 1 Instant ผ่านแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง จะได้ค่าความน่าจะเป็นของ Class คำตอบคือ 9 Class แล้วนำค่าความน่าจะเป็นของ 9 Class มาทำการโหวตเลือกค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Probability) เพื่อเป็นคำตอบของการทำนายครั้งนั้น การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองในงานวิจัยนี้ใช้ค่าสถิติที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการการจำแนกโรคซึมเศร้าจากพฤติกรรมกรโพสต์ข้อความบนทวิตเตอร์โดยใช้ค่า Accuracy Precision Recall และ F-1

### 4. Depressive Analysis

หลังจากแบบจำลองสามารถจำแนกข้อมูลที่อยู่ในลักษณะอาการ 9 อาการได้อย่างแม่นยำแล้ว ในการวิเคราะห์ผู้ที่เข้าข่ายเป็นโรคซึมเศร้านั้น สามารถทำได้โดยการนับความถี่ของอาการแต่ละอาการในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยจะต้องขยับไปทุกๆ 1 วัน แล้วคำนวณความถี่ใหม่จนกว่าจะครบข้อมูลที่ทำนายของบุคคลนั้น

### ผลการทดลอง

#### 1. Features Selection

ในการสร้างแบบจำลองผู้วิจัยเลือกใช้งาน Information Gain ในการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยกำหนด Top-K คือ 2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะ และคุณลักษณะทั้งหมด มีตัวอย่าง 20 คุณลักษณะแรก ดังแสดงใน Table 3

**Table 4** Performance modeling SVM algorithm (2 Levels)

Feature	Accuracy	Precision Yes	Precision No	Recall Yes	Recall No	F-1
2,000	98.03%	99.27%	86.00%	98.60%	92.18%	98.93%
4,000	98.11%	99.27%	96.52%	98.65%	92.29%	98.96%
6,000	98.20%	99.27%	87.50%	98.75%	92.37%	99.01%
All	94.29%	99.82%	39.32%	94.24%	95.57%	96.95%

**Table 5** Algorithm performance modeling Bayes, SVM + Bayes and SVM + Random Forest

Feature	1 Level				2 Levels			
	Bayes		SVM		SVM + Bayes		SVM + Random Forest	
	Accuracy	F-1	Accuracy	F-1	Accuracy	F-1	Accuracy	F-1
2,000	82.55%	80%	96.18%	96%	83.23%	86%	91.45%	94%
4,000	78.58%	75%	94.64%	94%	78.81%	80%	88.31%	93%
6,000	76.66%	74%	92.28%	92%	79.00%	79%	82.77%	88%
All	70.52%	67%	91.76%	92%	72.34%	72%	63.82%	73%

**Table 6** Algorithm performance modeling Bayes, SVM + Bayes and SVM + Random Forest 2,000 features

Class	1 Level				2 Levels			
	Bayes		SVM		SVM + Bayes		SVM + Random Forest	
	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall
Depressive	83.86%	80.67%	98.48%	95.20%	83.32%	87.92%	90.39%	97.11%
Loss of interest	98.57%	86.21%	99.96%	92.23%	86.28%	98.67%	98.79%	97.82%
Appetite	72.85%	89.39%	99.14%	96.37%	89.18%	74.68%	95.31%	84.99%
Sleep	79.36%	76.20%	97.94%	93.63%	75.59%	79.31%	80.73%	95.46%
Thinking	82.40%	69.29%	98.20%	96.60%	70.00%	84.77%	87.58%	96.28%
Guilt	83.36%	88.95%	95.55%	88.00%	89.12%	82.45%	93.84%	96.79%
Tired	75.72%	86.54%	98.63%	96.30%	86.55%	76.10%	91.72%	83.72%
Movement	86.29%	85.54%	98.87%	90.47%	85.02%	88.40%	92.92%	82.64%
Suicidal	76.59%	78.24%	99.21%	91.97%	77.81%	78.54%	87.35%	97.15%
Normal	88.66%	77.34%	-	-	-	-	-	-

**Table 7** Algorithm performance modeling Bayes, SVM + Bayes and SVM + Random Forest 4,000 features

Class	1 Level				2 Levels			
	Bayes		SVM		SVM + Bayes		SVM + Random Forest	
	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall
Depressive	77.23%	73.81%	98.53%	91.47%	76.55%	81.14%	90.96%	95.13%
Loss of interest	98.57%	86.70%	99.96%	90.37%	86.82%	98.12%	97.94%	96.81%
Appetite	72.79%	86.04%	99.18%	93.27%	86.87%	74.77%	90.01%	85.04%
Sleep	72.76%	70.61%	98.54%	92.10%	70.53%	72.57%	79.11%	85.17%
Thinking	70.78%	57.04%	98.47%	94.37%	56.76%	71.65%	86.78%	94.56%
Guilt	77.11%	85.54%	99.52%	83.23%	85.52%	76.49%	84.83%	94.59%
Tired	70.89%	80.09%	98.45%	95.57%	78.92%	72.08%	89.75%	77.65%
Movement	79.35%	81.18%	98.99%	85.10%	80.09%	81.48%	88.13%	79.88%
Suicidal	68.82%	73.07%	99.09%	86.70%	71.76%	70.83%	83.01%	95.45%
Normal	84.17%	70.64%	-	-	-	-	-	-



**Table 8** Algorithm performance modeling Bayes, SVM + Bayes and SVM + Random Forest 6,000 features

Class	1 Level				2 Levels			
	Bayes		SVM		SVM + Bayes		SVM + Random Forest	
	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall
Depressive	76.60%	72.35%	98.12%	85.33%	77.26%	83.45%	83.05%	94.23%
Loss of interest	98.33%	87.19%	99.96%	89.07%	86.82%	98.37%	97.62%	96.46%
Appetite	72.94%	85.05%	99.33%	79.30%	86.04%	73.64%	78.48%	69.40%
Sleep	71.51%	69.71%	97.80%	91.80%	70.53%	72.53%	71.37%	91.93%
Thinking	66.41%	55.85%	97.47%	91.17%	58.10%	74.72%	82.53%	92.01%
Guilt	76.00%	84.92%	99.79%	79.27%	85.70%	77.77%	85.39%	90.69%
Tired	69.91%	78.39%	96.63%	94.60%	80.79%	72.10%	86.23%	64.00%
Movement	78.70%	80.36%	98.54%	78.90%	80.54%	83.07%	77.62%	75.70%
Suicidal	68.39%	72.61%	98.94%	83.80%	72.54%	69.52%	78.12%	90.64%
Normal	82.72%	68.56%			-	-	-	-

**Table 9** Algorithm performance modeling Bayes, SVM + Bayes and SVM + Random Forest all features

Class	1 Level				2 Levels			
	Bayes		SVM		SVM + Bayes		SVM + Random Forest	
	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall
Depressive	69.48%	66.25%	98.00%	85.10%	77.26%	83.45%	83.05%	94.23%
Loss of interest	98.13%	87.01%	99.96%	89.07%	86.82%	98.37%	97.62%	96.46%
Appetite	68.99%	79.88%	99.08%	86.10%	86.04%	73.64%	78.48%	69.40%
Sleep	63.20%	62.60%	97.43%	89.77%	70.53%	72.53%	71.37%	91.93%
Thinking	54.82%	42.96%	96.79%	87.57%	58.10%	74.72%	82.53%	92.01%
Guilt	70.07%	78.64%	99.58%	78.43%	85.70%	77.77%	85.39%	90.69%
Tired	63.28%	72.30%	95.73%	94.07%	80.79%	72.10%	86.23%	64.00%
Movement	70.19%	73.28%	97.59%	74.33%	80.54%	83.07%	77.62%	75.70%
Suicidal	60.68%	63.58%	98.53%	82.80%	72.54%	69.52%	78.12%	90.64%
Normal	77.72%	61.78%			-	-	-	-

**2. Performance of Training Set**

จากการสร้างแบบจำลองที่ใช้งาน Information Gain ในการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยกำหนด Top-K คือ 2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะและคุณลักษณะทั้งหมด การจำแนกหนึ่งระดับมีประสิทธิภาพดัง Table 5-9

จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างด้วยการคัดเลือกคุณลักษณะ 2,000 คุณลักษณะมีค่าความถูกต้องที่ดีที่สุด โดยอัลกอริทึม Bayes ได้ Accuracy=82.55% และอัลกอริทึม SVM ได้ Accuracy=96.18% การจำแนกแบบสองระดับ ชั้นที่ 1 อัลกอริทึม SVM ได้ประสิทธิภาพดัง Table 4 จากผลการทดลองพบว่าผลลัพธ์ทั้งหมดของแบบจำลองที่ถูกสร้างด้วยการคัดเลือกคุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะได้ค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยได้ค่า Accuracy=98.20% และชั้นที่ 2 อัลกอริทึม Bayes และอัลกอริทึม Random Forest มีประสิทธิภาพดัง Table 5-9 จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างด้วยการคัดเลือกคุณลักษณะ 2,000 ได้ค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยอัลกอริทึม Random Forest ได้ค่า Accuracy คือ 83.23% และอัลกอริทึม Random Forest ได้ค่า Accuracy คือ 91.45%

**3. Performance of Test Set**

สำหรับการวัดความถูกต้องของข้อมูลทดสอบแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อมูลของผู้ที่เป็นโรคซึมเศร้าจำนวน 15 คน และคนที่ไม่เป็นโรคซึมเศร้าจำนวน 15 คน โดยทดสอบกับแบบจำลองที่เลือกใช้งาน Information gain ในการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยกำหนด Top-K คือ 2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะและคุณลักษณะทั้งหมด และมีการกำหนดค่า Boundary ออกเป็น 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 ซึ่งเป็นการกำหนดเพดานของค่าความน่าจะเป็น ถ้าข้อความไหนมีค่าไม่ถึงค่าเพดานก็จะไม่นำมาทำการ Vote ensemble โดยมีผลการทดลองการจำแนกที่แบ่งออกเป็นสองระดับ คือ

การจำแนกหนึ่งระดับมีผลการทดลองดัง Figure 2-5 จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแก่การเป็นค่า Boundary ของ อัลกอริทึม Bayes อยู่ที่ 0.4 โดยได้ค่า Accuracy สูงสุด=76.67% และค่า Boundary ของอัลกอริทึม SVM อยู่ที่ 0.5 โดยได้ค่า Accuracy สูงสุด คือ 70.00%

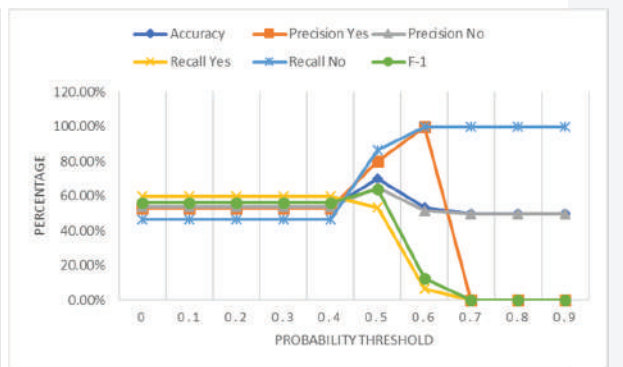
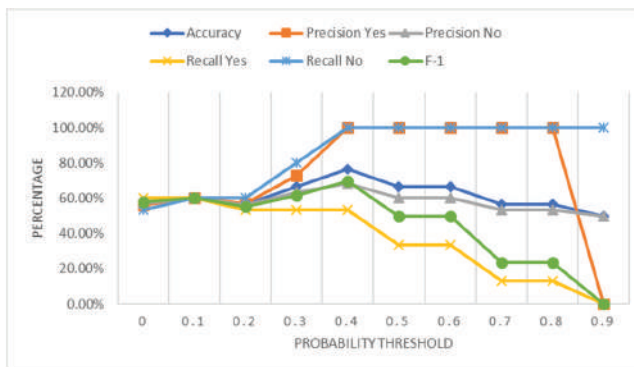


Figure 2 Performance Bayes model (Left) and SVM model (Right) by 2,000 features (1 Level)

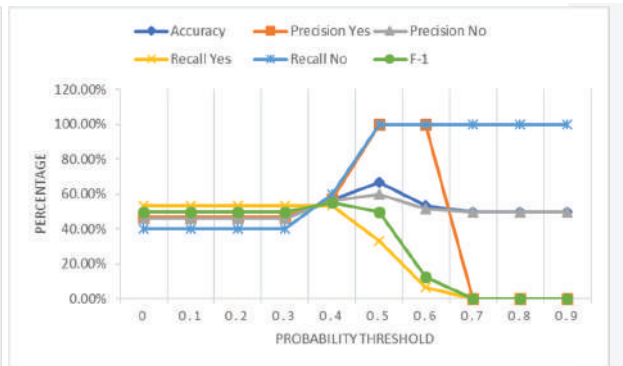
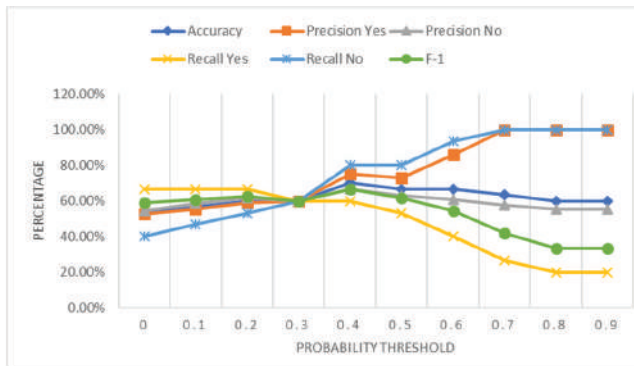


Figure 3 Performance Bayes model (Left) and SVM model (Right) by 4,000 features (1 Level)

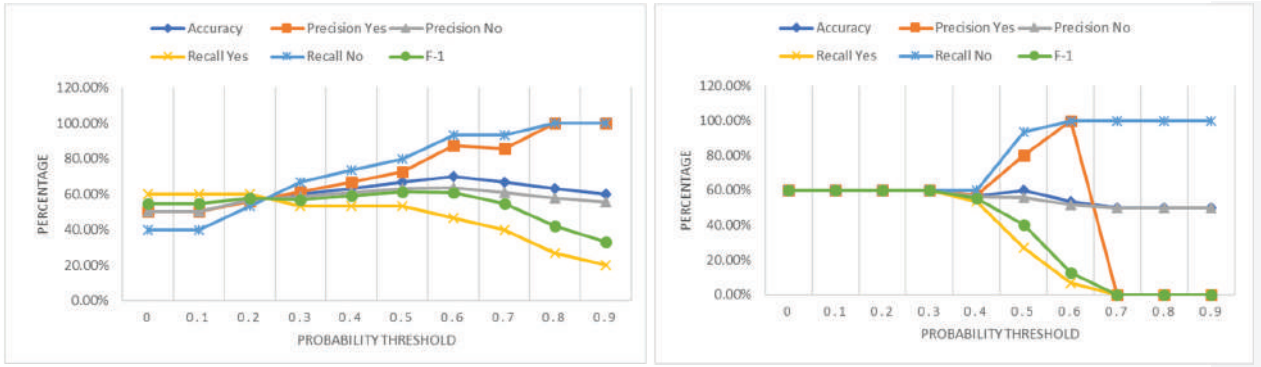


Figure 4 Performance Bayes model (Left) and SVM model (Right) by 6,000 features (1 Level)

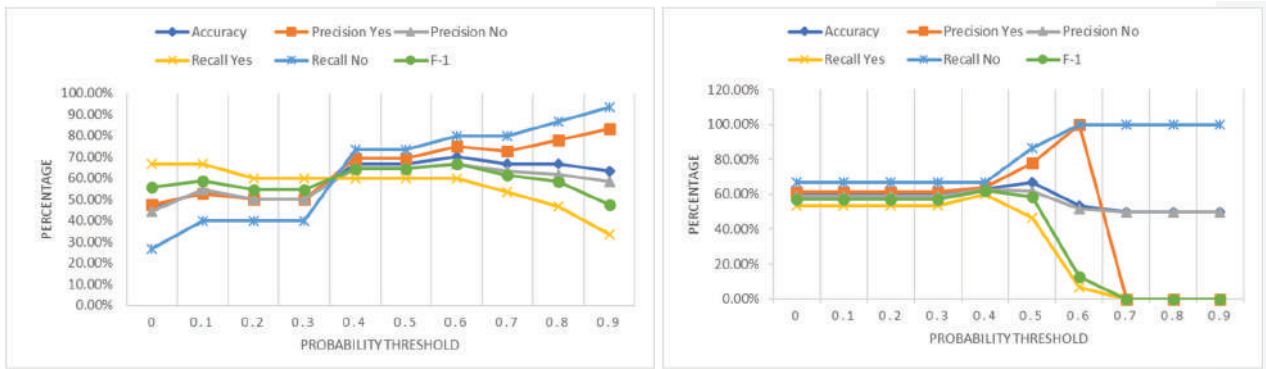


Figure 5 Performance Bayes model (Left) and SVM model (Right) by all features (1 Level)

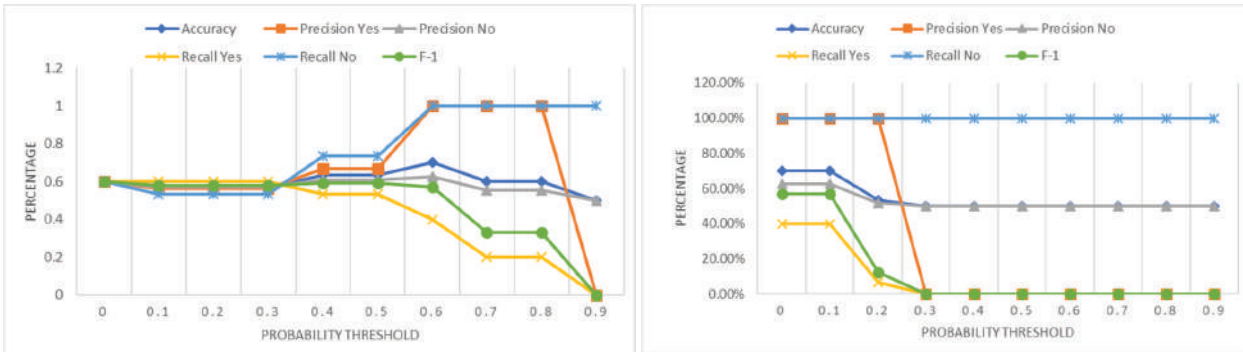


Figure 6 Performance SVM + Bayes model (Left) and SVM + Random Forest model (Right) by 2,000 features (2 Levels)

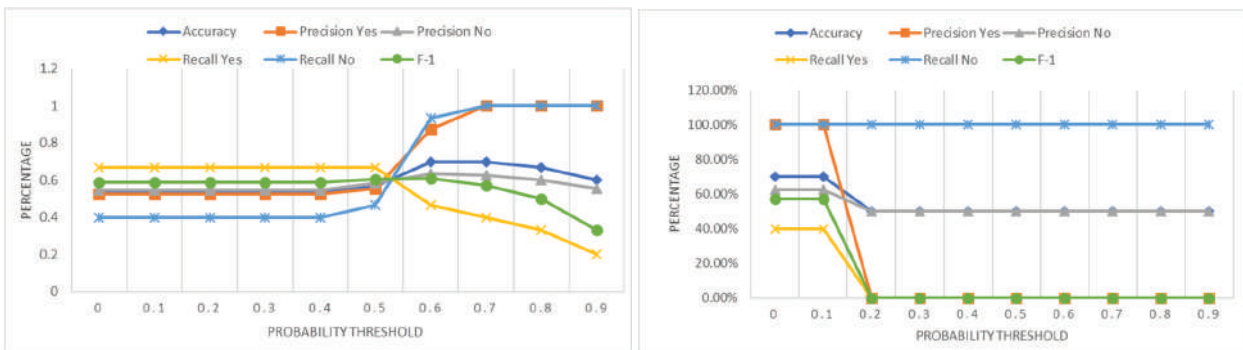


Figure 7 Performance SVM + Bayes model (Left) and SVM + Random Forest model (Right) by 4,000 features (2 Levels)

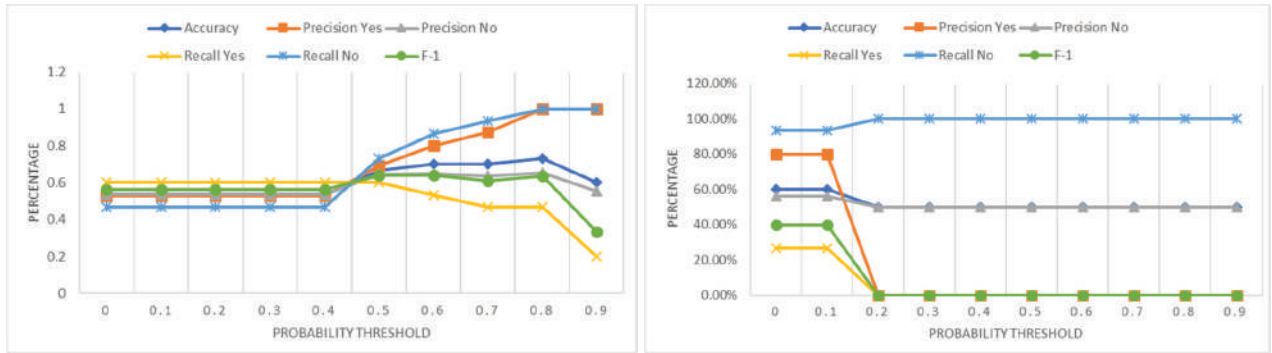


Figure 8 Performance SVM + Bayes model (Left) and SVM + Random Forest model (Right) by 6,000 features (2 Levels)

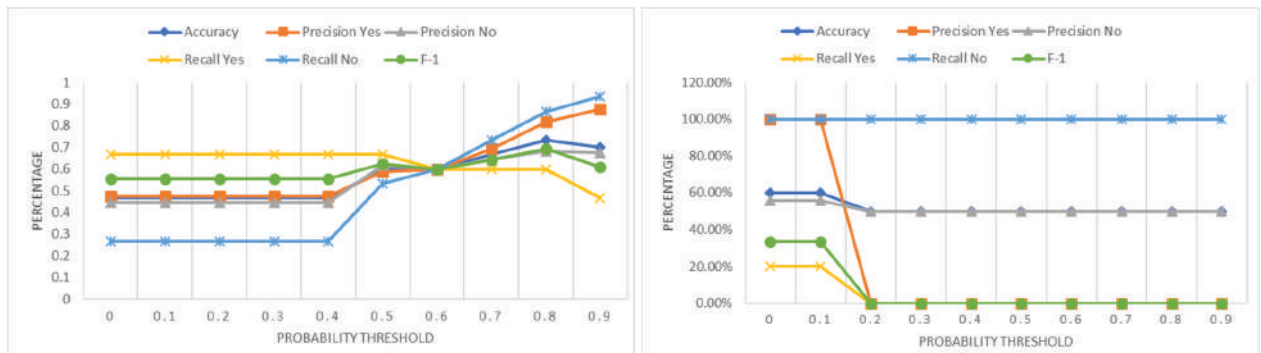


Figure 9 Performance SVM + Bayes model (Left) and SVM + Random Forest model (Right) by all features (2 Levels)

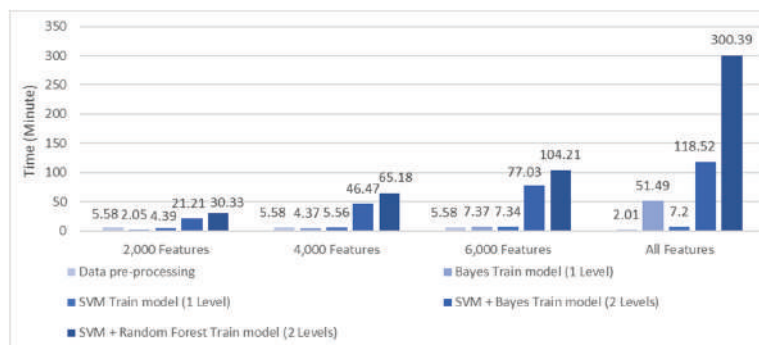


Figure 10 Performance time of train model

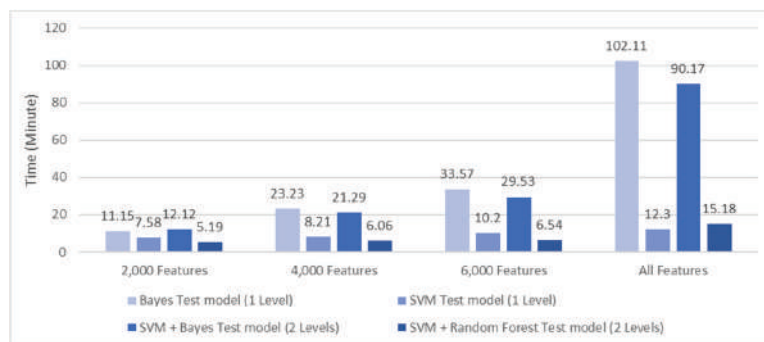


Figure 11 Performance time of test model



การจำแนกสองระดับมีผลการทดลองดัง Figure 6-9 จากการทดลองทั้งหมดพบว่าค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแก่การเป็นค่า Boundary ของอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Bayes อยู่ที่ 0.6 โดยได้ค่า Accuracy สูงสุด คือ 73.33% และอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Random Forest อยู่ที่ 0.1 โดยได้ค่า Accuracy สูงสุด คือ 70.00%

จากการทดลองทั้งหมดพบว่าค่าความน่าจะเป็นที่สูงสามารถกรองข้อความที่ไม่เข้าข่ายในอาการที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้าออกไป ทำให้จำนวนการจำแนกข้อความตามอาการได้ดี และการคัดเลือกคุณลักษณะเพื่อสร้างแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้งานการเลือกคุณลักษณะทั้งหมด เนื่องจากข้อมูลหลังจากการทำกระบวนการเตรียมข้อมูล คุณลักษณะมีมากเกินไป ทำให้การเลือกใช้งานการคัดเลือกคุณลักษณะ ให้ผลที่ดีกว่าการเลือกคุณลักษณะทั้งหมด

#### 4. Time (Performance)

ประสิทธิภาพของการใช้เวลาในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่

1. เวลาในการสร้างแบบจำลอง โดยจะแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ 1. ช่วงเวลาในการเตรียมข้อมูลชุด Training set โดยการทดลองจะเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกคุณลักษณะ โดยกำหนด Top-K คือ 2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะและคุณลักษณะทั้งหมดจนถึงการสร้างแบบจำลอง

2. ช่วงเวลาในการสร้างแบบจำลอง โดยการสร้างแบบจำลองจะมีการจำแนกหนึ่งระดับ คือ การใช้งานอัลกอริทึม Bayes และอัลกอริทึม SVM การจำแนกสองระดับ คือ การใช้งานอัลกอริทึม SVM คู่กับอัลกอริทึม Bayes เปรียบเทียบกับการใช้งานอัลกอริทึม SVM คู่กับอัลกอริทึม Random Forest ผลการทดลองดัง Figure 10 จากการทดลองพบว่าการสร้างแบบจำลองโดยการเลือก 2,000 คุณลักษณะได้เวลาน้อยที่สุดคือ 2.05 นาที เนื่องจากในขั้นตอนการเลือกคุณลักษณะโดยการใช้งาน Information gain มีการใช้เวลาในการคำนวณที่มาพอสมควรและการจำแนกหนึ่งระดับ มีการใช้เวลาน้อยกว่าสองระดับมากที่สุดถึง 28.28 นาทีที่ 2,000 คุณลักษณะ ส่วนการจำแนกสองระดับพบว่าการใช้งานอัลกอริทึม SVM คู่กับอัลกอริทึม Bayes มีการสร้างแบบจำลองที่เร็วกว่า SVM กับอัลกอริทึม Random Forest มากถึง 9.12 นาทีที่ 2,000 คุณลักษณะ

3. เวลาในการทดสอบแบบจำลอง โดยทดสอบข้อมูลชุด Test set กับแบบจำลองที่สร้างโดยคุณลักษณะ 2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะและคุณลักษณะทั้งหมด มีผลการทดลองดัง Figure 11 จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่า การใช้งานการจำแนกสอง

ระดับด้วยอัลกอริทึม SVM กับอัลกอริทึม Random Forest ที่ 2,000 คุณลักษณะให้ผลที่ไวกว่าการใช้จำแนกหนึ่งระดับและสองระดับมากที่สุดถึง 7.33 นาที เนื่องจากอัลกอริทึม Random Forest เป็นอัลกอริทึมที่มีต้นไม้ตัดสินใจอยู่ภายในและไม่ได้ใช้งานคุณลักษณะทุกคุณลักษณะมาคำนวณเหมือนอัลกอริทึม Bayes และ SVM จึงทำให้ผลลัพธ์ในการทดสอบข้อมูลได้ผลดีที่สุด

#### สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกรองข้อมูลจาก Twitter โดยการตัดข้อความที่เป็นการ Retweet การตัดข้อความที่เป็นลิงค์เข้าใช้งานเว็บไซต์ การตัดข้อความที่เกี่ยวข้องกับชื่อบุคคลที่ถูกแท็กในโพสต์และการตัด Stop word สำหรับการให้น้ำหนักเลือกใช้งานวิธีการ Binary term occurrence แล้วคัดเลือกแอดทริบิวต์ด้วย Information Gain ที่กำหนด Top-K=2,000 คุณลักษณะ 4,000 คุณลักษณะ 6,000 คุณลักษณะและคุณลักษณะทั้งหมด ในการสร้างแบบจำลองผู้วิจัยเลือกใช้การแบ่งข้อมูลโดยใช้วิธีการ 10-Fold Cross Validation โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

สำหรับการสร้างแบบจำลองด้วย Training set การจำแนกหนึ่งระดับที่ใช้งานอัลกอริทึม Bayes ในการสร้างแบบจำลองได้ Accuracy สูงสุด 82.55% และอัลกอริทึม SVM ได้ Accuracy สูงสุด 96.18% การจำแนกสองระดับที่ใช้งานอัลกอริทึม SVM ในการสร้างแบบจำลองการจำแนกข้อความทั่วไปกับข้อความที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้า มีค่า Accuracy สูงสุด 98.20% ต่อมาการสร้างแบบจำลองสำหรับจำแนกอาการที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้าอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Bayes มีค่า Accuracy สูงสุด 83.23% และอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Random Forest มีค่า Accuracy สูงสุด 91.45%

สำหรับการทดสอบแบบจำลองด้วย Test set ที่เป็นข้อมูลผู้ใช้งานที่เป็นโรคซึมเศร้าและไม่เป็นโรคซึมเศร้าจำนวนทั้งหมด 30 บุคคล โดยมีการกำหนด Boundary เพื่อหาช่วงการคัดเลือกค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมสำหรับการโหวต โดยกำหนด Boundary ที่ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 การทดลองแบ่งออกการจำแนกทั้ง 2 ระดับ การจำแนกหนึ่งระดับด้วยอัลกอริทึม Bayes ได้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมคือ 0.4 มี Accuracy สูงสุด 76.67% และ อัลกอริทึม SVM ได้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมคือ 0.5 มี Accuracy สูงสุด 70.00% การจำแนกสองระดับ อัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Bayes ได้ค่าความน่าจะเป็นเหมาะสมคือ 0.6 มี Accuracy สูงสุด 73.00% และอัลกอริทึม SVM จับคู่กับอัลกอริทึม Random Forest ได้ค่าความน่าจะเป็นเหมาะสมคือ 0.1 มี Accuracy สูงสุด 70.00%

จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่าเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะด้วย Information Gain มีผลทำให้เวลาในการสร้างแบบจำลองลดน้อยลงอย่างมาก โดยเฉพาะอัลกอริทึมที่ใช้เวลานานอย่าง Random Forest ลดเวลาการทำงานได้ถึง 270.06 นาที อีกทั้งการลดคุณลักษณะให้ได้จุดเหมาะสมทำให้ประสิทธิภาพของการทดสอบแบบจำลองเพิ่มขึ้นและในการเลือกใช้อัลกอริทึมเพื่อจำแนกโรคซึมเศร้าจากพฤติกรรมโพสต์ข้อความบนทวิตเตอร์ การใช้งานที่ดีที่สุดคือการจำแนกหนึ่งระดับด้วยอัลกอริทึม Bayes เนื่องจากให้ผลลัพธ์ในการทดสอบกับชุดข้อมูลในโลกความจริง (Real world data) ได้รับความถูกต้องที่ดีที่สุดคือ Accuracy=76.67% และได้ค่า Boundary ความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแก่การทำ Vote ensemble ที่ 0.4

จากจุดประสงค์ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสร้างแบบจำลองจำแนกหนึ่งระดับและจำแนกสองระดับเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการการจำแนกโรคซึมเศร้าจากพฤติกรรมโพสต์ข้อความบนทวิตเตอร์ จึงมีข้อเสนอแนะว่าข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองเพียงแต่ข้อความตัวอักษรในการทำนายโรคซึมเศร้าอาจจะไม่เพียงพอต่อการจำแนกพฤติกรรม ซึ่งการใช้งานข้อมูลอื่นๆ ของตัวบุคคล เช่น รูปภาพ อายุ ความสัมพันธ์ และเพศ อาจจะมีผลต่อการจำแนกพฤติกรรมที่เข้าข่ายเป็นโรคซึมเศร้าได้ และยังพบว่าคุณลักษณะที่ได้จากอาการแต่ละอาการที่มี 3,000 ข้อความ อาจจะไม่เพียงพอต่อการจำแนกลักษณะอาการดีพอ เนื่องจากในโลกความจริงนั้น มีข้อมูลจำนวนมาก อาจทำให้ความถูกต้องลดลงได้

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2562 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

### เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization (2018), *Depression*. (2019). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression>.
2. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (2015), *โรคซึมเศร้า ภัยร้ายใกล้ตัว*. (2019). <https://hsri.or.th/people/media/care/detail/6268>.
3. Yoon S, Taha B, Bakken S, Using a data mining approach to discover behavior correlates of chronic disease: a case study of depression. *Stud Health Technol Inform* ; 2014. P. 71–78.

4. Maryam H, Emmanuel A, Elke A. R, Using Hashtags as Labels for Supervised Learning of Emotions in Twitter Messages. In: *ACM Workshop on Workshop on Health Informatics*. New York USA ; 2014.
5. McManus K, Mallory E, Goldfeder R, Haynes W, Tatum J, Mining Twitter Data to Improve Detection of Schizophrenia. *AMIA Joint Summits on Translational Science* ; 2015. P. 122–126.
6. Anees U. H, Jamil H, Musarrat H, Muhammad S, Sungyoung L, Sentiment analysis of social networking sites (SNS) data using machine learning approach for the measurement of depression. *2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)* ; 2017. P. 138-140.
7. กรมสุขภาพจิต (2019). *โรคซึมเศร้ากับการเอาชีวิตรอด*. (2019). <https://www.dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=29531>.
8. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*. Washington DC: American Psychiatric Association ; 2013.
9. Quinlan JR. *Mach Learn 1: Induction of Decision Trees* ; 1986. P. 81-106.
10. Vapnik, Vladimir N. *Machine Learning: Support-vector networks* ; 1995. P. 273-297.
11. Russell S, Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach* ; 1995. P. 495–499.
12. Ho TK, Random Decision Forests. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Document Analysis and Recognition* ; 1995. P. 278–282.
13. RANKS NL (2019), *Default English stop words list*. (2019). <https://www.ranks.nl/stopwords>.

# วิธีการปรับปรุงคุณลักษณะสำหรับการจำแนกภาพใบหน้าที่ถูกบกรบกวนจากแสงโดยขั้นตอนวิธีผสมผสาน

## Feature improvement for classification of face images under varying light conditions using a hybrid algorithm

วิทัศน์ จาตุรงค์กร<sup>1\*</sup>, ฉัตรเกล้า เจริญผล<sup>2</sup>  
Witas Jaturongkorn<sup>1\*</sup>, Chatklaw Jareanpon<sup>2</sup>

Received: 25 December 2019 ; Revised: 12 February 2020 ; Accepted: 6 March 2020

### บทคัดย่อ

การปรับปรุงคุณภาพของภาพ เป็นขั้นตอนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าที่มีสิ่งรบกวนเช่น เงา และแสงให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ ในการสกัดคุณลักษณะและการรู้จำใบหน้า ในงานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาคุณภาพของภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาวะของแสงที่ไม่คงที่ เช่น อยู่ในที่มีมืดหรือสว่างเกินไปทำให้ใบหน้าบางส่วนหายไปจากภาพและไม่สามารถนำไปรู้จำใบหน้าแบบปกติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะใช้การผสมผสานวิธีการในการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าโดยใช้วิธีการ self quotient image เป็นหลัก และผสมผสานกับขั้นตอนวิธี weber, mean filter และ wavelet โดยทดลองกับฐานข้อมูลภาพใบหน้ามาตรฐานของ Yale B database ที่มีมของสภาวะแสงแตกต่างกันจากจำนวน 4 ชุดข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยพบว่าการผสมผสานวิธีการของ weber face + self quotient image + mean filter นั้นได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาบนภาพใบหน้าโดยประสิทธิภาพเฉลี่ยของการรู้จำใบหน้าอยู่ที่ 99.40%

**คำสำคัญ:** ภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาวะของแสงที่ไม่คงที่ ตัวกรอง การปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้า การรู้จำภาพใบหน้า พิกเซล

### Abstract

Image improvement is an important process for enhancing the quality of facial images under varying light condition in which shadow and light affects the performance of feature extraction and face recognition. This research proposed the development of image normalization for illumination, such as dark light and over light that creates some invisible face area and it is unable to use the normal face recognition process . This research uses self-quotient image as a main algorithm that to be hybridized with the weber, mean filter and wavelet methods. The standard dataset called Yale B database is used for demonstrating the performance of our proposed algorithm. The dataset is divided into 4 datasets. The self-quotient image together with weber face and mean filter creates the best result for reducing the illumination from shadow and light and helps improve the face recognition rate to reach 99.40%.

**Keywords:** face image under varying light condition, filter, improvement face image, face recognition, pixel

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัด มหาสารคาม 44150

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัด มหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master's degree, Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand

<sup>2</sup> Assistant professor, Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand

## บทนำ

การประมวลผลภาพ (image processing) เป็นงานที่มีเป้าหมายให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพต่างๆ ที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ เพื่อที่จะนำผลลัพธ์หรือสารสนเทศที่ได้นั้นไปใช้ประโยชน์ ซึ่งยังรวมถึงการจำแนกบุคคลในภาพใบหน้า โดยวิธีการคือการเทียบ (match) คุณลักษณะของภาพใบหน้ากับภาพใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งเรียกรวมกันว่า การรู้จำใบหน้า (face recognition) ในปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการในการรู้จำใบหน้าอย่างหลากหลาย ซึ่งแต่ละงานวิจัยได้นำเสนอเทคนิคต่างๆ ในการรู้จำใบหน้าเช่น การใช้ Principal Component Analysis (PCA)<sup>9</sup> ในการช่วยระบุตัวตนของบุคคลผู้เป็นเจ้าของใบหน้า เพื่อใช้ระบุตัวตนแทนพาสเวิร์ด<sup>10</sup> ต่อมาได้มีการพัฒนาด้านการปรับปรุงคุณภาพของภาพ (normalization) เพื่อให้ภาพมีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยมีเป้าหมายในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่เกิดขึ้นบนภาพใบหน้าซึ่งจะมีผลทำให้ภาพใบหน้าถูกบดบังไปบางส่วน ซึ่งวิธีการต่างๆ ที่ได้มีการนำเสนอมีหลากหลาย เช่น Homomorphic filter<sup>1</sup> Local Binary Pattern (LBP)<sup>2</sup> Self quotient image, Mean filter, Weber Face<sup>4</sup>, Wavelet Normalization เช่นในงานวิจัยของ Juanjuan และ คณะ<sup>13</sup> ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใหม่ในการรู้จำใบหน้าใน สภาวะที่แสงไม่คงที่ โดยการนำภาพไปผ่านกระบวนการ Morphological operation ทั้ง close และ open จากนั้นนำภาพมาผ่านกระบวนการ Self Quotient Image ซึ่งผลที่ได้นั้น ภาพที่ผ่านกระบวนการ Close operation มีประสิทธิภาพมากกว่า Open operation โดยทาง Juanjuan และคณะเรียกวิธีการของพวกเขาว่า Morphological Self Quotient Image (MQI) Hong และคณะ<sup>14</sup> ได้นำเสนองานวิจัยในการปรับปรุงใบหน้ารีแพทเทิร์น (Local Binary Pattern, LBP) ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการรู้จำใบหน้าในสภาวะที่แสงไม่คงที่ เพราะ LBP นั้นยังทำงานได้ไม่ดีพอทาง Hong และ คณะจึงได้ทำการเพิ่มขั้นตอนการ ปรับปรุงภาพเข้าไปโดยใช้วิธีการที่เรียกว่า DMQI (Dynamic Morphological Quotient Image) ซึ่งเป็นวิธีที่ Hong และคณะ ได้ปรับปรุงจากวิธีการ MQI ของ Juanjuan และคณะ<sup>13</sup> โดยการแบ่งภาพออกเป็น Block ขนาด 7x7 จากนั้นกำหนดค่าน้ำหนักลงในแต่ละส่วน จากนั้นจึงนำภาพไปผ่านกระบวนการ LBP ซึ่งเป็นวิธีการในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่ปรากฏในภาพใบหน้า Wang และ คณะ<sup>4</sup> ได้นำเสนองานวิจัยในการรู้จำภาพใบหน้าที่ได้รับผลกระทบของแสงและการใช้ Weber face โดยการสร้างเทมเพลตขนาด 9x9 ขึ้นมา จากนั้นจะทำการคำนวณโดยการเทียบค่าระหว่างค่าพิกเซลที่อยู่ตรงกลางกับค่าพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง และคำนวณโดยสมการที่ 2 เพื่อให้ได้ภาพที่ถูกขจัดผลกระทบของแสงและเงาออกไปทำให้มองเห็นองค์ประกอบของใบหน้าเช่น ดวงตา, จมูก และ ปาก ได้อย่างชัดเจน

ซึ่งผลการทดลองกับชุดข้อมูล Yale B Database ในงานวิจัยของ Wang และ คณะ อยู่ที่ 98.3% Jung และ Yin<sup>10</sup> ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำใบหน้าโดยใช้ SQI (Self Quotient Image) ร่วมกับ DWT (Discrete Wavelet Transform) ซึ่งเป็นการปรับปรุงการขจัดผลกระทบของแสง โดยการผสมผสานวิธีการ SQI และ DWT ซึ่งในงานวิจัยของ Jung และ Yin<sup>10</sup> นั้นได้ทำการนำภาพมาผ่านกระบวนการ DWT ซึ่งได้มีการปรับปรุงในส่วนของตัวกรองย่านความถี่ต่ำ (LL) และความถี่สูง (LH, HL, HH) โดยการเพิ่มค่าน้ำหนักเข้าไป ซึ่งเมื่อภาพผ่านกระบวนการนี้แล้วก็จะนำภาพไปผ่านตัวกรอง SQI ต่อไปซึ่งประสิทธิภาพในงานวิจัยของ Jung และ Yin ให้ค่าความแม่นยำในการรู้จำภาพใบหน้าเฉลี่ยอยู่ที่ 98.82% จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้พบว่ามีวิธีการในการขจัดผลกระทบของแสงมาผสมผสานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้าที่ดีขึ้น จึงนำมาสู่งานวิจัยฉบับนี้ซึ่งจะนำวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้านามผสมผสานระหว่างวิธี Self quotient image, Mean filter, Weber face และ Wavelet Normalization ทั้งสิ้น 3 วิธีการซึ่งทั้ง 3 วิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาจากภาพใบหน้าได้เป็นอย่างดีอ้างอิงจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำมาผสมผสานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น โดยในการขจัดผลกระทบของแสงในงานวิจัยนี้จะวัดประสิทธิภาพของตัวกรองแบบต่างๆ ทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสมผสาน ซึ่งในการผสมผสานนี้ จะมีการเพิ่มตัวกรองที่เรียกว่า Mean filter โดยตัวกรองนี้นิยมใช้เพื่อช่วยให้ภาพที่ผ่านการขจัดผลกระทบของแสงแล้วนั้นมีค่าพิกเซลใกล้เคียงกับภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันก่อนที่จะถูกนำไปสกัดคุณลักษณะ และเพื่อทดสอบว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้จำภาพมากขึ้นเพียงใด

## วัตถุประสงค์

เพื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าที่ได้ผลกระทบของแสงแบบผสมผสานที่มีประสิทธิภาพ

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาและนำเอาทฤษฎีทางด้าน การประมวลผลภาพ การจำแนก การสกัดคุณลักษณะและ วัดประสิทธิภาพดังนี้

### 1. ทฤษฎีการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย

ภาพที่ถูกผลกระทบของแสงและเงาจะทำให้ภาพบางส่วนขาดหายไป ทำให้การจำแนกภาพไม่มีประสิทธิภาพมากนัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนที่จะนำไปจำแนกภาพเพื่อขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่เกิดขึ้นบนภาพ โดยวิธีการที่นิยมใช้กันในการปรับปรุงคุณภาพของภาพมีดังนี้



### 1.1 Self quotient image (SQI)

Self quotient image นำเสนอโดย Wang และคณะ<sup>3</sup> มีพื้นฐานมาจากวิธีการของ Quotient image โดยเปลี่ยนจากการใช้ภาพหลายๆ ภาพนำมารวมกับภาพต้นฉบับ มาเป็นนำภาพใบหน้าเพียงภาพเดียวคือภาพต้นฉบับมาหารด้วยภาพต้นฉบับเดียวกันแต่ผ่านตัวกรอง ดังสมการที่ 1

$$SQI_{(x,y)} = \frac{I_{(x,y)}}{F * I_{(x,y)}} \quad (1)$$

โดยที่

$SQI$  คือภาพผลหาร(ผลลัพท์)

$I_{(x,y)}$  คือภาพต้นฉบับ

$F$  คือตัวกรอง

ในงานวิจัยของ Wang และคณะ ได้ใช้ตัวกรองแบบเกาส์เซียน ซึ่งแสดงใน Figure 1 ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างภาพใบหน้าต้นฉบับ (a) กับภาพใบหน้าทีผ่านกระบวนการ Self quotient image แล้ว (b)

### 1.2 Weber face (WF)

Weber face ได้ถูกนำเสนอโดย Wang และคณะ<sup>4</sup> เพื่อที่จะแก้ปัญหาภาพที่ได้รับผลกระทบของแสง ซึ่งจะเป็นการคำนวณระหว่างค่าความเข้มของพิกเซล (pixel) และพิกเซล ที่อยู่ใกล้เคียงจากนั้นจะคำนวณอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความแตกต่างของค่าความเข้มกับ พิกเซล ปัจจุบันแสดงในสมการที่ 2

$$W(x,y) = \arctan \left( \alpha \sum_{i,j} \frac{I(x_i,y_j) - I(x,y)}{I(x,y)} \right) \quad (2)$$

โดยที่

$\alpha$  คือ ค่าสเกลาร์

$I_{(x,y)}$  คือค่าพิกเซลที่อยู่ตรงกลางสำหรับใช้คำนวณกับพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง

$I(x,y)$  คือค่าพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงกับพิกเซลที่อยู่ตรงกลาง

ภาพใบหน้าทีผ่านกระบวนการ Weber face แสดงใน Figure 1 (c)

### 1.3 Wavelet transform (WT)

Wavelet transform ได้ถูกนำเสนอโดย Fan และคณะ<sup>5</sup> ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานประมวลผลภาพโดย ที่จำแนกภาพออกเป็น sub-band เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นบนภาพ โดยจะทำการนำภาพไปแยกผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ

(low-pass filter) และตัวกรองความถี่สูง(high-pass filters) ซึ่งจะแยกออกเป็น 4 sub-band ดังนี้ LL คือ ความถี่ต่ำที่พบได้เป็นส่วนมากในภาพต้นฉบับ LH และ HL และภาพทีผ่านการหาค่าสัมประสิทธิ์รวมเป็น 4 sub-band ในขั้นตอนของการแปลงแยกออกเป็น sub-band นี้จะทำการเพิ่มค่าน้ำหนักเข้าไปในส่วนของตัวกรอง LL LH และ HL จากนั้นจะทำการแปลงกลับเป็นภาพทีถูกจัดผลกระทบบของแสงและเงาซึ่งภาพทีผ่านตัวกรอง wavelet transform แสดงใน Figure 1 (d)

### 1.4 Mean filter (MF)

Mean filter<sup>12</sup> เป็นตัวกรองอย่างง่ายทีจะสร้างเทมเพลตขนาด 3x3 มาคำนวณโดยจะนำพิกเซลในภาพใกล้เคียงทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนของพิกเซลเป็นค่าเฉลี่ย ภาพใบหน้าทีผ่านตัวกรองจากค่าเฉลี่ยแสดงใน Figure 1 (e)

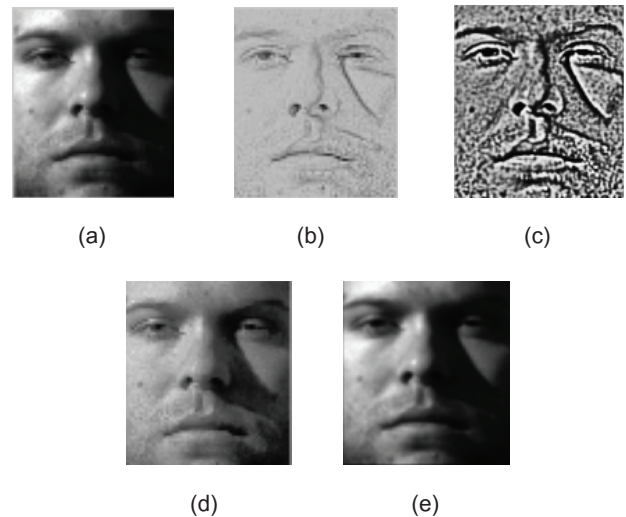


Figure 1 Original (a) SQI (b) WF(c) WT(d) MF(e)

จาก Figure 1 จุดประสงค์ของตัวกรองทีใช้ในการจัดผลกระทบบของแสงและเงาบนใบหน้า นั้น มีหลักการทางานคือ จะทำการคำนวณเพื่อลดค่าของพิกเซลให้อยู่ในทีอยู่ในภาพแต่ละพิกเซลให้มีค่าต่ำลง โดยใช้สมการในแต่ละวิธีการ ซึ่งผลลัพท์ทีได้มานั้นจะเป็นภาพทีถูกจัดในส่วนองเงาทีบดบังองค์ประกอบของใบหน้าและแสงทีสะท้อนบนใบหน้า โดยจะพยายามทำให้ภาพใบหน้าทีผ่านกระบวนการนี้สามารถมองเห็นองค์ประกอบของใบหน้า เช่น ตา จมูก และปาก เป็นต้น เพื่อทีจะทำการสกัดคุณลักษณะและนำไปสู่ขั้นตอนองการรู้จำใบหน้าต่อไป จาก Figure 1 จะพบว่าการจัดผลกระทบบของแสงและเงาบนภาพใบหน้าทีผ่านตัวกรองในแบบต่างๆ นั้น มีไม่เท่ากัน

## 2. การสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction)

Histogram of Oriented Gradient (HOG)<sup>6</sup> เป็นการสกัดคุณลักษณะด้วยค่าความถี่ของทิศทางของเกรเดียนท์ โดยภาพจะถูกแบ่งออกเป็นภาพย่อย (Block) ขนาด  $n \times n$  จากนั้นจะคำนวณเพื่อหาค่าเกรเดียนท์ในแนวแกนอน  $G_x$  และแนวตั้ง  $G_y$  ในทุกตำแหน่งของภาพ  $(x,y)$  ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4

$$G_x = f(x+1, y) - f(x-1, y) \quad (3)$$

$$G_y = f(x, y+1) - f(x, y-1) \quad (4)$$

จากสมการที่ 3 และ 4  $f(x, y)$  คือค่าความสว่าง ณ ตำแหน่ง  $(x, y)$  จากนั้นจะคำนวณหาค่าเกรเดียนท์แมกนิจูด (Gradient Magnitude) ด้วยสมการที่ 5

$$M(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (5)$$

จากนั้นจะสร้างค่าความถี่โดยคำนวณจากความถี่ของค่าทิศทางเกรเดียนท์ที่ปรากฏในแต่ละภาพย่อย โดยค่าทิศทางของเกรเดียนท์จะถูกจัดเก็บลงใน Orientation Bin ตามขนาดที่กำหนดไว้ ซึ่งการคำนวณทิศทางหามุมทิศทางของเกรเดียนท์คำนวณได้จากสมการที่ 6

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{G_x}{G_y} \quad (6)$$

ในการเก็บค่าความถี่ของทิศทางเกรเดียนท์จะใช้ภาพย่อยขนาด  $3 \times 3$  เซล ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์ย่อยทั้งหมด 9 เซลในแต่ละเซลล์จะมีทิศทาง 9 ทิศทาง แสดงใน Figure 2 โดยหลังจากคำนวณทิศทางของเกรเดียนท์ใน Block แล้วจะทำการเลื่อนไปยังตำแหน่งถัดไปจนครบทั่วทั้งภาพซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าของทิศทางเกรเดียนท์ที่ผ่านการคำนวณออกมา ซึ่งทิศทางที่เกรเดียนท์ชี้ไปนั้นจะเป็นขอบของภาพซึ่งคือเส้นต่างๆ ในภาพดังนั้นความถี่ของทิศทางเหล่านี้จะระบุแทนรูปร่างของภาพ

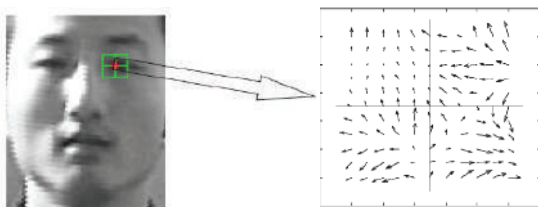


Figure 2 Simple image with HOG feature<sup>6</sup>

จาก Figure 2 จะพบว่า ลูกศรทิศทางเกรเดียนท์ชี้ไปทางทิศใดบ้างในแต่ละ Block โดยที่ จำนวนลูกศรที่ชี้ไปนั้นมีลูกศรที่ชี้ไปทางทิศใดบ้าง มีจำนวนเท่าใด นั่นคือ ค่าความถี่ของทิศทางเกรเดียนท์ ซึ่งจะระบุเป็นคุณลักษณะของภาพ

## 3. การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นขั้นตอนในการจำแนกข้อมูลว่าอยู่ในหมวดหมู่ประเภทไหน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นการจำแนกภาพของใบหน้าว่าภาพใบหน้านั้นเป็นของบุคคลใด

### 3.1 วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K-NN (K-Nearest Neighbour)

K-Nearest Neighbour<sup>7</sup> เป็นวิธีในการจำแนกกลุ่มของข้อมูล โดยจะกำหนดค่า K ซึ่งก็คือจำนวนของข้อมูลที่อยู่ใกล้กับข้อมูลที่ต้องการจัดกลุ่มโดยการวัดระยะห่างระหว่างข้อมูล จำนวนของข้อมูลที่อยู่ใกล้กับจุดที่ต้องการจะจัดกลุ่มโดยคิดจากค่า K เช่น หากกำหนด  $K=3$  ข้อมูลที่อยู่ใกล้กับจุดข้อมูลที่ต้องการจะจัดกลุ่มที่มีระยะห่างใกล้ที่สุด 3 ค่า ซึ่งการคำนวณระยะห่างจะคำนวณโดยใช้สมการวัดระยะทาง (Distance function) เช่น Euclidean distance<sup>8</sup> ซึ่งเป็นการหาระยะห่างระหว่างจุด 3 จุด  $p$  และ  $q$  ถ้า  $p=(p_1, p_2, \dots, p_n)$  และ  $q=(q_1, q_2, \dots, q_n)$  ดังนั้นระยะห่าง (Distance) ( $d$ ) จาก  $p$  ไป  $q$  หรือจาก  $q$  ไป  $p$  จะคำนวณได้ตามสมการที่ 7

$$d(p, q) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2} \quad (7)$$

จากสมการที่ 3 เป็นการหา Euclidean distance แบบ 2 มิติ ซึ่งประกอบไปด้วยแกน  $x$  และ แกน  $y$  ซึ่งนิยมใช้ในการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลซึ่งมี 2 คุณลักษณะ แต่ในงานที่ข้อมูลมีหลาย คุณลักษณะ นั้นจะใช้ Euclidean distance แบบ  $n$  มิติ ซึ่งแสดงในสมการที่ 8

$$d(p, q) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2} \quad (8)$$

## 4. การวัดประสิทธิภาพ

Confusion matrix<sup>11</sup> เป็นวิธีการในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการทำนายการจำแนกของข้อมูล เปรียบเทียบกับผลเฉลย แสดงใน Figure 3

		Prediction class	
		Class=Yes	Class=No
Actual class	Class=Yes	TP	FP
	Class=No	FN	TN

Figure 3 Confusion matrix

จาก Figure 3 TP (True Positive) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่สนใจ FP (False Positive) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดว่าเป็นคลาสที่สนใจ FN (False Negative) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่ไม่สนใจ TN (True Negative) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกมาเป็นคลาสที่ไม่สนใจ

Recall หรือค่าการระลึก คือค่าที่โปรแกรมทำนายได้ว่าจริงมีอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด คำนวณได้จากสมการที่ 9

$$Recall = \frac{TP}{TP+FP} \quad (9)$$

Specificity คือ ค่าที่โปรแกรมทำนายผิด เป็นอัตราส่วนเท่าไรของส่วนที่ทำนายได้จริง คำนวณได้จากสมการที่ 10

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FN} \quad (10)$$

Precision คือ ค่าที่โปรแกรมทำนายว่าจริงถูกต้องเท่าไร คำนวณได้จากสมการที่ 11

$$Precision = \frac{TP}{TP+FN} \quad (11)$$

Accuracy คือ ค่าที่บอกว่ามีการทำนายข้อมูลถูกต้องและมีค่าความแม่นยำเท่าไร คำนวณได้จากสมการที่ 12

$$Accuracy = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \quad (12)$$

## วิธีการวิจัย

### 1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลจาก ฐานข้อมูล Yale B database<sup>15</sup> ซึ่งประกอบด้วยภาพใบหน้าของบุคคล 38 คนซึ่งแต่ละคนประกอบด้วยภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาวะของแสงต่างๆ ที่ตกกระทบบนใบหน้า 64 แบบ รวมทั้งสิ้น 2,432

ภาพและ เป็นภาพที่ตัดมาเฉพาะส่วนของใบหน้า ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งภาพใบหน้าออกเป็น ชุดฝึกสอน 1 ชุดและชุดทดสอบ 4 ชุดตามมุมของแสงที่ตกกระทบบนภาพใบหน้าที่ดังนี้

1) ชุดฝึกสอนจะใช้ภาพใบหน้าที่แสงตกกระทบในมุมที่ 0° ถึง 10° มีจำนวน 532 ภาพแสดงดังภาพตัวอย่างใน Figure 4



Figure 4 Train dataset

2) ชุดทดสอบจะใช้ภาพที่แสงตกกระทบบนภาพใบหน้าที่อยู่ในมุมตั้งแต่ 15° ถึง 130° แบ่งออกเป็น 4 ชุดตามองศา ดังนี้ ชุดที่ 1 (15° ถึง 25°) มีจำนวนภาพใบหน้า 380 ภาพ ชุดที่ 2 (35° ถึง 60°) มีจำนวนภาพใบหน้า 608 ภาพ ชุดที่ 3 (70° ถึง 95°) มีจำนวนภาพใบหน้า 456 ภาพ และชุดที่ 4 (110° ถึง 130°) มีจำนวนภาพใบหน้า 456 ภาพซึ่งได้แสดงตัวอย่างภาพใบหน้าของแต่ละชุดทดสอบไว้ใน Figure 5-8



Figure 5 Test dataset 1





Figure 6 Test dataset 2



Figure 7 Test dataset 3

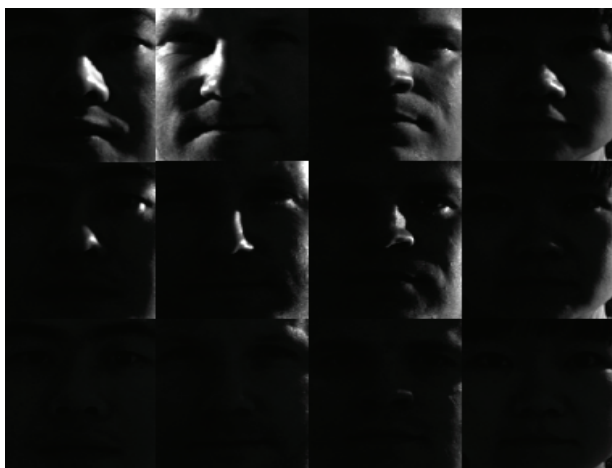


Figure 8 Test dataset 4

## 2. ขั้นตอนการวิจัย

กรอบการวิจัยนี้แสดงใน Figure 9 ซึ่งจะนำภาพแต่ละชุดข้อมูลทั้งชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพด้วยตัวกรองในแต่ละวิธีการ ซึ่งรวมทั้งสิ้น 9 กระบวนการ โดยแบ่งออกเป็นวิธีที่ใช้ตัวกรองแบบเดี่ยว 3 วิธี ได้แก่ SQI, WT และ WF ส่วนในขั้นตอนของการผสมผสานนั้น ในกรณีที่ใช้วิธีการผสมระหว่าง SQI, WT หรือ WF จะเริ่มจากวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้า แล้วภาพที่ผ่านกระบวนการนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด กล่าวคือ จะนำกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลน้อยที่สุดเริ่มจัดผลกระทบบก่อน จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลมากที่สุด ยกเว้นในส่วนของ Mean filter ที่จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการผสมผสานเพื่อทดสอบว่า จะมีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่ และในกระบวนการสุดท้ายจะเป็นการนำทุกกระบวนการมาผสมผสานกัน โดยเริ่มกระบวนการที่ทำให้ค่าพิกเซลเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยในที่นี้จะเริ่มจากกระบวนการ WT ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อรวมทั้งหมดแล้ว ในงานวิจัยนี้จะมีกระบวนการที่ใช้ทั้งหมด 9 กระบวนการ

กระบวนการที่ 1 SQI คือการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ SQI

กระบวนการที่ 2 SQI+MF คือการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วย Self quotient image จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter

กระบวนการที่ 3 WT คือการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Wavelet transform

กระบวนการที่ 4 WF คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Weber face

กระบวนการที่ 5 WT+SQI คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Wavelet transform จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Self quotient image

กระบวนการที่ 6 WF+SQI คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Weber face จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Self quotient image

กระบวนการที่ 7 WT+SQI+MF คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Wavelet transform จากนั้นจะนำไปผ่าน



กระบวนการ Self quotient image และนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter

กระบวนการที่ 8 WF+SQI+MF คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Weber face จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Self quotient image และนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter

กระบวนการที่ 9 จะเป็นการนำตัวกรองทั้งหมดมาใช้ร่วมกัน โดยเริ่มจากนำภาพมาผ่านตัวกรอง Wavelet transform จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Weber face แล้วนำไปผ่านกระบวนการ Self Quotient Image และสุดท้ายนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter ตามลำดับ

หลังจากที่ผ่านกระบวนการต่างๆ 9 วิธีการแล้วจะ

ทำการสกัดคุณลักษณะของข้อมูลในแต่ละกระบวนการด้วยวิธีการ หาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ และจะนำชุดฝึกสอนและชุดทดสอบที่ผ่านกระบวนการแต่ละกระบวนการมาจำแนกโดยใช้วิธีการ KNN กำหนดค่า K=5 เมื่อได้ผลลัพธ์การทำนายแล้วจะนำไปเปรียบเทียบกับผลเฉลยเพื่อวัดประสิทธิภาพโดยใช้ Confusion matrix ในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าความแม่นยำเป็นเกณฑ์ซึ่งในงานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำใบหน้าจะใช้คำว่า “ประสิทธิภาพในรู้จำใบหน้า” (Face recognition rate) ในการวัดประสิทธิภาพของตัวกรองแบบต่างๆ และจะทำการวัดประสิทธิภาพและเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลในชุดเดียวกันว่าในแต่ละชุดข้อมูล ตัวกรองที่ใช้วิธีการใดมีประสิทธิภาพมากที่สุดและหาค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในแต่ละวิธีการว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งกรอบการวิจัยในงานวิจัยนี้แสดงใน Figure 9

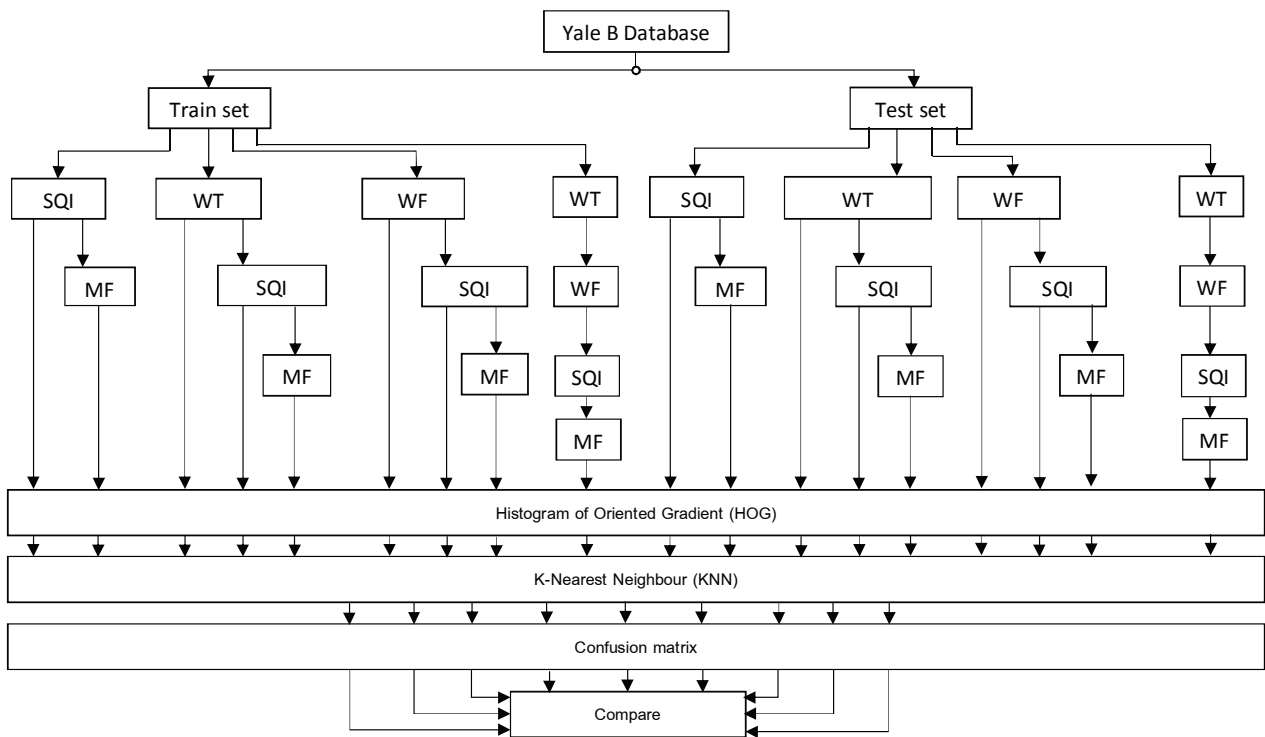


Figure 9 Flowchart

**ผลการวิจัยการปรับปรุงคุณภาพใบหน้า**

ภาพใบหน้าที่ผ่านมากระบวนการในการจัดสิ่งรบกวน ซึ่งในงานวิจัยนี้คือส่วนของภาพใบหน้าที่เกิดเงาบนภาพ ทำให้บางส่วนของภาพใบหน้าหายไป และส่วนของภาพใบหน้าที่เกิดการสะท้อนของแสงทำให้บางส่วนของภาพใบหน้าหายไปเช่นกัน โดยวิธีการที่นำมาใช้ในการทดลองนี้สามารถจัดผลกระทบในส่วนนี้ออกไปได้ ซึ่งตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือในส่วนของภาพใบหน้าที่อยู่ในมุมของแสงที่ตกกระทบบนภาพใบหน้าที่ 110° ขึ้นไป ซึ่งภาพนั้นได้ถูกบดบังด้วยเงาทำให้ภาพใบหน้าที่ปรากฏนั้นมีส่วนประกอบของใบหน้าไม่ชัดเจน ซึ่งในรูปแบบที่แสดงตัวอย่างของภาพใบหน้าที่ในข้อมูลชุดทดสอบที่ 4 จะแสดงใน Figure 10-12 จะเป็นการเปรียบเทียบของภาพใบหน้าที่ต้นฉบับที่ถูกผลกระทบของแสงและเงาเป็นอย่างมากกับภาพใบหน้าที่ผ่านการจัดผลกระทบของแสงและเงาด้วยวิธีการ Self quotient image, Wavelet transform และ Weber face

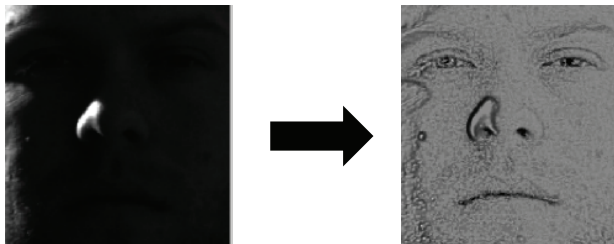


Figure 10 Self quotient image

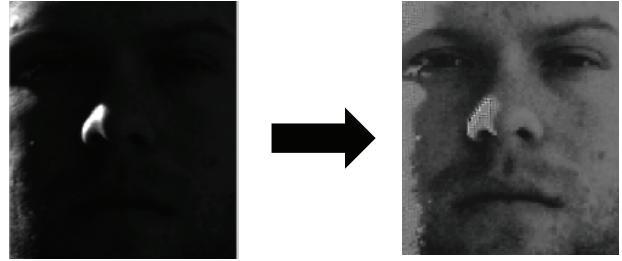


Figure 11 Wavelet transform

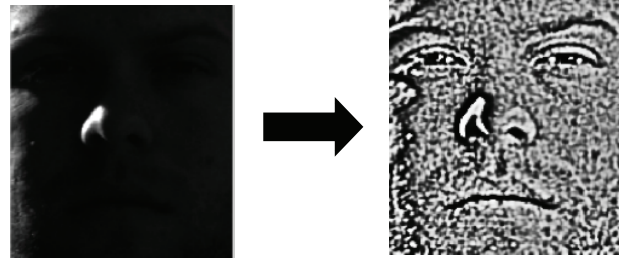


Figure 12 Weber face

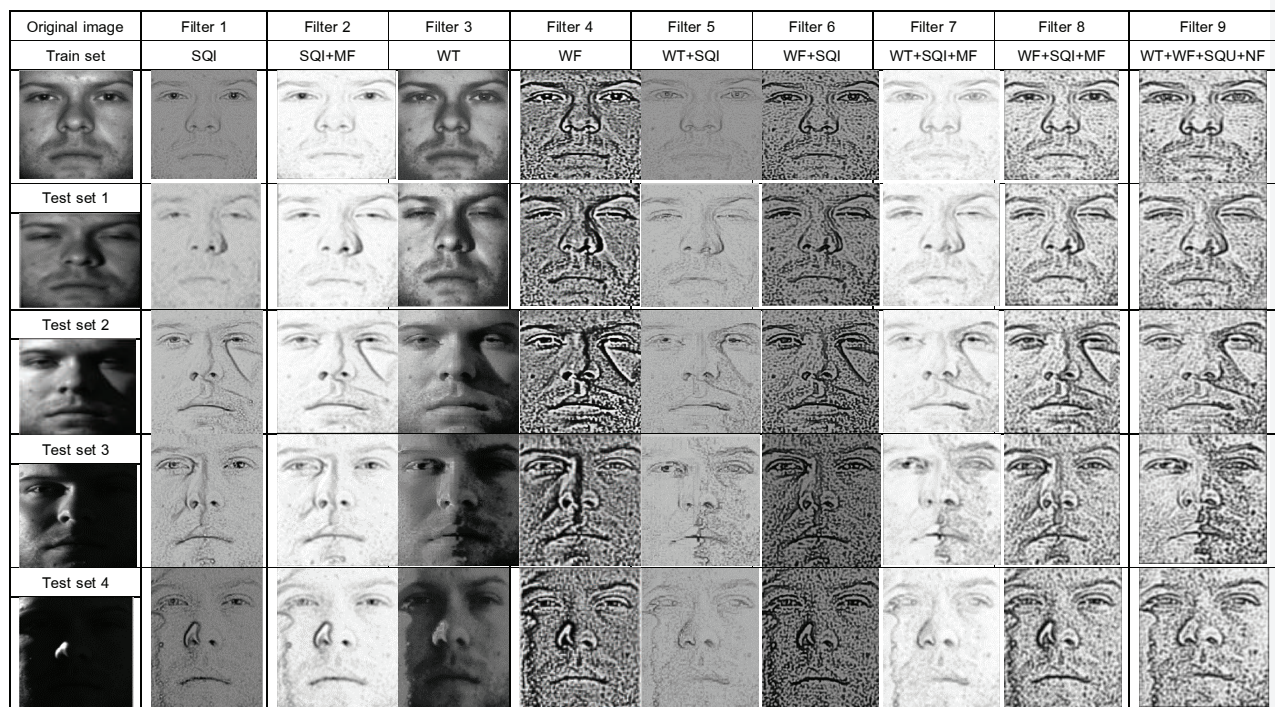
จากนั้นได้ทำการวัดประสิทธิภาพของโมเดลโดยการใช้ Confusion matrix ซึ่งผลการทดลองแสดงใน Table 1 และได้ทำการวัดประสิทธิภาพด้านเวลาในกระบวนการของการทดลองในชุดข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่ขั้นตอนในการสกัดคุณลักษณะไปจนถึงการจำแนกภาพใบหน้า และแสดงผลใน Table 2 และภาพใบหน้าที่ผ่านการบวนการปรับปรุงคุณภาพของใบหน้าใน 8 ขั้นตอน แสดงตัวอย่างใน Figure 13 โดยการเป็นการแสดงตัวอย่างของภาพใบหน้าที่ในชุดข้อมูลทดสอบตั้งแต่ 1 ถึง 4 โดยจะแสดงความแตกต่างของผลลัพธ์ของภาพใบหน้าที่ผ่านตัวกรองแต่ละตัว

**Table 1** Face recognition rate

Algorithm	Test dataset 1	Test dataset 2	Test dataset 3	Test dataset 4	Average	Percentage
SQI	99.49	98.35	94.95	91.22	96.00	%
SQI+MF	99.47	97.57	97.63	98.36	98.38	%
WT	99.76	96.87	88.15	81.57	91.58	%
WF	100	98.51	96.71	94.29	97.37	%
WT+SQI	99.49	98.19	96.71	96.05	97.61	%
WF+SQI	100	98.42	95.61	93.90	96.98	%
WT+SQI+MF	99.49	99.83	98.24	99.78	99.33	%
WF+SQI+MF	100	99.28	98.34	100	99.40	%
WT+WF+SQI+MF	100	99.25	98.31	100	99.39	%

**Table 2** Time rate

Algorithm	Test dataset 1	Test dataset 2	Test dataset 3	Test dataset 4	Average	Seconds
SQI	305.25	470.96	337.7	324.64	359.61	Seconds
SQI+MF	306.25	496.39	347.44	373.29	380.84	Seconds
WT	14.37	24.32	17.07	17.36	18.28	Seconds
WF	76.43	123.7	91.52	90.6	95.56	Seconds
WT+SQI	422.44	413.61	435.53	374.51	411.52	Seconds
WF+SQI	318.61	500.9	377.01	373.66	392.54	Seconds
WT+SQI+MF	442.67	464.18	448.63	392.61	437.02	Seconds
WF+SQI+MF	325.57	523.07	392.25	390.07	407.74	Seconds
WT+WF+SQI+MF	350.18	565.11	430.13	453.58	449.75	Seconds



**Figure 13** Original face images and images with improvement filter algorithm

## วิจารณ์ สรุปผลการทดลอง และงานที่จะทำในอนาคต (Future work)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวกรอง 3 วิธีการเพื่อขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่เกิดขึ้นบนภาพใบหน้า ได้แก่ตัวกรอง Self Quotient Image, Wavelet transforms และ Weber face โดยได้ทดลองทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสมผสานเพื่อทดสอบว่าเมื่อใช้ตัวกรองหลายชนิดร่วมกันแล้ว ประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้า นั้นเพิ่มขึ้นหรือไม่ จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. จากตัวกรองทั้ง 3 วิธีการนั้นเมื่อใช้เพียงวิธีการเดี่ยว ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ได้แก่ Weber face ซึ่งมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 97.37% และตัวกรองที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดคือ Wavelet transform ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 91.58%

2. เมื่อทำการใช้ตัวกรอง 2 วิธีการร่วมกัน ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดได้แก่ Wavelet transform + Self Quotient Image มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 97.61

3. Mean filter สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการรู้จำภาพใบหน้าได้ เนื่องจากหลังจากที่ภาพใบหน้าได้ผ่านตัวกรองเพื่อขจัดผลกระทบของแสงและเงาแล้ว Mean filter คือ วิธีการที่จะทำให้ภาพที่อยู่เป็นบุคคลคนเดียวเท่านั้น มีลักษณะใกล้เคียงกันมากขึ้น กล่าวคือ Mean filter จะทำการเฉลี่ยค่าพิกเซลที่อยู่ในภาพ ซึ่งหากภาพที่ได้นั้นเป็นภาพที่มีคุณลักษณะเป็นบุคคลเดียวกันแล้ว ค่าเฉลี่ยของพิกเซลที่อยู่ในภาพก็จะใกล้เคียงกัน เมื่อทำการสกัดคุณลักษณะ ก็จะได้คุณลักษณะของภาพที่ใกล้เคียงกัน

4. ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อทำการผสมผสานตัวกรองหลายวิธีการเข้าด้วยกัน พบว่าตัวกรองที่ให้ประสิทธิผลสูงสุดนั้นคือตัวกรองที่ทำการผสมผสานระหว่าง Weber face + Self Quotient Image + Mean filter โดยให้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 99.40% ซึ่งต่างจากการผสมผสานระหว่าง Wavelet transform + Self Quotient Image + Mean filter อยู่เพียง 0.07% และแตกต่างจากการใช้ตัวกรองทุกวิธีการร่วมกันทั้งหมดเพียง 0.01%

5. ทางด้านเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการนั้น มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ในการจัดเวลาในแต่ละกระบวนการนั้นจะเริ่มตั้งแต่การนำภาพไปผ่านตัวกรองชนิดต่างๆ เพื่อสกัดคุณลักษณะไปจนถึงขั้นตอนของการจำแนกโดยใช้ KNN ซึ่งตัวกรองที่ใช้เวลาน้อยที่สุดเมื่อใช้เพียงวิธีการเดี่ยวได้แก่ Wavelet transform โดยใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 18.28 วินาที ส่วนตัวกรองที่ได้ทำการผสมผสานกันแล้วใช้เวลาในน้อยที่สุดได้แก่ ตัวกรองที่ผสมผสานระหว่าง Weber face + Self Quotient Image + Mean filter โดยใช้เวลาอยู่ที่ 407.75 วินาที ซึ่งแตกต่างจาก

ตัวกรองที่ใช้ทุกวิธีการรวมกันอยู่ที่ 42.01 วินาที โดยที่ในการทดลองนี้ ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Matlab เวอร์ชัน R2014a ในการทดลอง และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นคอมพิวเตอร์ RAM 8 GB และ CPU Intel CORE I7 ในการทดลองจับเวลา

6. การนำไปใช้งานนั้น หากต้องการความรวดเร็วควรใช้วิธีการ Wavelet transform ซึ่งใช้เวลาน้อยในการประมวลผล แต่ถ้าต้องการประสิทธิภาพ ควรใช้วิธีการผสมผสานระหว่าง Weber face + Self Quotient Image + Mean filter ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดในการทดลองนี้

7. ในงานวิจัยนี้เป็นกรรผู้จำใบหน้าในภาพซึ่งภาพที่ใช้เป็นภาพนิ่ง ไม่มีการตรวจจับ (Detect) ในส่วนที่เป็นใบหน้า ดังนั้นงานที่จะทำต่ออาจเป็นการรู้จำใบหน้าจากภาพเคลื่อนไหว (Real time Face recognition) ซึ่งจะมีเรื่องของเวลาในการประมวลผลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นอาจจะต้องใช้ตัวกรองที่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยและได้ประสิทธิภาพมาก และการสกัดคุณลักษณะที่เหมาะสม

## เอกสารอ้างอิง

1. Tretiak O, Eisenstein B. Separator functions for homomorphic filtering. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 1976 Oct ; 24(5): 359–64.
2. Pan H, Xia SY, Jin LZ, Xia LZ. Illumination invariant face recognition based on improved Local Binary Pattern. In: *Proceedings of the 30<sup>th</sup> Chinese Control Conference*. 2011: 3268–72.
3. Wang H, Li SZ, Wang Y. Face recognition under varying lighting conditions using self quotient image. In: *Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2004 Proceedings*. 2004: 819–24.
4. Wang B, Li W, Yang W, Liao Q. Illumination Normalization Based on Weber's Law With Application to Face Recognition. *IEEE Signal Processing Letters*. 2011 Aug ; 18(8): 462–5.
5. Ghiass RS, Sadati N. Multi-view face detection and recognition under variable lighting using fuzzy logic. In: *2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*. 2008: 74–9.
6. Shu C, Ding X, Fang C. Histogram of the oriented gradient for face recognition. *Tsinghua Science and Technology*. 2011 Apr ; 16(2): 216–24.



7. Alotaibi S, Alharbi N, Kurdi H. Face recognition under varying illumination based on homomorphic filter and local binary patterns. In: *2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*. 2017: 585–91.
8. *Euclidean distance*. In: Wikipedia [Internet]. 2018. Available from: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Euclidean\\_distance&oldid=847686821](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Euclidean_distance&oldid=847686821).
9. Abbas EI, Safi ME, Rijab KS. Face recognition rate using different classifier methods based on PCA. In: *2017 International Conference on Current Research in Computer Science and Information Technology (ICCIT)*. 2017: 37–40.
10. Jung C, Yin J. SMI-based illumination normalization for face recognition based on discrete wavelet transform. In: *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 2016: 1664–8.
11. Susmaga R. Confusion Matrix Visualization. In: *Intelligent Information Processing and Web Mining* [Internet]. Springer, Berlin, Heidelberg ; 2004 [cited 2019 Sep 5]: 107–16. (Advances in Soft Computing). Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-39985-8\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-39985-8_12).
12. Vallepalli SS, Rajendran MM. Image De-noising using mean pixel algorithms corrupted with photocopier noise. In: *2012 19<sup>th</sup> International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*. 2012: 530–5.
13. Wang J, Wu L, He X, Tian J. A New Method of Illumination Invariant Face Recognition. In: *Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC 2007)*. 2007: 139–139.
14. Pan H, Xia SY, Jin LZ, Xia LZ. Illumination invariant face recognition based on improved Local Binary Pattern. In: *Proceedings of the 30th Chinese Control Conference*. 2011: 3268–72.
15. Georghiades, A. "Yale face database." *Center for computational Vision and Control at Yale University*. <http://cvc.cs.yale.edu/cvc/projects/yalefaces/yalefaces.html> (2002).

## คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม- กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน- ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิกและไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลง แก้ไข เนื้อหา รูปแบบ และสำนวนตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้ เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและนำไปอ้างอิงได้

### การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่จะต้องมีบทคัดย่อ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษ ควรได้รับความตรวจสอบที่ถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร Browallia New

3.1 ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา

3.2 ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ

3.3 หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา

3.4 หัวข้อรองใช้อักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา

3.5 บทคัดย่อและเนื้อหาใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวบาง

3.6 เชิงอรรถอยู่หน้าแรกที่เป็นรายละเอียดชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวบาง และใส่ Corresponding author

4. การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้เสนองานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง ได้แก่ ".doc" (MS Word) หรือ ".rtf" (Rich Text)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. จำนวนเอกสารอ้างอิงไม่เกิน 2 หน้า

7. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

8. การส่งบทความ ส่ง online ระบบ Thai Jo สามารถเข้าไปดูรายละเอียดที่ [www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

9. หากจัดรูปแบบไม่ถูกต้องทางวารสารจะไม่พิจารณาผลงาน

## บทความวิจัย/บทความวิชาการ ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

**ชื่อเรื่อง (Title)** ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลังของงานวิจัย ไม่ใช่คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

**ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)]** และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงบรรณานุกรมหน้าแรก เพื่อกองบรรณารักษะสามารถติดต่อได้ บทความย่อ (Abstract) เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเดิม มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ หรือไม่เกิน 10 บรรทัด และไม่ควรรู้คำย่อ

**คำสำคัญ (Keywords)** ให้ระบุไว้ท้ายบทความย่อของแต่ละภาษาประมาณ 4-5 คำสั้น ๆ

**บทนำ (Introduction)** เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารประกอบ

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods)** ให้ระบุรายละเอียด วัน เดือน ปีที่ทำทดลอง วัสดุอุปกรณ์ สิ่งที่น่าสนใจ จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลผล

**ผลการศึกษา (Results)** รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อนและมีตัวเลขไม่มากควรรู้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิแทน

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถาม การวิจัยซึ่งเป็นแนวทางการสำหรับการวิจัยต่อไป

**ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams)** ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายสั้น ๆ เป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

**กิตติกรรมประกาศ (Adcknowledgements)** ระบุนั้นๆ ว่างานวิจัยได้รับงานสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

**เอกสารอ้างอิง (References)** ระบุนายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ Vancouver Style ดังตัวอย่างข้างล่าง และสามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ [www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

## การเขียนเอกสารอ้างอิงแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style)

เมื่อนำผลงานของบุคคลอื่น ไม่ว่าจะบางส่วนหรือทั้งหมดมาอ้างอิงในงานนิพนธ์ให้ใส่ตัวเลขกำกับที่ท้ายข้อความนั้น เรียงตาม ลำดับ 1,2,3,... โดยใช้ตัวเลขอารบิก และยกขึ้น (superscript) แล้วรวบรวมเป็นรายการอ้างอิง (Reference list หรือ Bibliography) ที่ส่วนท้ายของงานนิพนธ์

### 1. การอ้างอิงหนังสือ

**รูปแบบ:** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. สถานที่เมืองพิมพ์: สำนักพิมพ์ ; ปีที่พิมพ์. p 22-5. (ชื่อชุด; vol 288).

**ตัวอย่าง:** Getqen,TE. Health economics: Fundamentals of funds. New York: John Wiley & Son; 1997. P. 12-5 (Annals of New York academy of science; voll 288).

ชมพูนุช อ่องจิต. คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539

### 2. การอ้างอิงจากวารสาร

**รูปแบบ:** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์ เดือนย่อ 3 ตัวอักษร วันที่ ; ปีที่ (ฉบับที่): เลขหน้า.

### ตัวอย่าง:

#### ก. วารสารไม่เรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FK, Coppell AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, *Biochem Pharmacol* 1998 Mar 1 ; 55(5): 697-701.

พิจารณา เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนรุ่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. *นักบริหาร* 2547 ; 24(2): 31-6.

#### ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FD, Coppell AL Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, *Biochem Pharmacol* 1998 ; 55: 697-701.

พิจารณา เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนรุ่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. *นักบริหาร* 2547 ; 24(2): 31-6.

### 3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา เดือน (ย่อ 3 ตัว) วันที่ ; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์ ; ปีที่พิมพ์. P.1561-5.

ตัวอย่าง: Bengtsson S, solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical informatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. *MEDINFO 92. Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics*; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland ; 1992. P.1561-5.

พิทักษ์ พุทธรชัชย, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้น การสุขของพริก. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15. สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ ; 2541. หน้า 142-9.

### 4. การอ้างอิงจากพจนานุกรม

รูปแบบ: ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์ ; ปีที่พิมพ์. หน้า.

ตัวอย่าง: *Stedmin's medical dictionary*. 26<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins ; 1995. Apraxia ; p. 119-20.

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

### 5. การอ้างอิงจากหนังสือพิมพ์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ ปี เดือน วัน ; Sect.: sohk 15.

ตัวอย่าง: Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. *The Washington Post* 1996 Jun 21 ; Sect. A: 3(col.5).

พรรณี รุ่งรัตน์. สทศ ตั้งทีมพัฒนาข้อสอบระดับชาติมั่นใจคุณภาพ. *เดลินิวส์* 12 พฤษภาคม 2548.

### 6. อ้างอิงจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสารอิเล็กทรอนิกส์ [หรือ serial online] ปีที่พิมพ์เอกสาร ถ้าจำเป็นระบุเดือนด้วย; Vol no (ฉบับที่): [จำนวนหน้าจากการสืบค้น]. ได้จาก: URL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> วันที่ เดือน ปี ที่ทำการสืบค้น (เขียนเต็ม).

ตัวอย่าง: More SS. Factors in the emergence of infectious disease, *Emerh Infect Dis* [serial online] 1995 Jan-Mar ; (1): [24 screene]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. *วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ตุลาคม-ธันวาคม (17): 2542* ได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html> May 13 2005.



## Intruccion for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are Accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be Revised as appropriate to the standard. The manuscript must be interesting topic, review knowledge, modern knowledge, and academic comments that are beneficial to readers. The journal publishes 6 issues a year. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December).

### Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. The use of Thai language adheres to the principles of vocabulary, transliteration in English according to the principles of the Royal Society of Thailand. Manuscript should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. Mixing Thai and English should be avoided except for the case of necessity, such as academic vocabulary with no translation or mixing words for easier understanding. English vocabulary written in Thai must use all lowercase except for unique names. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscript should be on A4 standard size paper. Each side must have 1” margins with 2 columns.

3. Browallia New font is required with font size as follows:

3.1 Title of the article: 18 pt. Bold

3.2 Name(s) of the authors: 16 pt. Unbold

3.3 Main Heading: 16 pt. Bold

3.4 Sub-heading: 14 pt. Bold

3.5 Body of the text: 14 pt. Unbold

3.6 Footnotes for authors and their affiliations: 12pt. Unbold, must be cited at the bottom of the first page.

4. Manuscripts should be typed in MS word “.doc” or “.rtf” (Rich Text)

5. The number of pages are limited to 12 pages, including references, tables, graphs, or pictures.

6. References are limited to 2 pages

7. Types of manuscripts: research articles and review articles.

8. Manuscript submission : online submission at [www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

9. Manuscript with uncorrected format will be rejected

### Research article / review article must be in sequence as follows:

**Title:** denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters.

**Name(s) of the author(s) :** denoted with affiliation must be in Thai and English, academic position must be specified, and email address for contact the author.

**Abstract:** This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important of findings t. Authors should attempt to restrict the abstract to no more than 300 words. Thai and English is required.

**Keywords:** Give 4-5 concise words to specify your article

**Introduction:** This section is the initial part of the article, contain information about background, reasons, purposes, and review section.

**Materials and Methods:** A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation

**Results:** Present the output. List the information in complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

**Discussion and Conclusion:** Discuss how the results are relevant/oppose to the objective and hypothesis. How the result is different/relevant when comparing to the former findings. Give us your reason why result is like that based on reliable researches. This part should end with suggestions for research utilization or providing questions for future studies.

**Tables, figures, diagrams:** Selected only necessary objects to insert in the body of manuscript in accordance with the description in the text. The short description is required in English with completely meaningful. For figures and diagrams, the description is below the picture. But, for table, the description is on top of the table.

**Acknowledgement:** the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

**References:** listed and referred in Vancouver style. ([www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th))

### **Vancouver style references:**

When work of another person whole or in part to refer in your work, it should be in sequence 1,2,3 using numeric with superscript. Then, author must have reference list or bibliography at the final parts of your manuscript.

#### **1. Book**

Getgen, TE. Health economics: Fundamentals of funds. New York: John Wiley & Son; 1997. P. 12-5 (Annals of New York academy of science; voll 288).

#### **2. Journal**

Russell FK, Coppell AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, *Biochem Pharmacol* 1998 Mar 1;55(5):697-701

Russell FD, Coppell AL Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, *Biochem Pharmacol* 1998;55:697-701

#### **3. Conference proceedings**

Bengtsson S, Solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical informatics. In: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7th World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.

#### **4. Dictionary**

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

#### **5. Newspaper**

Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. *The Washington Post* 1996 Jun 21; Sect. A: 3(col.5).

#### **6. E-book**

More SS. Factors in the emergence of infectious disease, *Emerg Infect Dis* [serial online] 1995 Jan-Mar; (1): [24 screens]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

## **Aim and Scope:**

The Journal of Science and Technology aims to disseminate of scientific knowledge in the discipline of Mathematics, Science, Technology, Engineering, Agriculture, Medicine, Health Science, Interdisciplinary in science and tehnology. The journal publishes both research article and review article.

## **Ownership**

Maharakham University

Editorial Office

Division of Research Facilitation and Dissemination,

Khamriang Sub-distict, Kantharawichai District,

Maha Sarakham Province 44150

Tel & Fax: 0 4375 4238 ext. 1754

## **Advisors**

President of Maharakham University

Professor Dr. Visut Baimai

Professor Dr. Vichai Boonsaeng

## **Editor-in-Chief**

Professor Dr.Preecha Prathepha

## **Assistant Editors**

Professor Dr.Pairot Pramual

Maharakham University

Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich

Maharakham University

Associate Professor Dr.Sirithon Siriamompun

Maharakham University

Associate Professor Dr.Vallaya Sutthikhum

Maharakham University

## **Editorial Board**

Professor Dr.Thaweesakdi Boonkerd

Chulalongkorn University

Professor Dr.La-orsri Sanoamuang

Khon Kaen University

Professor Dr.Supannee Promthet

Khon Kaen University

Professor Dr.Praneer Anprung

Chulalongkorn University Professor

Dr.Niwat Sonoamuang

Khon Kaen University

Professor Dr.Anongrit Kangrang

Maharakham University

Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun

Maharakham University

Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun

Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul

Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Chantana Aromdee

Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong

National Institute of Development Administration

Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo

Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub

Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng

Khon Kaen University

Associate Professor Yuen Poovarawan

Kasetsart University

Associate Professor Dr.Bungon Kumphon

Maharakham University

Associate Professor Dr.Sirikasem Sirilak

Naresuan University

Assistant Professor Dr.Chawalit Boonpok

Maharakham University

Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana

Ubon Ratchathnsni Rajabhat University Assistant

Professor Dr.Seckson Sukhasena

Naresuan University

Assistant Professor Dr.Apinya Wongpiriyayothar

Maharakham University

Assistant Professor Dr.Alongkorn Lamom

Maharakham University

Assistant Professor Dr.Natapol Pumipuntu

Maharakham University

Dr.Rakjinda Wattanalai

Siam University

Dr.Somnuk Puangpronpitag

Maharakham University

Dr.Adrian R. Plant

Maharakham University

## **Secretary**

Chaweewan Akkasesthang

## **Assistant secretary**

Phakwilai Rungwisai

Jirarat Puseerit

## **Six issues per year**

Number 1 January - February

Number 2 March - April

Number 3 May - June

Number 4 July - August

Number 5 September - October

Number 6 November - December