



# วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2563

ISSN 2408-266X

Volume 6 No.1 January-June 2020



## บทความวิจัย

- Effect of pregelatinized starch on dissolution of paracetamol extended release bilayer tablets
- การศึกษาเบื้องต้นของสปอร์เห็ดหลินจือที่ผ่านการกะเทาะต่อระดับอิมมูโนโกลบูลินและความปลอดภัยในผู้ป่วยมะเร็งหลังได้รับยาเคมีบำบัดครบการรักษา
- แพลตฟอร์มการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือภายในโดยใช้เทคโนโลยี Narrowband-Internet of Things (NB-IoT)
- โปรแกรมรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจ
- การพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าในการผลิตแผ่น PCB โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
- การพัฒนาเครื่องตีมน้ำสับประดสปาร์คกลิ้งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดง (*Zea mays* L.) สายพันธุ์ราชินีทับทิมสยาม
- ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำผิวดินในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในจังหวัดฉะเชิงเทรา
- ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล



**วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**  
**ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2563**  
**ISSN 2408-266X**

**วัตถุประสงค์**

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

**กำหนดเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ**

ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน  
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

**เจ้าของ**

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**ที่ปรึกษา**

รองศาสตราจารย์ ดร.อุไรพรรณ เจนวาณิชยานนท์                      อาจารย์ ดร.จำรูญศรี พุ่มเทียน

**หัวหน้ากองบรรณาธิการ**

อาจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ สุภักด์ดำรงกุล

**กองบรรณาธิการ**

รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร ฉางทรัพย์  
รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูรศักดิ์ เปลื้องผล  
อาจารย์ ดร.สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา  
อาจารย์ ดร.ชัชวาลย์ ช่างทำ  
อาจารย์ ดร.นพมาศ อัครจันทโชติ  
ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สุขสำราญ  
ศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์  
ศาสตราจารย์ ดร.อรรพรรณ ชัยสถากุล  
ศาสตราจารย์ ดร.พีรพรรณ ต้นอารีย์  
ศาสตราจารย์ ดร.อรษา สุตเธียรกุล  
ศาสตราจารย์ ดร.วรารุณี ครุสง  
ศาสตราจารย์ ดร.วิไล รังสาดทอง  
รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลยุตต์ วรรณสว่าง  
รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ภาสันต์

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
มหาวิทยาลัยรามคำแหง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยมหิดล  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
สถาบันวิทยสิริเมธี



รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์  
 รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดิ์  
 รองศาสตราจารย์ ดร.โกสุม จันทรศิริ  
 รองศาสตราจารย์ ดร.สิริธร สโมสรร  
 รองศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี สายหยุดทอง  
 รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี พงศ์เสรี  
 รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติการ สายธนู  
 รองศาสตราจารย์ ดร.จันทนา จันทราพรชัย  
 รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติพิศ ศรีไพศาลพิพัฒน์  
 รองศาสตราจารย์ ดร.ธิดิมา รุกขไชยศิริกุล  
 รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมศิลป์ ปิ่นสุข  
 รองศาสตราจารย์ นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา จูอนุวัฒน์กุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา มหากาญจนกุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ ไชยนอก

มหาวิทยาลัยมหิดล  
 มหาวิทยาลัยมหิดล  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยบูรพา  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยรามคำแหง  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**ฝ่ายพิสูจน์อักษรและตรวจการเขียนรายการอ้างอิง**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ชุ่มบัวทอง  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรี ภคกษมา  
 อาจารย์ ดร.พรสิริ คงแจ้ง  
 อาจารย์ยุคลธร สถาปนศิริ

อาจารย์ ดร.สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา  
 อาจารย์ ดร.นพมาศ อัครจันทโชติ  
 อาจารย์ ดร.สุกัญญา เพชรศิริเวทย์

**ฝ่ายเว็บไซต์และศิลปกรรมวารสาร**

คุณเทพสุรีย์ จันสามารถ

คุณอาคม สิมโสม

**ฝ่ายการเงิน**

อาจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ สุภักด์ารงกุล

คุณอริศรา สิทธิพงษ์

**ฝ่ายสมาชิกวารสารและประชาสัมพันธ์**

อาจารย์ ดร.สุกัญญา เพชรศิริเวทย์

อาจารย์ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน

**เลขานุการกองบรรณาธิการ**

อาจารย์ยุคลธร สถาปนศิริ

อาจารย์วัลลิภา เสืออุดม

บทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวใจเฉลิมพระเกียรติเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ

กองบรรณาธิการไม่มีส่วนกับความคิดเห็นในข้อเขียนเหล่านั้น

พิมพ์ที่: ปรเกษโยชณา เลขที่ 48/1 หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านหม้อ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

โทร. 086-995-9575 อีเมล: apipoo.pat@gmail.com



## รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ (peer review)

### ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายนอก

ศาสตราจารย์ ดร.บุษบา ยงสมิทธิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ สมสุข	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ดลิตา ต้นหยง	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ภญ.วารี ลิมบีวีกรานต์	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.จิตบรรจง ตั้งปอง	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงยศ ออนุชปรีดา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนิภา นันทะวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นคร ไพศาลกิตติสกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.สฤณี กลั่นทกานนท์ ทองทรง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เศรษฐฐเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.พรพรม ย่อยสูงเนิน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินทร์ จินตสถาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล วัฒนพงศกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ละออ บุญเกษม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์พรณิภา ศิริเพิ่มพูล	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุษา แทนขำ	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตี บวรรัตน์รักษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ บุญรัตน์กรกิจ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพรรณม สุนทรโชติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กนกกันตพงษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ศิริพรอดุลศิลป์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตศิริ ราชตะนะพันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขาวภา อร่ามศิริจุใจเวทย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณมา มาลาพันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปบลีทธิ์ กมลเวชช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายใจ ชาญเศรษฐิกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย วิริยะพงษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นราทิพย์ จั่นสกุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ มีวาสนา  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ชัยสุวรรณ  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนะ  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบงษ์ งามสอาด  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชานาพร โชคชัยศิริ  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี มนูญเกษิขินากร  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี เจียมพานิชยกกุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจิรา อินตะใส  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อชฌา อระวีพร  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ประกอบผล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ อินทโกสมุ  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพิศ สอนโยธา  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อภิรติกุล  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณั คำสุด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา แก้วกระจ่าง  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร มัชฌิมะปุระ  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เตมีย  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมพร ทาไรสง  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ อธิพรชัย  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพ่ายพ  
 อาจารย์ ดร.ภญ.วิริยาพร ศิริกุล  
 อาจารย์ ดร.พิมพ์ใจ แสงความสว่าง  
 อาจารย์ ดร.กุลวดี ตลโสภณ  
 ดร.วรัญญา วรดุลยพิณัง  
 คุณจักรพงษ์ แยมย์ม

**ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายใน**

รองศาสตราจารย์ ภก.ชาญชัย สาดแสงจันทร์  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ชุ่มบัวทอง  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมตตา โพธิ์กลิ่น  
 อาจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
 มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย  
 มหาวิทยาลัยรังสิต  
 มหาวิทยาลัยพะเยา  
 มหาวิทยาลัยพะเยา  
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์  
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
 วิทยาเขตนครศรีธรรมราช  
 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา  
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
 มหาวิทยาลัยนเรศวร  
 มหาวิทยาลัยบูรพา  
 มหาวิทยาลัยบูรพา  
 มหาวิทยาลัยบูรพา  
 มหาวิทยาลัยสยาม  
 มหาวิทยาลัยพะเยา  
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
 สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง  
 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

อาจารย์ ดร.มธุรส อ่อนไทย  
 อาจารย์ ดร.พนนา กิติไพศาลนนท์  
 อาจารย์นฤติ บูรณะจรรยากุล  
 อาจารย์ยุวธิดา ชิวปรีชา



## บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้ผ่านการรับรองคุณภาพอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2 จากการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index-TCI) กองบรรณาธิการวารสารจะยังคงรักษาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร เพื่อเป็นสื่อกลางสำคัญในการแลกเปลี่ยนความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการของคณาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย และนักวิชาการ เพื่อก่อให้เกิดการสร้างสรรคผลงานวิชาการทั้งทางด้านการศึกษาและการวิจัยให้ก้าวหน้าต่อไป

วารสารฉบับนี้ ประกอบด้วยบทความวิจัย จำนวน 8 เรื่อง โดยมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ รวมทั้งวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งบทความเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการกลั่นกรองทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาวิชา เพื่อให้ได้คุณภาพและถูกต้องทางวิชาการ ตามเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) พร้อมกันนี้กองบรรณาธิการวารสารได้พัฒนางานวารสาร โดยปรับปรุงการดำเนินงานของกองบรรณาธิการวารสารในทุกฝ่าย เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากทั้งผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ (peer review) ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ เพื่อควบคุมคุณภาพบทความและวารสารให้ได้มาตรฐานระดับสูง และผู้เขียนบทความในการแก้ไขบทความจนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้อ่านและผู้สนใจ เพื่อนำประโยชน์ไปใช้ในการอ้างอิง พัฒนางานวิจัย ตลอดจนสามารถนำมาปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้กองบรรณาธิการใคร่ขอเชิญชวนท่านผู้สนใจส่งบทความมาตีพิมพ์ที่วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยสามารถส่งต้นฉบับตามรายละเอียดที่อยู่ท้ายเล่มของวารสาร ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

อาจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ สุภักด์ดำรงกุล  
หัวหน้ากองบรรณาธิการ



## สารบัญ

## บทความวิจัย

## หน้า

- Effect of pregelatinized starch on dissolution of paracetamol extended release bilayer tablets.....7  
Tawatchai Thiptinnakorn, Patcharida Wangnonglad and Rujagorn Wasombat
  
- การศึกษาเบื้องต้นของสปอร์เห็ดหลินจือที่ผ่านการกะเทาะต่อระดับอิมมูโนโกลบูลินและความปลอดภัยใน.....18  
ผู้ป่วยมะเร็งหลังได้รับยาเคมีบำบัดครบการรักษา  
The preliminary study of *Ganoderma lucidum* broken spores on immunoglobulin levels and its safety in cancer patients after completion of chemotherapy  
พิไลลักษณ์ ตั้งคพิพัฒน์ ทิพวรรณ ศิริเกียรติทอง สุรรัตน์ จารุหทัย ณิชฐา พิภพไชยาสิทธิ์ แทนชนก รัตนจารุศิริ และ พรอนงค์ อร่ามวิทย์
  
- แพลตฟอร์มการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือภายในโดยใช้เทคโนโลยี.....27  
A SOS platform inside automotive vehicles based on Narrowband-Internet of Things (NB-IoT) technology  
จิรเดช ศรีพรงาม สุธีรา พingssสวัสดิ์\* ณิชฐพร นันทจิระพงษ์ และ ศิลา เต็มศิริฤกษ์กุล
  
- โปรแกรมรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจ.....38  
Data scraping from facebook fanpages program  
พรศักดิ์ ปรีเลขา และ พัชราภา อินทพรต
  
- การพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าในการผลิตแผ่น PCB.....54  
โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง  
The prediction of electricity values in the process of electrolytic copper plating in PCB production through machine learning  
เบญจพร ประทีปอรุโณทัย วิกานดา ผาพันธ์ และ ชนาพันธุ์ ชนาเนตร
  
- การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับประรดสปาร์คคิ่งผสมสารสกัดใหม่ข้าวโพดสีแดง (*Zea mays* L.) สายพันธุ์.....71  
ราชินีทับทิมสยาม  
Development of sparkling pineapple juice mixed red corn silk (*Zea mays* L. cultivar Siam Ruby Queen) extract  
นนทพร รัตนจักร ทศน์วรรณ คำเครื่องจันทร์ และ มนตรา ศรีชะแย้ม
  
- ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำผิวดินในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติด.....83  
กับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในจังหวัดฉะเชิงเทรา  
Diversity of macro invertebrates and surface water quality in rice field adjacent to waste disposal site at Chachoengsao province  
สุชาติา ยางเอน สันติ แสงเลิศไสว ปิยะ ดวงพัตรา และ พูนศักดิ์ ไม้โศกทรัพย์
  
- ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน.....94  
2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล  
The quantitative relationships of particulate matter ( $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ ) in each region and season  
กฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และ กุริธิตา บรรจงศิริ



## Effect of pregelatinized starch on dissolution of paracetamol extended release bilayer tablets

Tawatchai Thiptinnakorn\*, Patcharida Wangnonglad and Rujagorn Wasombat

Department of Pharmaceutical Manufacturing, Faculty of Pharmacy,

Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn 10540

Received: 5 June 2019/ Revised: 23 June 2020/ Accepted: 25 June 2020

---

### Abstract

This research was conducted to study on the effect of pregelatinized starch on dissolution of paracetamol extended release bilayer tablets consisting of the immediate and extended release layers. Both layers were prepared by wet granulation method. Extended release layer was prepared by using hydroxyethyl cellulose as matrix former at 3.75 percent of extended release layer weight. Pregelatinized starch was used as disintegrant with concentrations of 0, 1.5, 2 and 2.5 percent by weight. *In vitro* release studies were performed using USP 40 type II apparatus and compared with USP 40 specification. The results indicated that the release rate was increased according to the higher concentration of pregelatinized starch. The tablets with pregelatinized starch 2.5 percent performed the similar dissolution profile compared to the innovator. Both innovator and the formulated tablet with pregelatinized starch 2.5 percent were conformed the accepted criteria at the level  $L_1$  of USP 40. The dissolution test result was compared to the innovator to determine the difference factor ( $f_1$ ), and similarity factor ( $f_2$ ). The difference factor was 3 and the similarity factor was 78. The release kinetics indicated that release from the matrix tablets was followed by Fickian diffusion. The mechanism of drug release through the matrix was found to be diffusion swollen and erosion controls. In this study, hydroxyethyl cellulose 3.75 percent as a matrix former and pregelatinized starch 2.5 percent as disintegrant would be benefit for the extended release layer. Thus, the extended release bilayer tablets could be a potential dosage form for delivering paracetamol.

**Keywords:** Bilayer tablets, Matrix, Extended release, Paracetamol, Hydroxyethyl cellulose, Pregelatinized starch



## Introduction

Acetaminophen is one of the most popular over-the-counter drugs and is used as a common household analgesic by children and adults. It has an analgesic and antipyretic effects similar to those of aspirin, but only weak inflammatory effects [1]. It is available in different dosage forms: tablets, capsules, syrups, drops, elixirs, suspensions and suppositories [2]. Most of the immediate release tablets provide therapeutically effective plasma drug concentration for a short period of time. Conventional formulations are required to be administered in multiple doses and therefore have several disadvantages. Extended release (ER) tablet formulations are preferred in some cases because they maintain uniform drug levels reduce dose and side effects, increase the safety margin for high-potency drugs and thus offer better patient compliance [3]. Bilayer extended release tablet generally has a fast releasing layer and control releasing layer to extend the drug release [4]. The tablet and caplet dosage forms typically contain 325 mg paracetamol as “regular strength. Normally, regular strength tablets or caplets are taken as one or two every four hours. It would be desirable to extend the dosing interval while maintaining the initial plasma concentrations achievable with conventional tablets or caplets. This would provide immediate and extended therapeutic analgesic or antipyretic effect and reduce the number of doses necessary, thereby making therapy more convenient. A way to do this has now been found, whereby two tablets or caplets each containing 325 mg paracetamol can be formulated to provide both immediate release and extended release such that

the dosing interval can be extended to at least eight hours [5].

Banu et al. [6] developed bilayer paracetamol tablets for extended release by using hydroxypropylmethyl cellulose (HPMC 15 cps, HPMC 100 cps and Methocel® K4M CR) as release rate retardant. Formulation containing 10% HPMC 100 cps and 1.5% sodium starch glycolate and formulation containing 1.5% Methocel K4M CR and 0.5% sodium starch glycolate were found to follow compendial USP 30 specification for drug release profile. Chabkangwan and Kittitharakun [7] found the dissolution of paracetamol bilayer tablets using Methocel® K4M CR as matrix former at 1.25% of extended release layer weight with 1.5% sodium starch glycolate was similar to that of the innovator. Both were conformed to the acceptance criteria level  $L_1$  of USP 40. The values of difference factor ( $f_1$ ) and similarity factor ( $f_2$ ) were 4 and 68, respectively. Radebaugh et al. [5] found that paracetamol-sustained release tablet or tablet layer is formed by making a wet granulation, using povidone in water or alcohol-water as the granulating fluid which is mixed with paracetamol, hydroxyethyl cellulose, a wicking agent e.g. microcrystalline cellulose, then drying and milling the granulation and blending with dry powdered erosion promoter, e.g. pregelatinized starch, wicking agent, lubricant e.g. magnesium stearate and glidant e.g. silicon dioxide, and compressing the resultant granulation, which upon administration results in a slow release of the paracetamol.

The objective of this present study was to prepare and kinetically evaluate the suitability concentration of pregelatinized starch at 0, 1.5, 2



and 2.5% of weight of extended release layer and HEC at 3.75% of weight of extended release layer. Formulations were also evaluated with various parameters such as physical properties of granules and tablets, drug contents and dissolution profiles. The similarity factor and the difference factor were also investigated.

## Materials and Methods

### Materials

Paracetamol was manufactured by Zhejieng Kankle Pharma, Hydroxyethyl cellulose (Natrosol<sup>®</sup>/250L) and povidone K30 (Plasdone<sup>®</sup> K30) were a kind gift from Maxway Chemical Co., Ltd. Tapioca starch was obtained from National Starch and Chemical (Thailand) Co., Ltd. Other excipients, microcrystalline cellulose PH 101, magnesium stearate, sodium starch glycolate (Primojel<sup>®</sup>) and pregelatinized starch (Starch<sup>®</sup> 1500) were procured commercially and were used as received. Hydrochloric acid and other reagents were analytical-reagent grade and purchased from Merck Millipore, Thailand. Batch number of the innovator was 20969B, Mfg date: 02.2018, Exp date: 01.2021.

### Methods

#### Preparation of paracetamol bilayer matrix tablets

The bilayer matrix tablets of acetaminophen were prepared by the wet granulation technique. Acetaminophen, HEC and other excipients for both fast release and extended release layer were passed through sieve #80 before their use in the formulation.

#### Formulation of the immediate release layer

Half of the dose of drug in the formulation was used for immediate release layer. The fast release granules were prepared as per composition in table 1. Paracetamol was mixed uniformly with microcrystalline cellulose PH 101 and tapioca starch. Aqueous solution of povidone K30 was added to the powder to make it damp mass that was passed through # 10 to form granules and the granules were dried at 55°C in a hot air oven. The dried granules were passed through # 12 and added starch glycolate by further blending for 3 minutes. Magnesium stearate was used as lubricant in final blending.

**Table 1** Composition of acetaminophen bilayer tablets (mg/tablet)

Ingredients / Formulas	IR (mg/tab)	ER-1 (mg/tab)	ER-2 (mg/tab)	ER-3 (mg/tab)	ER-4 (mg/tab)
Paracetamol	325.0	325.0	325.0	325.0	325.0
Microcrystalline cellulose PH 101	31.8	28.0	28.0	28.0	28.0
Tapioca starch	20.0	-	-	-	-
Povidone K30	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Hydroxyethyl Cellulose	-	15.0	15.0	15.0	15.0
Pregelatinized starch	-	-	6.0	8.0	10.0
Microcrystalline cellulose PH 101	-	20.0	14.0	12.0	10.0
Sodium starch glycolate	13.2	-	-	-	-
Magnesium stearate	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

#### Formulation of the extended release layer

The extended granules were prepared by mixing paracetamol uniformly with diluents and matrix materials (HEC) following the formulas given in table 1. The powders were granulated by adding aqueous solution of povidone K30 until a damp mass was formed. The cohesive mass thus obtained was passed through #10 and the granules were dried at 55°C in a hot air oven. The dried granules were sieved by passing through #12. The granules were blended with pregelatinized starch and finally lubricated with magnesium stearate.

#### Compression of bilayer tablets

Extended release layer was compressed first at the hardness of 2-4 kp and followed by immediate release layer. The quantity of granules

for the extended release layer was compressed lightly using 13 mm-diameter die of a hydraulic press. Over this compressed layer, required quantity of the immediate release layer was placed and compressed with a compression force to obtain hardness in the range of 19-23 Kp

#### Physical evaluation of granules and tablets

##### Flowability

The granules were evaluated for bulk density, tapped density using a tapped volumeter (Erweka SVM 12, Germany). Compressibility index and Hausner ratio were calculated as per the official procedure. These compressibility index and Hausner ratio were calculated using bulk density and tapped density as follows:

$$\text{Compressibility index} = \frac{[(\text{tapped density} - \text{bulk density}) / \text{tapped density}] \times 100}{}$$

$$\text{Hausner ratio} = \text{tapped density} / \text{bulk density}$$



The acceptable scale of flowability should be equivalent to “fair” or better flow scale.

Angle of repose ( $\alpha$ ) was determined on a fixed base method using powder flow meter

$$\tan \alpha = \text{height of the powder cone} / 0.5 \text{ base diameter}$$

#### Hardness test

The hardness of the compressed tablet was determined by using a hardness tester (Erweka TBH10, Germany) and hardness recorded was average of ten determinations.

#### Friability test

Tablets were randomly selected and

$$\% \text{ Friability} = [1 - (\text{weight of tablets after friability} / \text{weight of tablets before friability})] \times 100$$

#### Drug content

Weigh and powder 20 tablets. Add a quantity of the powder containing 0.15 g of paracetamol to 50 mL of 0.1M sodium hydroxide, dilute with 100 mL of water, shake for 15 minutes and add sufficient water to produce 200 mL. Mix, filter and dilute 10 mL of the filtrate to 100 mL with water. Add 10 mL of the resulting solution to 10 mL of 0.1M sodium hydroxide, dilute to 100 mL with water and prepare the standard paracetamol solution as the same manner. Measure the absorbance of the standard paracetamol preparation and the sample preparation at the maximum at 257 nm. Potency was calculated by comparison of the absorbance of the standard preparation and the sample preparation [8].

#### *In vitro* drug release study

The dissolution test [9] was undertaken using tablet dissolution tester (EDT-08LX, Electrolab, India) in 12 replicates for each formulation.

(Electrolab EFT-01, India). An average of three determinations was calculated from the following equation. The angle of repose equals to  $40^\circ$  and lesser is acceptable.

weighed with total weight close to 6.5 g. Friability was performed using Roche type friabilator (Brother Join, Thailand) rotated at 25 rpm for 4 minutes. The tablets then were dedusted and reweighed. The loss in weight was recorded as percentage friability that should be less than 1.0%.

Dissolution media was simulated gastric fluid without enzyme USP 40. The medium was maintained at  $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . In all the experiments, 5 ml of dissolution sample was withdrawn at various time intervals at 15, 30 minutes, 1, 2, 3 and 4 hours and replaced with equal volume immediately. Samples were filtered and assayed by measuring absorbance at 280 nm. The concentration of each sample was determined from the standard paracetamol calibration curve.

#### Drug release kinetics

To study the release kinetics [10], data obtained from *in vitro* drug release study were tested with the zero order model, first order model, Higuchi model, Korsmeyer–Peppas model and Hixson-Crowell model.

**1. Zero order model** assumes that the cumulative amount of drug release is directly related to time. The equation may be as follows:



$$Q_t = K_0 t$$

where,  $Q_t$  is the amount of drug un-dissolved at  $t$  time,  $K_0$  is the zero order rate constant expressed in unit concentration/time,  $t$  is the time in hour.

**2. First order equation** is expressed as log cumulative percentage of drug remaining vs time. The equation may be as follows:

$$\log Q_t = \log Q_0 - (K_1 t / 2.303)$$

where,  $Q_t$  is the amount of drug un-dissolved at  $t$  time,  $Q_0$  is drug concentration at  $t = 0$ ,  $K_1$  is corresponding release rate constant.

**3. The Higuchi model** describes the cumulative percentage of drug release vs square root of time. The equation may be as follows:

$$Q_t = K_H \sqrt{t}$$

where,  $Q_t$  is the amount of drug dissolved at time  $t$ ,  $K_H$  is the constant reflecting the design variables of the system.

**4. Korsmeyer-Peppas model** derives a simple, semi-empirical model relating exponentially the drug release to the elapsed time. The equation may be as follows:

$$M_t = Q_t / Q_\infty = K t^n$$

where,  $Q_t/Q_\infty$  is the fraction of drug released at time  $t$ ,  $K$  is constant comprising the structural geometric characteristics,  $n$  is the diffusion exponent that depends on the release mechanism.

If  $n \leq 0.5$ , the release mechanism follows a Fickian diffusion, and if  $0.5 < n < 1$ , the release follows a non-Fickian diffusion or anomalous transport [11]. The drug release follows zero order drug release and case II transport if  $n=1$ . But when  $n > 1$ , then the release mechanism is super case II transport. This model is used in the polymeric dosage form when the release mechanism is unknown or more than one release phenomena is present in the preparation.

**5. Hixson-Crowell model** evaluates the drug release with changes in the surface area and the diameter of the particles/tablets. The data were also plotted

$$(Q_0)^{1/3} - (Q_t)^{1/3} = K_{HC} \times t$$

where  $Q_t$  is the amount of drug released in time  $t$ ,  $Q_0$  is the initial amount of the drug in the tablet, and  $K_{HC}$  is the rate constant for the Hixson-Crowell rate equation, as the cube root of the percentage of drug remaining in the matrix vs time.

### Data Analysis

The dissolution profiles were analyzed with difference factor ( $f_1$ ), and similarity factor ( $f_2$ ).

$$f_1 = [(\sum |R_t - T_t|) / \sum R_t] \times 100$$

$$f_2 = 50 \times \log [1 + (R_t - T_t) \times 1/n]^{-0.5}$$

Where,  $n$  is the number of time points,  $R_t$  is the dissolution value of reference product at time  $t$  and  $T_t$  is the dissolution value for the test product at time  $t$ .



**Result and Discussion**

**Characterization of granules**

Moisture contents of prepared granules were in the range 1.01±0.03 to 1.43±0.06. Granules prepared for compression of bilayer matrix tablets were evaluated for their flow properties like angle of repose, loose bulk density, tapped density, flow rate, Hausner ratio and compressibility index. The results of granular properties of formulation IR and ER-1 to ER-4 were shown in table 2. Angle of repose was in the range of 33-34°. The bulk density of the granules was in the range of 0.45±0.01 g/mL to 0.48±0.01 g/mL; the tapped density was in the range of 0.52±0.00 g/mL to 0.55±0.01g/ml which indicates

that the granules were not bulky. The compressibility index was found to be in the range of 12.00±0.17% to 13.86±1.72%. Hausner ratio was in the range 1.14±0.00 to 1.16±0.88. Flow rate was in the range 5.91±0.16 g/second to 6.13±0.07 g/second. Compressibility index value less than 15% resulted in good to excellent flow properties [9]. So the granules showed good flow properties. The results of angle of repose 31-35° indicated good flow properties of granules [9] which was supported the results found from compressibility index. All these results indicated that the granules possessed satisfactory flow properties.

**Table 2** Physical properties of the prepared granules of different formulations

Parameters	IR± SD	ER-1± SD	ER-2± SD	ER-3± SD	ER-4± SD
% Moisture content ± SD	1.43±0.06	1.09±0.20	1.01±0.03	1.01±0.03	1.09±0.06
Angle of repose (°) ± SD	32.9±0.12	32.8±0.05	33.8±0.09	33.9±0.13	33.4±0.15
Flow rate (g/sec) ± SD	5.99±0.02	6.03 ±0.13	6.13±0.07	6.13±0.07	5.91±0.16
Bulk density (g/ml) ± SD	0.48±0.01	0.48±0.01	0.45±0.01	0.45±0.00	0.45±0.01
Tapped density (g/ml) ± SD	0.55±0.01	0.55±0.00	0.52±0.01	0.52±0.01	0.52±0.00
Hausner ratio ± SD	1.14±0.00	1.15±0.86	1.15±0.88	1.16±0.88	1.15±0.89
%Compressibility index ± SD	12.00±0.17	12.69±1.68	12.87±1.08	13.86±1.72	13.58±1.05

**Physicochemical evaluation of tablets**

The results of physical parameters (hardness, thickness, friability) and drug content of the prepared matrix tablets are shown in table 3. The thickness of the tablets were found between 5.84±0.03 mm to 5.86 ±0.03 mm, hardness of the tablets ranged from 22.04±1.39 kp to 23.35±0.09 kp and friability ranged from 0.40% to 0.55%. The

weight variations of prepared tablets, AV <15.0% complied with USP 41 specifications. The drug content of every formulation was found in the range 99.8-103.4% of labeled amount which met USP 41 requirement. So it can be said that physical properties and drug content of the compressed matrix tablets were satisfactory.

**Table 3** Physical properties of the prepared tablets of different formulations

Parameters	Innovator	Rx-1	Rx-2	Rx-3	Rx-4
Thickness (mm)± SD (n=10)	*	5.86±0.03	5.84±0.03	5.84±0.03	5.76 ±0.02
Hardness (Kp)± SD (n=10)	*	23.35±0.90	22.39 ±1.76	22.04±1.39	22.17±1.33
% Friability	*	0.52	0.40	0.48	0.55
Average weight (n=20)	784.6	100.8	102.8	103.4	102.3
% LA	99.8	100.8	102.8	103.4	102.3
Weight variation: AV (%)	1.4	3.3	2.7	1.5	2.9

\* The innovator is film coated tablets so that these parameters are not needed.

#### ***In vitro* drug release study**

Dissolution profiles of all developed bilayer tablets were compared to that of the commercial product. The release profiles of different formulations (Rx-1 to Rx-4) of paracetamol bilayer matrix tablets were shown in figure 1 and table 4. The dissolution profiles from figure 1 illustrated the effect of quantity of pregelatinized starch on the release of paracetamol from bilayer matrix tablets. The overall release rate of paracetamol from formulations containing different amounts of pregelatinized starch. The release rate was increased according to the higher concentration of pregelatinized starch. USP 41 drug release specification for paracetamol extended release tablet (for  $L_1$ , 45%-65% in 15 minutes, 60%-85% in 1 hour, NLT 85% in 3 hours) was used as specification [9].

All tablets from the innovator released paracetamol 45-65% in 15 minutes, 60-85% in 1 hour and more than 85% in 3 hours. The formulation met all USP 41 specification. Tablets of formulation Rx-1 released paracetamol slowly regarding to no disintegrant. All six tablets dissolved 45-65% in 15

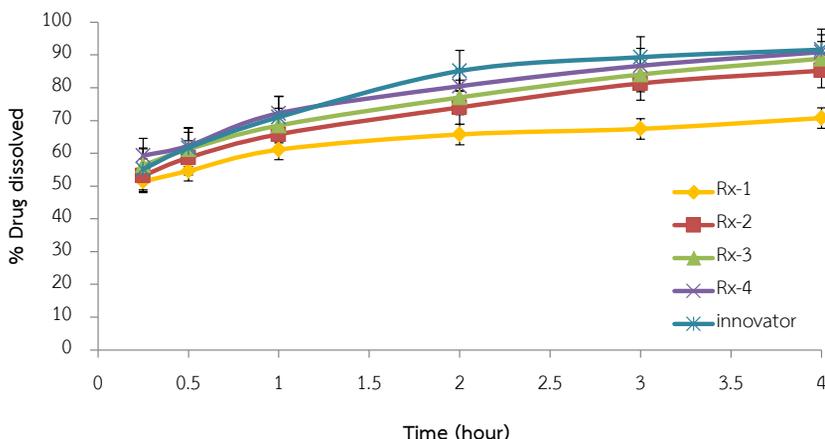
minutes, three tablets dissolved lower than 60% in 1 hour and all six tablets dissolved lower than 80%. The formulation did not comply USP 41 specification in 1 hour and 3 hours. Tablets of formulation Rx-2 released paracetamol at a faster rate than Rx-1, but it did not comply USP drug release specification completely. From this formulation all six tablets dissolved 45-65% in 15 minutes, all six tablets met the specification at 1 hour time point, but five tablets released lower than 85% in 3 hours.

Tablets of formulation Rx-3 released paracetamol at a faster rate than Rx-2. From this formulation all six tablets dissolved 45-65% in 15 minute, all six tablets dissolved 60-85% in 1 hour, but four tablets released lower than 85% in 3 hours. Tablets of formulation Rx-4 released paracetamol at a faster rate than Rx-3. From this formulation all six tablets dissolved 45-65% in 15 minutes, all six tablets dissolved 60-85% in 1 hour, all six tablets dissolved 60-85% in 1 hour, but 4 tablets released faster than 85%, two tablets released equally to 85% in 3 hours. This formulation met all USP release criteria.



**Table 4** Dissolution profiles of the innovator and different formulations (n=12)

Time (hour)	% Dissolved (mean±SD)				
	Innovator	Rx-1	Rx-2	Rx-3	Rx-4
0.25	55.14±1.83	51.42±3.73	53.18±2.37	56.36±2.93	59.29 ±2.58
0.5	61.65±1.72	54.61±4.33	58.63±3.93	61.20±3.75	62.28±3.90
1.00	71.03±1.34	61.10±3.84	65.80±4.24	68.48±2.41	72.21±4.05
2.00	85.11±1.89	65.74±3.67	74.00±4.07	77.04±3.04	80.46±3.11
3.00	89.31±1.89	67.45±3.96	81.31±4.08	84.04±1.86	86.69±2.20
4.00	91.62±1.91	70.74±3.43	85.21±3.96	88.87±4.25	90.87±3.72



**Figure 1.** %Drug dissolved from the innovator and different formulations (Rx-1 to Rx-4)

**Analysis of dissolution data**

To compare the dissolution profiles of different formulation, a model independent approach of difference factor  $f_1$  and similarity factor  $f_2$  were employed. Difference factor  $f_1$  is the percentage difference between two curves at each point and is a measurement of the relative error between the two curves. The similarity factor ( $f_2$ ) is a logarithmic reciprocal square root transformation of the sum of squared error and is a measurement of the similarity in the percent (%) dissolution

between two curves. The results of difference factor and similarity factor were presented in table 4. Two dissolution profiles are considered similar and bioequivalent, when  $f_1$  is between 0 and 15 and  $f_2$  is between 50 and 100. Formulation Rx-2 - Rx-4 having  $f_2$  more than 50. The  $f_2$  values of Rx-2, Rx-3 and Rx-4 were 46, 64 and 73, respectively, while the  $f_2$  values of Rx-2, Rx-3 and Rx-4 were 8, 4 and 3 respectively. Rx-1 having  $f_2$  value less than 50 and having  $f_1$  value more than 15 was not similar to the innovator.



**Table 5** The different factor ( $f_1$ ) and the similarity factor ( $f_2$ ) of Rx-1 – Rx-4 (n=12)

Formulas	Different factor ( $f_1$ )	Similarity factor ( $f_2$ )
Rx-1	18	46
Rx-2	8	64
Rx-3	4	73
Rx-4	3	78

**Drug release kinetics**

The drug release data were fitted to different model equations representing zero order (cumulative amount of drug released vs. time), first order (log percentage of drug unreleased vs. time), Higuchi’s (cumulative percentage of drug released vs. square root of time), Korsmeyer’s equation (log cumulative percentage of drug released vs. log of time) and Hixson-Crowell cube root law (the cube root of the percentage of drug remaining in

the matrix vs. time) to know the release mechanisms. The results were shown in table 5.

The data from table 6 showed that most of the formulations and the innovator were found to follow Korsmeyer-Peppas equation ( $r^2$  from 0.9860 to 0.9956). The exponent (n) values ranging from 0.116 to 0.194 indicated Fickian diffusion type drug release as when  $n \leq 0.5$ , the mechanism follows a Fickian diffusion, and if  $0.5 < n < 1$ , the release follows a non-Fickian diffusion or anomalous transport.

**Table 6** Kinetic values obtained from different plots of innovator and formulations (Rx-1 to Rx-4) (n=12)

Formula	Zero order		First order		Higuchi’s		Korsmeyer- Peppass			Hisxon-Crowell	
	$r^2$	K	$r^2$	K	$r^2$	K	$r^2$	K	n	$r^2$	K
Innovator	0.8877	9.691	0.8566	0.057	0.9637	25.464	0.9860	0.713	0.194	0.877	-3.230
Rx-1	0.8925	4.817	0.8679	0.034	0.9645	12.627	0.9902	0.600	0.116	0.8925	-1.606
Rx-2	0.9525	8.327	0.9236	0.052	0.9955	21.467	0.9956	0.673	0.172	0.9525	-2.776
Rx-3	0.9619	8.478	0.9361	0.051	0.9983	21.779	0.9929	0.706	0.166	0.9619	-2.826
Rx-4	0.9415	8.430	0.9149	0.049	0.9889	21.786	0.9902	0.730	0.161	0.9415	-2.810

**Conclusion**

All the four formulations of paracetamol bilayer tablets and the innovator showed good results in case of physicochemical parameters. They showed good weight variation, thickness, hardness and content of paracetamol. The more rapid

dissolution was occurred, the higher concentration of pregelatinized starch was added. Pregelatinized starch acted as erosion promoter while hydroxyethylcellulose used as matrix former. Tablets from innovator and hydroxyethyl cellulose 3.75 percent with pregelatinized starch 2.5 percent



showed drug release complied to USP 41 dissolution criteria and the value of similarity factor was 73. However, *in vivo* test is required for this formulation and to compare the bioequivalence.

## References

1. Bruton LL, Hilal-Dandon R, Knollmann BC. Goodman & Gilman's the pharmacological basis of therapeutics. 13<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill; 2018.
2. Brayfield A. Martindale: the complete drug reference. 39<sup>th</sup> ed. UK: Pharmaceutical Press; 2017.
3. Shargel L, Yu A. Applied biopharmaceutics and pharmacokinetics. 7<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill; 2016.
4. Gopinath C, Bindu VH, Nischala M. An overview on bilayered tablet technology. J Glob Trend Pharm Sci 2013;4(2):1077-85.
5. Radebaugh GW, Murtha JL, Glinecke R. Oral sustained release acetaminophen formulation and process. United State: Johnson and Johnson Consumer Inc, 1987.
6. Banu H, Sahariar MR, Sayeed MSB, Dewan I, Islam A. Formulation development of bi-layer acetaminophen tablets for extended drug release. J Chem Pharm Res 2011;3(6):348-60.
7. Chabkangwan P, Kittitharakun S, Effect of sodium starch glycolate on dissolution of paracetamol extended release bilayer tablets. Special problem, Huachiew Chalermprakiet University. Samutprakan; 2017.
8. British Pharmacopeia 2018, London: British Pharmacopeia Commission; 2017.
9. The United States Pharmacopeia, 41<sup>st</sup> rev, The National Formulary. 36<sup>th</sup> ed. Baltimore: United Book Press, Inc.; 2017.
10. Dash S, Murthy PN, Nath L, Chowdhury P. Kinetic modeling on drug release from controlled drug delivery systems. Acta Pol Pharm 2010;67(3):217-23.
11. Peppas NA. Analysis of Fickian and non-Fickian drug release from polymers. Pharm Acta Helv 1985;60(4):110-1.



การศึกษาเบื้องต้นของสปอร์เห็ดหลินจือที่ผ่านการกะเทาะต่อระดับอิมมูโนโกลบูลิน  
และความปลอดภัยในผู้ป่วยมะเร็งหลังได้รับยาเคมีบำบัดครบการรักษา  
The preliminary study of *Ganoderma lucidum* broken spores on  
immunoglobulin levels and its safety in cancer patients  
after completion of chemotherapy

พิไลลักษณ์ ตั้งคพิพัฒน์<sup>1</sup> ทิพวรรณ ศิริเตียรทอง<sup>2</sup> สุรรัตน์ จารุหทัย<sup>3</sup> ณัฏฐา พิภพไชยาลิทธิ<sup>4</sup>  
แทนชนก รัตนจารุศิริ<sup>4</sup> และ พรอนงค์ อร่ามวิทย์<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ และหน่วยปฏิบัติการวิจัยสารทรงฤทธิ์ชีวภาพเพื่อนวัตกรรมทางคลินิก  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

<sup>2</sup> ภาควิชาอาหารและเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

<sup>3</sup> กลุ่มงานอายุรกรรม โรงพยาบาลตำรวจ กรุงเทพมหานคร 10330

<sup>4</sup> กลุ่มงานเคมีบำบัด สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรุงเทพมหานคร 10400

Philailak Tangkaphiphat<sup>1</sup>, Tippawan Siritientong<sup>2</sup>, Sureerat Jaruhathai<sup>3</sup>,  
Natta Pipopchayasit<sup>4</sup>, Tanchanok Ratanajarusiri<sup>4</sup> and Pornanong Aramwit<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Bioactive Resources for  
Innovative Clinical Applications Research Unit, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

<sup>2</sup> Department of Food and Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences,  
Chulalongkorn University, Bangkok 10330

<sup>3</sup> Department of Medicine, Police General Hospital, Bangkok 10330

<sup>4</sup> Department of Medical Oncology, National Cancer Institute, Bangkok 10400

Received: 16 March 2020/ Revised: 14 June 2020/ Accepted: 16 June 2020

## บทคัดย่อ

*Ganoderma lucidum* หรือเห็ดหลินจือมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน เช่น บีเซลล์ อิมมูโนโกลบูลิน (Ig) เซลล์เหล่านี้ใช้เวลาในการฟื้นตัวหลังจากหยุดยาเคมีบำบัดนานกว่า 9 เดือน จึงนำมาสู่การศึกษาครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสปอร์เห็ดหลินจือที่ผ่านการกะเทาะ (*Ganoderma lucidum* broken spores: GLBS) ต่อระดับอิมมูโนโกลบูลิน และความปลอดภัยในผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับยาเคมีบำบัดครบการรักษาจำนวน 15 ราย โดยได้รับ GLBS 750 มิลลิกรัมต่อวัน แบ่งรับประทานครั้งละ 250 มิลลิกรัม ก่อนอาหาร วันละ 3 ครั้ง นาน 8 สัปดาห์ พบว่าระดับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ระดับ IgG, IgM, IgA และ IgE ก่อนและหลังเข้าร่วมการศึกษา



แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p$ -value: 0.34, 0.53, 0.95 และ 0.290 ตามลำดับ) ด้านความปลอดภัยพบว่า เกิดอาการไม่พึงประสงค์ ได้แก่ อาการปากแห้ง ปวดศีรษะ ปวดเมื่อย แผลในช่องปาก และท้องผูก ความรุนแรงระดับเล็กน้อย ค่าการทำงานของตับและไตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ กล่าวโดยสรุป การรับประทาน GLBS 750 มิลลิกรัมต่อวัน หลังจากได้รับยาเคมีบำบัดครบการรักษาไม่มีผลในการเพิ่มระดับของอิมมูโนโกลบูลิน

**คำสำคัญ:** *Ganoderma lucidum* อิมมูโนโกลบูลิน ยาเคมีบำบัด ความปลอดภัย มะเร็ง

## Abstract

*Ganoderma lucidum* (GL), known as ‘Lingzhi’ has immunomodulatory effect to stimulate immune cells, such as B cell, immunoglobulin (Ig). The duration of those cells’ recovery after chemotherapy completion was longer than 9 months. The objectives of our preliminary study were to evaluate the effect of GL broken spores (GLBS) on immunoglobulin levels and its safety in patients after chemotherapy completion. Fifteen cancer patients after completion of chemotherapy were informed to take 750 mg of GLBS per day divided into three doses before meals for 8 weeks. The results showed IgG, IgM, IgA and IgE levels were not significantly difference compared before and after this study ( $p$ -value: 0.34, 0.53 and 0.95, respectively). Mild adverse events such as dry mouth, headache, pain, oral wound, and constipation were found. No significant changes of renal and liver functions were observed. The results suggested that consuming GLBS at 750 mg per day might not be effective for increasing immunoglobulin levels after completion of chemotherapy.

**Keywords:** *Ganoderma lucidum*, Immunoglobulin, Chemotherapy, Safety, Cancer

## บทนำ

ปีพ.ศ. 2561 องค์การอนามัยโลกรายงานอุบัติการณ์ผู้ป่วยมะเร็งรายใหม่สูงถึงประมาณ 18 ล้านคน และการตายจากมะเร็งสูงถึง 9.5 ล้านคนทั่วโลก [1] ส่งผลให้มะเร็งเป็นสาเหตุการตายอันดับต้น ๆ ของโลก สอดคล้องกับสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย [2] รายงานว่า ในปีเดียวกันนี้มะเร็งเป็นสาเหตุการตายอันดับแรกของประเทศไทย ปัจจุบันการรักษามะเร็งมีหลายวิธีการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดเป็นการรักษาที่มีประสิทธิภาพและใช้วิธีการรักษาอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น การฉายแสง การผ่าตัด ยาเคมีบำบัดจะออกฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ ส่งผลให้เซลล์ตายในที่สุด [3] โดยไม่เพียงแต่เซลล์มะเร็งที่ได้รับผลกระทบ เซลล์ทั่วไปในร่างกายที่มีการแบ่งตัวเร็ว

ก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน รวมไปถึงไขกระดูกซึ่งเป็นแหล่งสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน ส่งผลให้เซลล์ดังกล่าวมีปริมาณลดลง ผู้ป่วยจึงมีความเสี่ยงต่อภาวะซีดและติดเชื้อได้ง่าย [4] การศึกษาก่อนหน้ารายงานว่า การฟื้นตัวของเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันหลังจากจบการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดนั้นใช้เวลานานมากกว่า 9 เดือน จึงจะมีปริมาณใกล้เคียงกับก่อนการรักษา [5] ผู้ป่วยจึงมีความเสี่ยงการติดเชื้อสูง แม้จะหยุดได้รับยาเคมีบำบัดแล้วก็ตาม

ปัจจุบันการแพทย์ทางเลือกกำลังได้รับความนิยม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สมุนไพรจีนในการเสริมสุขภาพเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) เป็นสมุนไพรจีนที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้อย่างยาวนาน มีสารสำคัญได้แก่



สารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ กลุ่มไตรเทอร์ปีนอยด์ และกรดไขมันสายยาว [6] ซึ่งพบในสปอร์มากกว่าส่วนดอก สปอร์เห็ดหลินจือที่ผ่านการกะเทาะ (Ganoderma lucidum broken spore: GLBS) มีสารสำคัญออกฤทธิ์มากกว่าสปอร์ที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะ [7] นอกจากนี้เห็ดหลินจือยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ฆ่าเซลล์มะเร็ง [8] และกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน การศึกษาที่ก่อนหน้านี้รายงานว่าเห็ดหลินจือสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันในผู้ป่วยมะเร็งระยะลุกลาม โดยเพิ่มการผลิต interleukin (IL)-6, IL-2, IL-4 และกระตุ้นการทำงานของทีเซลล์ แมคโครฟาจ และบีเซลล์ [9, 10] บีเซลล์ทำหน้าที่สร้างอิมมูโนโกลบูลิน (Ig) การศึกษาที่ก่อนหน้านี้พบว่า เห็ดหลินจือกระตุ้นการสร้าง IgA บริเวณลำไส้เล็กของหนู [11] ด้านความปลอดภัยมีรายงานอาการไม่พึงประสงค์ ได้แก่ อาการมีน็ีระเซ ปากแห้ง ท้องเสียในกลุ่มผู้ป่วยมะเร็งเต้านมแต่ไม่รุนแรง [12]

การศึกษาก่อนหน้านี้รายงานว่าเห็ดหลินจือมีคุณสมบัติกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและมีความปลอดภัยทั้งในสัตว์และมนุษย์ แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของ GLBS ต่อระดับอิมมูโนโกลบูลินในกลุ่มผู้ป่วยหลังการบำบัดรักษาด้วยยาเคมีบำบัด นอกจากนี้ขนาดของสปอร์เห็ดหลินจือที่ขายตามท้องตลาดมีความแตกต่างกับการศึกษาก่อนหน้าจึงเป็นที่มาของการศึกษาเบื้องต้นในครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของ GLBS ต่อระดับอิมมูโนโกลบูลินและความปลอดภัยในกลุ่มผู้ป่วยหลังการบำบัดรักษาด้วยยาเคมีบำบัด

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยที่ได้รับยาเคมีบำบัด ณ โรงพยาบาลตำรวจหรือสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ประเทศไทย ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2562 ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้างานวิจัย โดยเกณฑ์การคัดเข้างานวิจัยมีดังนี้ อายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป แพทย์วินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งเต้านม ลำไส้ใหญ่หรือทวารหนักในระยะที่ 1-3 และได้รับยาเคมีบำบัดครบการรักษามากกว่า 1 เดือน รวมไปถึงสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ดี ส่วนเกณฑ์การคัดออกมีดังนี้ มีการ

ตั้งครรรภ์ มีการให้นมบุตร มีประวัติแพ้เห็ด ภูมิคุ้มกันบกพร่อง สูบบุหรี่หรือดื่มแอลกอฮอล์มากกว่า 141 กรัมต่อสัปดาห์ เกณฑ์ยุติการเข้าร่วมการศึกษา ได้แก่ มีความร่วมมือในการรับประทานผลิตภัณฑ์น้อยกว่าร้อยละ 80 เกิดอาการไม่พึงประสงค์ระดับ 3-5 เมื่อประเมินด้วย Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) หรือเริ่มรับประทานผลิตภัณฑ์อื่นในระหว่างเข้าร่วมการศึกษา ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากไม่มีการศึกษาก่อนหน้าที่ศึกษาผลของ GLBS ต่อระดับอิมมูโนโกลบูลินในผู้ป่วยมะเร็งจึงคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G\*power ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณตัวอย่าง กำหนดค่าขนาดอิทธิพล = 0.4 ตามหลักการของ Cohen [13], Power = 0.8, alpha = 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างขนาด 12 คน และเลือกตัวอย่างโดยใช้วิธีการแบบเจาะจง

### 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมและการวิจัยในมนุษย์ ณ โรงพยาบาลตำรวจ (Sh230352/60) และสถาบันมะเร็ง (EC COA 004/2019) แพทย์คัดกรองผู้ป่วยที่รับยาเคมีบำบัดครั้งสุดท้ายตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออกด้วยการตรวจร่างกาย ชักประวัติและทบทวนเวชระเบียนผู้ป่วย ผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ เช่น วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินงาน อาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้น ประกอบการตัดสินใจแก่ผู้ป่วยและผู้ป่วยลงนามในเอกสารเข้าร่วมงานวิจัยโดยสมัครใจ หลังจากคัดกรองไม่เกิน 1 เดือน กลุ่มตัวอย่างได้รับผลิตภัณฑ์ GLBS ขนาด 250 มิลลิกรัม รับประทาน 3 เวลา ก่อนอาหาร ติดต่อกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (ผลิตโดยใช้สปอร์เห็ดหลินจือที่ผ่านการกะเทาะเป็น crude drug ขนาด 250 มิลลิกรัม บรรจุลงในแคปซูลเจลาตินแข็ง และอนุญาตให้นำมาใช้ในงานวิจัยโดยบริษัท ซี เนเชอรัล ฟาร์มาซูติคอล จำกัด) มีการเจาะเลือดวัดระดับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ระดับอิมมูโนโกลบูลิน ได้แก่ IgG, IgM, IgA และ IgE ค่าการทำงานของตับ ได้แก่ Alanine Transaminase (ALT), Aspartate Transaminase (AST), Alkaline Phosphatase (ALP), total bilirubin,



albumin ค่าการทำงานของไต ได้แก่ blood urea nitrogen (BUN), serum creatinine และ glomerular filtration rate (GFR) ก่อนเข้าร่วมการศึกษา สัปดาห์ที่ 4 และ 8 เพื่อเปรียบเทียบผลของการได้รับ GLBS การวิเคราะห์ระดับอิมมูโนโกลบูลิน ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาศัยหลักการ nephelometry (BN ProSpec, Siemen) เป็นการวัดเชิงปริมาณ โดยวัดการกระจายแสงของอนุภาคแขวนตะกอนระหว่างแอนติบอดีในซีรัมและแอนติแอนติบอดี กลุ่มตัวอย่างได้รับการตรวจร่างกายและซักถามอาการไม่พึงประสงค์โดยแพทย์ นอกจากนี้มีการตรวจสอบความร่วมมือในการรับประทานผลิตภัณฑ์โดยการนับจำนวนเม็ดผลิตภัณฑ์ที่เหลือในระหว่างนัดแต่ละครั้ง ผู้วิจัยจะโทรศัพท์หาผู้เข้าร่วมการศึกษาเพื่อทวนสอบวิธีการรับประทานผลิตภัณฑ์และสอบถามอาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้น

### 3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ระดับอิมมูโนโกลบูลิน ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ค่าความสมบูรณ์ของตับและไตบางค่ามีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ เมื่อทดสอบด้วย Shapiro-Wilk test ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้สถิติแบบนอนพารามิตรีก ทดสอบสมมติฐานกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS version 22.0 (SPSS. Co., Ltd., Chicago, USA) ลักษณะกลุ่มตัวอย่างและอาการไม่พึงประสงค์นำเสนอในรูปแบบความถี่และร้อยละ นอกจากนี้ระดับอิมมูโนโกลบูลิน ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ค่าการทำงานของตับและไตนำเสนอในรูปแบบของค่ากลางและพิสัยระหว่างควอไทล์ (interquartile range) และใช้สถิติ Fried man ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับอิมมูโนโกลบูลิน ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ค่าการทำงานของตับและไตเปรียบเทียบระหว่างก่อนเข้าการศึกษา สัปดาห์ที่ 4 และ 8

### ผลการวิจัย

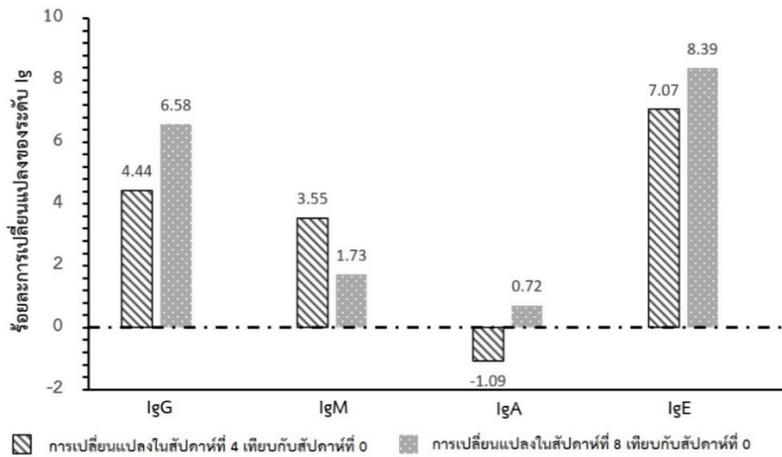
#### 1. ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการศึกษาทั้งสิ้น จำนวน 15 ราย เป็นเพศหญิง จำนวน 11 ราย (ร้อยละ 73.4) และ

เพศชาย จำนวน 4 ราย (ร้อยละ 26.6) อายุเฉลี่ย 56 ปี (26-69 ปี) เมื่อพิจารณาชนิดมะเร็งตามการวินิจฉัยของแพทย์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นมะเร็งเต้านม จำนวน 8 ราย (ร้อยละ 53.4) และมะเร็งลำไส้หรือทวารหนัก จำนวน 7 ราย (ร้อยละ 46.6) เมื่อแบ่งระยะของโรคมะเร็งที่ประเมินแบบ TMN พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ราย (ร้อยละ 13.3), 10 ราย (ร้อยละ 66.7) และ 3 ราย (ร้อยละ 20.0) อยู่ในระยะที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ เมื่อแบ่งตามสูตรยาเคมีบำบัดที่กลุ่มตัวอย่างได้รับการรักษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างได้รับยาเคมีบำบัดในกลุ่ม anthracycline มากที่สุด (ร้อยละ 46.6) รองลงมา เป็นยาในกลุ่ม antimetabolites (ร้อยละ 26.7) ยาในกลุ่ม platinum (ร้อยละ 20.0) และกลุ่ม taxanes (ร้อยละ 6.7) ในระหว่างที่กลุ่มตัวอย่างรับประทานผลิตภัณฑ์มีกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 ราย ได้รับการรักษา ร่วม เช่น การได้รับ ยาฮอร์โมนและการฉายรังสี

#### 2. ระดับอิมมูโนโกลบูลินและความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

กลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือในการรับประทานผลิตภัณฑ์จนถึงสัปดาห์ที่ 4 และ 8 คิดเป็นร้อยละ 97.86 และ 97.66 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 0 (ก่อนเข้าร่วมการศึกษา) กลุ่มตัวอย่างมีระดับ IgG, IgM, IgA และ IgE เป็น 1,280 (923, 1350), 63.1 (42, 103), 267 (192, 315), 27.1 (16, 192) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบก่อนเข้าร่วมการศึกษา สัปดาห์ 4 และ 8 พบว่า ระดับ IgG, IgM, IgA และ IgE แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p$ -value = 0.344, 0.534, 0.948 และ 0.290 ตามลำดับ) ดังแสดงในภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาระดับ IgE พบว่า กลุ่มตัวอย่างบางรายมีระดับ IgE สูงกว่าค่าปกติแต่ไม่พบอาการแพ้ และระดับเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลไม่สอดคล้องกับระดับ IgE นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด เช่น ฮีโมโกลบิน เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ นิวโทรฟิล เบโซฟิล อีโอซิโนฟิล ลิมโฟไซต์ และเกล็ดเลือด ( $p$ -value = 0.331, 0.586, 0.381, 0.612, 0.983, 0.627 และ 1 ตามลำดับ) หลังรับประทานผลิตภัณฑ์ไปแล้ว 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเข้าร่วมการศึกษาและสัปดาห์ที่ 4



ภาพที่ 1 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับอิมมูโนโกลบูลินชนิดต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 เปรียบเทียบกับก่อนเข้าร่วมการศึกษา (สัปดาห์ที่ 0)

### 3. ด้านความปลอดภัย

อาการไม่พึงประสงค์ที่สัมพันธ์กับการรับประทาน GLBS มีทั้งสิ้น 6 เหตุการณ์ ทั้งหมดมีความรุนแรงระดับเล็กน้อย ได้แก่ ปากแห้ง จำนวน 2 ราย (ร้อยละ 33.32) ปวดเมื่อย จำนวน 1 ราย (ร้อยละ 16.67) ผลในช่องปาก

จำนวน 1 ราย (ร้อยละ 16.67) ปวดศีรษะ จำนวน 1 ราย (ร้อยละ 16.67) และท้องผูก จำนวน 1 ราย (ร้อยละ 16.67) ค่าการทำงานของตับและไตก่อนและหลังการรับประทาน GLBS แตกต่างอย่างไม่มีความสำคัญดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการทำงานของตับและไตเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเข้าร่วมการศึกษา สัปดาห์ที่ 4 และ 8

	ค่าปกติ <sup>a</sup>	ค่ากลาง (พิสัยระหว่างควอไทล์)			p-value <sup>b</sup>
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 8	
<b>ค่าการทำงานของตับ</b>					
AST	5-40 Unit/l	24 (22,30)	24 (21,37)	24 (20,41)	ns
ALT	0-55 Unit/l	20 (14,30)	19 (15,32)	21 (16,41)	ns
ALP	40-150 Unit/l	59 (46,95)	66 (44,81)	68 (52,83)	ns
Albumin	3.5-5.2 g/dl	4.1 (4,4.5)	4.2 (3.9,4.6)	4.3 (3.9,4.5)	ns



	ค่าปกติ <sup>a</sup>	ค่ากลาง (พิสัยระหว่างควอไทล์)			p-value <sup>b</sup>
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 8	
<b>ค่าการทำงานของตับ (ต่อ)</b>					
Total bilirubin	0-1.2 mg/dl	0.61 (0.46,0.91)	0.61 (0.45,0.79)	0.47 (0.43,0.71)	ns
<b>ค่าการทำงานของไต</b>					
GFR	>60 ml/min/1.73m <sup>2</sup>	98 (85,109)	94.43 (85.49,103.92)	94.93 (89,104.93)	ns
BUN	6-20 mg/dl	9.8 (7.5,14)	11.7 (10,15)	11.9 (8,15)	ns
Serum creatinine	0.5-1.17 mg/dl	0.66 (0.62,0.91)	0.73 (0.66,0.88)	0.78 (0.63,0.83)	ns

a : อ้างอิงจากค่าปกติของค่าการทำงานของตับและไตจากโรงพยาบาลตำรวจและสถาบันมะเร็งแห่งชาติ

b : เปรียบเทียบค่ากลางระหว่างสัปดาห์ที่ 0 (ก่อนเข้าร่วมการศึกษา) 4 และ 8 ด้วยสถิติ Fried man

ns : no significant difference, p-value>0.05, Unit/l : ยูนิตต่อลิตร, g/dl : กรัมต่อเดซิลิตร, mg/dl : มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร, ml/min/1.73m<sup>2</sup> : มิลลิตรต่อนาทีต่อ 1.73 ตารางเมตร

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ยาเคมีบำบัดออกฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ อากาศไม่เพียงพอที่พบได้บ่อย ได้แก่ การกดการทำงานของ ไชโรครดุก ส่งผลให้ระดับเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และ เซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันลดลง [4] ระบบภูมิคุ้มกันทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ร่างกายถูกรุกรานจากสิ่งแปลกปลอม สามารถจำแนกเป็นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะและภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ บีเซลล์เป็นเซลล์ที่สำคัญในระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะที่ต้องพึ่งแอนติบอดี สร้างจากไขกระดูก มีหน้าที่สร้าง อิมมูโนโกลบูลิน เช่น IgG พบมากที่สุดในเลือด IgM เป็น อิมมูโนโกลบูลินชนิดแรกที่พบเมื่อมีการติดเชื้อครั้งแรก IgA พบมากบริเวณเยื่อต่าง ๆ ภายในร่างกายและ IgE เกี่ยวข้องกับกระบวนการภูมิไวเกินชนิด 1 และการติดเชื้อพยาธิ [14] Verma และคณะ [5] พบว่าบีเซลล์และทีเซลล์ในผู้ป่วยมะเร็ง เต้านมหลังได้รับยาเคมีบำบัดการศึกษาใช้ระยะเวลาฟื้นตัว นานกว่า 9 เดือน ส่งผลให้แพทย์ดูแลการรักษาด้วยยาเคมีบำบัด ผู้ป่วยยังมีความเสี่ยงการติดเชื้อมากกว่าคุณภาพดี

หากระบบภูมิคุ้มของผู้ป่วยฟื้นตัวได้เร็วจะเพิ่มการรอดชีวิต [15] เห็นผลเป็นจริงเป็นสมมุติฐานแพทย์แผนจีนที่มีการศึกษา และพัฒนาเพื่อใช้ต้านมะเร็งและปรับสมดุลของระบบภูมิคุ้มกัน มานานแล้ว มีสารสำคัญมากมาย ได้แก่ สารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ กลุ่มไตรเทอร์ปินอยด์ และกรดไขมันสายยาว [6] การ ศึกษาก่อนหน้านี้เชื่อว่าสารสำคัญในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น β-glucan จากสปอร์ที่ผ่านการกระเทาะ [16] Reishi-F3 จากส่วนดอก [17] มีคุณสมบัติกระตุ้นการทำงานของระบบ ภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ GLBS มีสารสำคัญออกฤทธิ์มากกว่า ส่วนดอกและเส้นใย [7] สอดคล้องกับการศึกษาของ Grace และคณะ [18] พบว่า GLBS มีลักษณะโมเลกุลของสารสกัด พอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างจากส่วนดอกและสปอร์ที่ไม่ผ่านการ กระเทาะและสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

ปัจจุบันการศึกษาเห็นผลจริงต่อฤทธิ์กระตุ้นระบบ ภูมิคุ้มกันมีมากมายทั้งในสัตว์ทดลองและมนุษย์ Lin และ คณะ [17] ศึกษาผลของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จาก



เห็นผลในเซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์พบว่า สามารถกระตุ้นการทำงานของบีเซลล์ เพิ่มการผลิต IgG และ IgM ผ่าน Toll-like receptor (TLR)-2 และ TLR-4 signaling นอกจากนี้ Gao และคณะ [9] ศึกษาผลของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากส่วนดอกในผู้ป่วยมะเร็งชนิดต่าง ๆ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่หรือทวารหนัก มะเร็งปอดในระยะลุกลามพบว่า การรับประทานสารสกัดจากส่วนดอกของเห็ดหลินจือขนาด 1.8 กรัมต่อวัน ติดต่อกัน 12 สัปดาห์เพิ่มระดับ IL-2, IL6, interferon- $\gamma$  สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang และคณะ [19] ในหนูพันธุ์ Inbred ติดต่อกัน 14 วันพบว่า สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จาก GLBS ลดขนาดมะเร็งเพิ่มระดับ interferon- $\gamma$  และเพิ่มการทำงานของทีเซลล์เอ็นเคเซลล์ และแมคโครฟาจ ในการศึกษาแม้ว่าระดับ IgE ของผู้ป่วยบางรายสูงกว่าค่าปกติแต่แมสต์เซลล์ เบโซฟิล และอีโอซิโนฟิลแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเข้าร่วมการศึกษา สัปดาห์ที่ 4 และ 8 โดย IgE เป็นสารสำคัญในกระบวนการการเกิดภาวะภูมิไวเกินชนิดที่ 1 โดยสารก่อภูมิแพ้กระตุ้นให้มีการสร้าง IgE ที่จำเพาะต่อสารเหล่านั้นและเกาะบนผิวของแมสต์เซลล์และเบโซฟิล ส่งผลให้มีการหลั่งสารฮิสตามีนและไซโตไคน์ไปกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล [20, 21] การฟื้นตัวของเม็ดเลือดแตกต่างขึ้นกับชนิดของเม็ดเลือด เช่น ฮีโมโกลบินใช้เวลาประมาณ 16 วัน ในขณะที่เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลใช้ระยะเวลา 26 วัน [22] การศึกษาก่อนหน้ารายงานว่าสารสกัดเห็ดหลินจือส่วนดอกและ GLBS ขนาด 150 และ 300 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อระดับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดในหนูพันธุ์ Wistar ติดต่อกัน 40 วันสามารถเพิ่มระดับเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม [23] ในขณะที่ Lai และคณะ [24] ศึกษาผลของเส้นใยเห็ดหลินจือขนาด 30 กรัม ติดต่อกัน 20 วัน ในม้าพบว่า ระดับเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญจะเห็นได้ว่า การศึกษาก่อนหน้าของเห็ดหลินจือที่มีต่อระดับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดยังคงมีความขัดแย้ง

ด้านความปลอดภัย การศึกษาก่อนหน้ารายงานว่าเห็ดหลินจือปลอดภัยต่อตับและไต Jin และคณะ [25] พบว่าหนู mice ที่รับประทาน GLBS ขนาด 0.1, 0.5 และ 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ติดต่อกัน 7 วัน มีระดับ AST และ ALT ลดลง อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและสัมพันธ์กับขนาดของ GLBS Zhao และคณะ [12] พบว่าค่าการทำงานของไต ได้แก่ creatinine และค่าการทำงานของตับ ได้แก่ albumin, AST, ALT และ total bilirubin ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่รักษาฮอร์โมนและรับประทาน GLBS ขนาด 1 กรัม วันละ 3 ครั้ง ติดต่อกัน 4 สัปดาห์เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเข้าร่วมการศึกษา อาการไม่พึงประสงค์มีอาการเล็กน้อย เช่น ปากแห้งคอแห้งและมีน้ิรชเช สอดคล้องกับผลการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าผู้ป่วยมะเร็งเต้านม ถ้าใช้เห็ดหลินจือหรือทวารหนักหลังครบการรักษาด้วยยาเคมีบำบัด เมื่อรับประทาน GLBS ขนาด 250 มิลลิกรัม รับประทานครั้ง 1 แคปซูล ก่อนอาหาร วันละ 3 ครั้ง ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ ไม่สามารถเพิ่มระดับอิมมูโนโกลบูลินทุกชนิดอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความปลอดภัย การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น หากมีการศึกษาในครั้งถัดไปควรเพิ่มกลุ่มที่ได้รับยาหลอกเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ทูน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย และบริษัท ซี เนเชอรัล ฟาร์มาซูติคอล จำกัด ที่ให้การสนับสนุนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

#### เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Globocan 2018 [Internet]. 2018. [Cited 2019 Dec 1]. Available from: <http://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/900-world-fact-sheets.pdf>
2. กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2560. นนทบุรี:



- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข; 2560.
3. เอื้อมแน สุขประเสริฐ. Cancer therapy. เอกสารประกอบการบรรยายการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง Workshop and Traineeship for Oncology Pharmacy Practitioner 2011 [อินเทอร์เน็ต]. 2554. [เข้าถึงเมื่อ 1 ก.พ. 2563]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaihp.org/index2.php?option=showfile&tbl=home&id=970>
  4. วรณพร สิงห์น้อย, ประภาพร สุประเสริฐ. ผลเสียต่อไขกระดูก การรักษาด้วยยาเคมีบำบัด. [อินเทอร์เน็ต]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 1 ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: [https://w1.med.cmu.ac.th/obgyn/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1334:2017-05-31-23-35-06&catid=45&Itemid=561](https://w1.med.cmu.ac.th/obgyn/index.php?option=com_content&view=article&id=1334:2017-05-31-23-35-06&catid=45&Itemid=561)
  5. Verma R, Foster RE, Horgan K, Mounsey K, Nixon H, Smalle N, et al. Lymphocyte depletion and repopulation after chemotherapy for primary breast cancer. *Breast Cancer Res* 2016;18(10):10.
  6. Sanodiya BS, Thakur G, Baghel R, Prasad G, Bisen P. *Ganoderma lucidum*: A potent pharmacological macrofungus. *Curr Pharm Biotechnol* 2009;10(8):717-42.
  7. นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. สปอร์เห็ดหลินจือ: ทำไมต้องกะเทาะผนังหุ้มก่อนนำไปใช้ทางยา. *วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก* 2008;6(3):313-20.
  8. Zhu HS, Yang XL, Wang LB, Zhao DX, Chen L. Effects of extracts from sporoderm-broken spores of *Ganoderma lucidum* on HeLa cells. *Cell Biol Toxicol* 2000;16(3):201-6.
  9. Gao Y, Zhou S, Jiang W, Huang M, Dai X. Effects of ganopoly (a *Ganoderma lucidum* polysaccharide extract) on the immune functions in advanced-stage cancer patients. *Immunol Invest* 2003;32(3):201-15.
  10. Galor SW, Yuen J, Buswell JA, Benzie IFF. *Ganoderma lucidum* (Lingzhi or Reishi): a medicinal mushroom. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis; 2011.
  11. Kubota A, Kobayashi M, Sarashina S, Takeno R, Okamoto K, Narumi K, et al. Reishi mushroom *Ganoderma lucidum* modulates IgA production and alpha-defensin expression in the rat small intestine. *J Ethnopharmacol* 2018;214:240-3.
  12. Zhao H, Zhang Q, Zhao L, Huang X, Wang J, Kang X. Spore powder of *Ganoderma lucidum* improves cancer-related fatigue in breast cancer patients undergoing endocrine therapy: a pilot clinical trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2012;doi:10.1155/2012/809614.
  13. นิพิฐพนธ์ สนิทเหลือ, วชิรพร สาตร์เพ็ชร์, ญาดานาภอารักษ์. การคำนวณตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G\*power. *วารสารวิชาการสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ* 2562;5(1):498-507
  14. Gonzalez-Calle V, Cerda S, Labrador J, Sobejano E, Gonzalez-Mena B, Aguilera C, et al. Recovery of polyclonal immunoglobulins one year after autologous stem cell transplantation as a long-term predictor marker of progression and survival in multiple myeloma. *Haematologica* 2017;102(5):922-31.
  15. อรวดี หาญวิวัฒน์วงศ์. อิมมูโนโกลบูลิน. [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 1 ก.พ. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.cai.md.chula.ac.th/lesson/lesson4713/>
  16. Wang Y, Liu Y, Yu H, Zhou S, Zhang Z, Wu D, et al. Structural characterization and immunoenhancing activity of a highly branched water-soluble  $\beta$ -glucan from the spores of *Ganoderma lucidum*. *Carbohydr Polym* 2017;167:337-44.
  17. Lin KI, Kao YY, Kuo HK, Yang WB, Chou A, Lin HH, et al. Reishi polysaccharides induce



- immunoglobulin production through the TLR4/TLR2-mediated induction of transcription factor Blimp-1. *J Biol Chem* 2006;281(34):24111-23.
18. Yue GG, Fung KP, Leung PC, Lau CB. Comparative studies on the immunomodulatory and antitumor activities of the different parts of fruiting body of *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma* spores. *Phytother Res* 2008;22(10):1282-91.
19. Wang PY, Zhu XL, Lin ZB. Antitumor and immunomodulatory effects of polysaccharides from broken-spore of *Ganoderma lucidum*. *Front Pharmacol* 2012;3(135):1-5.
20. Amarasekera M. Immunoglobulin E in health and disease. *Asia Pac Allergy* 2011;1(1):12-15.
21. Stone KD, Prussin C, Metcalfe DD. IgE, mast cells, basophils, and eosinophils. *J Allergy Clin Immunol* 2010;125(2 Suppl 2):S73-S80.
22. Grunnan JD, Rosthoj S. Time course of peripheral blood count recovery during induction chemotherapy for childhood acute lymphoblastic leukemia. *Hematology* 2019;24(1):467-72.
23. Ahmed H, Aslam M. Effect of *Ganoderma lucidum* (Reishi) on hematological parameters in Wistar rats. *Int J Med Res Health Sci* 2018;7:1-8.
24. Lai SW, Lin JH, Lai SS, Wu YL. Influence of *Ganoderma lucidum* on blood biochemistry and immunocompetence in horses. *Am J Chin Med* 2004;32(6):931-40.
25. Jin H, Jin F, Jin JX, Xu J, Tao TT, Liu J, et al. Protective effects of *Ganoderma lucidum* spore on cadmium hepatotoxicity in mice. *Food Chem Toxicol* 2013;52:171-5.



## แพลตฟอร์มการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือภายในโดยใช้เทคโนโลยี Narrowband-Internet of Things (NB-IoT)

### A SOS platform inside automotive vehicles based on Narrowband-Internet of Things (NB-IoT) technology

จิรเดช ศรีพรงาม สุธีรา พึ่งสวัสดิ์\* ญัฐพร นันทจิระพงศ์ และ ศิลา เต็มศิริฤกษ์กุล  
สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540

Jiradet Sripornngam, Suteera Puengsawad\*, Nathaphon Nanthajirapong  
and Sila Temsiririkkul

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

Received: 20 May 2020/ Revised: 23 June 2020/ Accepted: 25 June 2020

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแพลตฟอร์มการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ (SOS) เพื่อติดตั้งภายในรถยนต์ โดยใช้เทคโนโลยี Narrow-Band Internet of Things (NB-IoT) ซึ่งใช้พลังงานต่ำ แพลตฟอร์มประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนอุปกรณ์ส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือที่อยู่ภายในห้องโดยสารของยานพาหนะ และ 2) ส่วนแอปพลิเคชันรับการแจ้งเตือนรูปแบบ notification ซึ่งติดตั้งบนอุปกรณ์พกพาที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำหน้าที่บันทึกและแสดงค่าที่รับมาจากเซนเซอร์ที่อยู่บนอุปกรณ์ส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนบนอุปกรณ์พกพาที่อยู่ภายนอกรถยนต์ได้ เซนเซอร์ที่ติดตั้งบนอุปกรณ์ส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือประกอบด้วยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและเซนเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าที่วัดได้จะถูกจัดเก็บและส่งผ่าน AIS Magellan ผลการทดลองเมื่อส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือจากสถานที่ต่าง ๆ ที่มีระยะทางระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณกับอุปกรณ์พกพาที่ติดตั้งแอปพลิเคชันระหว่าง 0.24 ถึง 64.0 กิโลเมตร พบว่าแพลตฟอร์มสามารถทำงานเพื่อส่งสัญญาณแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้อง แต่มีความล่าช้าของการส่งสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามระยะทาง แพลตฟอร์มต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้งานจริงต่อไปได้

**คำสำคัญ:** การส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ เครือข่ายพลังงานต่ำ แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง



## Abstract

This article presented the development of the SOS platform for automotive vehicles by using narrowband-Internet of Thing (NB-IoT) technology which using low-power. The platform is including 1) the signal transmission device in the vehicle 2) the android OS based application for retrieved notifications in smartphones. The transmission device will retrieve some data from several sensors inside the vehicle including temperature, the carbon monoxide level inside the cabin room. These data will be recorded, processed, and report Via AIS Magellan cloud service. As a result, the platform is able to transmit the SOS signal in distance 0.24 to 64 Km. The experiment has shown that the signal was transmitted correctly but there is some delay of signal transmitting time increasing linearly due to the distance. The developed prototype platform can be further developed for further practical use.

**Keywords:** SOS, Low-power network, Mobile application, Internet of things

## บทนำ

ปัจจุบันแม้ว่าการใช้งานไวไฟถือเป็นการสื่อสารที่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย รวมไปถึงการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) แต่ด้วยไวไฟถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการรองรับอุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารด้วยข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งแตกต่างจากการสื่อสารของอุปกรณ์ IoT ที่สื่อสารด้วยข้อมูลขนาดเล็ก เน้นการใช้พลังงานต่ำ และรองรับอุปกรณ์จำนวนมาก ทำให้การใช้งานไวไฟไม่ตรงกับวัตถุประสงค์เนื่องจากข้อจำกัดของการรองรับอุปกรณ์ IoT [1]

ซิกบี (Zigbee) และ บลูทูธ (Bluetooth) ถือเป็นทางเลือกของเทคโนโลยีที่ใช้รองรับการสื่อสารของ IoT ทั้งสองถูกออกแบบเพื่อให้ใช้พลังงานที่ต่ำ และรองรับการเชื่อมต่อโหนดจำนวนมาก ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยของภาครัฐ และคณะ [2] เรื่องระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านเครื่องแม่ข่ายโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแบบไร้สาย โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีซิกบีที่เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless sensor network) ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์และใช้เซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด ในการตรวจจับผู้บุกรุก คือ 1) เซ็นเซอร์แสงอินฟราเรด (passive infrared sensor) ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ 2) เซ็นเซอร์เพียโซดิสก์ (Piezo disk vibration sensor) ใช้ตรวจสอบการกระแทก เช่น การพยายามทุบทำลายกระจก 3) สวิตช์แม่เหล็ก (magnetic

switch) ใช้ป้องกันการบุกรุกผ่านทางประตู จากการทดสอบระบบ อุปกรณ์ซิกบีสามารถรับส่งข้อมูลได้ดีภายในระยะไม่เกิน 40 เมตร แต่หากระยะเกิน 40 เมตร การรับส่งข้อมูลจะไม่มีเสถียรขึ้นอยู่กับสัญญาณรบกวนจากภายนอก และระดับในการวางอุปกรณ์ซิกบี และจากรายงานของพงษ์พันธ์ [3] เรื่องระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติ ด้วย Bluetooth accelerometer sensor โปรแกรมจะเก็บข้อมูลการล้มและแจ้งเตือนขอความช่วยเหลือในรูปแบบเสียง และข้อความแจ้งเตือนที่อุปกรณ์พกพาของผู้ล้มเพื่อขอความช่วยเหลือ ระบบที่พัฒนายังมีข้อจำกัดเรื่องการส่งข้อมูลที่ล่าช้าจาก Bluetooth accelerometer sensor ไปยังอุปกรณ์พกพา หากกรณีที่อยู่ห่างกันเกินกว่า 10 เมตร เนื่องจากความแรงของสัญญาณบลูทูธลดลง ซึ่งมีเนื้อหาตรงกันจากส่วนของปัญหาที่พบในส่วนของการส่งสัญญาณในระยะที่ไม่ไกล การรับส่งข้อมูลจะไม่มีเสถียร และการถูกรบกวนจากภายนอก

นอกจากเทคโนโลยีดังกล่าวข้างต้นแล้ว Narrow Band Internet of Thing (NB-IoT) เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่สำคัญในการรองรับการสื่อสารของอุปกรณ์ IoT โดยความโดดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือการรองรับการสื่อสารระยะไกล และการใช้พลังงานที่ต่ำ เพื่อรองรับการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ซึ่งในประเทศไทย NB-IoT ทำงานอยู่บนเครือข่ายของสอง



ผู้ให้บริการ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยของศิลปินรงค์ และ พรนรินทร์ [4] เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Narrow Band Internet of Thing ในการสร้างต้นแบบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบการใช้งาน NB-IoT ซึ่งเป็นบอร์ด IoT พลังงานต่ำ โดยงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้งาน IoT กับเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยทำการวัดเก็บข้อมูล และส่งค่าผ่าน AIS Magellan Library และส่งข้อมูลไปแสดงผลที่หน้าเว็บ AIS Magellan และ dweet เครื่องมือที่ใช้วิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย NB-IoT Shield Arduino เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น และบริการคลาวด์ AIS Magellan โดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก ผลการวิจัยพบว่า NB-IoT Shield Arduino และระบบสามารถส่งผลไปแสดงที่เว็บได้

จากการประยุกต์ IoT เข้ากับงานดังกล่าวข้างต้น ยังมีการประยุกต์ร่วมกับระบบการแจ้งเตือนฉุกเฉิน ซึ่งระบบการแจ้งเตือนฉุกเฉินทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้โทรศัพท์เพื่อโทรแจ้งเหตุโดยมีหมายเลขโทรศัพท์รับแจ้งเหตุโดยเฉพาะ แต่ในกรณีฉุกเฉินผู้ต้องการแจ้งอาจอยู่ในภาวะตกใจไม่สามารถใช้โทรศัพท์มือถือได้สะดวกและรวดเร็ว จึงได้มีผู้วิจัยพัฒนาระบบการแจ้งเตือนฉุกเฉินแบบต่าง ๆ ดังงานวิจัยของ ชีรพงศ์ และคณะ [5] ได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาสำหรับการร้องขอความช่วยเหลือในกรณีฉุกเฉิน ผู้ร้องขอเป็นกลุ่มคนที่อยู่ในเหตุการณ์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Nass และคณะ [6] ได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาชื่อ RESCUER เพื่อที่ประชาชนทั่วไปจะได้มีส่วนร่วมในการแจ้งเตือนฉุกเฉินไปยังศูนย์แจ้งเหตุ และได้รับข้อมูลในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น คณะผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการปฏิสัมพันธ์ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน คือ การกดปุ่มเดียว การรับคำแนะนำ และการคุยโต้ตอบระหว่างผู้แจ้งและผู้รับแจ้ง ผลการทดสอบพบว่า ทั้งสามรูปแบบสามารถทำให้ประชาชนทั่วไปปฏิสัมพันธ์ผ่านแอปพลิเคชัน RESCUER ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในกรณีฉุกเฉินผู้ต้องการแจ้งอาจอยู่ในภาวะตกใจไม่สามารถใช้โทรศัพท์มือถือได้

สะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้บริษัท MobileHelp [7] ได้พัฒนาอุปกรณ์แบบกดปุ่มฉุกเฉินที่เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือแบบอุปกรณ์พกพาผ่านทางเครือข่ายแบบบลูทูธ ลักษณะของปุ่มกดจะมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาได้สะดวก สามารถกดได้ง่ายเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน แต่ผู้ใช้งานยังต้องมีอุปกรณ์พกพาร่วมด้วย ซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และบริษัท AlertOneServices [8] ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่ชื่อว่า AlertOne ซึ่งผู้ใช้สามารถกดปุ่มแจ้งเหตุฉุกเฉิน แล้วข้อความแจ้งเตือนจะถูกส่งไปยังศูนย์รับแจ้งเหตุโดยอัตโนมัติ แต่ในกรณีนี้ผู้ใช้งานไม่สามารถแจ้งขอความช่วยเหลือไปยังญาติหรือผู้ดูแลได้ และด้วยข้อจำกัดของศูนย์รับแจ้งเหตุในประเทศไทยอาจไม่สามารถตอบสนองต่อทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้

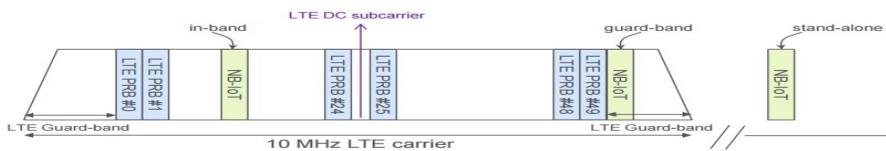
จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาดังกล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยี NB-IoT มาประยุกต์ใช้สำหรับส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือภายในยานพาหนะที่มีการเคลื่อนที่ โดยระบบมุ่งเน้นใช้ในธุรกิจการขนส่งสินค้า ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับติดตามรถยนต์เป็นจำนวนมาก จากการศึกษาของชัยพร [9] ได้ทำการวิจัยเรื่องระบบติดตามตรวจสอบตำแหน่งและเส้นทางรถยนต์ด้วยสัญญาณดาวเทียม มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับติดตามและตรวจสอบตำแหน่งรถยนต์รวมทั้งออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์เพื่อตรวจดูเส้นทางบนแผนที่แบบดิจิทัล ซึ่งในงานวิจัยใช้เทคโนโลยีจีพีเอสในการติดตาม และส่งสัญญาณมายังซอฟต์แวร์ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาเครื่องส่งสัญญาณสำหรับขอความช่วยเหลือจากภายในยานพาหนะ หากเกิดกรณีฉุกเฉินต่าง ๆ ผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มขอความช่วยเหลือ หรือหากกรณีที่มีค่าอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เกินมาตรฐาน ระบบจะทำการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือผ่านเทคโนโลยี NB-IoT ไปยังแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาของผู้ติดตาม เพื่อให้ผู้ติดตามสามารถคาดการณ์สภาพแวดล้อมในสถานที่ที่มีการขอความช่วยเหลือได้ทันที

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

#### 1.1 Narrowband IoT (NB-IoT)

Narrowband IoT หรือ NB-IoT เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบ Low Power Wide Area Network (LPWAN) โดยมีองค์กรกำหนดมาตรฐานกลาง 3rd Generation Partnership Project (3GPP) โดย NB-IoT ถือเป็นหนึ่งในการออกมาเป็นมาตรฐานในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถใช้เครือข่ายเซลลูลาร์ในการรับส่งข้อมูลแบบใช้พลังงานต่ำ ส่งข้อมูล uplink ในขนาดที่เหมาะสมโดยแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ IoT มีอายุการใช้งานยาวนาน สามารถพัฒนาเครือข่ายให้เปิดบริการ IoT ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว



ภาพที่ 1 การแบ่งความถี่ของ NB-IoT [11]

นอกจากนี้ในขั้นภายภาพยังต้องพิจารณาถึงแถบความถี่ที่จะใช้งานในการส่งสัญญาณแบบไร้สายด้วย โดยแบ่งแถบความถี่ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) unlicensed band และ 2) licensed band ซึ่งถูกกำหนดการใช้งานในประเทศไทยโดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติหรือ กสทช. แถบความถี่ย่าน unlicensed band ในประเทศไทยมีการกำหนดให้สามารถใช้งานได้โดยมีค่ากำลังส่งสูงสุดไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ที่ประชุม กสทช. มีมติเห็นชอบให้ใช้คลื่นความถี่ย่าน 920-925 MHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีไอโอทีตาม (ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคมที่ไม่ใช่ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ซึ่งใช้คลื่นความถี่ย่าน 920-925 MHz

ในส่วนของ licensed band จะดำเนินการโดยผู้ให้บริการด้านเครือข่ายโทรคมนาคมที่ได้รับใบอนุญาต

เนื่องจากใช้ระบบเครือข่ายเซลลูลาร์ในปัจจุบันได้ และสถานีฐานรองรับอุปกรณ์ IoT ได้มากในระดับเสถียรต่อสถานีฐาน NB-IoT ใช้ย่านความถี่อย่างน้อย 180 KHz สามารถทำงานได้ 3 ลักษณะ คือ 1) ใช้อุปกรณ์คลื่นความถี่หนึ่งช่องของ GSM 2) ใช้อุปกรณ์แถบความถี่ของ LTE 3) ใช้แบนคลื่นความถี่เดียวกับ LTE โดยใช้แบนความถี่หนึ่งบล็อกมีความเร็วในการสื่อสาร 250 kpps มีความเร็วในการรับสัญญาณได้ในระดับ มากกว่า -150 dBm จึงมีระยะทางการสื่อสารที่ไกลมาก โดยมีความเร็วในการรับสัญญาณได้ดีกว่า GSM และ LTE ในระบบเดิม 20 db ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถติดตั้งระบบสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ NB-IoT ได้โดยไม่ต้องมีอินเตอร์เน็ตเกตเวย์ ข้อมูลจะถูกส่งจากอุปกรณ์ NB-IoT ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังเครื่องแม่ข่ายได้โดยตรง [10]

ในการใช้คลื่นความถี่ย่านนั้น ๆ เช่น คลื่นความถี่ย่าน 3G หรือ ย่านที่ให้บริการ LTE โดยสามารถใช้ได้ทั้งความถี่ในช่วงแถบความถี่คุม (guard band) หรือใช้ในแบนด์ความถี่เดียวกันกับที่ให้บริการ LTE เลยก็ได้ (in band) (ภาพที่ 1) [12]

#### 1.2 โพรโตคอล CoAp

CoAP (Constrained Application Protocol) เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่โดย IETF ในปี 2014 โดยถูกออกแบบให้คล้ายกับ HTTP ซึ่งเป็น document transfer protocol แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก เพราะตัดส่วนที่ไม่จำเป็นทิ้งและทำงานบน UDP ซึ่งเป็นโพรโตคอลที่ไม่มีการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง จึงส่งข้อมูลได้เร็วมาก แต่ไม่การันตีว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังปลายทางอย่างแน่นอน ถูกต้องตามลำดับ การส่งซ้ำและเรียงลำดับข้อมูลต้องไปทำบนระดับแอปพลิเคชัน



โพรโตคอล CoAP เป็นสถาปัตยกรรมแบบ Client/Server โดยเครื่องลูกข่ายจะทำการร้องขอทรัพยากรไปที่เครื่องแม่ข่ายโดยตรง จากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะทำการตอบกลับคำร้องพร้อมกับออปชัน ‘Content-Type’ เพื่อบอกว่าเครื่องลูกข่ายกำลังจะได้รับข้อมูลในรูปแบบไหนกลับไป (เช่น JSON, XML, CBOR เป็นต้น) โดยเครื่องลูกข่ายสามารถ GET, PUT, POST และ DELETE ทรัพยากรบนเครื่องแม่ข่ายด้วย URL และ query string ในการสถาปัตยกรรมแบบ CoAP ที่มีการแลกเปลี่ยนทรัพยากรกันโดยตรง Sensor Node ทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องแม่ข่าย และเครื่องลูกข่ายในเวลาเดียว เพราะต้องทำการตอบรับแพ็กเก็ตที่ถูกส่งมาหาโพรโตคอล CoAP ออกแบบมาสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบ one-to-one เหมาะสำหรับแอปพลิเคชันแบบกระจายศูนย์ที่มีอุปกรณ์อยู่บนเครือข่ายเดียวกันสามารถติดต่อกันได้โดยตรง [13]

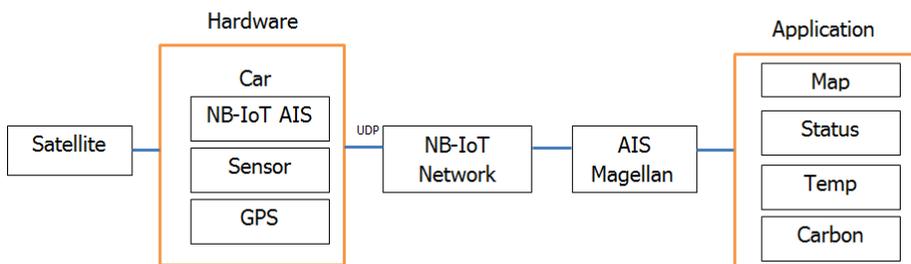
### 1.3 การบริการของ AIS Magellan

เป็นแพลตฟอร์ม IoT connectivity platform ของผู้ให้บริการโทรศัพท์มือถือจากบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) (AIS) ซึ่งตัวแพลตฟอร์ม IoT Connectivity Platform นั้นมีหน้าที่หลักในการให้บริการเป็น UDP Server ที่สนับสนุนโพรโตคอล CoAP บริการ dashboard ปรับแต่ง การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ widget หรือพัฒนาเชื่อมต่อ API กับแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา และการใช้ data proxy รองรับการใช้งานจาก NB-IoT

development kit และอุปกรณ์ IoT อื่น ๆ สามารถจัดการอุปกรณ์ ระบบบริการคลาวด์ของ AIS Magellan เป็นแพลตฟอร์ม ที่ถูกออกแบบให้พัฒนาและอำนวยความสะดวกสำหรับนักพัฒนาในการสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ อุปกรณ์ผ่านระบบเครือข่ายเซลลูลาร์เข้าสู่ระบบคลาวด์โดยตรง โดยมี Library AIS Magellan เพื่อสนับสนุนนักพัฒนาผลิตภัณฑ์และโซลูชัน IoT ให้สามารถสรุปการออกแบบและทดสอบความเป็นไปได้ (proof of concept) ได้อย่างรวดเร็วก่อนสร้างเป็นผลิตภัณฑ์จริง [14]

### 2. การวิเคราะห์ระบบและออกแบบระบบ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการออกแบบและนำเทคโนโลยี NB-IoT เข้ามาช่วยในการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือจากเครื่องส่งสัญญาณ โดยนำเอาเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ บันทึกลงและแสดงค่าข้อมูลส่งผ่านมาตรฐานโครงข่ายที่ใช้พลังงานต่ำ LPWAN หรือ Low Power Wide Area Network ซึ่งทำให้สามารถรับส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ในจุดที่ห่างไกลส่งค่าเข้าสู่ระบบเครือข่ายได้โดยตรงโดยใช้พลังงานต่ำผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ [15] ระบบจะส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือจาก 2 กรณี 1) ผู้ใช้งานกดปุ่มขอความช่วยเหลือ 2) เซนเซอร์ตรวจจับความผิดปกติของอุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เกินมาตรฐาน ระบบจะแจ้งเตือนในรูปแบบ Notification และส่งข้อมูลไปยัง แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาของผู้ติดตาม โดยมีภาพรวมดังภาพที่ 2

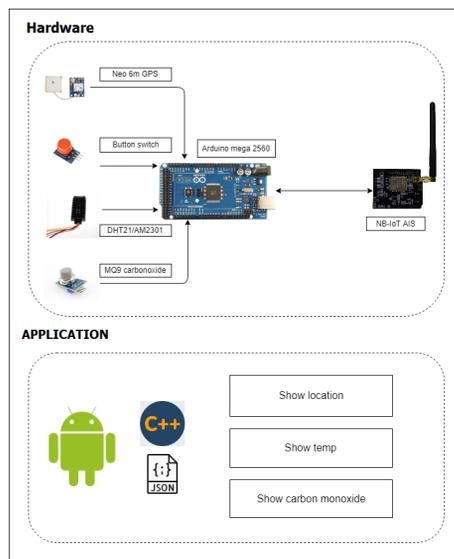


ภาพที่ 2 ภาพรวมการทำงานของระบบ

## ส่วนของเครื่องส่งสัญญาณ

จากภาพที่ 1 เครื่องส่งสัญญาณจะทำการติดตั้งไว้ในยานพาหนะ จะทำหน้าที่ในการรับตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด จากดาวเทียม และตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิจากเซนเซอร์ DHT21 ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จากเซนเซอร์ MQ9 จากนั้นทำการส่งข้อมูลอุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ไปบริการคลาวด์ AIS Magellan ผ่าน NB-IoT เมื่อเกิดการขอความช่วยเหลือแอปพลิเคชันจะ

ทำการร้องขอข้อมูลบริการคลาวด์ AIS Magellan แล้วนำมาประมวลผลโดยการนำค่าละติจูด ลองจิจูด มารระบุตำแหน่งบนแผนที่ แสดงข้อมูลอุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และนำข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มาเปรียบเทียบ เพื่อแสดงสถานะและผลกระทบ ซึ่งมีการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบโดยสามารถแสดง กระบวนการทำงานของระบบเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สถาปัตยกรรมระบบ (system architecture)

จากภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมระบบ (system architecture) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนเครื่องส่งสัญญาณและ 2) ส่วนของแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา ในส่วนของเครื่องส่งสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

### 1. ส่วนของเซนเซอร์

1.1 Neo 6mv2 GPS เป็นเซนเซอร์สำหรับการระบุตำแหน่งของเครื่องส่งสัญญาณเมื่อ Neo 6mv2 GPS รับสัญญาณจากดาวเทียมได้จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino mega 2560 โดยเซนเซอร์จะรับสัญญาณได้ดีในบริเวณภายนอกอาคาร

1.2 DHT21/AM2301 เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์แบบดิจิทัล โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณเพียงเส้นเดียวแบบสองทิศทาง

1.3 MQ9 carbon monoxide เป็นเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และตรวจจับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยจะวัดค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ ตั้งแต่ 100 ถึง 10,000 ppm ซึ่งเซนเซอร์จะทำงานที่อุณหภูมิตั้งแต่ -10 ถึง 50 องศาเซลเซียส

1.4 Button Switch เป็นปุ่มกดแบบกดติดปล่อยดับทำหน้าที่ส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา

### 2. ส่วนของ controller

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino mega 2560 ในการประมวลผลข้อมูลที่รับจากเซนเซอร์ต่าง ๆ และส่งไปยังส่วนต่อไป

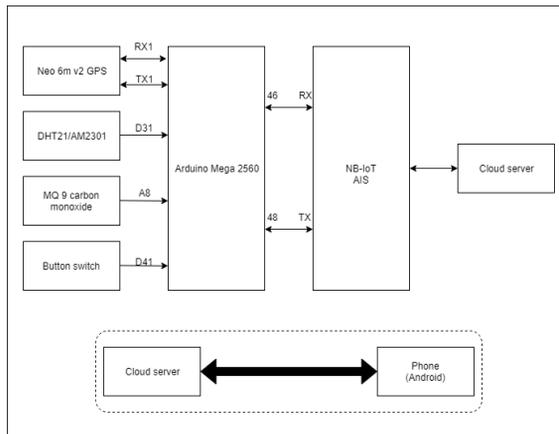


### 3. ส่วนติดต่อกับ cloud server

เป็น NB-IoT เนื่องจากจากสามารถรองรับการเชื่อมต่อได้หลากหลายรูปแบบ จะทำการรับค่าจากเซนเซอร์ ส่งผ่านระบบเครือข่ายเซลลูลาร์ โดยใช้โปรโตคอล CoAp ข้อมูลจะถูกประมวลผลและจัดเก็บไว้ที่บริการคลาวด์ AIS

Magellan ซึ่งสามารถนำแสดงค่าของข้อมูลจากเซนเซอร์มาแสดงที่แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา

การออกแบบส่วนเครื่องส่งสัญญาณ สามารถแสดงออกมาได้ในรูปแบบของแผนภาพบล็อก (block diagram) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนภาพบล็อก (block diagram)

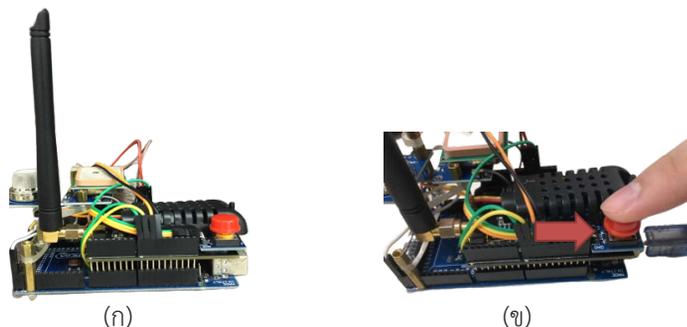
จากภาพที่ 3 แผนภาพบล็อก (block diagram) แสดงถึงการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) เป็นส่วนของการทำงานระหว่างเซนเซอร์กับบอร์ด Arduino mega 2560 โดยจะทำการรับส่งค่าต่าง ๆ ผ่านพอร์ต เช่น Neo 6mv2 GPS จะทำการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ต RX TX และ บอร์ด Arduino mega 2560 จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์แล้วส่งออกข้อมูลไปบริการคลาวด์ AIS Magellan โดยผ่าน NB-IoT

2) เป็นส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่าง AIS Magellan กับแอปพลิเคชัน เมื่อมีการขอความช่วยเหลือจะมีการส่งการ

แจ้งเตือนพร้อมค่าละติจูด ลองติจูด ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ สถานะและผลกระทบแสดงที่แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา

การใช้งานเครื่องส่งสัญญาณต้องทำการต่อแหล่งพลังงานให้กับเครื่องส่งสัญญาณผ่าน USB ใช้กระแสไฟฟ้า DC 5V (ก) โดยเมื่อต้องการความช่วยเหลือสามารถทำได้โดยการกดที่ปุ่มสีแดงบนอุปกรณ์ (ข) หรือในกรณีที่ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เกินมาตรฐานเครื่องจะส่งสัญญาณไปยังแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องส่งสัญญาณ

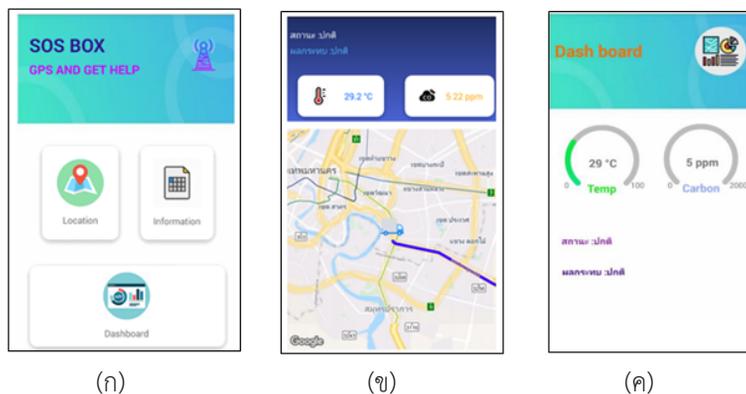
### ส่วนของแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา

เมื่อกดปุ่มจากเครื่องส่งสัญญาณ แอปพลิเคชันจะแจ้งเตือนในรูปแบบ notification พร้อมทั้งแสดงข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ จากบริการคลาวด์ AIS Magellan ผ่าน NB-IoT แล้วนำมาประมวลผล โดยการนำค่าละติจูดและลองจิจูดมาระบุตำแหน่งบนแผนที่ นำข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์มาเปรียบเทียบ เพื่อแสดงสถานะและผลกระทบ แอปพลิเคชันจะแสดงข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องส่งสัญญาณบนแผนที่จากค่าละติจูดและลองจิจูดที่ได้มาจากเซนเซอร์ Neo 6mv2 GPS
2. ข้อมูลปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์จากปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ได้มาจากเซนเซอร์ MQ9
3. ข้อมูลอุณหภูมิจากค่าอุณหภูมิที่ได้มาจากเซนเซอร์ DHT21

4. ข้อมูลสถานะจากการเปรียบเทียบของข้อมูลอุณหภูมิกับปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์

5. ข้อมูลผลกระทบหากคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าสู่ร่างกายจากข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์การใช้งานเมื่อผู้ใช้งานเปิดแอปพลิเคชันจะปรากฏหน้าช่วงเวลาเพื่อเริ่มต้นการทำงานของแอปพลิเคชัน (ภาพที่ 5) ระบบจะแสดงหน้าเมนูทั้งหมด ประกอบไปด้วย 1) เมนู Location (ก) จะปรากฏหน้าแสดง สถานะ ผลกระทบ อุณหภูมิ ปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องส่งสัญญาณและแอปพลิเคชันในรูปแบบแผนที่ 2) เมนู information (ข) จะปรากฏหน้าแสดงข้อมูลปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อร่างกายหากได้รับในปริมาณที่ไม่ปกติ 3) Dashboard (ค) แสดงสถานะ ผลกระทบ และแสดงข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ในแบบรูปภาพ



ภาพที่ 6 หน้าจอแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา

### ผลการวิจัย

เมื่อเสร็จสิ้นการพัฒนาเครื่องส่งสัญญาณและแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประกอบด้วย 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) การทดสอบภาพรวมการทำงานของระบบ

2) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ผู้วิจัยทำการทดสอบภาพรวมการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณ การเชื่อมต่อเข้ากับบริการคลาวด์ การส่งผ่านข้อมูลไปยังแอปพลิเคชัน และการทำงานของแอปพลิเคชันได้ดังนี้



**ตารางที่ 1** สรุปผลทดสอบภาพรวมการทำงานของระบบ

ลำดับ	หน้าที่การทำงาน	ผลการทดสอบ
1	การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณ	เมื่อติดตั้งภายในยานพาหนะ เครื่องส่งสัญญาณสามารถจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์เซนเซอร์ได้ตลอด 24 ชั่วโมง
2	การเชื่อมต่อ NB-IoT ผ่านระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	สามารถเชื่อมต่อได้ทุกครั้งที่เปิดระบบ
3	การเชื่อมต่อเข้ากับบริการคลาวด์ AIS Magellan	สามารถเชื่อมต่อได้โดยสัญญาณจะมีการส่งค่า 2 สถานะคือ connected 5 วินาที สลับกับ disconnect 10 วินาที ทั้งนี้การส่งข้อมูลจะไม่ทันทีทันใด (real-time) แต่จะเป็นส่งข้อมูลต่อเมื่อมีการกดปุ่มระบบจะทำการส่งข้อมูลให้แก่แอปพลิเคชัน ซึ่งเหมาะสมกับงานวิจัย เนื่องจากช่วยประหยัดพลังงาน
4	การส่งค่าวัตถุอันตราย และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าละติจูด ลองจิจูด	สามารถส่งค่าและแสดงผลบนแอปพลิเคชันได้ทั้ง 4 ค่า
5	การแสดงผลข้อมูลบนแอปพลิเคชัน	สามารถนำข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องส่งสัญญาณมาแสดงผลบนแอปพลิเคชันได้อย่างถูกต้อง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ผู้วิจัยได้นำเครื่องส่งสัญญาณติดตั้งภายในรถยนต์เคลื่อนที่ไปยังสถานที่ต่าง ๆ และทำการกดปุ่มขอความช่วยเหลือเพื่อหาเวลาเฉลี่ย โดยเริ่มจากการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ของเครื่องส่งสัญญาณไปยังบริการคลาวด์ AIS Magellan แล้วส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันเพื่อแสดงการแจ้งเตือนแบบ notification จากการทดสอบจาก 6 สถานที่ บนถนนบางนา-ตราด ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพฯ สมุทรปราการ และชลบุรี ซึ่งมีระยะทางที่ต่างกันเพื่อทำการทดสอบถึงระยะทางที่รับได้ โดยแต่ละสถานที่ที่มีการทดสอบที่ละ 5 ครั้ง ได้ผลเฉลี่ยดังนี้

**ตารางที่ 2** สรุปผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพของเครื่องส่งสัญญาณเมื่อขอความช่วยเหลือไปยังแอปพลิเคชัน

สถานที่	ระยะทางระหว่างอุปกรณ์กับแอปพลิเคชัน (กิโลเมตร)	เวลาในการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน (วินาที)
ระหว่าง บริษัท ดี.ที.ซี เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด กับร้านสะดวกซื้อ สาขาซอยสุขุมวิท 68	0.24	11.2
ระหว่าง บางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 18 กับ หมู่บ้านนิรันดร์ 10	8.60	13.0
ระหว่าง ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาบางนา กับ บางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 18	15.00	16.8
ระหว่าง ถนนสรรพาวุธ กับ ปากซอยวัดศรีวารีน้อย	20.01	24.0
ระหว่าง อาคารกรีฑา ทาวเวอร์ แยกบางนา-ตราด กับ ปากซอยมหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	27.80	31.2
ระหว่าง แยกบางนา-ตราด กับ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร	64.00	40.0



จากตารางที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าการนำเทคโนโลยี NB-IoT หรือ Narrow Band internet of Thing เข้ามาช่วยในการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือจากเครื่องส่งสัญญาณสามารถส่งสัญญาณได้จริงในระยะทางที่ไกล โดยในการทดสอบคือ ระยะทางระหว่าง 0.24 ถึง 64.0 กิโลเมตร ซึ่งยังคงสามารถส่งสัญญาณได้เป็นระยะต่อเนื่อง โดยพบว่า การส่งข้อมูลมีความหน่วงของช่วงเวลาเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามระยะทางสูงสุด คือ 64 กิโลเมตร ใช้เวลา 40 วินาที แต่ทั้งนี้ระยะเวลาในการส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันจากพื้นที่ที่ห่างไกล จะใช้ระยะเวลาที่นานกว่าพื้นที่ใกล้อุปกรณ์ และขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม เช่น อยู่ในที่มีสัญญาณเครือข่ายต่ำ หรืออยู่ภายในอาคารจะทำให้ใช้เวลาในการขอความช่วยเหลือเพิ่มขึ้น

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือภายในรถยนต์ผ่านเทคโนโลยี Narrowband-Internet of Things (NB-IoT) สามารถใช้ในการขอความช่วยเหลือได้ทั้งกรณีที่เกิดอุบัติเหตุและไฟไหม้ เป็นต้น โดยเมื่อมีการกดปุ่มเครือข่าย จะทำการส่งข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ จากบริการคลาวด์ AIS Magellan ผ่าน NB-IoT แล้วนำมาประมวลผลโดยการนำค่าละติจูดและลองจิจูดมาระบุตำแหน่งบนแผนที่ โดยนำข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มาเปรียบเทียบแสดงสถานะและผลกระทบ เพื่อให้ผู้ติดตามสามารถคาดการณ์สภาพแวดล้อมในสถานที่ที่มีการขอความช่วยเหลือได้ ซึ่งระบบมุ่งเน้นในการติดตั้งภายในยานพาหนะ จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องส่งสัญญาณและแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาสามารถทำงานได้จริง ผ่าน NB-IoT จะมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเซลลูลาร์แบบไม่ต่อเนื่อง ระบบจะทำการส่งข้อมูลหากผู้ใช้งานกดปุ่มขอความช่วยเหลือ หรือเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เกินมาตรฐาน กล่าวคือ จะแสดงสถานะการเชื่อมต่อ (connect) กับไม่เชื่อมต่อ (disconnect) จึงเหมาะกับการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณ ที่มีการส่งข้อมูลเป็นครั้งคราว ทำให้ใช้พลังงานต่ำ ซึ่งจะไม่เหมาะสมกับเซนเซอร์ที่ต้องมีการส่งแบบทันทีทันใด นอกจากนี้

ข้อดีที่พบในการประยุกต์ใช้ NB-IoT ที่เห็นได้ชัดเจนคือ การใช้พลังงานต่ำและการรับส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์ไปยังบริการคลาวด์ AIS Magellan สามารถเชื่อมต่อได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว ทำให้ง่ายต่อการการพัฒนา รวมไปถึงข้อจำกัดทางด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ไม่บางสถานที่ไม่สามารถติดตั้งเครือข่ายไร้สายได้ โดยความเร็วที่ได้ไม่สูงมาก แต่เพียงพอต่อการใช้งานของงานวิจัยนี้เห็นได้จากการส่งค่ามายังแอปพลิเคชันได้ 4 ค่าพร้อมกัน

นอกจากนี้เทคโนโลยี NB-IoT ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่ซึ่งมีข้อดีคือ รับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT เข้าสู่บริการคลาวด์ AIS Magellan เพื่อประมวลผลข้อมูลได้โดยตรงโดยใช้พลังงานต่ำ สามารถติดตั้งอุปกรณ์ในสถานที่ที่มีข้อจำกัดทางด้านพลังงานและข้อจำกัดการเชื่อมระบบการสื่อสารเพราะเทคโนโลยี NB-IoT ใช้ระบบเครือข่ายเซลลูลาร์เป็นช่องทางการสื่อสาร แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยี NB-IoT ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการทำงานแบบทันทีทันใด (real-time) และการทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีมิติ เช่น อาคารชั้นใต้ดิน ยังพบปัญหาการส่งสัญญาณที่ล่าช้า

### เอกสารอ้างอิง

1. ชัชชัย คุณบัว. IoT: สถาปัตยกรรมการสื่อสาร = Internet of Things. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2562.
2. ภาครัฐ เจริญราษฎร์, ภิศก ภัทรเวสราชิช, เจตน์ พวงศิลป์. ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านเครื่องแม่ข่ายโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับแบบไร้สาย. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 7 วันที่ 6 พฤศจิกายน 2557. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ; 2557. หน้า 193-200.
3. พงษ์พันธ์ สมแพง. ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Bluetooth Accelerometer Sensor. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. กรุงเทพฯ; 2561.



4. ศิลป์ณรงค์ฉวีวัฒน์, พรนรินทร์ สายกลื่น. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Narrow Band Internet of Thing ในการสร้างต้นแบบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 21 ธันวาคม 2561. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร; 2561. หน้า 259-70.
5. ชีรพงศ์ ลีลานุกภาพ, ธนวัฒน์ กุสูงเนิน, ธัชกร จอมอุดม. การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสำหรับร้องขอความช่วยเหลือฉุกเฉินจากกลุ่มคน. วารสารวิชาการด้านวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศ 2561;7(2):20-31.
6. Nass C, Jung J, Groen E, Villela K, Holl K. Interaction modes for emergency mobile apps. Hindawi 2018;2018:1-24.
7. MobileHelp. Product-MobileHelp classic. [Internet]. [cited 2020 June 19]. Available from: <https://www.mobilehelp.com/products/mobilehelp-classic>
8. Home Medical Alert. Product-Home Medical Alert. [Internet]. [cited 2020 June 19]. Available from: <https://www.alert-1.com/system/medical-alert-system/504>
8. ชัยพร เขมะภาตะพันธ์. ระบบติดตามตรวจสอบตำแหน่งและเส้นทางรถยนต์ด้วยสัญญาณดาวเทียม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2555.
9. Wang YPE, Lin X, Adhikary A, Grövlén A, Sui Y, Blankenship Y, et al. A primer on 3GPP Narrowband Internet of Things (NB-IoT). IEEE Commun Mag 2016;55(3):117-23.
10. Link Lab. Narrowband IoT (NB-IoT). [Internet]. [cited 2020 June 19]. Available from: <https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox>
12. ปรีชา กอเจริญ, เพชร นันทิวัฒนา, เต็มพงษ์ศรีเทศ, ณรงค์ อยู่ถนอม. เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการ กสทช. 2560;2(2):269-87.
13. Ali AA. Constrained application protocol (CoAP) for theIoT. FUAS 2018;doi:10.13140/RG.2.2.33265.17766:1-5.
14. Advanced Info Service (AIS). What is Magellan. [Internet]. [cited 2020 June 19]. Available from: <https://aiap.ais.co.th/iotdevcenter/platform/Magellan>
15. Munir MW. Different generations of cellular networks system. Karachi: Barrett Hodgson University; 2005.



## โปรแกรมรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจ Data scraping from facebook fanpages program

พรศักดิ์ ปรีเลขา<sup>1\*</sup> และ พัชรภา อินทพรต<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

<sup>2</sup> สำนักการศึกษาทั่วไป สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

Pornsak Preelekha<sup>1\*</sup> and Patchrapa Intaprot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Information and Technology, Faculty of Engineering and Technology,  
Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120

<sup>2</sup> The Office of General Education, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120

Received: 22 January 2020/ Revised: 20 June 2020/ Accepted: 23 June 2020

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจ โดยโปรแกรมสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงการแสดงผลบนเฟซบุ๊กได้โดยไม่ต้องปรับปรุงโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะมุ่งเน้นที่การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจเนื่องจากมีข้อมูลของผู้ใช้งานเฉพาะกลุ่มเป็นจำนวนมาก เช่น เฟซบุ๊กแฟนเพจร้านขายกระเป๋าจะมีข้อมูลของปริมาณลูกค้าที่ชื่นชอบกระเป๋าในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น โดยโปรแกรมจะเรียนรู้รูปแบบการจัดเรียงของ Tag HTML จากแฟนเพจต้นแบบ และนำไปใช้กับแฟนเพจเป้าหมายที่ต้องการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่จัดเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนา ในการทดลองผู้วิจัยทำการสุ่มเลือกเฟซบุ๊กแฟนเพจจากการขายสินค้ากระเป๋าออนไลน์ จำนวน 20 เฟซบุ๊กแฟนเพจ ซึ่งผลลัพธ์พบว่าสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ครบทุกหัวข้อ จำนวน 19 เฟซบุ๊กแฟนเพจ แต่มีจำนวน 1 เฟซบุ๊กแฟนเพจสามารถเข้าถึงข้อมูลได้เพียง 4 หัวข้อ คือ ชื่อไอดี จำนวนกดถูกใจ จำนวนความคิดเห็น วันและเดือนที่ประกาศ และเข้าถึงข้อมูล แต่ข้อมูลไม่ครบถ้วนใน 2 หัวข้อ คือ ลิงก์รูปภาพไม่สามารถแสดงรูปภาพได้เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงไปแหล่งที่มาและไม่สามารถเข้าถึงข้อความของประกาศได้ทั้งหมดเนื่องจากเป็นผลมาจากการใช้อัฒระพิเศษผสมกับข้อความ จากผลลัพธ์ของการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวจึงคิดเป็นร้อยละ 98.5 ในอนาคตสำหรับการเพิ่มความถูกต้องของโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสามารถเพิ่มความถูกต้องได้โดยเพิ่มข้อมูลในแฟนเพจต้นฉบับเพื่อให้มีรูปแบบการแสดงผลที่หลากหลาย รวมทั้งนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลให้การทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ข้อมูลต้นแบบจำเป็นจะต้องมีคุณลักษณะที่ดี กล่าวคือมีข้อมูลจำนวนมากและถูกกำหนดชนิดของประกาศนั้น ๆ ไว้

คำสำคัญ: โปรแกรมรวบรวมข้อมูล เฟซบุ๊ก แฟนเพจ



## Abstract

The purpose of this study was to develop the data collecting program of fanpages on Facebook supporting displayed-changes without software development. The employed program focused on the data collecting program of fanpages on Facebook for the reason that there were a large number of users for specific purposes; for example, the fanpages dealing in fashionable bags on Facebook had a great many of customers being interested in anything baglike etc. The program was set to determine the series of Tag HTML of the model fanpages and applied to other fanpages as the target group for the data collecting. The developed program was used for accuracy assessment. A sample of 20 fanpages on Facebook were drawn from the fanpages dealing in fashionable bags online using simple random sampling method. The findings indicated that 19 fanpages on Facebook were allowed to access topics provided thoroughly; nevertheless, 1 fan page revealed 4 topics only such as ID names, total of LIKE numbers, total of comments, and dates of posting and access. In addition, there were 2 topics containing the missing data. The picture links attached were not displayed because of the inability to connect to the sources, and the lack of access texts posted was caused by using texts blending. Based on the findings of this investigation, it was concluded that the data access reached the accuracy by 98.5%. Further research is recommended to emphasize the variety of the model fanpages in order to increase the accuracy and efficiency of the program. Furthermore, using artificial intelligence technology can result in more effective data analysis. It should be noted that the model fanpages must be well-selected with a wide range of specific texts.

**Keywords:** Data collecting program, Facebook, Fanpages

## บทนำ

เนื่องจากข้อมูลมีความสำคัญในด้านการประมวลผลทางภาคธุรกิจโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นข้อมูลขนาดใหญ่หรือข้อมูลปริมาณมากและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการทำธุรกรรม และข้อมูลเว็บ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ การรวบรวมข้อมูลดังกล่าวจะต้องนำมาวิเคราะห์การศึกษาและการวิจัย ซึ่งจะช่วยให้สามารถตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ทำให้สามารถสร้างความได้เปรียบในเชิงภาคธุรกิจ [1] ซึ่งพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ทั่วโลก จากสถิติผู้ใช้ปี ค.ศ. 2019 โดย “Hootsuite” อยู่ที่ 3,484 ล้านคน เพิ่มสูงขึ้นจากปี ค.ศ. 2018 ที่มีผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์อยู่ที่ 3,196 ล้านคน สถิติการใช้งานอินเทอร์เน็ตทั่วโลกทั้งภาคธุรกิจออนไลน์ และพฤติกรรมการใช้

อินเทอร์เน็ตของผู้บริโภคในแต่ละประเทศ ได้เผยว่าขณะนี้ มีผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตมากกว่า 4,388 ล้านคนทั่วโลก โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มากกว่า 5,112 ล้านคน บัญชีสื่อสังคมกว่า 3,484 บัญชีทั่วโลก สำหรับสื่อสังคมออนไลน์ที่เป็นยอดนิยม อันดับ 1 คือ เฟซบุ๊กยอดผู้ใช้งานกว่า 2,200 ล้านคน [2] ซึ่งแรงจูงใจในบนเฟซบุ๊ก ไม่ว่าจะเป็นแรงจูงใจด้านเหตุผล ด้านอารมณ์ ปัจจัยทางการตลาดบนเฟซบุ๊กทั้งด้านผลิตภัณฑ์ และด้านการส่งเสริมการตลาด ล้วนมีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคจึงควรนำเฟซบุ๊กมาช่วยในการส่งเสริมการขายเพราะมีค่าใช้จ่ายในการประชาสัมพันธ์ที่ต่ำ [3] การนำเฟซบุ๊กมาใช้ส่งเสริมการขายมีความสอดคล้องกับ ผู้บริโภคทั้งทางตรงและทางอ้อมในด้านการรับรู้ข้อมูลผ่านสื่อดิจิทัล รูปแบบการดำเนินชีวิตที่มีสัมพันธ์ต่อการ



ตอบสนองต่อสื่อดิจิทัลด้านความต้องการ [4] ในปัจจุบันพบว่าผู้ประกอบการ นักการตลาด เพจการให้ความรู้และเพจการศึกษาล้วนมีการนำเฟซบุ๊กมาช่วยในการโฆษณาและประชาสัมพันธ์ออกสู่สาธารณะในช่องทางที่เรียกว่าแฟนเพจ ทั้งนี้แฟนเพจบนเฟซบุ๊กยังมีกลไกในการช่วยวัดทัศนคติและแรงจูงใจของผู้บริโภคที่มีต่อธุรกิจที่ได้ประชาสัมพันธ์ผ่านหน้าแฟนเพจ เช่น ปุ่มกดถูกใจ การประกาศข่าวสารกิจกรรม การแสดงความคิดเห็น และปุ่มแสดงความรู้สึกรื่น ๆ เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น การเข้าไปกดถูกใจหรือแสดงความคิดเห็นในผลิตภัณฑ์ที่สนใจ อีกทั้งการกดถูกใจยังใช้เป็นตัวกลางในการวัดและประเมินผลความสำเร็จของผลิตภัณฑ์ที่ประกาศให้ทราบว่าผู้สนใจมากน้อยเพียงใดต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ [5-7] ในบางเฟซบุ๊กแฟนเพจจะแสดงข้อมูลทั่วไปเพราะผู้ดูแลระบบจะเน้นการตอบข้อความทางแชทส่วนตัว เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณจำนวนมากทำให้ความน่าสนใจของผู้บริโภคลดน้อยลง ดังนั้นการนำข้อมูลจากเฟซบุ๊กที่มีปริมาณจำนวนมากจำเป็นต้องใช้โปรแกรมช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูล [3] จากการศึกษาโปรแกรมเก็บรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่มีความสามารถพอที่จะเก็บข้อมูลได้หลังจากการแสดงผลของเฟซบุ๊กเปลี่ยนไป ทำให้โปรแกรมดังกล่าวไม่สามารถใช้งานได้ ส่งผลให้ขาดความต่อเนื่องในการใช้งานของโปรแกรม ซึ่งการปรับปรุงโปรแกรมจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง ทั้งนี้การแก้ไขในปัจจุบันที่เป็นไปได้ในส่วนของโปรแกรมคือ การปรับปรุงโปรแกรมดังกล่าวให้พัฒนาตามการเปลี่ยนแปลงของการแสดงผล เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้หรือการทำให้โปรแกรมสามารถเข้าถึงข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างถูกต้องโดยไม่ต้องปรับปรุง

ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจโดยโปรแกรมสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงการแสดงผล ได้โดยไม่ต้องปรับปรุงโปรแกรม ซึ่งโปรแกรม

จะมุ่งเน้นที่การเก็บรวบรวมข้อมูลเฟซบุ๊กแฟนเพจ ประกอบด้วยชื่อไอดี จำนวนกดถูกใจ จำนวนความคิดเห็น ข้อความของประกาศ ลิงก์รูปภาพ และวัน เดือนที่ประกาศ เนื่องจากมีข้อมูลของผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มเป็นจำนวนมาก ซึ่งที่เห็นได้ชัดคือ เฟซบุ๊กแฟนเพจร้านขายกระเป๋าจะมีข้อมูลของปริมาณลูกค้าที่ชื่นชอบกระเป๋าในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น โดยโปรแกรมจะเรียนรู้รูปแบบการจัดเรียงของ Tag HTML จากแฟนเพจต้นแบบ และนำไปใช้กับแฟนเพจเป้าหมายที่ต้องการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากโปรแกรมเก็บรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจ โปรแกรมจะสามารถจัดเก็บข้อมูลจากแฟนเพจเป้าหมายที่ผู้ใช้ต้องการในรูปแบบให้พร้อมใช้เป็นไฟล์ออฟไลน์ เพื่อสำหรับการประมวลผลเชิงสถิติต่อไป

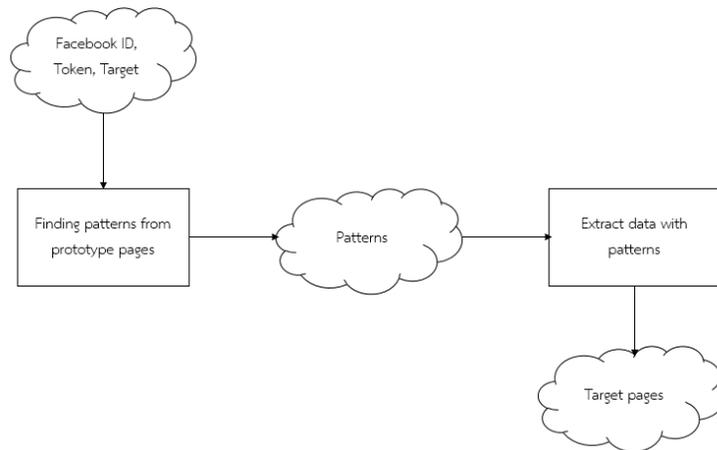
## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ดังนี้ 1) ไอดี 2) ข้อความของประกาศ 3) ลิงก์รูปภาพ (ถ้ามี) 4) จำนวนการกดถูกใจ 5) จำนวนความคิดเห็น 6) วันและเดือนที่ประกาศ ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 แฟนเพจ ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ ได้แก่ Anelloeve, shopupbagthai, h2bstory และ Viewbagshop เป็นต้น

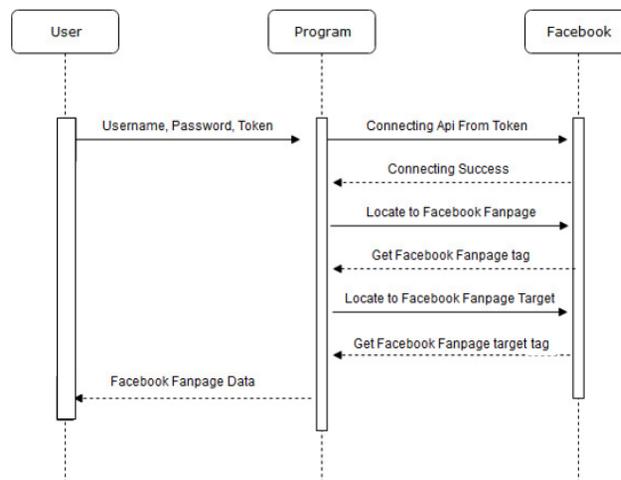
### 2. การวิเคราะห์ออกแบบโครงงานและลักษณะโครงสร้างของโครงงาน

การออกแบบระบบที่ใช้ในการทำโครงงานแบ่งตามขั้นตอนการออกแบบดังนี้



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบต้นแบบ

จากภาพที่ 1 โปรแกรมที่พัฒนาจะทำการหาแบบอย่าง (patterns) จากเพจต้นฉบับ โดยใช้ข้อมูลจากโทเค็น เพจต้นฉบับ เมื่อทราบตำแหน่งของข้อมูลในแบบอย่างของหน้าเพจ จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้กับเพจเป้าหมายเป็นลำดับต่อไป (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 Sequence diagram ของโปรแกรมที่พัฒนา

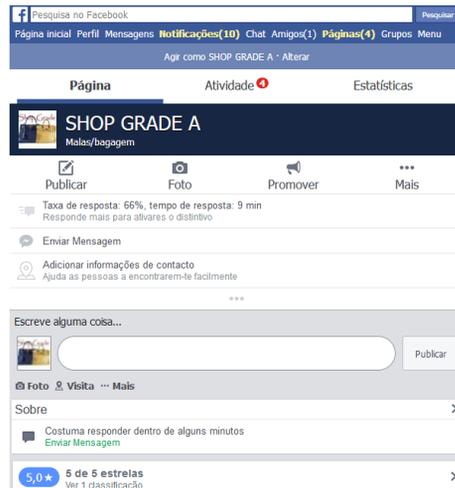
- 1) วิเคราะห์โครงสร้างของเว็บไซต์เฟซบุ๊กแฟนเพจ โดยการตรวจสอบการแสดงผลของหน้าเว็บไซต์ รวมถึงการทำงาน ความแตกต่างระหว่างเบราว์เซอร์และแพลตฟอร์ม
- 2) ออกแบบขั้นตอนการเข้าถึงข้อมูล และวิธีการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลกับเว็บไซต์เฟซบุ๊ก
- 3) ออกแบบรูปแบบการจัดเก็บผลที่ได้จากการเข้าถึงข้อมูล และการประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์ของโครงการ

### 3. กระบวนการในการตรวจหาข้อมูล คำ ประโยค หรือภาพ

โดยสามารถเรียนรู้รูปแบบของการแสดงผลข้อมูลบนหน้าเว็บไซต์ดังรายละเอียดต่อไปนี้



## 1) การเตรียมข้อมูลต้นแบบ และการตั้งค่าของเว็บไซต์



ภาพที่ 3 ตัวอย่างเฟซบุ๊กแฟนเพจต้นแบบ



ภาพที่ 4 ตัวอย่างเฟซบุ๊กแฟนเพจที่ประกาศ

```

0019-03-09 20:36:43 Buz-PC root[4044] Locating facebook from : https://m.facebook.com
0019-03-09 20:36:45 Buz-PC root[4044] scraper init success
Using Facebook ID : Suthiwatsangsuwan@hotmail.com
Enter your Facebook password :

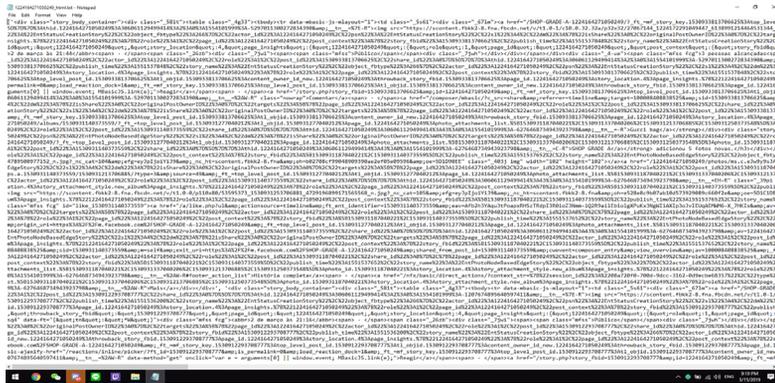
```

ภาพที่ 5 ลงบันทึกเข้าเฟซบุ๊กแฟนเพจ

จากภาพที่ 3 ถึง 5 แสดงข้อมูลแฟนเพจต้นแบบที่ผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้นมา เพื่อใช้เป็นต้นแบบการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลผลลัพธ์ที่ทำการเข้าถึงแฟนเพจเฟซบุ๊กของกลุ่มตัวอย่าง และหารูปแบบของการแสดงผลของเว็บไซต์เฟซบุ๊ก เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหาข้อความต่าง ๆ ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดขึ้น



## 2) การตรวจสอบแท็ก HTML ในแต่ละประกาศจากการแสดงผล



ภาพที่ 6 TAG HTML

จากภาพที่ 6 เป็นข้อมูลแท็กในแต่ละประกาศ ที่ได้จากการแสดงผลของเว็บไซต์เฟซบุ๊กแฟนเพจของข้อมูลต้นแบบ โดยได้จากการหาแบบอย่างของแท็กชื่อแฟนเพจกระท้งแท็กนั้น ๆ เกิดการซ้อนทับกันกับข้อความขอบนอกในแต่ละประกาศ

## 3) การเข้าถึงข้อมูลเว็บไซต์จากโทเค็น (token)



ภาพที่ 7 โทเค็น

จากภาพที่ 7 แสดงโทเค็นขอเฟซบุ๊กแฟนเพจเพื่อใช้ในการเข้าถึงข้อมูลจากการป้อน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแท็ก โดยเทียบถึงความลึก ชนิดของแท็ก ที่มีข้อความนั้น ๆ และนำมาบันทึกเป็นรูปแบบของประกาศนั้น ๆ

## 4) การจัดชนิดของประกาศจากข้อมูลต้นแบบ



ภาพที่ 8 การตั้งค่าประกาศที่เป็นข้อความ



ภาพที่ 9 การตั้งค่าประกาศที่เป็นรูปภาพ

จากภาพที่ 8 และ 9 เป็นภาพรวมวิธีการตั้งค่าหารูปแบบโดยรวม เช่น การทำให้โปรแกรมเรียนรู้จากการประกาศเป็นภาพอย่างเดียว หรือเรียนรู้จากประกาศเป็นข้อความอย่างเดียว เพื่อนำไปใช้กับเว็บไซต์เฟซบุ๊กแฟนเพจที่ต้องการ

5) การเข้าถึงข้อมูลจากเว็บไซต์เฟซบุ๊กแฟนเพจจากรูปแบบที่ได้จากต้นแบบ

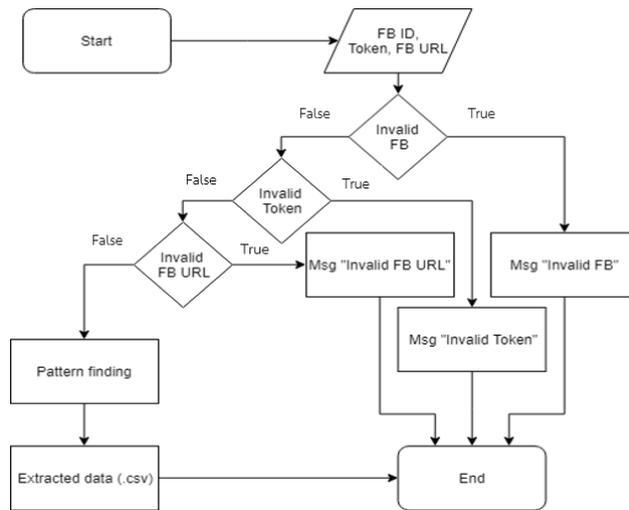
```
Bus-PC root@181761:~$ python3 main.py
Locating facebook from : https://m.facebook.com
scrapper init success
Enter your Facebook ID : Suthiwatsangsuwan@Hotmail.com
Enter your Facebook password :
logging in Facebook account ...
Login Successful
Connecting Fb API ...
Connection failed : Propag validation access token session has expired on Saturday, 09 Mar 2017 05:00:00 PST. The current time is Saturday, 09 Mar 2017 05:22:32 PST.
DataException : API not connected.
Facebook (most recent call last):
  File "main.py", line 59, in <module>
    id_trainHTML(FB_PAGE_URL)
  File "C:\Users\Bus\Desktop\Fb-page-scra-er-master\Fb-page-scra-er-master\scrap.py", line 95, in trainHTML
    raise Exception('Error: <stateException : " - "API not connected. Use a api_connect() first or check your page token.">')
Exception: None
Bus-PC root@181761:~$ python3 main.py
Locating facebook from : https://m.facebook.com
scrapper init success
Enter your Facebook ID : Suthiwatsangsuwan@Hotmail.com
Enter your Facebook password :
logging in Facebook account ...
Login Successful
Connecting Fb API ...
Getting fb fanpage feeds ...
Saved fb fanpage data from token at : 271050249_token.txt
Locate for training from fb fanpage : https://m.facebook.com/SHOP-GRADE-A-1224154271050249
Injected jquery-3.3.1.min.js
Getting fb fanpage blocks by expanding name method ...
Saved fb fanpage data blocks.html C:\Users\Bus\Desktop\Fb-page-scra-er-master\Fb-page-scra-er-master\data\1224154271050249.html.txt
```

ภาพที่ 10 Getting data facebook fanpages

จากภาพที่ 10 เป็นภาพแสดงการเชื่อมต่อเข้ากับ API ของทาง facebook และนำข้อมูลที่ต้องการมาแสดงผลเป็นไฟล์เพื่อที่จะทำการตรวจแก้ของภาพหรือข้อความที่ต้องการ

#### 4. การทดลองโครงงาน

ในการพัฒนาระบบโปรแกรมรวบรวมข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจจะใช้ภาษาไพธอนและภาษาสคริปต์เชิงวัตถุในการพัฒนา โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคของงานวิจัยของสันติพงศ์ [8, 9] ในส่วนของเทคนิคการใช้งานโทเค็นและการติดแท็กข้อมูล ซึ่งมีกระบวนการทำงานโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 Flow Chart การทำงานของระบบ

1) การทดลองโครงงานโดยการรันโปรแกรมผ่าน Command Prompt เริ่มตั้งแต่การใส่ชื่อบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อทำการลงบันทึกเข้าระบบ หลังจากนั้น โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อเข้ากับ API เฟซบุ๊กเพื่อทำการนำข้อมูลออกมาแสดงผล

2) โปรแกรมได้ทำการนำข้อมูล Tag HTML ของโครงสร้างทางเฟซบุ๊กแฟนเพจต้นแบบออกมาในแต่ละแท็กข้อมูลเพื่อบ่งบอกวันเวลา ประกาศรูป และประกาศข้อความ

3) โปรแกรมนำข้อมูลเฟซบุ๊กแฟนเพจของต้นแบบที่ได้จาก API และ Tag HTML มาเปรียบเทียบเพื่อหารูปแบบของการแสดงผล

4) โปรแกรมทำการเก็บข้อมูลของเฟซบุ๊กแฟนเพจเป้าหมาย โดยใช้รูปแบบที่ได้วิเคราะห์จากข้อ 3

5) บันทึกลงในไฟล์ ข้อมูลในไฟล์จะประกอบด้วยประกาศต่าง ๆ ที่ตรงกันกับเฟซบุ๊กแฟนเพจเป้าหมาย

### 5. การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนา

การทดสอบในส่วนของประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาในการเข้าถึงข้อมูลมีการจัดเก็บตัวผลลัพธ์จากการตรวจหาข้อมูลตรงตามที่ต้องการและการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลในตารางประกอบไปด้วย ไอดี ข้อความของประกาศ ลิงก์รูปภาพ (ถ้ามี) จำนวนการกดถูกใจ จำนวนความคิดเห็น วันและเดือน ที่ประกาศ (ตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 1 แสดง Test Case สำหรับ Login

Project Name:	Data Scraping from Facebook Fanpage Program
Module Name:	Login
Created by:	Team
Date of Creation:	10/2/2561
Date of Review:	16/3/2561



## ตารางที่ 1 (ต่อ)

Test Case ID	Test Scenario	Test Case	Precondition	Test Steps	Test Data	Expected Result
TC_LOGIN_001	Verify the login of token Facebook	Enter valid User name and valid Password	1. Need a valid Token to do login	1. Paste Token 2. Enter User Name 3. Enter Password 4. Push Button Enter	Valid Token Valid Name Valid Password	Login Successful.
TC_LOGIN_002	Verify the login of token Facebook	Enter valid User name and valid Password	1. Need a valid Token to do login	1. Paste Token 2. Enter User Name 3. Enter Invalid Password 4. Push Button Enter	Valid Token Valid Username Invalid Password	A message "Login can't Success Password Incorrect."
TC_LOGIN_003	Verify the login of token Facebook	Enter valid User name and valid Password	1. Need a valid Token to do login	1. Paste Invalid Token 2. Enter User Name 3. Enter Password 4. Push Button Enter	Invalid Token Valid Name Valid Password	A message "API not connected check your page token."
TC_LOGIN_004	Verify the login of token Facebook	Enter valid User name and valid Password	1. Need a valid Token to do login	1. Paste Token 2. Enter Invalid User Name 3. Enter Password 4. Push Button Enter	Valid Name Invalid Username Valid password	A message "Login can't Success Username Incorrect
TC_LOGIN_005	Verify the login of token Facebook	Enter valid User name and valid Password	1. Need a valid Token to do login	1. Paste Invalid Token 2. Enter Invalid User Name 3. Enter Invalid Password 4. Push Button Enter	Invalid Token Invalid Username Invalid Password	A message "Login can't Success Api not connect Username and Password Incorrect."



## ตารางที่ 2 แสดง Test Case สำหรับ Extract Result

<b>Project Name:</b>	Data Scraping from Facebook Fanpage Program					
<b>Module Name:</b>	Extract Result					
<b>Created by:</b>	Team					
<b>Date of Creation:</b>	10/2/2561					
<b>Date of Review:</b>	16/3/2561					

Test Case ID	Test Scenario	Test Case	Precondition	Test Steps	Test Data	Expected Result
TC_HD_001	Check extract result	Check headline form Result	1. Need a perform program	1. Open csv file	Valid to open csv	Extract data are correct
				2. Open Facebook Fan page Which you have chosen	Valid Fan page	
				3. Check , photo, comment to be the same data	Valid Data	
TC_HD_002	Check extract result	Check headline form Result	1. Need a preform program	1. Open csv file	Valid to open csv	A message "can't Success Fan page Incorrect."
				2. Open Invalid Facebook Fan page Which you have chosen	Invalid Fan page	
TC_HD_003	Check extract result	Check headline form Result	1. Need a preform program	1. Open csv file	Valid to open csv	Extract data shown as blank field
				2. Open Facebook Fan page Which you have chosen	Valid Fan page	
				3. Check , photo, comment to be the same data	Invalid Data	

## ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัย ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเกี่ยวกับการเข้าถึงข้อมูลทาง เฟซบุ๊กแฟนเพจอัตโนมัติ โดยโปรแกรมสามารถรองรับการ เปลี่ยนแปลงการแสดงผลของเฟซบุ๊กได้โดยไม่จำเป็นต้อง

ปรับปรุงโปรแกรม ซึ่งมีส่วนของการพัฒนาและดำเนินงาน ดังนี้

### 1. ส่วนของโปรแกรมขั้นตอนการลงบันทึกเข้า (login) โปรแกรม

#### 1.1 รูปแบบการลงบันทึกเข้าโปรแกรม

```
2019-03-09 20:36:45 Buz-PC root:140441 scraper init success
Using Facebook ID : Suthiwatsangsuwan@hotmail.com
Enter your Facebook password :
2019-03-09 20:37:28 Buz-PC root:140441 logging in Facebook account ...
2019-03-09 20:37:33 Buz-PC root:140441 Login Successful
2019-03-09 20:37:33 Buz-PC root:140441 Connecting fb API...
2019-03-09 20:37:33 Buz-PC root:140441 Connected
2019-03-09 20:37:33 Buz-PC root:140441 Getting fb fanpage feeds...
2019-03-09 20:37:34 Buz-PC root:140441 Saved fb fanpage data from token at :
C:\Users\Buz\Desktop\fb-page-scraper-master\fb-page-scraper-master\data\1224164
271050249_token.txt
```

ภาพที่ 12 หน้าลงบันทึกเข้า (login) เริ่มต้นการทำงาน

จากภาพที่ 12 การใช้งานในหน้านี้คือการลงบันทึกเข้าสู่ระบบเพื่อที่จะทำการเก็บข้อมูล โดยป้อน ID (identification) จะต้องเป็นรหัสที่มีอยู่แล้วที่ใช้ในบัญชีลงชื่อเข้าใช้งานเฟซบุ๊ก เนื่องจากหน้าเว็บไซต์เฟซบุ๊กแฟนเพจ ไม่สามารถเข้าถึงได้หากไม่มีการลงบันทึกเข้าใช้งานระบบ

#### 1.2 การกำหนดเว็บเพจที่ต้องการเข้าถึงข้อมูล

```
FB_PAGE_TARGET = "https://m.facebook.com/lowpricebags199"
```

ภาพที่ 13 ตัวอย่างการกำหนดเว็บเพจที่ต้องการเข้าถึงข้อมูล

จากภาพที่13 การใช้งานในหน้านี้สามารถใส่เป้าหมายหรือเพจที่ต้องการที่จะนำข้อมูลออกมาและสามารถ เปลี่ยนแปลงเพจได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

#### 1.3 รูปแบบการรับโทเค็นยืนยันตัวตนเข้าสู่ระบบการเก็บข้อมูล

```
FB_PAGE_TOKEN = "EAAH6eMcvEDgBAIPLgXLT77v1tZCCaptszAWEcPKw0w4xtFZA1tFkX"
```

ภาพที่ 14 ตัวอย่างการใส่โทเค็นยืนยันตัวตน

จากภาพที่14 เป็นการใส่โทเค็น (การยืนยันตัวตน) เพื่อทำการเข้าระบบอย่างรวดเร็วโดยใช้โทเค็น ซึ่งการจะได้กั ของโทเค็นต้องทำการร้องขอจากทางเฟซบุ๊กเท่านั้นและเมื่อได้รับการตอบกลับคำร้องขอเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการใส่ข้อมูลลง ไปในโปรแกรมที่จัดเตรียมให้

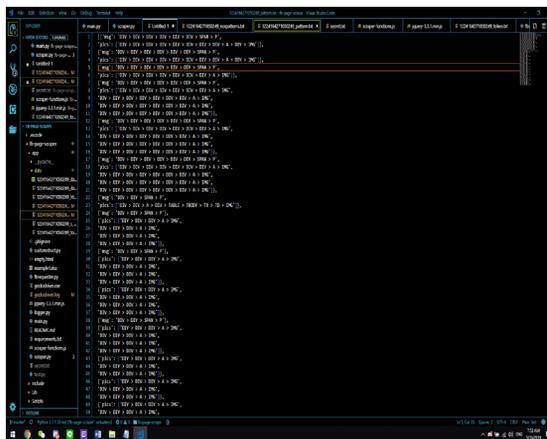
#### 1.4 รูปแบบการทำงานของโปรแกรมเมื่อทำการตั้งค่าต่าง ๆ เสร็จสิ้น



ภาพที่ 15 การทำงานของโปรแกรมหลังจากตั้งค่าและทำการลงบันทึกเข้าสู่ระบบ

จากภาพที่ 15 โปรแกรมได้เริ่มการทำงานหลังจากมีการตั้งค่าของโปรแกรมให้สามารถการเข้าถึงข้อมูลจากแฟนเพจต้นแบบที่ได้ทำการเลือกไว้และทำการเก็บข้อมูลหน้าเว็บไซต์ลงสู่เครื่องของผู้ใช้งาน

### 1.5 รูปแบบของการแสดงการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรม



ภาพที่ 16 รูปแบบการแสดงผลค่าของการทำงานของโปรแกรม

จากภาพที่ 16 โปรแกรมได้ทำงานและได้แสดงค่าของไอดี ชื่อความของประกาศ ลิงก์รูปภาพ (ถ้ามี) จำนวนการกดถูกใจ จำนวนความคิดเห็น วันและเดือนที่ประกาศ โดยทำการวิเคราะห์รูปแบบจากเพจต้นแบบหลาย ๆ ประกาศ ซึ่งทำได้โดยการเทียบข้อมูลที่ได้จากการใช้โทเค็นของเพจต้นแบบและ HTML ไฟล์ที่เกิดจากการแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์

### 1.6 การจัดเก็บข้อมูลเพจเป้าหมาย

1224164271050249_data.csv	5/16/2019 1:38 AM	Microsoft Excel C...	88 KB
1224164271050249_data.txt	5/16/2019 1:38 AM	Text Document	95 KB
1224164271050249_html.txt	5/16/2019 1:37 AM	Text Document	540 KB
1224164271050249_norpatterns.txt	5/16/2019 7:47 AM	Text Document	1 KB
1224164271050249_pattern.txt	5/16/2019 7:47 AM	Text Document	3 KB
1224164271050249_s_html.txt	5/16/2019 1:38 AM	Text Document	3,499 KB
1224164271050249_token.txt	5/16/2019 1:37 AM	Text Document	59 KB

ภาพที่ 17 การจัดเก็บข้อมูลเพจเป้าหมาย



จากภาพที่ 17 หลังจากโปรแกรมวิเคราะห์รูปแบบของการแสดงผลแล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเพจเป้าหมายโดยอัตโนมัติ โดยวิธีการเก็บข้อมูลจะใช้รูปแบบที่วิเคราะห์หรือออกมาก่อนหน้านี้ จากนั้นจะทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลที่ได้ออกมาเป็นนามสกุล csv และ txt

## 2. ผลการทดสอบในการเข้าถึงข้อมูลจากเฟซบุ๊กแฟนเพจ

เมื่อพัฒนาโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์จะทำการทดสอบในส่วนของการเข้าถึงข้อมูล โดยดำเนินการทดสอบการเข้าถึงข้อมูลจำนวน 20 เฟซบุ๊กแฟนเพจ และดำเนินการจัดเก็บผลลัพธ์จากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงการเข้าถึงข้อมูลเฟซบุ๊กแฟนเพจจากกลุ่มตัวอย่าง

ชื่อเฟซบุ๊กแฟนเพจ	ไอดี	วัน เดือน ประกาศ	ข้อความ ประกาศ	ลิงก์ รูปภาพ	จำนวนกด ถูกใจ	จำนวน ความคิดเห็น
<a href="https://www.facebook.com/anelloeve/">https://www.facebook.com/anelloeve/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/shopupbagthai">https://www.facebook.com/shopupbagthai</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/h2bstory/">https://www.facebook.com/h2bstory/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/กระเป๋าสวยๆพร้อมส่ง">https://www.facebook.com/กระเป๋าสวยๆพร้อมส่ง</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/Viewbagshop/">https://www.facebook.com/Viewbagshop/</a>	/	/	X	X	/	/
<a href="https://www.facebook.com/Asioshop">https://www.facebook.com/Asioshop</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/Ranabagshop">https://www.facebook.com/Ranabagshop</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/Sodamingshop">https://www.facebook.com/Sodamingshop</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/KunJum-l">https://www.facebook.com/KunJum-l</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/lowpricebags199">https://www.facebook.com/lowpricebags199</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/taskebag">https://www.facebook.com/taskebag</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/MenShoulderBags/">https://www.facebook.com/MenShoulderBags/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/kiratayaSHOP/">https://www.facebook.com/kiratayaSHOP/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/factory.bag">https://www.facebook.com/factory.bag</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/babybeehandbag/">https://www.facebook.com/babybeehandbag/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/munigaofficial">https://www.facebook.com/munigaofficial</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/shopkapaw/">https://www.facebook.com/shopkapaw/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/kapaosauy/">https://www.facebook.com/kapaosauy/</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/TinySherbetOfficial">https://www.facebook.com/TinySherbetOfficial</a>	/	/	/	/	/	/
<a href="https://www.facebook.com/Bagshop-by_Soya-">https://www.facebook.com/Bagshop-by_Soya-</a>	/	/	/	/	/	/

จากตารางที่ 3 จะแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของข้อมูลที่จัดเก็บ ได้แก่ ไอดี วันเดือนที่ประกาศ ข้อความของประกาศ ลิงก์รูปภาพ (ถ้ามี) จำนวนการกดถูกใจและจำนวนความคิดเห็น สำหรับสัญลักษณ์ที่ปรากฏในตารางสามารถ

อธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้ สัญลักษณ์ / หมายถึงสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งหมด และสัญลักษณ์ X หมายถึงสามารถเข้าถึงข้อมูลได้บางส่วน





กดถูกใจ จำนวนความคิดเห็น วันและเดือนที่ประกาศ และเข้าถึงข้อมูล แต่ข้อมูลไม่ครบถ้วนใน 2 หัวข้อ คือ ลิงก์รูปภาพไม่สามารถแสดงรูปภาพได้เนื่องจากเฟซบุ๊กแฟนเพจมีการอัปเดตรูปภาพ แต่ไม่ได้อัปเดตแหล่งที่มาของรูปภาพทำให้โปรแกรมไม่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลนั้นได้ ซึ่งมีความขัดแย้งกับงานวิจัยของบงกช [12] ที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของการสื่อสารการตลาดแบบดิจิทัลของผลิตภัณฑ์ของใช้ส่วนบุคคลบนเฟซบุ๊กแฟนเพจพบว่าการสื่อสารบนเฟซบุ๊กแฟนเพจที่เป็นรูปภาพจะได้รับความสนใจในการประกาศมากที่สุด แต่ทั้งนี้ในส่วนที่ไม่สามารถเข้าถึงข้อความของประกาศได้ทั้งหมด เนื่องจากเป็นผลมาจากการใช้อักษรพิเศษผสมกับข้อความ เช่น ในประกาศบนแฟนเพจเป็นรูปหัวใจแต่พอระบบทำการเข้าถึงข้อมูล รูปหัวใจจะเปลี่ยนเป็น <3 แทน จากผลลัพธ์ของการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวจึงคิดเป็นร้อยละ 98.5

#### เอกสารอ้างอิง

1. กลยุทธ บพิตร. ขั้นตอนและวิธีการสกัดข้อมูลสินค้าบนเว็บเพจสำหรับเว็บครอเลอร์ที่ใช้ในโปรแกรมค้นหาสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเว็บ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. กรุงเทพฯ; 2555.
2. วีระศักดิ์ เดศนพพรพันธุ์. สถิติผู้ใช้ดิจิทัลทั่วโลก 2019 คนไทยใช้ติดเนตมากสุดในโลก. Think about wealth [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 20 ก.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thinkaboutwealth.com/digitalstatworld-thailand2019/>
3. ฤทัย เตชะบูรณเทพากรณ์. แรงจูงใจและปัจจัยทางการตลาดบนเฟซบุ๊ก (facebook) ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. กรุงเทพฯ; 2554.
4. วิภาดา พิทยาวิรุฬห์, ณัฏษ์ กุฬิสร์. สื่อดิจิทัลที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้บริโภคในการเข้าถึงข้อมูลทางการตลาด. วารสารบริหารธุรกิจศรีนครินทรวิโรฒ. 2557;5(1):80-96.
5. ภาณุรุจ ปวีดาภา. เนื้อหาการโพสต์ใน facebook Fanpage และพฤติกรรมผู้บริโภค. การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี; 2558.
6. วดณพงษ์ นิ่งสุวรรณ, วีรพงษ์ พลนิกรกิจ. แนวคิดการใช้เครื่องมือสื่อสารในแฟนเพจบนเฟซบุ๊กและทัศนคติแรงจูงใจที่ส่งผลต่อการตัดสินใจกดปุ่ม “ถูกใจ” ให้เครื่องมือสื่อสารในแฟนเพจบนเฟซบุ๊กของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. วารสารเทคโนโลยีสูรนารี 2556;7(1):49-50.
7. ธัญลักษณ์กานต์ศิริกุล, ลักษณะ คล้ายแก้ว. การวิจัยและการสร้างสรรค์สื่อเฟซบุ๊กแฟนเพจเพื่องานสื่อสารการตลาดของสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์. ใน: เอกสารประกอบการประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13 ปีการศึกษา 2561 วันที่ 16 สิงหาคม 2561. คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี; 2561. หน้า 21-26.
8. ณัฐภณ กิตติพนนท์ชัย. การวิเคราะห์เนื้อหาสารและการตอบสนองบนเพจเฟซบุ๊กเว็บท่องเที่ยวกรณีศึกษาเพจเฟซบุ๊กเว็บ Chillpainai. การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารการตลาดดิจิทัล, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. ปทุมธานี; 2558.
9. ปกรณ์ เอี่ยมศิรินพกุล. การวิเคราะห์เนื้อหาการสื่อสารใน facebook Fanpage ของสถาบันสอนภาษาอังกฤษ Globish English School. การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารการตลาดดิจิทัล, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. ปทุมธานี; 2560.



10. บงกช ชุนวิทยา. ประสิทธิภาพของการสื่อสารการตลาดแบบดิจิทัลของผลิตภัณฑ์ของใช้ส่วนตัวบนเฟซบุ๊กแฟนเพจ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2556.
11. Thaiprayoon S, Haruechaiyasak C. Web plagiarism detection based on search result snippets. In: proceedings of the 25th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2010), July 4, 2010; Pattaya, Thailand; 2010. p. 1097-100.
12. Thaiprayoon S. Automatic plagiarism detection based on information retrieval and natural language processing. In: proceedings of Applied Computer Technology and Information Systems (ACTIS 2013), April 18, 2013; Nonthaburi, Thailand; 2013. p. 85-95.



## การพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าในการผลิตแผ่น PCB โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

The prediction of electricity values in the process of electrolytic copper plating in PCB production through machine learning

เบญจพร ประทีปอรุโณทัย วิกานดา ผาพันธ์\* และ ชนาพันธ์ ชนาเนตร

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
กรุงเทพมหานคร 10800

Benjaporn Pratheeparunothai, Wikanda Phaphan\* and Chanaphun Chanamet

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

Received: 15 May 2020/ Revised: 20 June 2020/ Accepted: 23 June 2020

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้า (electrolytic copper plating) เพื่อเพิ่มความหนาของทองแดงในรูและบนผิวของแผ่น PCB ตามความต้องการของลูกค้า โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการกำหนดกระแสไฟฟ้าจากบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง ย้อนหลังตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกันยายน 2562 แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ตามประเภทเครื่องจักรที่ใช้ชุบทองแดง ได้แก่ line gate type และ line VCP และเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อนำเข้าไปเก็บในฐานข้อมูล ผู้วิจัยหาตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละประเภทเครื่องจักร โดยใช้โปรแกรมภาษา R ในการวิเคราะห์และพยากรณ์ ผลการวิจัยพบว่าใน line gate type ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันให้ค่า MSE และ MAPE ต่ำสุด เท่ากับ 1.6259 และ 5.1991 รองลงมาคือ ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและตัวแบบต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน ตามลำดับ ส่วน line VCP ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันให้ค่า MSE และ MAPE ต่ำสุด เท่ากับ 5.5466 และ 7.8465 รองลงมาคือ ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและตัวแบบต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน พยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรทั้งสองประเภท ทำให้เพิ่มความแม่นยำและลดระยะเวลาในการทำงานอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในการกำหนดกระแสไฟฟ้า

**คำสำคัญ:** กระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้า ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน



## Abstract

The purpose of this study was to predict electricity values using in the process of electrolytic copper plating to increase the thickness of copper in holes and on the surface of the PCB board according to customer's needs. The configuration data of electricity, collected from an electronics components manufacturing company, were the data that went back from January 2018 to September 2019. The studied data were divided into two data sets (according to types of machines using copper plating): line gate type and line VCP. We prepared the proper data to save it into the database by employing the best prediction model for each type of machine and using the R programming language for analyzing and predicting. The results showed that the lowest MSE and MAPE values which derived from the line gate of the support vector regression model are 1.6259 and 5.1991, respectively, followed by the multiple linear regression and the decision tree regression model. The MSE and MAPE values of the line VCP of the support vector regression model are also minimal values equal to 5.5466 and 7.8465, respectively, followed by the multiple linear regression and the decision tree regression model. Therefore, we use the support vector regression model to predict electricity values in the process of electrolytic copper plating for two types of machines to increase the accuracy in assigning electricity values and reduce working time due to an error in controlling electric current.

**Keywords:** Electrolytic copper plating, Support vector regression, Multiple linear regression, Decision tree regression

## บทนำ

แผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า (Printed Circuit Board; PCB) เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท ลักษณะเป็นแผ่นที่มีลายวงจรทองแดงเป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้า ใช้สำหรับต่อวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อประกอบเป็นวงจรแทนการต่อวงจรด้วยสายไฟซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยาก แผ่น PCB ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุปกรณ์โทรคมนาคมต่าง ๆ รวมถึงเครื่องมือทางการแพทย์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เป็นต้น แผ่น PCB ของบริษัทผู้ผลิตที่ศึกษา มีอยู่ 2 แบบ คือ งานที่มีลายวงจร 2 ชั้น (PCB double side board) และงานที่มีลายวงจรมากกว่า 2 ชั้น ขึ้นไป (PCB multilayer board) ซึ่งในปัจจุบันบริษัทมีความสามารถในการผลิตได้ตั้งแต่ 4 ชั้น ถึง 24 ชั้น แผ่น PCB ทั้ง 2 แบบ จะต้องเชื่อมลายวงจรเพื่อ

เชื่อมสัญญาณระหว่างชั้นตามที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งต้องผ่านกระบวนการเจาะรูบนแผ่น PCB ขุดทองแดงบาง ๆ บนผนังรู (electroless copper plating) เมื่อผ่านกระบวนการนี้ ด้านในของรูจะสามารถนำไฟฟ้าได้ แล้วจึงชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้า (electrolytic copper plating)

กระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นกระบวนการของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้ว โดยผ่านสารละลายซึ่งมีส่วนผสมของเกลือของทองแดง ซึ่งกระแสจะไหลผ่านสารละลายในทิศทางของไอออนบวก โดยทองแดงจะถูกทำให้ละลายอยู่ในรูปของไอออน ไอออนที่ว่านี้เป็นอะตอมของทองแดงซึ่งสูญเสียอิเล็กตรอนตั้งแต่ 1 ตัว ขึ้นไป และมีประจุทางไฟฟ้าซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เมื่อเกิดประจุทางไฟฟ้าซึ่งเป็นอะตอมของโลหะที่ละลายออกมาอยู่ในรูปของ



ประจวบ เนื่องจาก การสูญเสียอิเล็กทรอนิกส์ และวัสดุที่ถูกเคลือบถูกทำให้เป็นประจุลบก็จะดึงดูดประจุบวกให้วิ่งเข้ามาและรวมตัวกันกลายเป็นอะตอมของโลหะใหม่อีกครั้งแล้วตกเคลือบบนผิวของชิ้นงาน [1] ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายจะมีผลต่อความหนาของแดงที่ใช้เคลือบชิ้นงาน มีนักวิจัยหลายท่านที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าในการผลิตแผ่น PCB เช่น Garich และคณะ [2] พัฒนาและหาลักษณะของการชุบรูปทรงเรขาคณิตของเซลล์สำหรับแผ่น PCB Chen และคณะ [3] ศึกษาผลของสารเพิ่มความสว่างในอ่างชุบทองแดงที่มีต่อการให้พลังงานความร้อนของการชุบผ่านรูในการผลิตแผ่น PCB Ji และคณะ [4] สร้างแบบจำลองทางเคมีไฟฟ้าสำหรับกระบวนการ microvia filling ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่น PCB เป็นต้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่พบงานวิจัยใดที่ศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายในการชุบด้วยทองแดง เพื่อเพิ่มความหนาของทองแดงบนลายวงจรและในรูให้ได้ตามที่ลูกค้ากำหนด ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) โดยปัจจุบันวิศวกรของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ศึกษา จะกำหนดกระแสไฟฟ้าจากประสบการณ์และเปรียบเทียบจากงานที่มีลักษณะคล้ายกัน อาจทำให้การกำหนดกระแสไฟฟ้าผิดพลาด ทำให้ความหนาของทองแดงไม่ตรงตามที่ลูกค้ากำหนด จึงต้องมีการปรับกระแสไฟฟ้าใหม่จนกว่าจะเหมาะสมหรือเรียกว่าการลองผิดลองถูก (trial and error) ทำให้เกิดความล่าช้า เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตงานใหม่ให้กับลูกค้า ข้อมูลของงานที่กำหนดกระแสไฟฟ้าผ่านแล้ว จะถูกจัดเก็บบันทึกเป็นไฟล์ PDF เพื่อเก็บไว้ใช้งานและเปรียบเทียบกับงานอื่น ๆ ต่อไป ดังนั้นต้องกำหนดกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความหนาของทองแดงที่ลูกค้ากำหนด และต้องให้เหมาะสมกับตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของ

ผลิตภัณฑ์ (product) ด้วย เช่น เวลาที่ใช้ในการชุบ พื้นที่บนแผ่น PCB ที่ต้องการชุบ และจำนวนดรัมมี่ที่ใช้ในการชุบแต่ละครั้ง เป็นต้น

ด้วยความสำคัญของการกำหนดกระแสไฟฟ้านี้ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างเครื่องมือที่ช่วยพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้หลักสถิติเข้ามาช่วย เพื่อให้การกำหนดกระแสไฟฟ้ามีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตงานใหม่ พิจารณาตัวแบบในการพยากรณ์ 3 ตัวแบบ คือ 1) ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (multiple linear regression) 2) ตัวแบบต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (decision tree regression) และ 3) ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (support vector regression) ซึ่งเป็นวิธีการในการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised learning) ประเภทการถดถอย (regression) ที่ใช้พยากรณ์ค่าที่เป็นเลขจำนวนจริง โดยเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ด้วยเกณฑ์ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Squares Error : MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และเลือกใช้โปรแกรมภาษา R เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำตัวแบบในการพยากรณ์ไปใช้งานได้ง่ายขึ้น

#### กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกระแสไฟฟ้า

ขั้นตอนการผลิตแผ่น PCB ของบริษัทผู้ผลิตที่ศึกษามีทั้งหมด 23 ขั้นตอน แบ่งเป็นรอบ inner, outer front และ outer back ดังนี้


**ตารางที่ 1** ขั้นตอนการผลิตแผ่น PCB

รอบ	ขั้นตอน	วิธีการ
Inner	1. M-Cut	ตัดแผ่นลามิเนตให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้
	2. Thin core	สร้างเส้นลายวงจรบนแผ่นลามิเนต (รีดฟิล์ม/ถ่ายแสง/ล้างฟิล์มส่วนที่ไม่โดนฉายแสง/กัดทองแดง/ล้างฟิล์ม)
	3. MAOI	ตรวจสอบลายวงจรเปรียบเทียบกับเส้นลายวงจรต้นแบบ
	4. Lamination	จัดวางลำดับชั้นงานและอัดให้ประกบติดกันด้วยความร้อน ประกอบไปด้วย 1. Thin core คือ แผ่นงานที่มีลายวงจรที่ผ่านการเคลือบ oxide แล้ว 2. Prepreg คือ แผ่น fiber เป็นฉนวนประกบที่ thin core ทั้ง 2 ด้าน 3. Copper foil คือ แผ่นทองแดงที่ใช้วางประกบชั้นบนสุดทั้ง 2 ด้านเพื่อเป็นตัวสร้างลายวงจรชั้นนอกต่อไป
	5. X-Ray Drill & Rout	นำงานมาเจาะรู X-ray Drill แล้วมาตัดขอบบอร์ดให้เรียบ
Outer front	6. Drilling	เจาะรูเพื่อเชื่อมนำไฟฟ้าของวงจรชั้นในและวงจรชั้นนอก
	7. Electroless copper plating	ชุบทองแดงบาง ๆ ลงในรูด้วยน้ำยาเคมีไม่ใช่กระแสไฟฟ้า
	8. Imaging	สร้างเส้นลายวงจรชั้นนอก (รีดฟิล์ม/ถ่ายแสง/ล้างฟิล์มส่วนที่ไม่โดนถ่ายแสง)
	9. Electrolytic copper plating	ชุบเพิ่มความหนาทองแดงให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ชุบแบบใช้กระแสไฟฟ้าและชุบตีบุกคลุมทับ
	10. SES	ล้างฟิล์ม/กัดทองแดง/ล้างตีบุก เพื่อให้ได้เส้นลายวงจรชั้นนอก
	11. PAOI	ตรวจสอบลายวงจรเปรียบเทียบกับเส้นลายวงจรต้นแบบ



## ตารางที่ 1 (ต่อ)

รอบ	ขั้นตอน	วิธีการ
Outer back	12. Solder mask	พิมพ์หมึก solder mast ทับเพื่อป้องกันการ short
	13. Lead free hot air	ซุบ lead free ให้ติดบริเวณทองแดง
	14. Immersion gold	ซุบเคลือบผิวทองแดงด้วย nickel และ gold โดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมี
	15. Thermal printing	ปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการพิมพ์แบบต่าง ๆ ลงในตัวงาน
	16. Fabrication	ตัดแต่งชิ้นงานให้มีรูปร่าง ขนาด ตามที่ลูกค้าต้องการ
	17. Electrical test	ทดสอบคุณภาพการนำไฟฟ้าของเส้นลายวงจรทดสอบ 100%
	18. Final inspection	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงาน 100%
	19. Immersion tin	เคลือบผิวหน้าทองแดงที่เปิดไว้เพื่อใช้งานด้วยดีบุกโดยน้ำยาเคมี
	20. Immersion silver	เคลือบผิวหน้าทองแดงที่เปิดไว้เพื่อใช้งานด้วยเงินโดยน้ำยาเคมี
	21. Surface finish	ตรวจสอบความสมบูรณ์ 100% ที่ผ่านขั้นตอนที่ 19 และ 20
	22. Packing	บรรจุห่องาน
	23. Stock finished goods	นำชิ้นงานที่ห่อแล้วมาจัดใส่กล่องเตรียมส่งมอบให้ลูกค้า

การกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลาย อยู่ในกระบวนการ electrolytic copper plating ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าจะมีผลต่อความหนาของทองแดงที่เคลือบ โดยมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องอยู่ในรอบ outer front ประกอบไปด้วยขั้นตอน drilling, electroless plating, image , SES และ PAOI

**กระบวนการ drilling**

เป็นขั้นตอนการเจาะรูลงบนงาน เพื่อเป็นการเชื่อมนำไฟฟ้าของวงจรชั้นในและวงจรชั้นนอก

**กระบวนการ electroless copper plating**

เป็นขั้นตอนการซุบทองแดงบาง ๆ ลงไปในรูที่เจาะ ในน้ำยาเคมี ไม่ใช้กระแสไฟฟ้าในการซุบ เพื่อเป็นสื่อให้เกิดการนำไฟฟ้าได้ มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) Deburring คือ การนำงานที่ผ่านการเจาะรูที่แผนก drilling แล้วเข้าเครื่อง deburring เพื่อขัดผิวหน้าทองแดง/ปากรูให้เรียบ และขัดทำความสะอาดผิวทองแดง/ขจัดฝุ่นที่อยู่ในรู

2) Electroless copper plating คือ การนำงานซุบทองแดงบาง ๆ บนผิวและในรูด้วยน้ำยาเคมี

3) Post clean คือ การล้างทำความสะอาดผิวบอร์ดหลังซุบ

**กระบวนการ imaging**

เป็นขั้นตอนการสร้างเส้นลายวงจรชั้นนอก มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) Dry film คือ การรีดฟิล์มคลุมผิวบอร์ด ทั้ง 2 ด้าน



2) Exposure คือ การใช้ working film ที่ทำมาจากฟิล์มต้นแบบของลูกค้ำวางประกบทั้ง 2 ด้าน หลังจากนั้นนำถายแสงให้แสงทำปฏิกิริยากับเนื้อฟิล์ม จนเกิดมีเส้นลายวงจรที่เนื้อฟิล์ม

3) Develop คือ การล้างฟิล์มส่วนที่ไม่โดนถายแสงออกหรือส่วนของเส้นลายวงจร

**กระบวนการ electrolytic copper plating**

การกำหนดกระแสไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการ electrolytic copper plating เป็นขั้นตอนการชุบเพิ่มความหนาทองแดงบนเส้นลายวงจร หัววงจร รูวงจร และทุกบริเวณที่เปิดเป็นทองแดงไว้ นอกจากการชุบทองแดงแล้วต้องชุบดีบุก (Tin) เคลือบบนผิวทองแดงที่ผ่านการชุบแล้วด้วย เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ทองแดงถูกกัดที่ขั้นตอนต่อไป มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) โหลดงานเข้า line การชุบ Copper
- 2) คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต่อพื้นที่ที่ต้องการชุบทั้งหมด ทั้ง 2 ด้าน (Copper และ Tin)
- 3) เมื่องานลงชุบข้อ Copper ปรับกระแสไฟฟ้าตามที่คำนวณไว้
- 4) เมื่อลงข้อ Tin ปรับกระแสไฟฟ้าตามที่คำนวณไว้

**กระบวนการ SES**

เป็นขั้นตอนการล้างฟิล์ม/กัดทองแดง/ล้างดีบุกออก เพื่อให้ได้งานที่เป็นเส้นลายวงจรที่ผ่านการชุบความหนาทองแดงแล้ว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) Strip film คือ การล้างฟิล์มส่วนที่คลุมทองแดงที่ไม่ต้องการชุบความหนาทองแดงเพิ่มออก

2) Etching คือ การกัดทองแดงส่วนที่อยู่ใต้ฟิล์มที่ล้างออก ขั้นตอนนี้หากงานไม่ได้ชุบดีบุกคลุมเส้นลายวงจรมา จะทำให้เส้นลายวงจรถูกน้ำยา etching กัดได้

3) Strip tin คือ การล้างดีบุกที่คลุมเส้นลายวงจรออก หลังจากการผ่าน strip tin จะได้งานที่มีเส้นลายวงจรเป็นทองแดงบนพื้นลามิเนต

**กระบวนการ AOI outer**

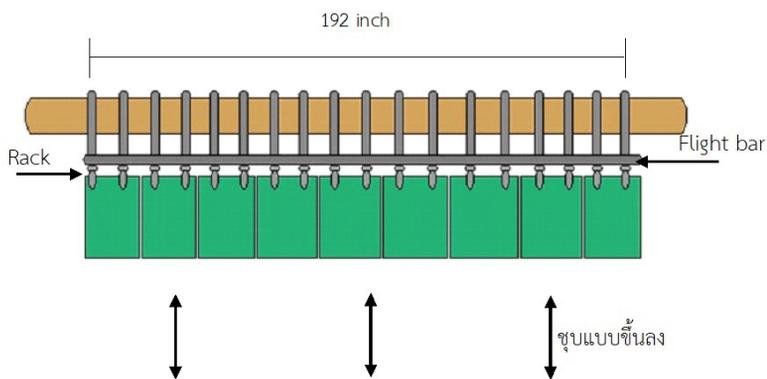
เป็นขั้นตอนการตรวจสอบลายวงจรเปรียบเทียบกับเส้นลายวงจรต้นแบบของลูกค้ำของงานนั้น ๆ การทำงานมี 2 ขั้นตอนดังนี้

- 1) Scan คือ ตรวจสอบหาข้อบกพร่อง
- 2) Open คือ เส้นลายวงจรเดียวกันเกิดการขาดออกจากกันทำให้ไฟไม่สามารถผ่านได้

**ประเภทเครื่องจักร**

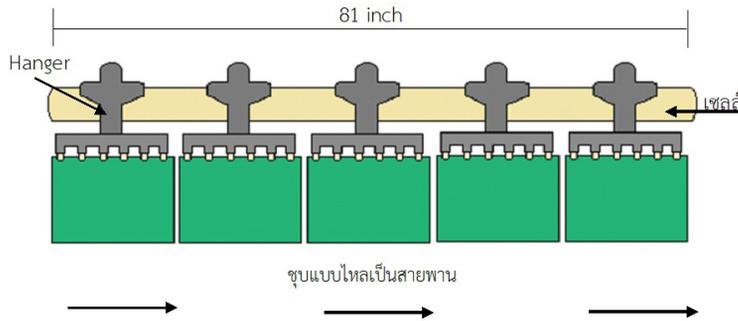
ประเภทของเครื่องจักรในขั้นตอน electrolytic copper plating ของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ศึกษามี 2 ประเภท แต่ละประเภทมีลักษณะการชุบทองแดงแตกต่างกัน

- 1) Line gate type ลักษณะการชุบ จะใช้ rack หนีบแผ่นบอร์ดให้เต็ม 1 flight bar การชุบจะชุบแนวตั้ง flight bar เคลื่อนที่ในลักษณะยกกลุ่มลงไปในแต่ละข้อ line gate type ได้แก่ line 1, 2 และ 3 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จำลองข้อชุบทองแดงประเภท line gate type

2) Line VCP ลักษณะการซุบ จะใช้ hanger นีบ จะซุบแบบแนวนอน เซลล์เคลื่อนที่ไหลเป็นสายพานในแต่ละ บอร์ดให้เต็มเซลล์ ประกอบไปด้วยเซลล์ A และ B การซุบ บ่อ ประกอบไปด้วย line 4 และ 5 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 จำลองบ่อซุบทองแดงประเภท line VCP

### การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning)

Machine learning หรือการเรียนรู้ของเครื่องเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ หมายถึง การสอนให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไป โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมสั่งงาน เพื่อสร้างตัวแบบหรือขั้นตอนวิธี และนำไปใช้ในการทำนายค่าตอบหรือผลลัพธ์เมื่อคอมพิวเตอร์เรียนรู้แล้ว ความรู้ที่เรียนได้จะถูกเก็บไว้ในฐานความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กฎ หรือฟังก์ชัน ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เข้ามาในฐานข้อมูล คอมพิวเตอร์ก็จะทำการปรับเปลี่ยนกฎหรือฟังก์ชันใหม่ให้เหมาะสมกับฐานข้อมูล สามารถแบ่งออกเป็นการเรียนรู้ได้ 2 แบบใหญ่ๆ [5] ได้แก่

1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised learning) คือ การเรียนรู้ที่อาศัยผู้สอน โดยที่คอมพิวเตอร์จะสามารถหาค่าตอบหรือผลลัพธ์ได้ด้วยตัวมันเอง หลังจากที่ได้เรียนรู้จากข้อมูลและผลลัพธ์ที่ป้อนเข้าไปและสอนมันไปก่อนหน้านี้

เมื่อคอมพิวเตอร์เรียนรู้แล้วในรอบต่อไปเมื่อใส่ข้อมูลลงไป คอมพิวเตอร์จะบอกผลลัพธ์ได้ทันทีตามที่คอมพิวเตอร์ได้เรียนรู้

2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (unsupervised learning) คือ การเรียนรู้ที่ไม่ต้องอาศัยผู้สอน โดยที่ใส่ข้อมูลไปในคอมพิวเตอร์และไม่ได้กำหนดผลลัพธ์ และให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ที่จะแยกกลุ่มด้วยตัวเอง

### การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (multiple linear regression)

การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (multiple linear regression) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นของกลุ่มตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัว ขึ้นไปที่ร่วมกันส่งผลต่อตัวแปรตาม ทำให้สามารถใช้ความสัมพันธ์นี้ประมาณหรือทำนายค่าของตัวแปรตามได้ โดยมีลักษณะสมการเป็นดังนี้ [6]

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k$$

$\hat{Y}$  คือ ค่าประมาณของ  $Y$

$b_0$  คือ ระยะตัดแกน  $Y$  เมื่อทุกค่า  $X_j$  เป็นศูนย์

$b_j$  คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ ตัวที่ 1 ถึงตัวที่  $k$  เมื่อ  $j = 1, 2, \dots, k$



**ต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (decision tree regression)**

ต้นไม้ตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (decision tree regression) คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ค่าต่อเนื่อง โดยการนำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ จะทำการแบ่งข้อมูลออกทีละ 2 ส่วน จากโหนดล่างสุดของโครงสร้างต้นไม้ เรียกว่า root node และทำการพยากรณ์ค่าตัวแปรตามด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่อยู่ในโหนดนั้น โดยทำการแบ่งข้อมูลจาก root node จนถึงโหนดบนสุด เรียกว่า Leaf node จนกว่าจะได้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น ความลึกของโครงสร้างต้นไม้ไม่เกิน 10 ชั้น หรือจำนวนข้อมูลในแต่ละ

กลุ่มที่แบ่งออกมามีจำนวนขั้นต่ำ 5 ค่าสังเกต [7] โดยมีหลักการในการพยากรณ์ ดังนี้

- 1) เลือกตัวแปรอิสระ  $X$  มา 1 ตัวแปร โดยเลือกจากตัวแปร  $X_j$  ที่ให้ค่า residual sum of squares (RSS) น้อยที่สุดมาทำการเรียงลำดับข้อมูล
- 2) หาจุดแบ่งข้อมูล (split point) ที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากข้อมูล  $n$  ค่าสังเกต
- 3) สำหรับการแบ่งข้อมูลแต่ละแบบที่เป็นไปได้ทำการคำนวณค่า residual sum of squares (RSS) โดยกำหนดให้ค่าพยากรณ์ คือค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม  $Y$  ภายในโหนดของตัวเอง

$$RSS = \sum_{w=1}^W \sum_{i \in R_w} (Y_i - \hat{Y}_{R_w})^2$$

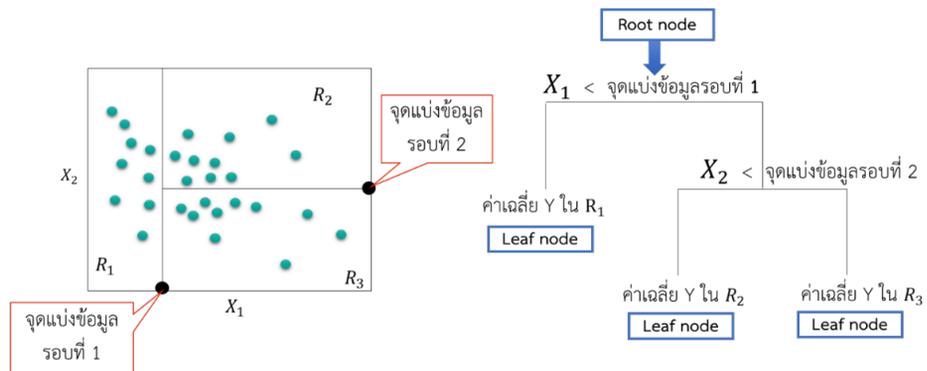
$R_w$  คือ แต่ละกลุ่มของค่าสังเกตที่ถูกแบ่งออกมาเป็นทั้งหมด  $W$  กลุ่ม

$Y_i$  คือ ตัวแปรตาม

$\hat{Y}_{R_w}$  คือ ค่าประมาณในแต่ละกลุ่ม คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามในกลุ่มนั้น ๆ

- 4) เลือกจุดแบ่งข้อมูลที่ให้ค่า RSS น้อยที่สุด และสร้างเงื่อนไขจากจุดแบ่งข้อมูลในโครงสร้างต้นไม้
- 5) หากจุดแบ่งข้อมูลของตัวแปรอิสระ  $X_1$  ที่เหลือจนครบ (ตามข้อ 1. - 4.) เมื่อสิ้นสุดการแบ่งข้อมูลแล้วจะ

พยากรณ์ค่าตัวแปรตาม  $Y$  จากค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม  $Y$  ภายในโหนดของตัวเอง สำหรับโหนดที่ยังสามารถแบ่งข้อมูลได้ต่อ จะแบ่งต่อไปจนได้เงื่อนไขที่กำหนด



ภาพที่ 3 หลักการของการพยากรณ์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ กรณีมีตัวแปรอิสระ  $X$  2 ตัวแปร

## ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (Support Vector Regression : SVR)

ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (Support Vector Regression : SVR) นำเสนอโดย Corinna และ Vladimir

[8] เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยใช้สมการไฮเปอร์เพลน (hyperplane) เป็นสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าที่เป็นเลขจำนวน โดยมีสมการถดถอยของ SVR [9] เป็นดังนี้

$$\hat{Y} = \langle w, x \rangle + b$$

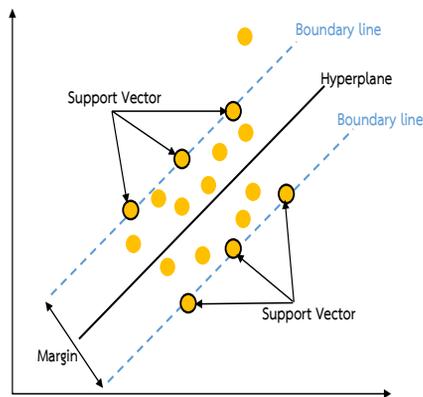
$w$  คือ เวกเตอร์น้ำหนักหรือความชันของเส้นถดถอย

$b$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (bias)

$X$  คือ เวกเตอร์ข้อมูลนำเข้า (Input data) แทนด้วยสัญลักษณ์  $(x_1, \dots, x_n)^T$  ขนาดเท่ากับ  $n$ ;  $x_i \in \mathbb{R}^n$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$

หลักการในการหา hyperplane ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มของข้อมูล ในกรณีของซัพพอร์ตเวกเตอร์ จะหาตำแหน่งของข้อมูลที่เป็นซัพพอร์ตเวกเตอร์ (support vector) ซึ่งจะเป็ข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ห่างจาก hyperplane มากที่สุด และตำแหน่งดังกล่าวจะอยู่บนเส้นแบ่งระยะขอบเขต

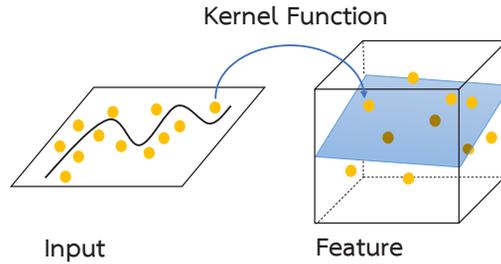
(boundary line) ที่กำหนดขึ้น ในทางทฤษฎีจะพยายามให้ข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายใน boundary line และสร้าง hyperplane ที่ใช้แทนกลุ่มข้อมูลขึ้น [10]



ภาพที่ 4 การหา hyperplane ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้แทนกลุ่มข้อมูล

สำหรับกรณีปัญหาแบบไม่เชิงเส้นจะต้องใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล ทำการส่งผ่าน (mapping) ข้อมูลนำเข้า (input data) ให้มีมิติเพิ่มมากขึ้นในปริภูมิลักษณะเด่น (feature

space) เพื่อจัดระเบียบข้อมูลเบื้องต้นให้สะดวกต่อการสร้าง hyperplane สำหรับใช้แทนกลุ่มข้อมูลได้อย่างเหมาะสมที่สุด และเพื่อให้สามารถใช้วิธีการแบบเชิงเส้นได้ในปริภูมินี้



ภาพที่ 5 การส่งผ่านข้อมูลอินพุตให้มีมิติเพิ่มมากขึ้นในปริภูมิลักษณะเด่น

ฟังก์ชันเคอร์เนลที่นิยมใช้ แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลที่นิยมใช้ในการสร้างตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน คือ radial basic function

ตารางที่ 2 ฟังก์ชันเคอร์เนลต่างๆ [11]

ชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล	$k(x, x_i)$
Radial basis function	$\exp(-\gamma \ x - x_i\ ^2), \gamma > 0$
Polynomial	$((x^T \cdot x_i) + \eta)^d$
Sigmoidal	$\tanh(\gamma(x^T \cdot x_i) + \eta), \gamma > 0$
Linear	$x^T \cdot x_i$

ดังนั้นสมการ hyperplane สามารถเขียนใหม่ในรูปแบบการถดถอยไม่เชิงเส้น โดยใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) k(x_i, x_j) + b$$

โดยที่  $x_i$  คือ เวกเตอร์ข้อมูลนำเข้า (input data)

$x_j$  คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์ (support vector)

$\alpha_i, \alpha_i^*$  คือ ตัวคูณลากรางจ์ (lagrange multipliers) โดยกำหนดให้ค่าตัวคูณลากรางจ์มีค่ามากกว่าศูนย์ และสามารถหาค่าโดยใช้ขั้นตอนวิธีการโปรแกรมกำลังสอง (quadratic programming)

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**1. การศึกษาโจทย์ที่ต้องการทำ (business understanding)**

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการสร้างตัวแบบเพื่อใช้พยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อ 1) เพิ่มความ

แม่นยำในการให้กระแสไฟฟ้า 2) เพื่อกำหนดกระแสไฟฟ้าอย่างเป็นระบบ 3) เพื่อลดระยะเวลาในการทำงานของวิศวกรในการกำหนดค่ากระแสไฟฟ้า 4) เพื่อลดระยะเวลาในการผลิตในกระบวนการชุบด้วยกระแสไฟฟ้า



## 2. การศึกษาข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย (data understanding)

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็น ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ PDF ผู้วิจัยได้แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปตารางข้อมูล โดยจัดเก็บไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยแบ่งเป็น 2 ชุดข้อมูล ตามประเภทเครื่องจักรที่ใช้ชุบทองแดงดังนี้

- 1) ข้อมูล line gate type จำนวน 1,982 ข้อมูล
- 2) ข้อมูล line VCP จำนวน 364 ข้อมูล

## 3. การเตรียมข้อมูล (data preparation)

ผู้วิจัยได้จัดการกับข้อมูลดิบ (raw data) ที่ได้รับมาก่อนไหลคเข้าฐานข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

### 3.1 การคัดเลือกข้อมูล (data selection)

คัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ electrolytic copper plating โดยพิจารณาจากทฤษฎี (กฎฟาราเดย์) และสอบถามข้อมูลจากวิศวกรที่ทำหน้าที่ดูแลกระบวนการ electrolytic copper plating จำนวน 16 ปัจจัย ได้แก่

- 1) เวลาที่ใช้ชุบ (ชื่อตัวแปร time)
- 2) เครื่องจักร (ชื่อตัวแปร l1)
- 3) ความกว้าง (ชื่อตัวแปร width)
- 4) ความยาว (ชื่อตัวแปร length)
- 5) ความหนาทองแดงในรูหลังชุบ (ชื่อตัวแปร hole.con.min)
- 6) ความหนาทองแดงของรูสำหรับเสียบ
- 7) ความหนาทองแดงในรูเฉลี่ยต่ำสุด
- 8) ความหนาทองแดงในรูต่ำสุด
- 9) พื้นที่ที่ต้องการชุบ (ชื่อตัวแปร area)

10) การใส่ dummy (เป็นค่า dummy ที่ใส่เข้าไปในกระบวนการชุบทองแดง โดยมีค่าเป็น 0 = ไม่ใส่ dummy, 1= ใส่หนึ่งข้าง, 2 = ใส่สองข้าง กำหนดชื่อตัวแปร d1 และ d2)

- 11) การเตรียมผิว superbond
- 12) การทำ surfacefinish
- 13) จำนวนแผ่นบอร์ด (ชื่อตัวแปร pntls)
- 14) ขนาดเส้นลายวงจรถ (ชื่อตัวแปร linewidth)
- 15) ระยะห่างเส้นลายวงจรถ (ชื่อตัวแปร spacing)
- 16) ความหนาของบอร์ด (ชื่อตัวแปร board.thk)

### 3.2 การกลั่นกรองข้อมูล (data preprocessing)

กลั่นกรองข้อมูลโดยลบข้อมูลซ้ำซ้อน แก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด เช่น ข้อมูลที่ผิดปกติแบบ ข้อมูล outlier ที่แปลกแยกจากค่าอื่นค่อนข้างมาก และแทนค่าข้อมูลสูญหาย (missing) โดยแทนที่ด้วยค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

- 1) สเปคความหนาทองแดงในรู (spec copper thickness in hole) แบ่งเป็นค่าความหนาทองแดงในรูต่ำสุด (min) ค่าความหนาทองแดงในรูเฉลี่ยต่ำสุด (min average) ค่าความหนาทองแดงในรูเสียบขาอุปกรณ์ (pressfit) และค่าความหนาทองแดงในรูหลังการชุบ (control after plating) ซึ่งในแต่ละงานกำหนดค่าสเปคความหนาทองแดงในรูแตกต่างกัน บางงานอาจให้ครบทุกค่า หรือบางงานอาจกำหนดเพียงค่าต่ำสุด (min) มาค่าเดียว ในกรณีดังกล่าวจะทำให้เกิด 3 ค่าที่เหลือ จะเกิดข้อมูลสูญหายขึ้น จึงต้องมีการกำหนดค่าใหม่เพื่อเป็นค่าตัวแทนสเปคความหนาทองแดงในรู โดยมีเงื่อนไข ดังตารางที่ 3 และใช้คำสั่ง if-else ในโปรแกรม R เพื่อจัดการข้อมูลสูญหาย ดังภาพที่ 6 ดังนั้นตัวแปรที่ 5, 6, 7 และ 8 จะเหลือเพียง 1 ตัวแปร คือ ตัวแปร hole.con.min



ตารางที่ 3 เกณฑ์การกำหนดค่าสเปคความหนาทองแดงในรู

ลำดับการเลือก spec ความหนาทองแดงในรู	มี Superbond	ไม่มี Superbond มี Surfacefinish	ไม่มี Superbond มี Surfacefinish
1. ความหนาทองแดงในรูหลังการชุบ (control after plating)	-	-	-
2. ความหนาทองแดงสำหรับรูที่ใช้เสียบขา อุปกรณ์ (Pressfit)	+5 จาก ค่าspec*	ชุบ Tin +3 จากค่า spec* ชุบอย่างอื่น เช่น gold +2 จากค่า spec*	-
3. ความหนาทองแดงในรูเฉลี่ยต่ำสุด (Min average)			
4. ความหนาทองแดงในรูต่ำสุด (Min)			

หมายเหตุ - ค่า spec หมายถึงค่าหมายเลข 1-4 ในตารางที่ 3 เลือกใช้เพียงหนึ่งค่า ถ้างานกำหนดค่าความหนาทองแดงในรูหลังชุบมา จะใช้ค่านี้คือค่า spec

- ถ้างานไม่ได้กำหนดค่าความหนาทองแดงในรูหลังชุบมาให้ จะใช้ค่าความหนาทองแดงสำหรับรูที่ใช้เสียบอุปกรณ์
- ถ้างานไม่ได้กำหนดทั้งค่าความหนาทองแดงในรูหลังชุบ และค่าความหนาทองแดงสำหรับรูที่ใช้เสียบอุปกรณ์ จะใช้ค่าความหนาทองแดงในรูเฉลี่ยต่ำสุด
- ถ้างานไม่ได้กำหนดค่าความหนาทองแดงในรูหลังชุบ ความหนาทองแดงสำหรับรูที่ใช้เสียบอุปกรณ์ และค่าความหนาทองแดงในรูเฉลี่ยต่ำสุด จะใช้ค่าความหนาทองแดงในรูต่ำสุด

```
plus<-ifelse(superbond==5,plus<-5,plus<-surface.finish)
hole.minA<-ifelse(is.na(hole.minA),hole.min,hole.minA)
pressfit<-ifelse(is.na(pressfit),hole.minA,pressfit)
hole.con.min<-ifelse(is.na(hole.con.min),pressfit+plus,hole.con.mi
```

ภาพที่ 6 คำสั่งการกำหนดค่าสเปคความหนาในรู (spec) โดยโปรแกรม R

2) ขนาดเส้นลาย (linewidth) และระยะห่างเส้นลายวงจร (spacing) เกิดข้อมูลสูญหาย เนื่องจากงานรอบนั้นไม่มีลายวงจร หรือเกิดจากงานรอบนั้นมีขนาดเส้นลายวงจร และระยะห่างเส้นลายวงจรมีความกว้างมาก ๆ จึงทำให้ไม่

สามารถวัดขนาดได้ จึงต้องทำการกำหนดค่าใหม่ ซึ่งกำหนดให้เท่ากับสองเท่าของความกว้าง ใช้คำสั่ง if-else ในโปรแกรม R เพื่อจัดการข้อมูลสูญหาย ดังภาพที่ 7

```
linewidth<-ifelse(is.na(linewidth),width*2,linewidth)
spacing<-ifelse(is.na(spacing),width*2,spacing)
```

ภาพที่ 7 คำสั่งการกำหนดค่าขนาดเส้นลายวงจร และระยะห่างเส้นลายวงจรที่สูญหายโดยใช้โปรแกรม R

3.3 การแปลงรูปแบบของข้อมูล (data transformation)

การเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

ได้ว่าค่านั้นมากหรือน้อยจะต้องทำการแปลงเป็นตัวแปรหุ่นก่อนนำไปวิเคราะห์

3.3.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพไม่สามารถวัดค่าออกมา

3.3.2 คำนวณตัวแปรที่ส่งผลต่อการเพิ่มค่ากระแสไฟฟ้า นอกเหนือจากตัวแปรที่ทำการคัดเลือกมาได้แก่



3.3.2.1. ค่ากระแสไฟฟ้าจาก Faraday's Law โดยเปลี่ยนหน่วยให้เหมาะสมกับข้อมูลนำเข้า (ชื่อตัวแปร formula) สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$\text{Formula} = \frac{\text{Copper Thickness In Hole} \times 42.23}{\text{Time} \times 0.85}$$

โดยที่ ค่า Copper Thickness In Hole คือ ความหนาของแดงในรูหลังชุบ (hole.con.min) และ Time คือ เวลาที่ใช้ชุบ (time)

3.3.2.2. อัตราส่วนของพื้นที่ที่ต้องการเพิ่มความหนาของแดงต่อพื้นที่บอร์ดทั้งหมด (ชื่อตัวแปร ratio) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Copper Plating Area}}{\text{Total PMLS Area}}$$

โดยที่ ค่า Copper Plating Area คือ พื้นที่ที่ต้องการชุบ (area) และ ค่า Total PMLS Area คำนวณจาก

$$\text{Total PMLS Area} = \frac{\text{Width} \times \text{Length}}{144}$$

โดยที่ Width คือความกว้าง (ตัวแปร width) และ Length คือความยาว (ตัวแปร length)

3.3.3 การจัดรูปแบบข้อมูล การกำหนดกระแสไฟฟ้าจะกำหนดกระแสไฟฟ้าแยกเป็นหน้า A และ B (แต่ละฝั่งของแผ่นบอร์ด) เนื่องจากแต่ละหน้ามีลายวงจรแตกต่างกัน ทำให้ตัวแปร พื้นที่ที่ต้องการเพิ่มความหนาของแดง ขนาดเส้นลายวงจร และระยะห่างเส้นลายวงจร ของแต่ละหน้าแตกต่างกัน ส่วนตัวแปรที่เหลือมีค่าเท่ากันทั้งหน้า A และ B จึงทำการเก็บข้อมูลใหม่โดยเก็บแยกระหว่างหน้า A และ B ทำให้เป็น 1 Part Number เก็บข้อมูลได้เป็น 2 แถว

### 3.4 การแบ่งข้อมูล

เพื่อป้องกันการเกิด overfitting ผู้วิจัยจึงแบ่งข้อมูลโดยวิธี split test ซึ่งเป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลฝึกสอน (training dataset) จำนวน 80% ของข้อมูลทั้งหมด ใช้ในการสร้างโมเดล และข้อมูลทดสอบ (test dataset) จำนวน 20% ของข้อมูลทั้งหมด ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล โดยใช้คำสั่ง sample.split ของแพ็คเกจ 'caTools' ในโปรแกรมภาษา R ช่วยในการประมวลผล

### 4. การสร้างแบบจำลอง (modeling)

ผู้วิจัยได้ศึกษาตัวแบบเพื่อพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้า ด้วยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธีได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ วิธีต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน

### 5. การประเมินผล (evaluation)

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบทั้ง 3 ตัวแบบ โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) และค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error : MAPE) เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด

### 6. นำตัวแบบมาใช้งาน (deployment)

จัดทำ API ด้วยโปรแกรมภาษา R พร้อมคู่มือการใช้งาน



ผลการวิจัย

1. การสร้างแบบจำลอง

เมื่อการเตรียมข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ขั้นตอนถัดมาคือสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการชุบทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธีได้แก่วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (multiple linear regression) วิธีต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (decision tree

regression) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (support vector regression)

1.1 ตัวแบบ multiple linear regression

สร้างตัวแบบ multiple linear regression โดยใช้ฟังก์ชัน lm() ในโปรแกรมภาษา R กำหนดตัวแปรตามคือกระแสไฟฟ้า (current density) และตัวแปรที่เหลือทั้งหมดเป็นตัวแปรอิสระ ได้สมการถดถอยเป็นดังนี้

1.1.1 Line gate type

current = 17.742 + 0.642 l1 - 0.066 time - 0.090 width - 0.132 length + 1.323 area + 0.361 hole.con.min - 0.095 d1 - 0.254 d2 + 0.037 pnls - 6.626 ratio + 0.173 formula + 1.081 board.thk + 0.007 linewidth - 0.018 spacing

1.1.2 Line VCP

current = 30.058 - 0.170 l1 + 0.049 time - 0.556 width - 0.372 length + 3.398 area - 0.408 hole.con.min - 0.632 pnls - 18.033 ratio + 1.415 formula + 24.983 board.thk - 0.003 linewidth - 0.012 spacing

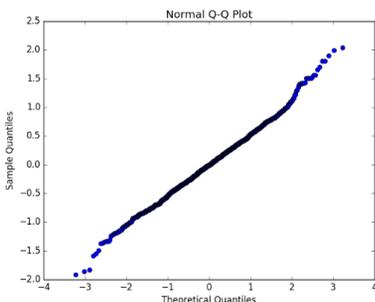
```
##### multiple linear regression #####
regressor1 = lm(formula = training_set$current ~ ., data = training_set)
```

ภาพที่ 8 คำสั่งการสร้างตัวแบบ multiple linear regression โดยใช้โปรแกรม R

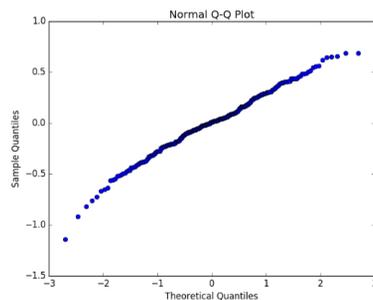
1.1.3 ข้อสมมติฐานเกี่ยวกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

1) การตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 9 พบว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การตรวจสอบค่าความแปรปรวนและความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อน ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ และค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

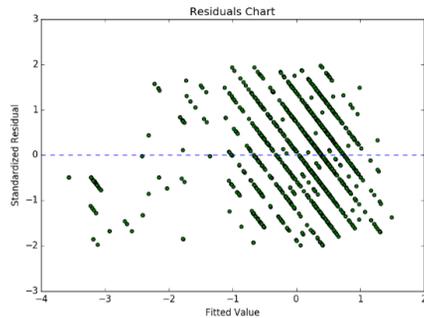


(ก) Line gate type

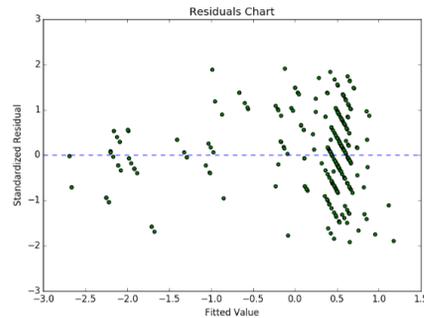


(ข) Line VCP

ภาพที่ 9 Normal quantile-quantile plot ของ regression standardized residual ของค่าพยากรณ์กระแสไฟฟ้าของ line gate type และ line VCP โดยใช้ข้อมูลฝึกสอน (training dataset)



(ก) Line gate type



(ข) Line VCP

ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าพยากรณ์ของกระแสไฟฟ้าของ line gate type และ line VCP โดยใช้ข้อมูลฝึกสอน (training dataset)

### 1.2 ตัวแบบ decision tree regression

คือกระแสไฟฟ้า และตัวแปรที่เหลือเป็นตัวแปรอิสระ และ

สร้างตัวแบบ decision tree regression โดยใช้

กำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นค่า default

ฟังก์ชัน rpart() ในแพ็คเกจชื่อ 'rpart' กำหนดตัวแปรตาม

```
##### decision tree regression#####
install.packages('rpart')
library(rpart)
regressor2 = rpart(formula = training_set$current ~ .,
  data = training_set,
  control = rpart.control(minsplit = 1))
```

ภาพที่ 11 คำสั่งการสร้างตัวแบบ decision tree regression โดยใช้โปรแกรม R

### 1.3 ตัวแบบ support vector regression

กำหนด type คือ 'eps-regression' สำหรับตัวแปรตามที่มี

สร้างตัวแบบ support vector regression โดย

เป็นจำนวนต่อเนื่อง และกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นค่า

ใช้ฟังก์ชัน svm() ในแพ็คเกจชื่อ 'e1071' กำหนดตัวแปร

default

ตามคือ กระแสไฟฟ้า และตัวแปรที่เหลือเป็นตัวแปรอิสระ

```
##### support vector regression #####
install.packages('e1071')
library(e1071)
regressor3 = svm(formula = training_set$current ~ .,
  data = training_set,
  type = 'eps-regression')
```

ภาพที่ 12 คำสั่งการสร้างตัวแบบ support vector regression โดยใช้โปรแกรม R

## 2. การเปรียบเทียบค่า MSE และ MAPE

vector regression มีค่าต่ำสุด ลองลงมาคือ ตัวแบบ

จากการพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าของทั้ง 3 ตัวแบบ ใน line gate type และ line VCP ได้ผลลัพธ์ดัง ตาราง

multiple linear regression และตัวแบบ decision tree regression ตามลำดับ

ที่ 4 และ 5 พบว่าค่า MSE และ MAPE ของตัวแบบ support



**ตารางที่ 4** ค่าความคลาดเคลื่อนของทั้ง 3 ตัวแบบของ line gate type

Line gate type	MSE	MAPE
Multiple linear regression	2.2035	6.5025
Decision tree regression	8.0874	12.9842
Support vector regression	<b>1.6259</b>	<b>5.1991</b>

**ตารางที่ 5** ค่าความคลาดเคลื่อนของทั้ง 3 ตัวแบบของ line VCP

Line gate type	MSE	MAPE
Multiple linear regression	8.2880	10.2141
Decision tree regression	33.8127	26.1111
Support vector regression	<b>5.5466</b>	<b>7.8465</b>

**อภิปรายและสรุปผลการวิจัย**

จากการศึกษาการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายในกระบวนการ electrolytic copper plating ของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการกำหนดกระแสไฟฟ้าย้อนหลังตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกันยายน 2562 รวมระยะเวลา 21 เดือน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจัดเก็บข้อมูล ทำการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องจักร line gate type และ line VCP โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง พิจารณาวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสร้างตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) วิธีการสร้างตัวแบบต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (Decision Tree Regression) และวิธีการสร้างตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (Support Vector Regression)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 และ 5 พบว่า line gate type ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันเป็นตัวแบบที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด คือ ค่า MSE = 1.6259 และค่า MAPE = 5.1991 รองลงมาคือตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MSE = 2.2035, MAPE = 6.5025) และตัวแบบต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (MSE = 8.0874, MAPE = 12.9842) ตามลำดับ ส่วน line VCP ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันเป็นตัวแบบที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

คือ ค่า MSE = 5.5466 และค่า MAPE = 7.8465 รองลงมาคือตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MSE = 8.2880, MAPE = 10.2141) และตัวแบบต้นไม้การตัดสินใจแบบรีเกรสชัน (MSE = 33.8127, MAPE = 26.1111) ตามลำดับ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันจึงเป็นตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องจักร line gate type และ line VCP ผู้วิจัยจึงใช้ตัวแบบนี้จัดทำโปรแกรมภาษา R เพื่อพยากรณ์ค่ากระแสไฟฟ้าให้กับบริษัท โดยโปรแกรมสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง พร้อมจัดทำสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม

นอกจากนี้จากตารางที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ของเครื่องจักรทั้งสองประเภทนั้นสอดคล้องกันคือ ตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันและตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมีประสิทธิภาพใกล้เคียง โดยตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเกิดปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงเชิงพหุ (multicollinearity) เนื่องจากในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูล มีการนำค่าตัวแปรอิสระบางตัวมาใช้ในการคำนวณค่าของตัวแปร formula และ ratio ทำให้ค่าพยากรณ์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาและแก้ปัญหาในเรื่องนี้



### เอกสารอ้างอิง

1. Synchrotron Thailand Central Lab. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electroplating). [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 19 มิ.ย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.slri.or.th/bl6a/process/film-deposition/12-process/45-electroplating.html>
2. Garich H, Gebhart L, Taylor EJ, Inman M, McCrabb H. Development and characterization of plating cell geometry for printed circuit board and packaging applications. ECS Trans 2007;3(16):1-10.
3. Chen TC, Tsai YL, Hsu CF, Dow WP, Hashimoto Y. Effects of brighteners in a copper plating bath on throwing power and thermal reliability of plated through holes. Electrochim Acta 2016;212:572-82.
4. Ji LX, Wang C, Wang SX, He W, Xiao DJ. An electrochemical model for prediction of microvia filling process. Trans IMF 2016;94(1):49-56.
5. สมาคมโปรแกรมเมอร์ไทย. การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning). [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 1 ส.ค. 2562]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/อะไรคือ-การเรียนรู้ของเครื่อง/>
6. จิตาเตียว มยุรีสุวรรณค์. การวิเคราะห์การถดถอย regression analysis. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น : บริษัท เพ็ญพรินตัง จำกัด; 2559.
7. วิชญ์พงษ์ ตรุณธรรม. รู้จัก decision tree, random forest และ XGBoost!!! – PART 1. [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 17 ก.ย. 2562]. เข้าถึงได้จาก: <https://medium.com/@witchapongdaroontham/รู้จัก-decision-tree-random-forest-และ-xgboost-part-1-cb49c4ac1315>
8. Cortes C, Vapnik V. Support-vector networks. Mach Learn 1995;20:273-97.
9. รณชัย ชื่นธวัช, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ, นิตยา เกิดประสพ. การพยากรณ์ความต้องการใช้งานหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันแบบตรวจสอบสลับ 3 ส่วน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2560;19(1):215-32.
10. Smola AJ, Schölkopf B. A tutorial on support vector regression. Stat Comput 2004;14:199-222.
11. Kaewwijit T. The improvement of support vector regression to forecast time series. Master's Engineering Thesis, Suranaree University of Technology. Thailand; 2016.



การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับประดสปาร์คคิ่งผสมสารสกัดใหม่ข้าวโพดสีแดง (*Zea mays* L.)  
สายพันธุ์ราชินีทับทิมสยาม

Development of sparkling pineapple juice mixed  
red corn silk (*Zea mays* L. cultivar Siam Ruby Queen) extract

นันทพร รัตนจักร์ ทศน์วรรณ คำเครือจันทร์ และ มนตรา ศรีษะแย้ม\*

สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
พิษณุโลก 65000

Nontaporn Rattanachak, Tadsawan Kumkruechan and Montra Srisayam\*

<sup>1</sup> Department of Microbiology, Faculty of Science and Technology,  
Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

Received: 9 December 2019/ Revised: 20 June 2020/ Accepted: 23 June 2020

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มน้ำสับประดสปาร์คคิ่งผสมสารสกัดใหม่ข้าวโพดสีแดง พร้อมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาจากตัวชี้วัดทางเคมีและจุลชีววิทยา ได้แก่ การตรวจกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณแอนโทไซยานิน จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา และแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์ม รวมทั้งตัวชี้วัดทางด้านประสาทสัมผัส การพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้ได้กำหนดสูตรขึ้นมา จำนวน 3 สูตร และทำการคัดเลือกสูตรที่มีการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดมาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ผลที่ได้พบว่าสูตรที่ได้รับการคัดเลือกคือ สูตรที่ใช้ข้าวโพดปรุงต่อสารสกัดใหม่ข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 70:30 และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับประดสปาร์คคิ่งสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้ไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ โดยพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (126/2546) ไม่พบยีสต์ รา และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ  $40.67 \pm 0.8$  เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ  $1,141.09 \pm 0.1$  ไมโครกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร ตัวอย่าง รวมทั้งความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตั้งแต่วันที่ 0 ( $8.33 \pm 0.57$  คะแนน) จนถึงวันที่ 14 ( $7.67 \pm 0.57$  คะแนน) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ )

คำสำคัญ: ใหม่ข้าวโพดสีแดง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแอนโทไซยานิน



## Abstract

The objective of this research is to develop sparkling pineapple juice mixed red corn silk extract beverage and to study the shelf-life. The shelf-life of sparkling pineapple drinks was evaluated by using chemical and microbiological parameters, antioxidant activity, anthocyanin content, amount of yeast, mold and coliform bacteria including sensory evaluation. The development of this product was determined 3 formulas and selected the formulas that are accepted by the most sensory tests. The product was preserved 2 weeks at 4°C. The results showed that the selected formula was a formula that combines the pineapple juice with red corn silk extract with a ratio of 70:30. The sparkling pineapple drink products can be stored at 4°C for at least 2 weeks. Total bacteria number was according to the community product standard criteria (126/2546). The number of yeasts mold and coliform bacteria were not found. In addition, the product with a shelf life of 2 weeks had antioxidant activity and anthocyanin content to  $40.67 \pm 0.84\%$  and  $1,141.09 \pm 0.1 \mu\text{g}/250 \text{ ml}$  samples, respectively. Including, the overall inclination towards the product from day 0 ( $8.33 \pm 0.57$ ) to the 14<sup>th</sup> day ( $7.67 \pm 0.57$ ) showed not significantly different ( $p \geq 0.05$ ).

**Keywords:** Red corn silk, Antioxidant activity, Anthocyanin

## บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีพืชพรรณหลายชนิด รวมถึงผลไม้ซึ่งมีรับประทานตลอดปีแตกต่างกันตามฤดูกาล ในการผลิตผลไม้เป็นการปลูกเพื่อการค้าทั้งในรูปแบบผลสด การแปรรูปและการส่งออก จากแนวโน้มที่ผ่านมาพบว่า ผลไม้ถูกผลิตออกมาในแต่ละฤดูกาลเป็นจำนวนมากและเกิดภาวะการล้นตลาด ส่งผลให้ผลไม้มีราคาตกต่ำ และเกษตรกรขาดทุน สับปะรดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากภาวะนี้ ในขณะที่วิธีการแปรรูปสับปะรดในระดับชุมชนขาดวิธีการที่หลากหลาย ส่วนหนึ่งมีสาเหตุจากเกษตรกรขาดองค์ความรู้ในการพัฒนา และเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการแปรรูปสับปะรดเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ไหมข้าวโพดเป็นสมุนไพรที่ถูกนำมาใช้ในหลายประเทศ เช่น จีน ตุรกี อเมริกา และฝรั่งเศส มีแร่ธาตุและวิตามินที่จำเป็น เช่น มีโซเดียม (0.05 เปอร์เซ็นต์) โพแทสเซียม (15 เปอร์เซ็นต์) เหล็ก (0.0082 เปอร์เซ็นต์) สังกะสี (0.016 เปอร์เซ็นต์) คลอไรด์ (0.25 เปอร์เซ็นต์) วิตามิน ซี เค และอี [1, 2] ที่สำคัญไหมข้าวโพดเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ

ในกลุ่มสารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน โดยเฉพาะไหมข้าวโพดสีแดงมีสารแอนโทไซยานินในปริมาณสูง [3] ซึ่งสารแอนโทไซยานินมีประโยชน์ทางการแพทย์ ช่วยส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน ช่วยชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็งและยับยั้งเนื้องอก ช่วยเสริมให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรคและสมานแผล เสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ดีขึ้น ลดภาวะเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ เพิ่มความสามารถในการมองเห็น ชะลอความเสื่อมของดวงตา และชะลอความเสื่อมของเซลล์ เป็นต้น [4, 5] งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (*Zea mays amylacea*) ได้แก่ เมล็ด ชัก ไหม เปลือกหุ้มฝัก และลำต้น พบว่า ในส่วนของไหมมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงสุด (28.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) [6] ในประเทศไทยมีการนำไหมข้าวโพดมาใช้ประโยชน์น้อยมาก ผลิตภัณฑ์ที่สามารถพบได้ในท้องตลาด ได้แก่ ชาไหมข้าวโพด แต่ไม่ได้รับความนิยม ส่งผลให้ไหมข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร



ปัจจุบันเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีการขยายตัวทางการตลาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 5.9 ต่อปี ซึ่งในปี 2560 ตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีมูลค่า 86,700 ล้านบาท [7] และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการซื้อคิดเป็น 1 ใน 5 ของเครื่องดื่มทั้งหมด [8] ด้านเครื่องดื่มน้ำอัดลมซึ่งเป็นเครื่องดื่มประเภทสร้างความสดชื่นมีมูลค่ามากที่สุดในตลาด โดยในปี 2562 มีมูลค่า 56,000 ล้านบาท แต่ในช่วงปี 2555-2560 ความต้องการบริโภคน้ำอัดลมในไทยมีทิศทางลดลง รวมถึงการขยายตัวในปี 2562-2564 มีแนวโน้มคงที่ (0-2 เปอร์เซ็นต์) ส่วนหนึ่งเป็นผลจากกระแสสุขภาพ และส่วนแบ่งทางการตลาดของเครื่องดื่มฟังก์ชันนัลคาร์บอนเนต และเครื่องดื่มสปาร์คคอลลิ่ง [9] ด้านตลาดน้ำผลไม้ของไทยในปี 2561 มีมูลค่า 12,300 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่าลดลงจากปีที่ผ่านมา ปัจจัยที่มีผลต่อตลาดน้ำผลไม้ของไทย ได้แก่ มุมมองของผู้บริโภค คาดหวังน้ำผลไม้ที่เพิ่มประสบการณ์ที่น่ายินรมย์ คุณค่าทางอาหาร มีผลดีต่อสุขภาพและความงาม นอกจากนี้ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับส่วนผสมที่อยู่ในเครื่องดื่ม [10]

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มประเภทสร้างความสดชื่นยังคงเป็นที่ต้องการสูงของตลาด รวมถึงพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบันใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาเครื่องดื่มที่สามารถสร้างความสดชื่นพร้อมทั้งให้ประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกจากนี้เป็นการนำไหมข้าวโพดซึ่งมีคุณค่าทางยา แต่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และช่วยกระจายสินค้าทางการเกษตรผ่านการแปรรูป ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม น้ำสับประ

สปาร์คคอลลิ่งให้มีปริมาณแอนโทไซยานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากไหมข้าวโพดสีแดง

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมน้ำสับประดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

นำสับประดพันธุ์ปัตตาเวีย (*Ananas comosus* L.) ผลสุกมาปอกเปลือก แกะตา หั่นเป็นชิ้น และนำเข้าเครื่องสกัดแยกกาก จากนั้นนำกากมาคั้นน้ำผ่านผ้าขาวบาง นำน้ำสับประดที่ได้ทั้งหมดมาต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นซึ่งส่วนผสมตามสูตรและทำการผสมส่วนประกอบเข้ากับน้ำสับประดที่เตรียมไว้โดยการอุ่นให้ส่วนผสมละลาย เติมน้ำสกัดน้ำไหมข้าวโพด สีแดง (*Zea mays* L. สายพันธุ์ปลูก Siam Ruby Queen) (เตรียมจากการนำไหมข้าวโพดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาทำการสกัดโดยใช้อัตราส่วนไหมข้าวโพด 1 กรัม ต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร ใช้ความร้อนในการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลานำมากรองผ่านผ้าขาวบาง) ส่วนน้ำโซดาเติมในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุขวด จากนั้นทำการบรรจุขวดแก้วฟลอส นำน้ำสับประดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงที่ผ่านการบรรจุขวดไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยเตรียมสับประดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพด สีแดงเป็น 3 สูตร (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** สูตรน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 4:6, 3:7 และ 2:8

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 4:6	สูตรที่ 2 3:7	สูตรที่ 3 2:8
สารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง (ปริมาตรต่อปริมาตร)	400	300	200
น้ำสับประรดคั้นสด (ปริมาตรต่อปริมาตร)	600	700	800
น้ำตาลทราย (กรัมต่อลิตร)	160	160	160
กรดซิตริก (กรัมต่อลิตร)	3	3	3
เกลือ (กรัมต่อลิตร)	6	6	6
น้ำเปล่า (ปริมาตรต่อปริมาตร)	150	150	150
น้ำที่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำโซดา) (ปริมาตรต่อปริมาตร)	850	850	850

ที่มา: สูตรน้ำสับประรด [11] และปริมาณน้ำที่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ [12]

หมายเหตุ: นิยามศัพท์คำว่า น้ำสับประรดปรุง ในงานวิจัยนี้หมายถึง น้ำสับประรดที่ผ่านการผสมด้วยส่วนผสมที่ใช้ทุกอย่างยกเว้นสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

## 2. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

สังเกตลักษณะเบื้องต้นด้านสี กลิ่น และการตกตะกอนของผลิตภัณฑ์ และนำน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่ได้ทั้ง 3 สูตร มาศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดวัดโดยใช้เครื่อง hand refractometer ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity) วัดในรูปของกรดซิตริกด้วยวิธีการไตเตรทด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ [13]

## 3. การคัดเลือกสูตรน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม

การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาสูตรของน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงจำนวน 3 สูตร เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม จากนั้นนำเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตร ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่มีผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยทดสอบความชอบ (9 Point hedonic rating scales) ใช้กลุ่มเป้าหมายผู้ทดสอบ จำนวน

41 คน แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## 4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงที่มีส่วนผสมของสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างทุก 3 วัน ในสัปดาห์ที่ 1 และทุก 2 วัน ในสัปดาห์ที่ 2 นำตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละครั้งมาทดสอบวิเคราะห์หาอายุการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์ เคมี และประสาทสัมผัส

### 4.1 การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์

นำผลิตภัณฑ์น้ำสับประรดสปาร์คคอลลิงที่มีส่วนผสมของสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงไปตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน-น้ำสับประรด (มพช.126/2557) คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธี BAM (2001) [14] โคลิฟอร์ม โดยวิธี



Most Probable Number BAM (2002) [15] ยีสต์และรา ตามวิธี BAM (2001) [14]

**4.2 การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านเคมี**

**การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ**

นำตัวอย่างน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิ่งที่มีส่วนผสมของสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging [16, 17] นำตัวอย่างมาเจือจาง 100 เท่า โดยใช้น้ำกลั่น ขณะที่

สารละลายมาตรฐาน DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เตรียมที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในเมทานอล ทำการทดสอบโดยการเปิดตัวอย่างปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลาย DPPH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex ทิ้งไว้ 15 นาทีในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ทำเป็นจำนวน 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % inhibition ซึ่ง % inhibition สามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = \left( \frac{A_{517} \text{ Control} - A_{517} \text{ Sample}}{A_{517} \text{ Control}} \right) \times 100$$

**การตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน**

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างด้วยวิธี pH differential method [17] เริ่มจากเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 (KCl-HCl buffer) และ pH 4.5 (CH<sub>3</sub>COONa-HCl) จากนั้นไปเปิดสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ลงในสารละลาย pH บัฟเฟอร์

ปริมาตร 2.7 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) โดยคำนวณดังสมการ

$$TA \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \left( \frac{A \times M_w \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \right)$$

โดยที่ค่าดูดกลืนแสง (A) = (A<sub>510</sub> - A<sub>700</sub>) pH 1.0 - (A<sub>510</sub> - A<sub>700</sub>) pH 4.5

M<sub>w</sub> = มวลโมเลกุลของแอนโทไซยานิน

DF = Dilution factor

l = path length หรือ ระยะทางที่แสงผ่านตัววัด

ε = โมลาร์แอบซอร์ปติวิตี (molar absorptivity) โดยทั่วไปมักใช้ค่าของ cyanidin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26,900 L Mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>

**4.3 การวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านประสาทสัมผัส**

ทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยพิจารณาจากสี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืนและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นบุคคลเดียวกันทดสอบตลอดอายุการเก็บรักษา ทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9 Point hedonic rating scales จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

**5. การวิเคราะห์ข้อมูล**

วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับประรดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงโดยใช้ค่าเฉลี่ย (x) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์คะแนน [18] ดังนี้

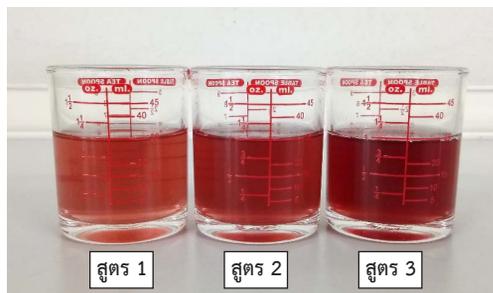
- 8.20 – 9.00 หมายถึง ชอบมากที่สุด
- 7.30 – 8.19 หมายถึง ชอบมาก
- 6.40 – 7.29 หมายถึง ชอบปานกลาง
- 5.50 – 6.39 หมายถึง ชอบเล็กน้อย
- 4.60 – 5.49 หมายถึง บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
- 3.70 – 4.59 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
- 2.80 – 3.69 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
- 2.90 – 2.79 หมายถึง ไม่ชอบมาก
- 1.00 – 1.89 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และคะแนนความพึงพอใจของผู้ทดสอบชิม ที่มีต่อเครื่องดื่มน้ำสับปรดสปาร์คคิงผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงโดยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้ Duncan's new multiple range test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 [19]

## ผลการวิจัย

### 1. ลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มน้ำสับปรดสปาร์คคิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง

ลักษณะทางกายภาพของน้ำสับปรดสปาร์คคิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงทั้ง 3 สูตร แสดงดังภาพที่ 1 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะใส มีตะกอนนอนก้นจากเส้นใยสับปรดเล็กน้อย มีกลิ่นหอมของสับปรดชัดเจน สีเป็นสีแดง โดยมีระดับความเข้มของสีแดงเพิ่มขึ้นจากสูตร 1 ไปยังสูตร 3 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 เท่ากับ 13, 14 และ 15 บริกซ์ ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 เท่ากับ  $3.22 \pm 0.06$ ,  $3.44 \pm 0.02$  และ  $3.64 \pm 0.03$  ตามลำดับ และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกของสูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 เท่ากับ  $0.74 \pm 0.05$ ,  $0.61 \pm 0.03$  และ  $0.56 \pm 0.01$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ลักษณะเครื่องดื่มน้ำสับปรดสปาร์คคิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงทั้ง 3 สูตร

### 2. ผลการศึกษาหาสูตรน้ำสับปรดสปาร์คคิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงที่เหมาะสม

เมื่อนำน้ำสับปรดสปาร์คคิงผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง จำนวน 3 สูตร ที่มีความแตกต่างกันของปริมาณสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง มาคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้ทดสอบ จำนวน 41 คน โดยเป็นเพศชาย จำนวน 18 คน และเพศหญิง จำนวน 23 คน มีอายุระหว่าง 17-29 ปี

มีความพึงพอใจต่อน้ำสับปรดผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดงอัตราส่วน 3:7 มากที่สุด โดยมีความพึงพอใจต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมากทุกตัวชี้วัด ขณะที่ผลสรุปค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจทุกตัวชี้วัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) จึงใช้เกณฑ์คะแนนเป็นเครื่องมือคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปทดสอบอายุการเก็บรักษาต่อไป (ตารางที่ 2)



**ตารางที่ 2** ความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อลักษณะของตัวอย่างเครื่องต้มน้ำสับปรดสปาร์คคอลลิ่ง ผสมสารสกัดจาก  
ใหม่ข้าวโพดสีแดง

ลักษณะของตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย (±S.D.)			การแปลผล		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะที่ปรากฏ	8.07±0.81	7.64±0.82	7.62±1.19	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
สี	7.88±1.06	7.81±0.99	7.79±1.42	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
กลิ่น	7.21±1.59	7.40±1.55	7.12±1.55	ชอบ ปานกลาง	ชอบมาก	ชอบ ปานกลาง
รสชาติ	7.33±1.71	7.71±1.38	7.71±1.47	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
ความซ่า	7.40±1.33	7.52±1.23	7.79±1.34	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก
ความรู้สึกลังลิ้น	7.29±1.55	7.67 ±1.43	7.74±1.31	ชอบ ปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.29±1.81	7.73±1.36	7.78±1.46	ชอบ ปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมาก
สรุป	7.50±1.46	7.64±1.27	7.65±1.40	ชอบมาก	ชอบมาก	ชอบมาก

**หมายเหตุ :** สูตร 1 หมายถึง อัตราส่วนของน้ำสับปรดปรุงผสมกับสารสกัดน้ำใหม่ข้าวโพดสีแดง 4:6  
 สูตร 2 หมายถึง อัตราส่วนของน้ำสับปรดปรุงผสมกับสารสกัดน้ำใหม่ข้าวโพดสีแดง 3:7  
 สูตร 3 หมายถึง อัตราส่วนของน้ำสับปรดปรุงผสมกับสารสกัดน้ำใหม่ข้าวโพดสีแดง 2:8

**3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มน้ำสับปรดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดจากใหม่ข้าวโพดสีแดง**

**3.1 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์**

ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องต้มน้ำสับปรดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดจากใหม่ข้าวโพดสีแดง พบว่าในช่วงเวลา 0-14 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.0-2.5x10<sup>3</sup> CFU ต่อมิลลิลิตร ไม่พบปริมาณยีสต์ รา และจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

**3.2 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านเคมี**

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาทางด้านเคมีของเครื่องต้มน้ำสับปรดสปาร์คคอลลิ่งผสมสารสกัดจากใหม่ข้าวโพดสีแดง เป็นเวลานาน 2 สัปดาห์ โดยมีการสุ่มตัวอย่าง

ตรวจทุก 3 วัน ในสัปดาห์ที่ 1 และทุก 2 วัน ในสัปดาห์ที่ 2 โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ตารางที่ 3) จากตารางพบว่า การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่มีผลทำให้ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง เนื่องจากความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งขึ้นลงสลับกันไป และอายุการเก็บรักษาที่ 2 สัปดาห์ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ แต่เมื่อมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง พิจารณาจากปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่พบเมื่อเก็บรักษาครบ 2 สัปดาห์ เท่ากับ 1,141.09 ไมโครกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร ตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณลดลงจากระยะเวลาเก็บรักษาเริ่มต้น (วันที่ 0) มีปริมาณเท่ากับ 1,498.26 ไมโครกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร ตัวอย่าง



**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินตามระยะเวลาการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อ 250 มิลลิกรัม ตัวอย่าง)
0	45.17±0.24 <sup>c</sup>	1,498.26±0.03 <sup>a</sup>
3	43.41±1.87 <sup>c</sup>	1,298.80±0.05 <sup>b, c</sup>
6	40.67±0.84 <sup>d</sup>	1,470.43±0.01 <sup>a</sup>
8	56.36±0.53 <sup>b</sup>	1,354.47±0.01 <sup>b</sup>
10	45.20±0.22 <sup>c</sup>	1,345.19±0.04 <sup>b</sup>
12	60.80±0.23 <sup>a</sup>	1,219.95±0.04 <sup>c, d</sup>
14	57.54±0.54 <sup>b</sup>	1,141.09±0.10 <sup>d</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับท้ายตัวเลขที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

### 3.3 ผลการตรวจวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาทางด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คคอลลีผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดง โดยใช้การทดสอบทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นดัชนีชี้วัดในการประเมิน โดยตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด จำนวน 7 ครั้ง คือ นำตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ทุก 3 วัน ในสัปดาห์ที่ 1 และทุก 2 วัน ในสัปดาห์ที่ 2 รวมเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นนำคะแนนความชอบและการยอมรับทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ผลการวิเคราะห์พบว่าคะแนนความชอบและการยอมรับทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้ง 7 ครั้ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 0 วัน มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเรื่องลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.33±0.57, 8.33±0.57, 8.67±0.57, 8.33 ±0.57, 8.00±1.00,

8.67±0.57 และ 8.33±0.57 ตามลำดับ และตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ มีคะแนนการยอมรับเรื่อง ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.00±0.00, 7.67±0.57, 7.67±0.57, 7.67±0.57, 7.67±0.57, 7.67±0.57 และ 7.67±0.57 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานมากกว่า 2 สัปดาห์

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มน้ำสับปะรดสปาร์คคอลลีผสมสารสกัดไหมข้าวโพดสีแดง โดยทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค จำนวน 41 คน พบว่า สูตรที่ถูกคัดเลือกเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำสับปะรดปรุงต่อสารสกัดน้ำไหมข้าวโพดสีแดง เท่ากับ 3:7 เมื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและอายุการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีแดงใส มีตะกอนเล็กน้อย มีกลิ่นหอมของสับปะรด มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 14 บริกซ์ มีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.44±0.02 และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก เท่ากับ 0.61±0.03 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 2 สัปดาห์ ขึ้นไป โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์



รา และโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และในการทดสอบปัจจัยทางเคมี พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่มีผลทำให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง แต่มีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง

ในการคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มน้ำสับปรดสปาร์ค กลิ่นผสมสารสกัดจากโสมข้าวโพดสีแดง ใช้อาสาสมัครผู้ทดสอบชิมทั้งหมด จำนวน 41 คน โดยเป็นเพศชาย จำนวน 18 คน และเพศหญิง จำนวน 23 คน มีอายุระหว่าง 17-29 ปี ซึ่งจัดอยู่ในช่วงวัยรุ่นถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น มีความพึงพอใจต่อเครื่องดื่มน้ำสับปรดสปาร์คกลิ่นผสมสารสกัดจากโสมข้าวโพดสีแดงสูตรที่ 2 ที่มีการผสมสารสกัดโสมข้าวโพดสีแดงในอัตราส่วน 3:7 มากที่สุด โดยพบว่าความพึงพอใจต่อลักษณะของตัวอย่างในด้านต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความซ่า ความรู้สึกหลังกลืน รวมทั้งความชอบโดยรวมในแต่ละสูตรมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์คะแนนพบว่า มีความแตกต่างกัน โดยสูตรที่ 2 มีความพึงพอใจในลักษณะของตัวอย่างทุกลักษณะอยู่ในระดับมาก ขณะที่สูตรที่ 1 มีความพึงพอใจต่อลักษณะของกลิ่น ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง และสูตรที่ 3 มีความพึงพอใจต่อลักษณะของกลิ่นอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นสูตรที่ 2 จึงเป็นสูตรที่นำมาทำการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาอายุเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำสับปรดสปาร์คกลิ่นผสมสารสกัดจากโสมข้าวโพดสีแดงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระนาน 2 สัปดาห์ พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอธิบายได้จากเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลงจากวันที่ 0 แต่เพิ่มขึ้นในวันที่ 8 ลดลงอีกในวันที่ 10 เพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 12 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอายุการเก็บรักษาจึงไม่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ แม้จะเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาจนถึง 2 สัปดาห์ อาจเกิดเนื่องจากขั้นตอนการบรรจุซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการตรวจผสมในแต่ละขวด ซึ่งจากผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของพิสมัย และคณะ [20] ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

ในน้ำมะขามป้อม พบว่าน้ำมะขามป้อมบรรจุขวดแก้วพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีความคงตัว และไม่เสื่อมสลายในอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ วิฟัสย์ และคณะ [21] พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำบลูเบอร์รี่มีผลทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินลดลง ซึ่งการเก็บน้ำบลูเบอร์รี่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ให้ผลที่ดีกว่าการเก็บที่ 10 องศาเซลเซียส และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 15 และ 45 องศาบริกซ์ ตามลำดับ

ในส่วนของอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินมีปริมาณลดลงจากวันที่ 0 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cabrita และคณะ [22] พบว่าการเสื่อมของแอนโทไซยานินในสารละลายแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่เวลา 1, 2, 5, 8, 15 และ 60 วัน สุภาพ [23] ทำการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของโยเกิร์ตที่เสริมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0, 7, 17 และ 21 โดยมีค่าเป็น 8.94, 7.10, 6.19 และ 5.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าความคงตัวของแอนโทไซยานินในน้ำผลไม้ที่มีองค์ประกอบของแบลคแครอตขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ชนิดของน้ำผลไม้ ความเข้มข้นของน้ำผลไม้ และค่าพีเอช [24, 25] นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ชนิดของของแอนโทไซยานิน ชนิดของน้ำตาล และแสง [26, 27] เป็นต้น

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยทางชีวภาพ พบว่าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด  $1 \times 10^3 - 2.5 \times 10^3$  CFU ต่อ มิลลิกรัม ไม่พบยีสต์ รา และไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์



ที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 126/2557 น้ำสับปรด ที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ยีสต์และเชื้อราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร โคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ดังนั้นผลจากระดับอุณหภูมิที่ใช้ (80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที) ในการฆ่าเชื้อที่ระดับพาสเจอร์ไรส์สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ [28] ทำให้เครื่องต้มน้ำสับปรด สปาร์คกึ่งผสมสารสกัดจากไหมข้าวโพดสีแดงมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์

อย่างไรก็ตามสามารถปรับเปลี่ยนจากวิธีการเติม โซดาเป็นการอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อความซ่าที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งควรทำการศึกษาเรื่องอายุการเก็บรักษาใน อุณหภูมิห้องและระยะเวลาเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นเพื่อง่าย ต่อการเก็บรักษาและขนส่ง นอกจากนี้เพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ควรมีการศึกษาเรื่องต้นทุน การผลิตที่ครอบคลุมการใช้จ่ายโดยรวม และการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคในตัวอย่างประชากรเพิ่มมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัย เพื่อพัฒนานักวิจัย สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 สัญญาเลขที่ RDI-3-61-03 และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สำหรับ สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

1. Rahman NA, Wan Rosli WI. Nutritional compositions and antioxidative capacity of the silk obtained from immature and mature corn. *J King Saud Univ Sci* 2014;26:119-27.
2. Hasanudin K, Hashim P, Mustafa S. Corn silk (*Stigma maydis*) in healthcare: a phytochemical and pharmacological review. *Molecules* 2012;17:9697-9715.

3. Ramos EF, Gonzalez MML, Garcia AA. Effect of various extraction systems on the antioxidant activity kinetic and color of extracts from purple corn. *Vitae Columbia* 2012;19:41-8.
4. Lila MA. Anthocyanins and human health: an *in vitro* investigative approach. *J Biomed Biotechnol* 2004;5:306-13.
5. Shipp J, Abdel-Aal ESM. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. *Open Food Sci J* 2010;4:7-22.
6. สกฤตกานต์ สิมลา, อรุณทิพย์ เหมะธูลิน. ปริมาณ แอนโทไซยานินทั้งหมดใน 5 ชั้นส่วนของเชื้อพันธุกรรม ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. *แก่นเกษตร* 2559;44(2):315-20.
7. ยงยุทธ เสาวพฤกษ์. แนวโน้มอาหารและเครื่องดื่มเพื่อ สุขภาพ. ประชาชาติธุรกิจ [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.prachachat.net/columns/news-268743>
8. พุสดี สิริวัชรเมตตา. ตลาดเครื่องดื่มจ๊อบตา low sugar และ value added มาแรง. *Businesstoday* [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://businesstoday.co/corporate/30/12/2019/ตลาดเครื่องดื่ม/>
9. วรณายงพิศาลภพ. อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม. *วิจัยกรุงศรี* [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: [https://www.krungsri.com/bank/getmedia/77793dc9-0214-4a51-9dd1-cd16af17ebcd/IO\\_Beverage\\_190503\\_TH\\_EX.aspx](https://www.krungsri.com/bank/getmedia/77793dc9-0214-4a51-9dd1-cd16af17ebcd/IO_Beverage_190503_TH_EX.aspx)
10. สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. แนวโน้ม ของตลาดอาหารและเครื่องดื่มของไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.facebook.com/TPSO.MOC/posts/2412121535768795/>



11. กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, ปรัชญา แพนงคล, ฉนวนนท์ แดงสว่าง, เชม อภิภัทรโรดม, นฤศร มังกรศิลา, ศศิธร ป้อมเชียงพิณ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผล สับปะรดเพื่อส่งเสริมรายได้สำหรับนักศึกษา มัธยมศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2558.
12. นีรดา ทองโรจน์, อภิรักษ์ เพียร, ตรี อินทรารัตน์ เวียร์ยันโตโร. ผลของวิธีการให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อคุณภาพของน้ำล้นจืดอัดแก๊ส. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิต ศึกษา ครั้งที่ 15 วันที่ 28 มีนาคม 2557. มหาวิทยาลัย ขอนแก่น. ขอนแก่น; 2557. หน้า 907-15.
13. AOAC. Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists; 2000.
14. BAM. Bacteriological Analytical Manual - Chapter 3: Aerobic Plate Count. [Internet]. 2001 [cited 2020 June 18]. Available from: <http://www.fda.gov.com>
15. BAM. Bacteriological Analytical Manual - Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. [Internet]. 2002 [cited 2020 June 18]. Available from: <http://www.fda.gov.com>
16. Srisayam M, Chantawannakul P. Antimicrobial and antioxidant properties of Thai honeys produced by *Apis mellifera* in Thailand. JAAS 2010;2(2):77-83.
17. Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. J AOAC Int 2005;88:1269-78.
18. กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
19. กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for windows. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2542.
20. พิศมัย ศรีซาเยช, นคร เหลืองประเสริฐ, นิพัฒน์ ลิ้มสงวน, มาลา ศิรทรัพย์ไพสิฐ. ผลของกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาต่อปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในน้ำ มะขามป้อม. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนา ผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
21. วรวิทย์ อารีกุล, สิริพรรณ กิตตวรพัฒน์, กชรัตน์ วงศ์ณรัตน์. ผลของอุณหภูมิแช่เย็นต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำบลูเบอร์รี่และบลูเบอร์รี่เข้มข้น. ใน: เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2553. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2553. หน้า 1-7.
22. Cabrita L, Fossen T, Andersen OM. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. Food Chem 2000;68:101-7.
23. สุภาพ นนทะสันต์. การประยุกต์ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ จากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัย มหาสารคาม 2556;doi:10.14456/jscitech. 2013.180:627-36.



24. Kirca A, Ozkan M, Cemeroglu B. Effect of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chem* 2007;101:212-8.
25. Kirca A, Cemeroglu B. Degradation kinetics of anthocyanins in blood orange juice and concentrate. *Food Chem* 2006;81:583-7.
26. Rubinskiene M, Viskelis P, Jasutiene I, Viskeliene R, Bobinas C. Impact of various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins. *Food Res Int* 2005;38:867-71.
27. Bakowska A, Kucharska AZ, Oszmianski J. The effects of heating, UV irradiation and storage on stability of the anthocyan in polyphenol copigment complex. *Food Chem* 2003;81:349-55.
28. จิรพร สวัสดิการ, สาวิณี แก้วเกต. การพัฒนาเครื่องตีผสมไพรงามเสริมคอลลาเจน. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 18-19 มิถุนายน 2558. วิทยาลัยนครราชสีมา. นครราชสีมา; 2558. หน้า 97-100.



# ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ และคุณภาพน้ำผิวดินในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในจังหวัดฉะเชิงเทรา

## Diversity of macro invertebrates and surface water quality in rice field adjacent to waste disposal site at Chachoengsao province

สุชาดา ยางเอน<sup>1\*</sup> สันติ แสงเลิศไสว<sup>2</sup> ปิยะ ดวงพัตรา<sup>1</sup> และ พูนศักดิ์ ไม้โกศทรัพย์<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

<sup>2</sup> ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

<sup>3</sup> ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Suchada Yang-En<sup>1\*</sup>, Santi Sanglestsawai<sup>2</sup>, Piya Duangpatra<sup>1</sup> and Poonsak Miphokasap<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Division of Land Use and Sustainable Natural Resources Management Program, Interdisciplinary Graduate Program, Kasetsart University, Bangkok 10900

<sup>2</sup> Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok 10900

<sup>3</sup> Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Kasetsart University, Bangkok 10900

Received: 22 May 2020/ Revised: 24 June 2020/ Accepted: 26 June 2020

### บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำผิวดินในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา พบสัตว์ใน Phylum Arthropoda จำนวน 5 อันดับ 15 วงศ์ โดย Order Ephemeroptera พบมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 43.05 โดยพบจำนวนวงศ์ของสัตว์ (families) มากขึ้นเมื่อระยะทางห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมากขึ้น เมื่อคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity index) ของตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ที่พบบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 มีค่าเท่ากับ 1.66, 1.09, 1.49, 1.49, 1.88, 2.06 และ 1.96 ตามลำดับ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยกับความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p$ -value = 0.057) โดยคะแนนเฉลี่ย (average score per taxa) มีค่าอยู่ในช่วง 4.33-4.80 แสดงให้เห็นว่าน้ำในนาข้าวมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงค่อนข้างสกปรก และเมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร พบว่าน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนค่าบีโอดีและแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าสูงเกินมาตรฐาน ซึ่งน่าจะเกิดจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์

**คำสำคัญ:** ความหลากหลาย สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ คุณภาพน้ำผิวดิน

**Corresponding author:** suchadayangen59@gmail.com



## Abstract

The study on the diversity of the fresh water macro invertebrates and surface water quality in rice field that located adjacent to the waste disposal site in Bang Nam Priao district, Chachoengsao province found that 5 Orders and 15 Families of Arthropoda Phylum of which the Order Ephemeroptera had the highest number (43.05%). This number of fresh water macro invertebrate families tends to increase as the distance away from the waste disposal site. The diversity index values of were 1.66, 1.09, 1.49, 1.49, 1.88, 2.06 and 1.96 respectively. In study relationship between the distance from the waste disposal site and the diversity of macro invertebrates, it was found that there was no statistical relationship at the 95% confidence level ( $p$ -value = 0.057). The Average Score per Taxa was in the range of 4.33-4.80. This finding revealed the quality of surface water was medium to rather dirty. Considering the physical and chemical qualities of water as compared to water quality standard for National Environmental Committee Announcement No. 8 (1994), the type 3 water source is used for agriculture. It was found that dissolved oxygen was lower than that of the standard water quality, whereas the Biochemical oxygen demand and ammonia-nitrogen values of were found to exceed the standard water quality, which was likely due to the contamination of organic substances.

**Keywords:** Diversity, Macro invertebrates, Surface water quality

## บทนำ

ข้าวจัดเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ โดยทั่วโลกมีการปลูกข้าวมากถึงร้อยละ 23 ของพื้นที่ปลูกธัญพืชทั้งหมด [1] ทั้งนี้ประเทศไทยมีการปลูกข้าวกระจายอยู่เกือบทุกภาคของประเทศ รวมทั้งจังหวัดฉะเชิงเทราตามข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2560 ที่สำรวจในเดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบว่ามีการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกข้าวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 39.67 ของพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของจังหวัด [2] ซึ่งปัญหาการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย จัดเป็นปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อเกษตรกร เนื่องจากการย่อยสลายของขยะมูลฝอยที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์และสารมลพิษต่าง ๆ เกิดเป็นน้ำชะขยะมูลฝอยแล้วไหลลงสู่พื้นที่นาข้าวซึ่งอยู่ในระดับพื้นที่ต่ำกว่า ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารมลพิษเข้าสู่ระบบ

นิเวศนาข้าวและห่วงโซ่อาหาร [3] จากการศึกษาของวาสนา และวิจิตรา [4] พบว่าในดิน น้ำ และต้นข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาข้าวที่ตั้งอยู่ใกล้สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยในตำบลวังน้ำคู้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบการปนเปื้อนของโลหะหนักหลายชนิดและบางชนิดมีปริมาณสูง เช่น การตรวจพบแคดเมียมในน้ำเกินมาตรฐาน ทั้งนี้การปนเปื้อนของสารมลพิษบางชนิดสามารถเคลื่อนย้ายและสะสมในสิ่งมีชีวิตจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้ [5] การติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย นอกจากจะใช้วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี ยังมีการใช้ดัชนีทางชีวภาพ เช่น การศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายในหลายประเทศเนื่องจากมีความแม่นยำ และไวต่อการตรวจสอบสารมลพิษ [6] โดยสัตว์ไม่มีกระดูก

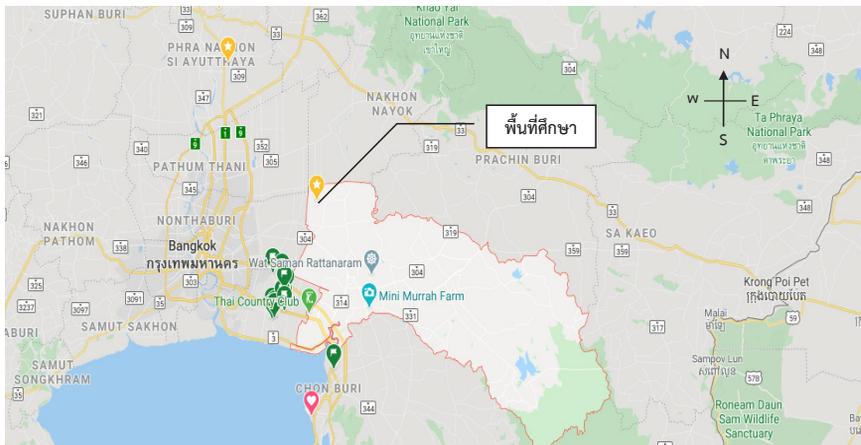


สันหลังหน้าดินจะสามารถเคลื่อนที่ได้น้อย จึงมีความไวต่อการถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อม สามารถบ่งบอกผลกระทบจากสารมลพิษในน้ำได้โดยตรง [7] การศึกษาความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ร่วมกับคุณภาพน้ำในนาข้าวที่ตั้งอยู่ใกล้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงสามารถประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมในนาข้าวได้ดี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในดินกับระยะทางที่ห่างจากบ่อฝังกลบขยะมูลฝอย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการการปนเปื้อนของสารมลพิษในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม [4] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะทางที่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยกับความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ เพื่อเป็นข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ในการจัดการนาข้าวของเกษตรกรต่อไป

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**1. พื้นที่ศึกษาและช่วงระยะเวลาศึกษา**

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนแบบไม่มีคันดินหรือกำแพงกั้นในพื้นที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา พิกัดละติจูด (latitude) เท่ากับ 13.922163 และลองจิจูด (longitude) เท่ากับ 100.944230 สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มขนาดพื้นที่ประมาณ 9.22 ไร่ มีการปลูกข้าวนาปีแบบนาหว่านน้ำตม โดยใช้น้ำจากคลองชลประทานเป็นหลัก พันธุ์ข้าวที่ปลูกเป็นข้าวเจ้าพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน ช่วงเวลาในการศึกษาอยู่ในช่วงฤดูฝน โดยเก็บตัวอย่างในระยะที่ข้าวออกช่อดอกอ่อน ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562

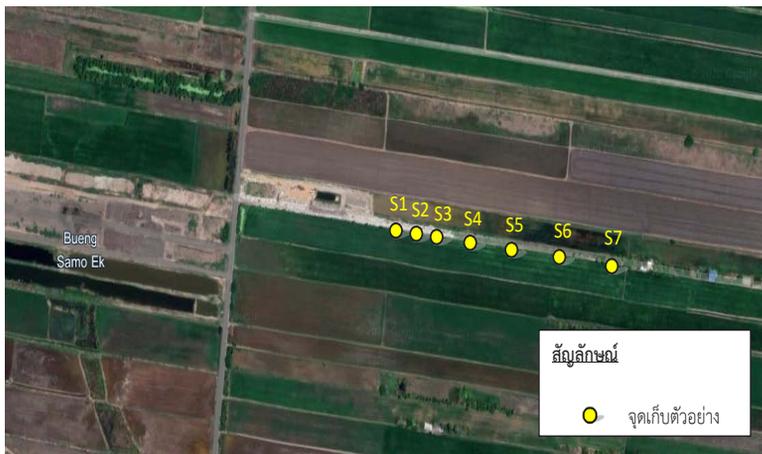


ภาพที่ 1 พิกัดตำแหน่งพื้นที่ศึกษา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

**2. การรวบรวมข้อมูล**

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 7 จุด คือ จุดที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะอยู่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยเป็นระยะทาง 0, 50, 100,

200, 300, 400 และ 500 เมตร ตามลำดับ และแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะเก็บทั้งตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและน้ำผิวดิน วันที่เก็บตัวอย่าง 23 กรกฎาคม 2562 เวลา 10.00-16.00 น.



ภาพที่ 2 ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและน้ำผิวดิน

วิธีการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน อ้างอิงตามวิธีของ Mustow [8] กล่าวคือ ใช้สวิงตาข่ายขนาด 450 ไมโครเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่บนพื้นดินในนาข้าวที่ศึกษา จำนวน 7 จุด และเทสัตว์ที่จับได้ลงในภาตพลาสติก คัดแยกเศษใบไม้ และดินออกเพื่อนับจำนวนและบันทึกผล จากนั้นใส่ตัวอย่างลงในขวดน้ำยาฟอร์มาลิน ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเก็บรักษาตัวอย่างก่อนนำตัวอย่างไปจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ

ส่วนตัวอย่างน้ำผิวดินในนาข้าวเก็บโดยการจ้วงตักจำนวน 7 จุด และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง (pH) อุณหภูมิ (temperature) การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ความขุ่น (turbidity) ความโปร่งแสง (transparency) ของแข็งละลายน้ำ (total dissolved solid) ของแข็งแขวนลอย (total suspended solids) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) แอมโมเนีย (ammonia nitrogen) ไนเตรต (nitrate nitrogen) ฟอสเฟต (phosphate) สารหนู (arsenic) แคดเมียม (cadmium) และตะกั่ว (lead) โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน [9] และเลือกใช้วิธีการตามที่กำหนดไว้ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) [10]

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การสำรวจชนิดพันธุ์และจำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ จะนำไปหาค่าความหนาแน่น และดัชนีความหลากหลาย (diversity index,  $H$ ) ตามวิธีของ Shannon-Wiener [11] จากสูตร  $H = -\sum_{i=1}^S (p_i) (\ln p_i)$  และพิจารณาความสัมพันธ์ของระยะทางที่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยกับความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ โดยใช้การหาค่าสหสัมพันธ์ Pearson's Correlation Analysis รวมทั้ง หาค่า Bio Monitoring Working Party Score (BMWP) โดยนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมาจำแนกคะแนนตาม Biotic Index of Thailand Freshwater Invertebrates ของ Mustow [8] รวมคะแนนของสัตว์แต่ละวงศ์ จากนั้นนับจำนวนวงศ์ของสัตว์ที่พบและสามารถให้คะแนนได้มาหารคะแนนรวมของสัตว์แต่ละวงศ์ที่คำนวณได้ก่อนหน้า ค่าที่ได้จะเป็นคะแนนเฉลี่ย Average Score Per Taxa (ASPT) ซึ่งสามารถบ่งบอกคุณภาพน้ำตามกลุ่มสัตว์ที่พบ นำค่าคะแนนเฉลี่ย ASPT มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ทำให้อาจประเมินคุณภาพน้ำผิวดินทางชีวภาพได้ [7] และผลการสำรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีจะนำมาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีกับเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) [10]



**ผลการวิจัย**

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ตั้งอยู่ติดกับนาข้าวที่ศึกษามีขนาดประมาณ 22 ไร่ เปิดดำเนินการมาแล้ว 25 ปี ขยะมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นขยะที่รวบรวมจากแหล่งชุมชนและบ้านเรือน โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยใหม่ที่รวบรวมได้ประมาณ วันละ 3 ตัน และปริมาณขยะมูลฝอยตกค้าง 96 ตัน

รูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยภายในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยเป็นแบบเทกองที่มีการควบคุม (controlled dump) [12] มีบ่อรองรับน้ำเสียที่มีน้ำชะขยะมูลฝอย (leachate) ที่มีสีดำ โดยสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำชะขยะมูลฝอยจากบ่อรองรับน้ำเสียภายในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย แสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** สมบัติของน้ำชะขยะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	13,000
Chemical Oxygen Demand (COD)	16,960
Ammonia	372.40
Nitrate	25.30
Phosphate	10.20
Arsenic	0.007
Cadmium	0.026
Lead	0.013

ผลการสำรวจสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน มีรายละเอียดดังนี้

**1. ชนิดพันธุ์และความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน**

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษาเป็นสัตว์ใน Phylum Arthropoda ประกอบด้วยสัตว์ใน Class Malacostaca และ Insecta รวม 5 อันดับ (order) 15 วงศ์ (family) ความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 มีค่าเท่ากับ 125, 231, 98, 214, 64, 115 และ 117 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 137.71 ตัวต่อ

ตารางเมตร โดยสัตว์ในวงศ์ที่สำรวจพบมากที่สุด ได้แก่ สัตว์ใน Family Baetidae หรือตัวอ่อนแมลงซีปะขาวเข็ม จำนวน 415 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมา คือ Family Corixidae หรือมวนวน พบจำนวน 167 ตัวต่อตารางเมตร และ Family Chironomidae หรือหนอนริ้นน้ำจืดแดง พบจำนวน 149 ตัวต่อตารางเมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจำนวนวงศ์ (families) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จะเห็นว่าโดยภาพรวมจำนวนวงศ์ (families) มีทิศทางมากขึ้นเมื่อระยะทางห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมากขึ้น รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2



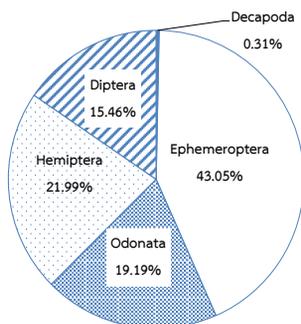
**ตารางที่ 2** ชนิด ความหนาแน่น และจำนวนวงศ์ (families) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

ชนิดสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	จุดเก็บตัวอย่างที่						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Phylum Arthropoda</b>							
<b>Class Malacostaca</b>							
Order Decapoda							
Family Parathelphusidae							
<i>Esantheiphusa</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0
Family Palaemonidae							
<i>Macrobrachium</i> sp.	0	0	0	2	0	0	0
<b>Class Insecta</b>							
Order Ephemeroptera							
Family Baetidae	33	159	28	126	12	25	32
Order Odonata							
Family Coenagrionidae	0	0	0	5	0	3	0
Family Corduliidae	3	4	3	6	2	4	2
Family Libellulidae	18	8	4	11	9	12	17
Family Protoneuridae	17	8	11	18	6	9	5
Order Hemiptera							
Family Belostomatidae	0	0	0	2	0	2	4
Family Corixidae	36	25	14	29	15	21	27
Family Dytiscidae	0	0	0	2	0	2	3
Family Gerridae	0	0	0	1	0	3	2
Family Hydrophilidae	1	3	0	2	3	3	3
Family Nepidae	0	0	0	0	0	0	1
Family Notonectidae	0	0	0	0	3	3	2
Order Diptera							
Family Chironomidae	17	24	38	9	14	28	19
<b>ความหนาแน่น (ตัวต่อตารางเมตร)</b>	<b>125</b>	<b>231</b>	<b>98</b>	<b>214</b>	<b>64</b>	<b>115</b>	
<b>จำนวนวงศ์ (วงศ์)</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>



เมื่อพิจารณาจำนวนเป็นร้อยละของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละอันดับ (order) ส่วนใหญ่พบสัตว์ในอันดับ Ephemeroptera หรือ กลุ่มของตัวอ่อนชีปะขาวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.05 รองลงมา คือ

Hemiptera, Odonata, Diptera และ Decapoda คิดเป็นร้อยละ 21.99, 19.19, 15.46 และ 0.31 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงดัง ภาพที่ 3



ภาพที่ 3 จำนวนเป็นร้อยละของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในนาข้าวโดยจำแนกตามอันดับ (order)

## 2. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ที่พบบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 มีค่าเท่ากับ 1.66, 1.09, 1.49, 1.49, 1.88, 2.06 และ 1.96 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยกับความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ( $p$ -value = 0.057)

## 3. คุณภาพน้ำผิวดินทางชีวภาพในนาข้าว

ผลการสำรวจสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยการคำนวณคะแนนของดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (Bio monitoring working party; BMWP) ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 พบว่ามีค่าเท่ากับ 26, 26, 26, 48, 31, 42 และ 41 และเมื่อนำมาคำนวณค่าคะแนนเฉลี่ย (Average score per taxa, ASPT) แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำ ASPT พบว่าค่าคะแนน ASPT ของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 มีค่าเท่ากับ 4.33, 4.33, 4.33, 4.8, 4.43, 4.67 และ 4.56 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าคะแนน BMWP และ ASPT ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

ค่าดัชนีทางชีวภาพ	จุดเก็บตัวอย่างที่						
	1	2	3	4	5	6	7
BMWP	26	26	26	48	31	42	41
ASPT	4.33	4.33	4.33	4.80	4.43	4.67	4.56

เมื่อพิจารณาค่า ASPT เปรียบเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของ Mustow [8] ข้อมูลผลการสำรวจแสดงว่าน้ำผิวดินในนาข้าวมีคุณภาพน้ำในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสกปรก

## 4. คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมีในนาข้าวที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีจำนวน 16 พารามิเตอร์ พบว่ามีค่าพีเอช 3.44-6.09 อุณหภูมิ 30.6-33.4 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้า 0.93-5.05



มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ความขุ่น 5.34-214 เอ็นทียู ความโปร่งแสงของน้ำ 2.0-5.5 เซนติเมตร ปริมาณของแข็งละลายน้ำ 582-4,037.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย 22-296 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกซิเจนละลายน้ำ 0.76-2.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดี 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดี

38-131 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.68-5.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 1.19-6.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสเฟตมีค่าน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรทุกจุดที่เก็บตัวอย่าง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำในนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

พารามิเตอร์	หน่วย	จุดเก็บตัวอย่างที่							เกณฑ์มาตรฐาน
		1	2	3	4	5	6	7	
pH	-	5.68	4.49	3.84	3.64	3.59	3.44	6.09	5.00-9.00
Temperature	( <sup>o</sup> C)	32.5	32.8	33.1	30.6	32.7	32.4	33.4	-
Electrical Conductivity	(ms/cm)	5.05	4.17	3.26	2.34	1.96	1.45	0.93	-
Turbidity	(NTU)	214	139	9.30	83.1	175	81.2	5.34	-
Transparency	(cm)	4.50	4.40	5.00	4.60	2.00	4.50	5.50	-
Total Dissolved Solid	(mg/L)	4,037	2,785	2,634	1,555	1,317	938	582	-
Total Suspended Solids	(mg/L)	296	192	60.0	134	70.0	116	22.0	-
Dissolved Oxygen	(mg/L)	1.55	1.78	2.06	0.76	0.55	1.35	1.98	>4.00
Biochemical Oxygen Demand	(mg/L)	3.00	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00	1.00	<2.00
Chemical Oxygen Demand	(mg/L)	83.0	77.0	83.0	38.0	115	131	70.0	-
Ammonia	(mg/L)	1.68	3.92	3.36	2.24	3.36	4.48	5.60	<0.50
Nitrate	(mg/L)	6.26	2.38	2.27	2.26	3.02	2.51	1.19	<5.00
Phosphate	(mg/L)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	-
Arsenic	(mg/L)	0.002	<0.005	0.006	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.01
Cadmium	(mg/L)	0.003	0.002	0.002	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.005
Lead	(mg/L)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.05

#### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในระบบนิเวศนาข้าวที่ตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา พบสัตว์ใน Phylum Arthropoda ประกอบด้วย Class Malacostaca และ Insecta จำนวน 5 อันดับ 15 วงศ์ ที่พบมากที่สุดอยู่ใน Family Baetidae หรือ ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเข้มี จำนวน

415 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นสัตว์ที่มีหางและรูปร่างเรียวยาวสามารถว่ายน้ำหนีมลภาวะได้ รองลงมา คือ Family Corixidae หรือมวนวน จำนวน 167 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นแมลงน้ำที่มีขาหลังแบบแผงสามารถว่ายน้ำได้ และ Family Chironomidae หรือหนอนริ้นน้ำจืดแดง จำนวน 149 ตัวต่อตารางเมตร เป็นสัตว์ที่กินซากพืชและสัตว์เป็นอาหาร สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนน้อยได้ดี [7] ทั้งนี้



ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในนาข้าวจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยพบได้ทั้งตัวอ่อนของแมลงและหนอนชนิดต่าง ๆ อาศัยอยู่ในดินและผิวหน้าของดิน [13] โดยนาข้าวจะยังพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินชนิดที่เป็นแมลงน้ำได้หลายชนิดแม้น้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแดงอ่อน [14] ที่สำรวจพบว่าในบางช่วงเวลาที่นาข้าวมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในนา (DO) ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังพบความหลากหลายของแมลงน้ำ เนื่องจากตัวอ่อนของแมลงจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมารับออกซิเจนบนผิวน้ำได้โดยตรง และสามารถที่จะพักตัวตามผิวน้ำและต้นพืชได้

ความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 มีค่าเท่ากับ 125, 231, 98, 214, 64, 115 และ 117 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ และค่าดัชนีความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 1.66, 1.09, 1.49, 1.49, 1.88, 2.06 และ 1.96 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยกับความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากขนาดของพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดเล็ก หากมีการปนเปื้อนของน้ำชะขยะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อาจทำให้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความหลากหลายเมื่อระยะทางห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมากขึ้น อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าจำนวนวงศ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีทิศทางเพิ่มมากขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ Ali และคณะ [15] ได้มีการสำรวจความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ผักที่ปลูกในพื้นที่บริเวณกองขยะมูลฝอยพบว่าผักจะมีชนิดพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้น้อยกว่าพื้นที่ควบคุมที่ห่างออกไป

การสำรวจสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเมื่อนำมาคำนวณคะแนนของดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (BMWP) ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-7 พบว่ามีค่าเท่ากับ 26, 26, 26, 48, 31, 42 และ 41 ตามลำดับ และค่า

คำนวณคะแนน ASPT ของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 7 จุด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.33-4.80 คิดเป็นค่าเฉลี่ยของทุกจุดเก็บตัวอย่างเท่ากับ 4.49 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนเฉลี่ย ASPT กับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [7] แสดงว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสกปรก คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมีในนาข้าว พบว่ามีค่าพีเอชดังนี้ ค่าพีเอช 3.44-6.09 อุณหภูมิ 30.6-33.4 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้า 0.93-5.05 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ความขุ่น 5.34-214 เอ็นทียู ความโปร่งแสงของน้ำ 2.0-5.5 เซนติเมตร ปริมาณของแข็งละลายน้ำ 582-4,037.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย 22-296 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกซิเจนละลายน้ำ 0.76-2.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดี 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดี 38-131 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.68-5.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 1.19-6.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสเฟตน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรทุกจุดเก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำใช้เพื่อการเกษตร ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ [10] พบว่าค่าพีเอชของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน อาจเนื่องมาจากน้ำจากแหล่งน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกข้าวมีความเป็นกรดเล็กน้อย และพบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานในทุกจุดที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจากระดับออกซิเจนของน้ำในนาข้าวเกิดจากการสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศ ซึ่งในช่วงที่เก็บตัวอย่างน้ำค่อนข้างนิ่ง และยังเป็นระยะเวลานาน ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่แพร่จากอากาศละลายลงสู่น้ำได้น้อย ประกอบกับความกว้างของทรงพุ่มของต้นข้าวมีการบังแสง ทำให้สิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์แสงได้ในน้ำ สังเคราะห์แสงได้น้อยลง ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำได้ [13]

อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่พบว่ามีปริมาณสูงเกินมาตรฐานทุกจุดเก็บตัวอย่างอาจเนื่องมาจากช่วงที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงข้าวแตกช่อดอกอ่อน ซึ่งเป็นระยะการเติบโตที่มีความต้องการธาตุไนโตรเจนสูงเพื่อ



การเจริญเติบโตของดอกและจำนวนดอกข้าว ทำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจำนวนมาก [1] นอกจากนี้พบว่าค่าความสกปรกในรูปบีโอดีส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐาน และสูงกว่านาข้าวที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย 500 เมตร แต่ระหว่างนาข้าวกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมีกำแพงและคันดินกัน ซึ่งมีค่าบีโอดีในน้ำเท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นนาข้าวที่ศึกษาจึงอาจมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์จากน้ำขยะมูลฝอยที่ไหลลงจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยลงสู่แม่น้ำ ซึ่งตั้งอยู่ติดกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและไม่มีคันดินหรือกำแพงกันระหว่างสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยกับนาข้าวได้ ซึ่งเคยมีการศึกษาของ Rusu และคณะ [16] ที่พบว่าคุณภาพของน้ำที่อยู่ใกล้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่มีการควบคุมการปนเปื้อนของน้ำขยะมูลฝอยอย่างถูกต้องจะมีผลทำให้คุณภาพน้ำมีค่าซีโอดี (COD) สูงกว่าปกติเนื่องจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์จากน้ำขยะที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง

ทั้งนี้ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ สารหนู แคดเมียม และตะกั่ว พบว่ามีการปนเปื้อนทุกจุดเก็บตัวอย่างแต่มีค่าไม่เกินมาตรฐานทุกจุด อย่างไรก็ตามแคดเมียมซึ่งจัดเป็นโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หากปนเปื้อนในน้ำสูงจะเกิดการสะสมในสัตว์ เช่น ปลา หรือเคลื่อนย้ายจากน้ำไปสะสมในดินเมื่อพืชดูดซึมน้ำจะเกิดการสะสมในเมล็ดพืช โดยเฉพาะข้าวเมื่อมนุษย์บริโภคจะเกิดการสะสมในอวัยวะต่าง ๆ จนอาจเกิดโรคในอนาคตได้ [5] ซึ่งแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่พบได้ในพื้นที่ที่อยู่ใกล้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย เช่น จากการศึกษาของวาสนา และวิจิตร [4] พบว่านาข้าวที่ตั้งอยู่ใกล้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในพื้นที่ตำบลวังน้ำคู้ จังหวัดพิษณุโลกมีการตรวจพบโลหะหนักหลายชนิด โดยเฉพาะแคดเมียมพบการปนเปื้อนทั้งในดิน น้ำ และข้าว โดยพบการปนเปื้อนในน้ำและข้าวที่เกินมาตรฐานหลายจุดเก็บตัวอย่าง โดยปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำจะแปรผันตามระยะทางจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ที่พบการปนเปื้อนของแคดเมียมน้อยลงเมื่อระยะทางห่างจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมากขึ้น ดังนั้นการพบการปนเปื้อนของ

แคดเมียมในน้ำ จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสะสมของแคดเมียมในตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เช่น ข้าว และสัตว์ เพื่อเป็นการเฝ้าระวังการสะสมของโลหะหนักอันตรายในสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มการศึกษาปัจจัยด้านทิศทางการไหลของน้ำเพื่อเป็นข้อมูลในการอธิบายการแพร่กระจายของน้ำขยะมูลฝอย และควรมีการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในข้าว และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ศึกษาเพื่อเป็นการเฝ้าระวังอันตรายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม และครอบคลุมองค์ประกอบของระบบนิเวศในนาข้าว

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของผู้ใหญ่บ้าน เกษตรกร และผู้บริหารสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ช่วยเหลือและอนุญาตให้เก็บตัวอย่างในพื้นที่ได้ รวมทั้งขอขอบคุณมหาวิทยาลัยหัวเขี้ยวเฉลิมพระเกียรติที่สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. ยงยุทธ โอสดสภา. ดิน ธาตุอาหาร และปุ๋ยข้าว. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558.
2. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2560. เอกสารเผยแพร่ [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 15 ก.พ. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/Land%20Utilization2560.pdf>
3. อาณัติ ต๊ะปิ่นตา. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: บริษัท แอคทีฟ พรินท์ จำกัด; 2553.
4. วาสนา แนมบาง, วิจิตร งามเตจา. การแพร่กระจายโลหะหนักในพื้นที่นาข้าวรอบบึงกลบขยะชุมชนกรณีศึกษา ตำบลวังน้ำคู้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนเรศวร. กรุงเทพฯ; 2557.



5. อนามัย (ซีรวิโรจน์) เทศกะทีก. ความเป็นพิษในระบบนิเวศและสุขภาพมนุษย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2550.
6. อิศระ ธานี. การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินขนาดใหญ่เพื่อการติดตามตรวจสอบทางชีวภาพ. วารสารวิจัยมสศ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2557;7(1):125-37.
7. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการตรวจคุณภาพน้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน. กรุงเทพฯ: 2548.
8. Mustow SE. Biological monitoring of river in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. *Hydrobiologia* 2002;479:191-229.
9. APHA, AWWA, WPCF. Standard method for the examination of water and wastewater. 18<sup>th</sup> ed. Washington DC: American Public Health Association; 1992.
10. คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. ๒๕๓๗). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง (ลงวันที่ 20 มกราคม 2537).
11. Krebs CJ. *Ecological methodology*. Calif: Menlo Park; 1999.
12. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561. กรุงเทพฯ: 2562.
13. ศุภจิตา อ่ำทอง. ดินปลูกข้าวและการจัดการ. กรุงเทพฯ: 2558.
14. แต่งอ่อน พรหมมิ. ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในนาข้าว. วารสารวิจัยมสศ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555;5(1):35-46.
15. Ali SM, Pervaiz A, Afzal B, Hamid N, Yasmin A. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *J King Saud Univ Sci* 2014;26:59-65.
16. Rusu L, Suceveanu M, Suteu D, Favier L, Harja M. Assessment of groundwater and surface water contamination by landfill leachate: a case study in Neamt county, Romania. *Environ Eng Manag J* 2017;16(3):633-46.



ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ )  
และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล  
The quantitative relationships of particulate matter ( $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ )  
in each region and season

กฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์\* และ กุลธิดา บรรจงศิริ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

Kritsadatorn Suburairat\* and Kultida Bunjong Siri

School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

Received: 11 December 2019/ Revised: 20 June 2020/ Accepted: 24 June 2020

#### บทคัดย่อ

ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญอันดับหนึ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมือง ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดฝุ่นละอองทั้งสองขนาดในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานี ที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยช่วงฤดูแล้งจะมีปริมาณฝุ่นละอองมากกว่าช่วงฤดูฝน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กัน และช่วงฤดูแล้งมีระดับความสัมพันธ์สูงกว่าช่วงฤดูฝน โดยค่าสัดส่วนของ  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ จะมีค่าเท่ากับ 0.67, 0.65, 0.64, 0.59 และ 0.45 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละอองของแต่ละภูมิภาค พบว่าภาคใต้แตกต่างจากทุกภูมิภาค และภาคเหนือแตกต่างจากภาคตะวันออก จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละอองระหว่างฤดูกาล พบว่าฤดูแล้งและฤดูฝนมีสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างกัน โดยสัดส่วนฝุ่นละอองในฤดูแล้งภาคใต้มีค่าสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ขณะที่ฤดูฝนมีเพียงภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสัดส่วนฝุ่นละอองไม่แตกต่างกับภูมิภาคอื่น

**คำสำคัญ:** ความสัมพันธ์เชิงปริมาณ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ )



## Abstract

Particulate matter (PM) is the most air pollutant problem in urban areas. The objectives of this research were to determine the quantitative relationships of particles less than or equal to 10 microns ( $PM_{10}$ ) and 2.5 microns ( $PM_{2.5}$ ) in urban areas in all regions of Thailand. This research used secondary data from both types of particulate matter measurements during 2014–2018 from eight Air Quality Monitoring Stations of the Pollution Control Department (PCD), located in the Northern, North-eastern, Central, Eastern and Southern regions of Thailand. The results showed that the  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  concentrations were within the ambient air quality standard. The concentrations being higher in the dry season than in the rainy season. As a result of a relationship analysis, the concentrations of both  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  particles were interrelated. The relationship being higher during the dry season than during the rainy season. The  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ratios in the North, the Northeast, the East, the Central, and the South were 0.67, 0.65, 0.64, 0.59 and 0.45, respectively. Regarding regional  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ratios comparison, the ratio for the South was different from those for other regions; and the North's ratio was different from the East. As for seasonal  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ratios, they were different in the dry and rainy seasons. During the dry season, the ratio for the South was different from other regions, while the rainy season, only the ratio for the East was not different from those in other regions.

**Keywords:** Quantitative relationship,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$

## บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เมืองต่าง ๆ ที่มีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งจากการคมนาคมขนส่ง การก่อสร้าง โรงงานอุตสาหกรรม การเผาในที่โล่งแจ้ง เป็นต้น ซึ่งจากการรายงานสภาพปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยโดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา พบว่าฝุ่นละออง (particulate matter) เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญอันดับหนึ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมือง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจแล้วจะสามารถเข้าไปถึงทางเดินหายใจส่วนล่าง (lower respiratory tract) ได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาช่วงของ  $PM_{10}$  ลงมาพบว่าจะมีฝุ่นละอองขนาดเล็ก (fine particle) หรือ  $PM_{2.5}$  ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากสามารถเดินทางเข้าถึงชั้นถุงลมของ

ปอดได้ ดังนั้น  $PM_{2.5}$  จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นหยาบ (coarse particle) หรือฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า [1]

ปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) มีการติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ จำนวน 63 สถานี ครอบคลุมพื้นที่เมืองและพื้นที่ที่มีผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยรวม 33 จังหวัด โดยในการเฝ้าระวังผลกระทบด้านฝุ่นละอองนั้น กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ได้มีการตรวจวัด  $PM_{10}$  (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537) และ  $PM_{2.5}$  (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554) พบว่าบริเวณริมถนนและในพื้นที่ทั่วไปของกรุงเทพมหานคร และพื้นที่เมืองในต่างจังหวัดของแต่ละภูมิภาค ส่วนใหญ่พบว่าค่า  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  มีค่าสูงใกล้เคียงมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ และพบว่ามีค่ามาตรฐานในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวที่มักจะเกิดปรากฏการณ์สภาพอากาศนิ่งจากแนวความกดอากาศสูงปกคลุมประเทศไทย ทำให้ฝุ่นละอองในบรรยากาศเกิดสะสมตัว



อยู่ในพื้นที่จนมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ [2]

นอกจากการเฝ้าระวังผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อสุขภาพ โดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) แล้ว โดยทั่วไปก็จะมีการดำเนินการโดยโครงการหรือกิจการต่าง ๆ ของภาครัฐหรือเอกชนที่จะต้องทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศตามมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดไว้ในรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือรายงานด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งที่ผ่านมามาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ โดยส่วนใหญ่มีเพียงการกำหนดให้ตรวจวัด  $PM_{10}$  เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากปัจจุบันการตรวจวัด  $PM_{2.5}$  มีค่าใช้จ่ายประมาณ 10,000 บาทต่อวัน สูงกว่า  $PM_{10}$  ที่มีค่าใช้จ่ายประมาณ 1,500 บาทต่อวัน (ค่าใช้จ่ายดังกล่าวยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของบริษัทที่ให้บริการตรวจวัด) ซึ่งค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดอาจจะเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถตรวจวัด  $PM_{2.5}$  ได้ทั้งหมด

แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณและหาสัดส่วนของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดอยู่บ้างแล้ว แต่เป็นการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดระยะสั้นประมาณ 1 ปี ซึ่งการนำค่าสัดส่วนที่ศึกษาได้ดังกล่าวไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เช่น การนำไปใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (health impact assessment) เป็นต้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก การวิจัยในครั้งนี้จะทำการศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ซึ่งจะทำได้ค่าสัดส่วนของ  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละภูมิภาคในแต่ละฤดูกาล มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และนำไปใช้ประมาณค่าความเข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  ได้อย่างแม่นยำ เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ หรือวางแผนเฝ้าระวังผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กของหน่วยงานด้านสาธารณสุขหรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้มิได้พิจารณาปัจจัยแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง ลักษณะภูมิศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิภาค

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ที่มีกรมตรวจวัด  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ต่อเนื่องกัน ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 จำนวน 8 สถานี (ภาพที่ 1) เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาค ดังนี้ ภาคเหนือ จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ (สถานีโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (36T)) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น (สถานีส่วนอุทกวิทยา สำนักงานทรัพยากรน้ำภาคที่ 4 (46T)) ภาคตะวันออก จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดระยอง (สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง (30T)) ภาคกลาง จำนวน 4 สถานี ได้แก่ กรุงเทพมหานคร (สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา (61T) และสถานีการเคหะชุมชนดินแดง (ริมถนนดินแดง) (54T)) จังหวัดสมุทรสาคร (สถานี โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย (27T)) และจังหวัดราชบุรี (สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (26T)) และภาคใต้ จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดสงขลา (สถานีเทศบาลนครหาดใหญ่ (44T))

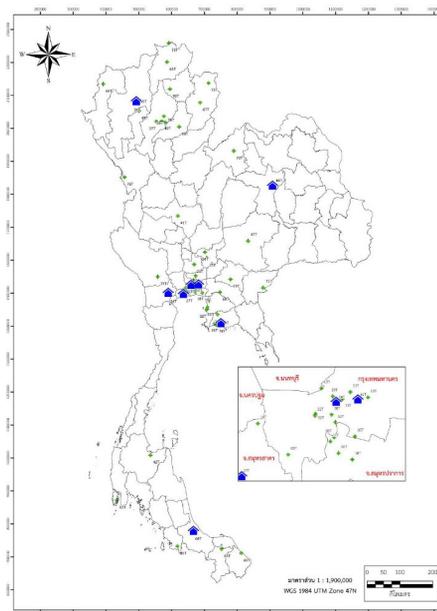
### 2. การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลผลการตรวจวัด  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ของแต่ละสถานี ที่กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ทำการตรวจวัดจะเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง ซึ่งจะต้องนำข้อมูลรายชั่วโมงดังกล่าวมาทำเป็นข้อมูลรายวัน (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป อย่างไรก็ตามข้อมูลผลการตรวจวัดรายวันที่นำไปทำการวิเคราะห์ จะใช้ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองของวันที่มีความสมบูรณ์ของข้อมูลผลการตรวจวัดมากกว่า 18 ชั่วโมง (ร้อยละ 75) และมีสัดส่วนของฝุ่นละอองน้อยกว่า 1 และนำมาจัดกลุ่ม ดังนี้ (1) ข้อมูลผลการตรวจวัดต่อเนื่อง 5 ปี (2) ข้อมูลผลการตรวจวัดรายปี (3) ข้อมูลผลการตรวจวัดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน และ (4) ข้อมูลผลการตรวจวัดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน รายปี สำหรับการแบ่งฤดูกาลของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง จะกำหนดให้ “ฤดูแล้ง” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม (รวมระยะเวลา 6 เดือน) และ “ฤดูฝน” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึง



กลางเดือนพฤศจิกายน (รวมระยะเวลา 6 เดือน) ส่วนภาคใต้ จะกำหนดให้ “ฤดูแล้ง” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนมกราคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม (รวมระยะเวลา 4 เดือน) และ “ฤดูฝน” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนมกราคม (รวมระยะเวลา 8 เดือน) ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะมีจำนวนข้อมูล (n) ของผลการตรวจวัด PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ของแต่ละ

สถานีในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 ที่ผ่านการเตรียมข้อมูลแล้ว ดังนี้ ภาคเหนือ มีจำนวนข้อมูล 1,590 ค่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวนข้อมูล 1,473 ค่า ภาคกลาง มีจำนวนข้อมูล 5,009ค่า ภาคตะวันออก มีจำนวนข้อมูล 1,473 ค่า และภาคใต้ มีจำนวนข้อมูล 1,158 ค่า



ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานีที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิภาค

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังจากที่ได้นำข้อมูลผลการตรวจวัด PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานี ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 มาเตรียมข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลผลการตรวจวัดดังกล่าวจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ (1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) และการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (simple regression analysis) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยดังกล่าวจะเป็นค่าสัดส่วน (Ratio) ของ PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> (2) เปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> ของแต่ละภูมิภาค ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (3) เปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> ของแต่ละ

ฤดูกาล (ฤดูฝนและฤดูแล้ง) ด้วยการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรไม่อิสระ (Paired Sample T-Test) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ (4) เปรียบเทียบความแตกต่างสัดส่วนของ PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของแต่ละภูมิภาค ด้วยการวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลการวิจัย

1. ข้อมูลปริมาณของ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ในบรรยากาศทั่วไป ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ที่เป็นตัวแทนในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) สรุปผลตรวจวัดดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณ  $PM_{10}$  ในบรรยากาศของภูมิภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2557-2561

ช่วงเวลา	ค่าต่ำสุด-สูงสุด เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.)		จำนวนวันที่มีค่าเกินมาตรฐานมากที่สุด (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
ปี 2557-2561	5.83 ภาคกลาง (27T)	322.50 ภาคใต้	4.24 ภาคกลาง (27T)
ฤดูแล้ง (2557-2561)	5.83 ภาคกลาง (27T)	295.96 ภาคเหนือ	8.26 ภาคกลาง (27T)
ฤดูฝน (2557-2561)	7.05 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	322.50 ภาคใต้	0.63 ภาคใต้
<b>ค่ามาตรฐาน *</b>	<b>120 มคก./ลบ.ม.</b>		

หมายเหตุ \* ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ตารางที่ 2 ข้อมูลปริมาณ  $PM_{2.5}$  ในบรรยากาศของภูมิภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2557-2561

ช่วงเวลา	ค่าต่ำสุด-สูงสุด (มคก./ลบ.ม.)		จำนวนวันที่มีค่าเกินมาตรฐานมากที่สุด (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	ต่ำสูงสุด	
ปี 2557-2561	2.67 ภาคกลาง (27T)	256.50 ภาคเหนือ	18.70 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ฤดูแล้ง (2557-2561)	4.13 ภาคตะวันออก	256.50 ภาคเหนือ	33.29 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ฤดูฝน (2557-2561)	2.67 ภาคกลาง (27T)	91.50 ภาคกลาง (27T)	5.16 ภาคกลาง (27T)
<b>ค่ามาตรฐาน *</b>	<b>100 มคก./ลบ.ม.</b>		

หมายเหตุ \* ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป

## 2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$

### 2.1 ความสัมพันธ์ของ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$

ข้อมูลปริมาณ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 ที่มีแบ่งออกเป็น (ก) ช่วงเวลา 5 ปี (ข) รายปี (ค) ฤดูแล้งและฤดูฝนในช่วงเวลา 5 ปี (ง) ฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละปี ได้ถูกนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองทั้งสองขนาด โดยการ

หาค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) หรือการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (coefficient of correlation หรือค่า r ที่ได้จะเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดที่ตรวจวัดได้ ทั้งนี้ ค่า r โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์แบ่งระดับความสัมพันธ์ [3] ดังตารางที่ 3



### ตารางที่ 3 เกณฑ์แบ่งระดับความสัมพันธ์ (ค่า r)

ค่า r	ระดับความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

ที่มา : Hinkle และคณะ [3]

การวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย จะเป็นการนำปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองขนาดที่ตรวจวัดได้ มาสร้างกราฟเพื่อให้ได้สมการถดถอยเชิงเส้น  $PM_{2.5} = a + b (PM_{10})$  และทดสอบสมมติฐานว่า  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับ  $PM_{2.5}$  หรือไม่ ทั้งนี้การทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จะใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการทดสอบได้ค่านัยสำคัญ (significant) น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการประมาณค่า  $PM_{2.5}$  ที่ได้มีค่ามากกว่า 0 มคก./ลบ.ม. จึงได้ปรับเส้น regression line ที่ได้จากการวิเคราะห์ให้ผ่านจุดเริ่มต้น (Origin's point; 0,0) [4]

สำหรับความสัมพันธ์ของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ของแต่ละภูมิภาคในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 และแต่ละฤดูกาลที่วิเคราะห์จากข้อมูลผลการตรวจวัดฝุ่นละออง (n)

แสดงดังตารางที่ 4 มีระดับความสัมพันธ์ (r) สูงถึงสูงมาก โดยในฤดูแล้งมีระดับความสัมพันธ์สูงถึงสูงมาก ส่วนในฤดูฝนมีระดับความสัมพันธ์ปานกลางถึงสูง

### 2.2 สัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ที่แสดงดังตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนในแต่ละภูมิภาค มีค่าแตกต่างกันไป อันเนื่องมาจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง ลักษณะภูมิศาสตร์ และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองของแต่ละพื้นที่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยดังกล่าวจะเป็นค่าสัดส่วน (ratio) ของ  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ซึ่งในแต่ละภูมิภาคและแต่ละฤดูกาลจะมีค่าสัดส่วนของ  $PM_{2.5}/PM_{10}$  แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 สรุปความสัมพันธ์ของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ของแต่ละภูมิภาคในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561

ภาค	ปี พ.ศ. 2557-2561	สมการถดถอย	n	r	ความสัมพันธ์
ภาคเหนือ	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6744x$	1,590	0.9354	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.7202x$	809	0.9509	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.4565x$	781	0.7005	สูง
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6536x$	1,423	0.9601	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.6709x$	800	0.9524	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.5603x$	623	0.8988	สูง
ภาคกลาง	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6390x$	5,009	0.9419	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.6647x$	2,423	0.9435	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.5725x$	2,586	0.8981	สูง
ภาคตะวันออก	ช่วงเวลารวม	$y = 0.5901x$	1,473	0.8304	สูง
	ฤดูแล้ง	$y = 0.649x$	694	0.8617	สูง
	ฤดูฝน	$y = 0.4867x$	779	0.6893	ปานกลาง
ภาคใต้	ช่วงเวลารวม	$y = 0.4511x$	1,158	0.8165	สูง
	ฤดูแล้ง	$y = 0.4712x$	419	0.8563	สูง
	ฤดูฝน	$y = 0.4404x$	739	0.7975	สูง
รวมทุกภูมิภาค	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6321x$	10,617	0.9291	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.6705x$	5,125	0.9414	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.5283x$	5,492	0.8452	สูง

ตารางที่ 5 สัดส่วน (ratio) ของ  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในแต่ละภูมิภาคและแต่ละฤดูกาล

ภาค	ตลอดทั้งปี	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ภาคเหนือ	0.67	0.72	0.46
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.65	0.67	0.56
ภาคกลาง	0.64	0.66	0.57
ภาคตะวันออก	0.59	0.65	0.49
ภาคใต้	0.45	0.47	0.44
ทุกภูมิภาค	0.63	0.67	0.53



## 2.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาค

การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิภาค ช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha = 0.05$ ) ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ  $F = 8.945$  และมีค่านัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละภูมิภาคมีอย่างน้อย 1 ภาค มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบ Post Hoc Test โดยวิธีการเปรียบเทียบ Multiple comparison แบบ Least - Significant Different (LSD) มีผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ พบว่า ภาคใต้มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ต่างจากทุกภาคอย่างมีนัยสำคัญ และภาคเหนือมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างจากภาคตะวันออกเฉียงใต้มีนัยสำคัญ

## 2.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละฤดูกาล

(1) การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละฤดูกาล ในช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบ Paired Sample T-Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการทดสอบสถิติ T-Test = 7.005 และมีค่านัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของฤดูแล้งและฤดูฝน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(2) การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละภูมิภาค ในช่วงฤดูแล้งในช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ  $F = 9.644$  และมีค่านัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในช่วงฤดูแล้งของแต่ละภูมิภาคมีอย่างน้อย 1 ภาค มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบ Post Hoc Test โดยวิธีการเปรียบเทียบ multiple comparison แบบ LSD มีผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ พบว่า ภาคใต้มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในช่วงฤดูแล้งแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

(3) การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละภูมิภาค ในช่วงฤดูฝนในช่วงเวลา 5 ปี (ปี 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ  $F = 4.011$  และมีค่านัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในช่วงฤดูฝนของแต่ละภูมิภาคมีอย่างน้อย 1 ภาค มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบ Post Hoc Test โดยวิธีการเปรียบเทียบ multiple comparison แบบ LSD มีผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงใต้มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในช่วงฝนไม่แตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

## อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

### 1. ปริมาณ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$

ข้อมูลปริมาณ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่เป็นตัวแทนในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ในช่วง ปี พ.ศ. 2557-2561 โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป และปริมาณของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ในช่วงฤดูแล้งจะสูงกว่าฤดูฝน

### 2. ความสัมพันธ์ของ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$

จากข้อมูลผลการตรวจวัด  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ในช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) และในข้อมูลช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละปีของทุกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ โดยในช่วงเวลาตลอดทั้งปี และช่วงฤดูแล้งของแต่ละปีมีความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีระดับสูงถึงสูงมาก ส่วนช่วงฤดูฝนมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของรพีพัฒน์ [5] ที่ศึกษาองค์ประกอบธาตุใน  $PM_{2.5}$  ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก

สำหรับค่าสัดส่วนของ  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ของแต่ละภูมิภาคในช่วงเวลารวม มีค่าอยู่ในช่วง 0.45-0.67 ในฤดูแล้ง



มีค่าอยู่ในช่วง 0.47-0.72 และในฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วง 0.44-0.57 และเมื่อรวมทุกภูมิภาคในช่วงเวลารวมฤดูแล้งและฤดูฝน เท่ากับ 0.63, 0.67 และ 0.53 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นละอองของประเทศไทยที่ผ่านมา พบว่า ค่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของสมพงษ์ [6] ที่ศึกษาการกระจายตัวของ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  มีค่าอยู่ระหว่าง 0.56 ถึง 0.69 และการศึกษาของขจรศักดิ์ และคณะ [7] ซึ่งทำการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน พบว่าค่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  จังหวัดลำพูน มีค่าสูงสุด 0.64 ในขณะที่จังหวัดเชียงใหม่มีค่าอยู่ในช่วง 0.54-0.58 และในฤดูแล้งมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.60-0.68 รวมถึงผลการศึกษาของนเรศ และคณะ [8] ที่ทำการหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิด  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.64-0.67 นอกจากนี้ในงานวิจัยของธัญภัสสร [9] ได้ทำการจำแนกสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  บริเวณริมถนนในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีค่าเท่ากับ 0.67 และบริเวณพื้นที่ทั่วไปมีค่าเท่ากับ 0.66 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดมีข้อมูลผลการตรวจวัด  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ระยะสั้น ประมาณ 1 ปี ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ที่ใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดในช่วงเวลา 5 ปี

### 3. การเปรียบเทียบสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาค

จากผลการศึกษาพบว่า สัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคแตกต่างกัน โดยข้อมูลของภาคใต้มีความแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ และภาคเหนือมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ เนื่องจากภาคใต้ฝั่งตะวันออกที่ในช่วงฤดูหนาวจะได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มีฝนตกชุกมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ทำให้ภาคใต้ฝั่งตะวันออกมีช่วงฤดูฝนประมาณ 8 เดือน ซึ่งมีระยะเวลา มากกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ที่มีช่วงฤดูฝนประมาณ 6 เดือน และอาจจะเกิดได้จากจำนวนวันและระยะเวลาที่ฝนตกในภาคใต้

มากกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ส่วนภาคเหนือที่มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากจำนวนวันและระยะเวลาที่ฝนตกของทั้งสองภูมิภาคแตกต่างกัน

### 4. การเปรียบเทียบสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละฤดูกาล

จากผลการศึกษาพบว่า สัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในพื้นที่เมืองของแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน โดยสัดส่วนของฝุ่นละอองในฤดูแล้งและฤดูฝนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ เนื่องจากฝนที่ตกในช่วงฤดูฝนของแต่ละภูมิภาคช่วยทำให้ปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองขนาดในบรรยากาศลดลง และในช่วงฤดูแล้งจะพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองขนาดในบรรยากาศจะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศมากกว่าฤดูฝน ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของศิริรินทร์ [10] ได้ศึกษาความสัมพันธ์และความแตกต่างขององค์ประกอบเพื่อใช้บ่งชี้แหล่งกำเนิดของ  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ในบรรยากาศ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าในฤดูแล้งสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  มีค่าเฉลี่ย 0.60 สูงกว่าในฤดูฝนที่มีสัดส่วนฝุ่นละอองที่มีค่าเฉลี่ย 0.51 และฝุ่นละอองทั้งสองขนาด ในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้งประมาณร้อยละ 40-50

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละภูมิภาค พบว่าในช่วงฤดูแล้งภาคใต้จะมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของฝุ่นละอองแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากภาคใต้ฝั่งตะวันออกที่ในช่วงฤดูหนาวจะได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มีฝนตกชุกมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ทำให้ภาคใต้ฝั่งตะวันออกมีช่วงฤดูแล้งประมาณ 4 เดือน ซึ่งมีระยะเวลา น้อยกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ที่มีช่วงฤดูแล้งประมาณ 6 เดือน ในขณะที่ช่วงฤดูฝน ภาคเหนือและภาคใต้มีสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  แตกต่างจากภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากจำนวนวันและระยะเวลาที่ฝนตกในแต่ละภูมิภาคแตกต่างกัน จึงทำให้สัดส่วนของฝุ่นละอองของแต่ละภูมิภาคแตกต่างกัน



ทั้งนี้ข้อเสนอแนะที่สำคัญในงานวิจัยนี้สรุปดังนี้

(1) การนำค่าสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ไปใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพหรือวางแผนเฝ้าระวังผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก ควรใช้ค่าสัดส่วนฝุ่นละอองในฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงเวลาตลอดทั้งปี ฤดูแล้งมีสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  สูงสุด

(2) การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  และ/หรือเปรียบเทียบสัดส่วน  $PM_{2.5}/PM_{10}$  กับปัจจัยแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง ลักษณะภูมิศาสตร์ อุตุณิยมวิทยา และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง

### กิจกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. นิตยา วัจนะภูมิ, นันทวรรณ วิจิตรวาทการ, พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, วิชัย เอกพลากร, เพ็ญศรี วัจนละญาณ, นเรศ เชื้อสุวรรณ และคณะ. โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ; 2548.
2. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. กรุงเทพฯ: หจก. สมงคลการพิมพ์; 2562.
3. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. Applied statistics for the behavior sciences. 4<sup>th</sup> ed. New York: Houghton Mifflin; 1998.
4. Phirata C. Relationships on quantitative and measurement of TSP and  $PM_{10}$ . Master's thesis, Mahidol University. Bangkok; 2005.

5. รพีพัฒน์ เกริกไควล์. องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2543.
6. สมพงษ์ เลิศพิพิศุทธิ์. การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน บริเวณสถานีรถไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2547.
7. ขจรศักดิ์ โสภากาจารย์, เพชร เฟิงชัย. โครงการการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. เชียงใหม่: สัญญาเลขที่ RDG4830010 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2550.
8. นเรศ เชื้อสุวรรณ, สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, สุรัตน์ เพชรเกษม, อมรพล ช่างสุพรรณ, ชนินทร์ เลิศคณาวณิชกุล, อรุณ คงแก้ว และคณะ. การศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: สัญญาเลขที่ RDG4530001 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2552.
9. ธัญภัสสรย์ ทองเย็น. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในฝุ่นละอองแต่ละขนาดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2552.
10. ศิวรินทร์ ดวงแก้ว. องค์ประกอบคาร์บอนในบรรยากาศทั่วไปในเมืองกรุงเทพมหานครบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2555.



## คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ใน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วยสาขาวิชาต่าง ๆ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ได้แก่ จุลชีววิทยา ชีววิทยา พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นต้น
2. วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ และสถิติ เป็นต้น
3. วิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ แพทยศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ เภสัชศาสตร์ เทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด

พยาบาลศาสตร์ และสาธารณสุขศาสตร์ เป็นต้น

4. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
5. วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

โดยรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัย (research article) และบทความวิชาการ (review article) ทั้งรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่ส่งมาจะต้องไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ระหว่างการรอพิจารณาตีพิมพ์จากวารสารวิชาการอื่น

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มีกำหนดออกวารสารปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-เดือนมิถุนายน และฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-เดือนธันวาคม ซึ่งจะรับพิจารณาตีพิมพ์ผลงานวิชาการทั้งจากบุคคลภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

### หลักเกณฑ์การพิจารณาบทความ

บทความที่ส่งมาพิจารณาควรมีคุณค่าทางวิชาการ โดยผู้เขียนเป็นผู้ทำการทดลอง สร้างสรรค์ หรือเกี่ยวข้องกับงานโดยปราศจากการคัดลอกผลงานวิจัยหรือบทความของผู้อื่น นำเสนอถึงแนวความคิดหรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี และนำไปสู่การพัฒนาหรือเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัย มีความสมบูรณ์ในเนื้อหา ภาษา ตลอดจนความชัดเจนของสมมติฐานหรือวัตถุประสงค์

บทความจะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ จำนวน 2-3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขบทความ และอาจส่งกลับคืนให้ผู้เขียนแก้ไขเพิ่มเติมหรือพิมพ์ต้นฉบับใหม่ แล้วแต่กรณี เพื่อปรับปรุงบทความให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนการตีพิมพ์ ทั้งนี้ต้นฉบับที่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ของการเขียนที่กำหนดเท่านั้นจึงจะได้รับการพิจารณา และดำเนินการประเมินบทความก่อนการตีพิมพ์

การยอมรับบทความที่จะตีพิมพ์เป็นสิทธิของกองบรรณาธิการ และกองบรรณาธิการไม่รับผิดชอบความถูกต้องของเนื้อหา หรือความถูกต้องของบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ทุกเรื่อง

### ข้อกำหนดทั่วไปของการพิมพ์บทความ

1. พิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word for Windows
2. พิมพ์บนกระดาษ A4 หนึ่งหน้าเดียว โดยมีระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว (2.54 เซนติเมตร) และจัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์
3. ใช้ตัวอักษรแบบ TH Sarabun New



- 4. ระยะห่างของการพิมพ์แบบ 1.5 line space พิมพ์แบบเสมอนหน้า-หลัง (justified)
- 5. การกำหนดขนาดและชนิดตัวอักษร

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

### รายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ

1. **ชื่อเรื่อง** มีทั้งชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ และสื่อความหมายตรงกับเรื่องที่ทำ สำหรับชื่อภาษาอังกฤษนั้น อักษรตัวแรกของภาษาอังกฤษให้พิมพ์ด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่
2. **ชื่อผู้เขียนและสถานที่ทำงาน** ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อ-นามสกุลเต็ม ไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ตำแหน่งทางวิชาการ และคุณวุฒิ โดยให้มีการกำกับเลขยกกำลังต่อท้ายชื่อ สำหรับผู้เขียนประสานงาน (corresponding author) ให้ทำเครื่องหมายดอกจันหรือไว้ท้ายชื่อ พร้อมระบุหมายเลขโทรศัพท์และอีเมล สำหรับชื่อสถานที่ทำงานควรพิมพ์ให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ท้ายชื่อผู้เขียน กรณีมีผู้เขียน จำนวน 2 คน ให้ใช้ “และ/and” คั่น สำหรับผู้เขียนมากกว่า 2 คน ขึ้นไป กรณีภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 ครั้งคั่น กรณีภาษาอังกฤษให้ใส่จุลภาค (,) คั่น และเว้นวรรค 1 ครั้ง ระหว่างแต่ละคน
3. **บทคัดย่อ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยนำเสนอสาระสำคัญของเรื่อง ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์ บทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายและสรุปผลการวิจัย มีความยาวไม่เกิน 250 คำ กรณีบทความเป็นรูปแบบภาษาไทย ให้จัดลำดับบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นต้น และกรณีบทความเป็นรูปแบบภาษาอังกฤษ ให้จัดลำดับบทคัดย่อภาษาอังกฤษขึ้นต้น
4. **คำสำคัญ** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอย่างละ 3-5 คำ ทั้งนี้ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ
5. **เนื้อหา** รายละเอียดของการเตรียมต้นฉบับบทความแต่ละประเภทมีดังนี้
  - 5.1 **บทความวิจัย (research article) ความยาวไม่เกิน 12 หน้า**  
 (รวมเอกสารอ้างอิง ตาราง รูปภาพ และแผนภูมิ)  
 - **บทนำ** นำเสนอความสำคัญหรือที่มาของปัญหาวิจัย สาระสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นำเสนอไว้ตอนท้ายของบทนำ



- **วิธีดำเนินการวิจัย** นำเสนอรายละเอียดที่จำเป็นของการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล
- **ผลการวิจัย** นำเสนอผลการวิจัยที่สมบูรณ์ ชัดเจน โดยอาจนำเสนอด้วยตาราง แผนภูมิ หรือรูปภาพ พร้อม

มีการบรรยายประกอบ

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

- **กิตติกรรมประกาศ** แสดงความขอบคุณต่อองค์กรหรือบุคคลที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยหรือให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

- **เอกสารอ้างอิง** ควรเป็นบทความที่ได้รับการตีพิมพ์หรือกำลังจะได้รับการตีพิมพ์ และระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วน โดยใช้ Vancouver style

## 5.2 บทความวิชาการ (review article) ความยาวไม่เกิน 12 หน้า

(รวมเอกสารอ้างอิง ตาราง รูปภาพ และแผนภูมิ)

นำเสนอเนื้อหาทางวิชาการที่ได้จากเอกสารวิชาการทั่วไป สามารถสอดแทรกความคิดเห็นของผู้เขียนที่มีการอ้างอิงจากหลักวิชาการประกอบบทความได้ ประกอบไปด้วย บทความย่อยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทนำ เนื้อหา บทสรุป และเอกสารอ้างอิง

### 6. รูปภาพและตาราง

#### รูปภาพ

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

#### ตาราง

ระบุลำดับที่ของตาราง โดยใช้คำว่า “ตารางที่.....” (Table.....) และคำบรรยายตารางอยู่ส่วนบนชิดขอบซ้ายของตาราง

การนำรูปภาพ แผนภูมิ หรือตารางมาอ้างอิงประกอบในบทความจะต้องมีการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลให้ถูกต้อง ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น

### การเขียนเอกสารอ้างอิง

#### 1. การอ้างอิงในเนื้อหา

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

#### 2. การอ้างอิงเอกสารท้ายบทความ

การอ้างอิงท้ายบทความใช้ระบบ Vancouver style โดยเรียงลำดับให้ตรงกับหมายเลขในเอกสารอ้างอิงที่ได้ทำการอ้างอิงในเนื้อหา



## ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

### 1. หนังสือหรือตำรา

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

1. สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. พันธุวิศวกรรมเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.
2. Watson JD, Baker TA, Bell SP, Gann A, Levine M, Losick R. Molecular biology of the gene. 5<sup>th</sup> ed. San Francisco: Pearson Education, Inc.; 2004.

### 2. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร ปีที่พิมพ์;ปีที่(ฉบับที่):หน้า.

1. วรจกณา วิเศษมณี, กาญจนา หริ่มเพ็ง. ความเป็นพิษเฉียบพลันและการกลายพันธุ์จากสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน กรณีศึกษาคลองขุดหมัน จังหวัดสมุทรปราการ. วารสาร มฉก. วิชาการ 2554;14(28):153-73.
2. Supakdamrongkul P, Bhumiratana A, Wiwat C. Characterization of an extracellular lipase from the biocontrol fungus, *Nomuraea rileyi* MJ and its toxicity toward *Spodoptera litura*. J Invertebr Pathol 2010;105(3):228-35.

### 3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

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

1. วรจกณา ศักดิ์สงศ์, หิรัญญา จันทร์เกลี้ยง, ปิยาภรณ์ สุภักด์ดำรงกุล. การศึกษาประสิทธิภาพของเจลล้างมือผสมสารสกัดจากธรรมชาติในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 2 วันที่ 21 มีนาคม 2557. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. กรุงเทพฯ; 2557. หน้า 289-97.
2. Supakdamrongkul P, Wongthong A, Komkaew S. Production and characterization of a novel high-alkaline and thermal stable lipase from *Bacillus* sp. HCU3-2 and potential application as detergent formulation. In: proceedings of the 7<sup>th</sup> AOHUPO Congress and 9<sup>th</sup> International Symposium of the Protein Society of Thailand, August 6-8, 2014; Bangkok, Thailand; 2014. p. 259-68.
3. Deci EL, Ryan RM. A motivational approach to self: Integration in personality. In Dienstbier R, editor. Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation. Lincoln: University of Nebraska Press; 1991. p. 237-88.



#### 4. พจนานุกรม

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

1. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน; 2546. หน้า 1488.
2. Stedmin's medical dictionary. 26<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

#### 5. วิทยานิพนธ์

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

1. อัจฉรา คอประเสริฐศักดิ์. การศึกษาแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสที่มีผลต่อการย่อยสลายน้ำมันและน้ำเสียประเภทไขมันสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2542.
2. Darling CW. Giver of due regard: the poetry of Richard Wilbur. Ph.D. Thesis, University of Connecticut. USA; 1976.

#### 6. หนังสือพิมพ์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ วัน เดือน ปี; หน้า.

1. สายใจ ดวงมาลี. มาลาเรียม 3 จว.ใต้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. คม-ชัด-ลึก 7 มิถุนายน 2548; 25.
2. Di Rado A. Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. Los Angeles Time March 15, 1995; p. A3

#### 7. เว็บไซต์

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

1. ชีร์เกียรติ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ [อินเทอร์เน็ต]. 2542 [เข้าถึงเมื่อ 13 ก.ค. 2558]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html>
2. Macia E, Paris S, Chabre M. Binding of the pH and polybasic C-terminal domains of ARNO to phosphoinositides and to acidic lipids. Biochemistry [Internet]. 2001 [cited 2004 May 19]. Available from: <http://pubs.acs.org/cgi-bin/article.cgi/bichaw/2001/40/05pdf/bi005123a.pdf>



### การส่งบทความ

การส่งบทความเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร ให้ผู้เสนอจัดเตรียมต้นฉบับบทความและแบบเสนอบทความ โดยดำเนินการจัดส่งเอกสารดังกล่าวแบบออนไลน์ทางเว็บไซต์ของวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ <http://scijournal.hcu.ac.th/ojs> ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**กำหนดไฟล์เอกสารที่ต้องส่งทั้งแบบ MS Document และ PDF ไฟล์ ประกอบด้วย**

1. แบบเสนอบทความ
  2. ต้นฉบับบทความ
  3. ไฟล์ภาพประกอบบทความ
  4. เอกสารแสดงผลคัดลอกวรรณกรรม (Plagiarism checking report) เช่น ระบบตรวจสอบอักขรวิสุทธิ์ และ Turnitin
  5. เอกสารการขอจริยธรรมงานวิจัย (โดยเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบในคนและสัตว์ทดลอง)
- ทั้งนี้หากพบปัญหาในการส่งเอกสารแบบออนไลน์ โปรดติดต่อสอบถามมายังกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ดังรายละเอียดด้านล่างนี้

### การติดต่อสอบถามข้อมูล

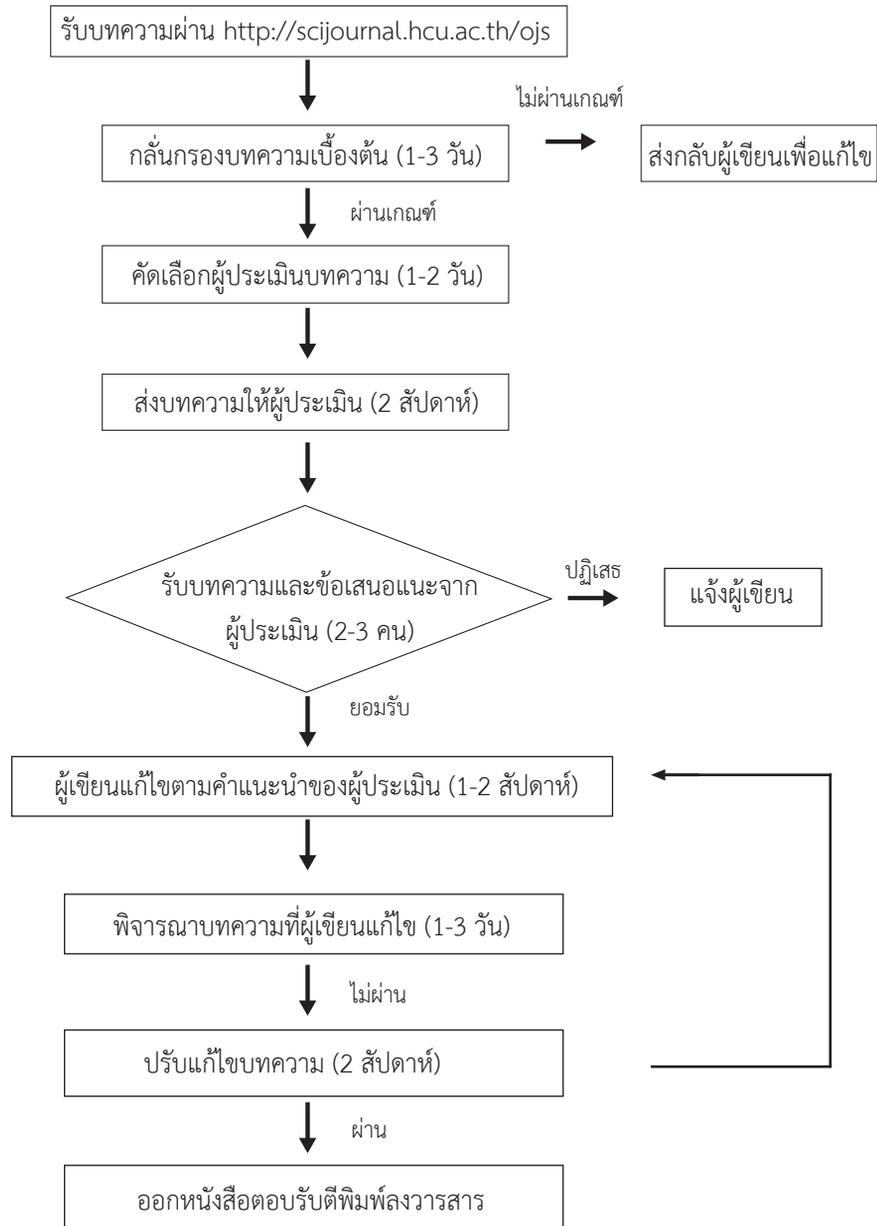
สามารถติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี สมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์ 02-312-6300 ต่อ 1180, 1256 โทรศัพท์มือถือ 081-849-2561 อีเมล [hcujournal.sci@gmail.com](mailto:hcujournal.sci@gmail.com)



เว็บไซต์วารสาร : <http://scijournal.hcu.ac.th/ojs>



## ขั้นตอนการส่งบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ





เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

แบบเสนอบทความเพื่อพิจารณาพิมพ์ใน
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
(Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ....

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

- ขอส่ง [ ] บทความวิจัย [ ] บทความวิชาการ
สาขา [ ] วิทยาศาสตร์ชีวภาพ [ ] วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
[ ] วิทยาศาสตร์สุขภาพ [ ] วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
[ ] วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย).....

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ).....

คำสำคัญ (ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

ผู้เขียนทั้งหมด (ภาษาไทย).....

ผู้เขียนทั้งหมด (ภาษาอังกฤษ).....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้.....

โทรศัพท์.....โทรศัพท์มือถือ.....โทรสาร.....

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

- ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ [ ] เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว
[ ] เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามที่ระบุในบทความ

โดยบทความนี้ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่นใด ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมยอมรับหลักเกณฑ์การพิจารณาต้นฉบับ ทั้งยินยอมให้กองบรรณาธิการมีสิทธิ์พิจารณาและตรวจแก้ไขต้นฉบับได้ตามที่เห็นสมควร พร้อมทั้งมอบลิขสิทธิ์บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ให้แก่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และหากมีการฟ้องร้องในเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์เกี่ยวกับส่วนหนึ่งหรือส่วนใด ๆ ในบทความ ให้ถือเป็นความรับผิดชอบของข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมแต่เพียงฝ่ายเดียว

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....



เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

ใบสมัครสมาชิก  
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
(Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

เรียน กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....  
ที่อยู่ปัจจุบันเลขที่.....ซอย.....ถนน.....  
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....  
จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....  
อีเมล.....  
สถานที่ทำงานเลขที่.....ซอย.....ถนน.....  
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....  
จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....

มีความประสงค์  สมัครสมาชิกใหม่  ต่ออายุการเป็นสมาชิก เลขที่สมาชิก.....  
 รับวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 1 ปี จำนวน 2 ฉบับ 200 บาท ตั้งแต่ฉบับที่.....ถึง.....  
โดยขอให้จัดส่งวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ไปยัง  ที่อยู่ปัจจุบัน  สถานที่ทำงาน

**การชำระเงิน**

ข้าพเจ้าได้ชำระเงิน จำนวน.....บาท (.....) โดย  
 เงินสด (ชำระเงินกับสำนักงานเลขานุการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)  
 โอนเงินเข้าบัญชีออมทรัพย์ ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
ธนาคารธนชาต สาขามหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 168-2-00999-7  
 ธนาณัติสั่งจ่าย ปณ. บางพลี เลขที่.....  
ในนามมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**ทั้งนี้ท่านประสงค์ให้ออกใบเสร็จรับเงินในนาม**

บุคคล ชื่อ-นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว).....  
 สถาบัน.....  
ตาม  ที่อยู่ปัจจุบัน  สถานที่ทำงาน

ลงชื่อ.....  
(.....)  
วันที่.....

**หมายเหตุ :** กรุณาส่งใบสมัครสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และเอกสารการชำระเงินถึง  
กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
เลขที่ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540  
โทรศัพท์ : 02-312-6300 ต่อ 1180, 1256 อีเมล : hcujournal.sci@gmail.com

# คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

## มุ่งเน้นการศึกษาที่มีความทันสมัยด้านเทคโนโลยี บนพื้นฐานภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติจากการทำงานจริง

### โอกาสในการประกอบอาชีพ

- โปรแกรมเมอร์
- ผู้ดูแลฐานข้อมูล
- นักพัฒนาเว็บไซต์
- นักวิจัยและพัฒนา
- นักพัฒนาซอฟต์แวร์
- นักวิเคราะห์และออกแบบระบบ
- สามารถประกอบกิจการธุรกิจอาชีพ

อิสระและธุรกิจส่วนตัว เช่น การเปิดร้าน  
จำหน่ายอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ การเปิดบริษัทรับ  
วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาซอฟต์แวร์ รวมถึง  
ถึงการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์  
เคลื่อนที่เพื่อสร้างรายได้เพิ่มเติม เป็นต้น



เว็บไซต์หลักสูตร: <http://project.cs.hcu.ac.th/index.php>

## มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะ ทางจุลชีววิทยาพื้นฐานและประยุกต์ เพื่อนำจุลินทรีย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในระดับอุตสาหกรรม



เว็บไซต์หลักสูตร: <https://mi.hcu.ac.th/>

### โอกาสในการประกอบอาชีพ

- เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฝ่ายควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เครื่องดื่ม ยา เครื่องสำอาง และสิ่งแวดล้อม
- นักวิชาการ นักวิจัย ผู้ช่วยวิจัยในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เช่น กรมประมง สถาบันอาหาร และกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- เจ้าของธุรกิจส่วนตัวผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากจุลินทรีย์ เช่น แหนม โยเกิร์ต ไวน์



# มุ่งเน้นความรู้ในศาสตร์ที่ครอบคลุมเกือบทุกด้าน ของพื้นฐานวิชาทางการแพทย์ และแขนงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับสุขภาพมนุษย์

## โอกาสในการประกอบอาชีพ

- นักวิทยาศาสตร์การแพทย์
- นักวิชาการ นักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย ในหน่วยงานต่าง ๆ
- ครูและอาจารย์
- พนักงานหน่วยงานภาคเอกชนด้านธุรกิจการแพทย์
- ธุรกิจส่วนตัวด้านการนำเข้าและขายผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์



## มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตในสายวิชาชีพ นักวิทยาศาสตร์ด้านอาหาร

### โอกาสในการประกอบอาชีพ

- นักวิทยาศาสตร์ด้านอาหาร
- นักวิชาการ นักวิจัย ในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
- นักพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร
- เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและอุตสาหกรรมแช่แข็ง เจ้าหน้าที่ควบคุมฝ่ายผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและอุตสาหกรรมแช่แข็ง
- ผู้ประกอบการและเจ้าของกิจการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร หรือเป็นผู้นำเข้าวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปอาหาร หรือธุรกิจส่งออกอาหารและอาหารแปรรูป



# คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

## หลักสูตรที่เปิดสอน

### 1. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

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

### 2. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

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

### 3. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

ชื่อหลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ Bachelor of Science Program in Medical Science
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การแพทย์) วท.บ. (วิทยาศาสตร์การแพทย์) Bachelor of Science (Medical Science) B.Sc. (Medical Science)

### 4. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ชื่อหลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร Bachelor of Science Program in Food Science and Technology
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) Bachelor of Science (Food Science and Technology) B.Sc. (Food Science and Technology)

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ  
เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540  
โทรศัพท์ 0-2312-6300-79 ต่อ 1180 เว็บไซต์ : <http://sci.hcu.ac.th>

<http://scijournal.hcu.ac.th/ojs>



Contact

Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University  
18/18 Debaratana Road k.m. 18 Samutprakarn 10540 Thailand  
Tel : +662-312-6300-79 ext. 1180 Website : <http://sci.hcu.ac.th>  
<http://scijournal.hcu.ac.th/ojs>