



Volume 34 Number 5 September - October 2015

ISSN : 1686-9664

Journal of

**SCIENCE and TECHNOLOGY**

**MAHASARAKHAM UNIVERSITY**

[www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 34 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2558



ปีที่ 34 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2558

ISSN : 1686-9664

วารสาร

**วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**

[www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

Journal of SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY Volume 34 Number 5 September - October 2015



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อยู่ในฐานข้อมูล TCI

## วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพและวิศวกรรมศาสตร์ บทความและบทความวิจัยที่จะนำมาตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อให้อารมณ์มีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล

## เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
สำนักงานกองบรรณาธิการ  
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150  
โทรศัพท์ภายใน 1754  
โทรศัพท์โทรสาร 0-4375-4416

## ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ นพ.ดร.เรื่อน สมณะ ราชบัณฑิต  
ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ไข่มไผ่  
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

## บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

## ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช

## กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิณี พรหมเทศ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
รองศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ ฤทธิเดช  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจาพร พิชัยณรงค์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.อำพล ธรรมเจริญ  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา บุญยะสิทธิ์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมณดี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขวาลิทธิวงษ์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ยีน ภูววรรณ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลยา สุทธิขำ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัววรรณ ศรีชัยกุล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัชรา ปรสพัฒนา  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
อาจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อาจารย์ ดร.วิเศษจินดา วัฒนาลัย  
มหาวิทยาลัยสยาม  
อาจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
Mr.Paul Dulfer  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
นางฉวีวรรณ อรรถเศรษฐ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เลขานุการ

นางพิชชา โชติวรรณกุล

## ผู้ช่วยเลขานุการ

นางจิรรัตน์ ภูสีฤทธิ์  
นางสาวพักตร์วิไล จันทร์ลอย

## กำหนดออกและตีพิมพ์เผยแพร่

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

## Aim and Scope:

The MSU Journal of Science and Technology is published quarterly and dedicated to the promotion and dissemination of scientific knowledge in the disciplines of Bioscience, Physical Science and Engineering Articles and research papers to be published in the Journal of Science and Technology Maharakham University will be subject to verification of academic luminaries both from within and outside the University to assure journal quality standards.

## Ownership

Maharakham University  
Editorial Office  
Division of Research Support and Development,  
Khamriang Sub-district, Kantharawichai District,  
Maha Sarakham Province 44150  
Tel & Fax: 0 4375 4238 ext. 1754

## Advisors

President of Maharakham University  
Professor Dr. Reon Somana  
Professor Dr. Visut Baimai  
Professor Dr. Vichai Boonsaeng

## Editor-in-Chief

Professor Dr.Preecha Prathepha

## Assistant Editors

Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich

## Editorial Board

Professor Dr. Thaweesakdi Boonkerd  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr.Supanee Promthet  
Khon Kaen University  
Professor Dr. Pranee Anprung  
Chulalongkorn University  
Associate Professor Dr.Sampan Ritthidech  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Natchaporn Pichainanong  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Pairot Pramual  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Sirithon Siriamornpun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr. Ampon Dhamacharoen  
Burapha University  
Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Chantana Aromdee  
Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Niwat Sonoamuang  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong  
National Institute of Development Administration  
Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Yuen Poovarawan  
Kassatsart University  
Associate Professor Dr.Vallaya Sutthikhum  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Chawalit Boonpok  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Buavaroon Srichaikul  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Bungon Kumphon  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Sirikasem Sirilak  
Naresuan University  
Assistant Professor Dr.Supattra Porasuphatana  
Khon Kaen University  
Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana  
Ubon Ratchathani Rajabhat University  
Dr.Seckson Sukhasena  
Naresuan University  
Dr.Rakjinda Wattanalai  
Siam University  
Dr.Somnuk Puangprongpitag  
Maharakham University  
Paul Dulfer  
Maharakham University  
Chaweewan Akkasesthang  
Maharakham University

## Secretary

Pichaya Chowtivannakul

## Assistant secretary

Jirarat Puseerit  
Phakwilai Janloy

## Six issues per year

Number 1 January - February  
Number 2 March - April  
Number 3 May - June  
Number 4 July - August  
Number 5 September - October  
Number 6 November - December

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนกองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทยการจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

## บทบรรณาธิการ

การวิจัยเป็นกลไกสำคัญที่สร้างองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาสังคม ชุมชน และประเทศชาติ ดังนั้นการวิจัยจึงเป็นพันธกิจที่สำคัญสำหรับการขับเคลื่อนประเทศในมิติต่างๆ ดังจะเห็นได้ว่าประเทศที่พัฒนาแล้วล้วนให้ความสำคัญกับการส่งเสริมและพัฒนางานวิจัยที่มีคุณภาพ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 34 ฉบับที่ 5 (กันยายน - ตุลาคม 2558) นำเสนอผลงานวิจัยในศาสตร์แขนงต่างๆ ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี รวมถึงวิทยาศาสตร์สุขภาพ จำนวน 13 เรื่อง ซึ่งได้ผ่านการคัดกรองและการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะได้ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ความรู้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล  
กองบรรณาธิการ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**คำอธิบายภาพปก** : ความหลากหลายของไม้พุ่ม ไม้กิ่งพุ่ม และไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่วและการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน ในอุทยาน  
แห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

**ภาพปก** : วิลาวัณย์ พร้อมพรม และคณะ. 2558, 431-444

## สารบัญ

### นิพนธ์ต้นฉบับ

- ลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวในระบบหมักร่วมแบบไร้อากาศ 423  
**Characteristics of Wastewater and Rice Straw in an Anaerobic Co-Digestion System**  
พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก  
Pantip Klomjek
- ความหลากหลายของไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่ม และไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่วและการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน  
ในอุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม 431  
**Diversity and Folk Medicinal Uses of Shrub, Subshrub and Woody Climber in the Family  
Leguminosae in Phu Langka National Park, Nakhon Phanom Province**  
วิลาวัดณ์ พร้อมพรม, วรณชัย ชาแท่น  
Wilawan Promprom, Wannachai Chatan
- การจัดการเรียนการสอนแบบโครงการเป็นฐาน  
รายวิชาการระบาดวิทยาขั้นสูงของนิสิตคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 445  
**Project Based Learning of Teaching Management for Advanced Epidemiology Course Students,  
Faculty of Public Health, Mahasarakham University**  
ณัฐจาพร พิชัยณรงค์, เทอดศักดิ์ พรหมอารักษ์, นิสิตสาธารณสุขศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต  
Natchaporn Pichainarong, Terdsak Promarak, Dr.P.H. Student
- ความชุกของการได้ยินบกพร่องของผู้สูงอายุในหกชุมชนจังหวัดมหาสารคาม 452  
**Prevalence of Hearing Impairment among Elderly at Six Communities in Maha Sarakham Province**  
ภูรินทร์ สุจิระกุล  
Phurin Sujirakul
- เหตุรำคาญและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา กรณีศึกษา:  
ตำบลหนองแวงและกลางใหญ่ อำเภอบ้านฝืด จังหวัดอุดรธานี 458  
**Nuisance and Accident from Rubber Latex Transportation:  
a Case Study in Nong Waeng and Klang Yai sub-districts, Banphue district, Udonthani province**  
สิทธิชัย ใจขาน, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง  
Sitthichai Chaikhan, Uraiwan Inmuong

## สารบัญ

- ผลของการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยเพื่อลดความเจ็บปวดจากการคลอด 470  
**Effects of Massage with Thai Wisdom Device on Labor Pain**  
อริญญา ทองก้อน, จารูวรรณ ก้าวหน้าไกล, ยูพาพัทธ์ รักษมนีวงศ์,  
ดรุณี ไฉกลาง, สัจจาพร ไชยรัตน์  
Aranya Thongkorn, Jaruwan Kaownakai, Yupapuk Rakmaneewong,  
Darunee Jaiklang, Sujjaporn Chaiyarat
- การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย  
ก่อโรคอาหารเป็นพิษ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* 478  
**Study the Potential of Inulin Extracted from Garlic to Inhibit the Growth  
of Food Title Case Poinsoning Bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli***  
อรุณี ฝาระมี, น้ำผึ้ง ดุงโคกกรวด, ชูศักดิ์ นิธิเกตุกุล  
Arunee Fharamee, Namphung Dungkokkrud, Choosak Nithikathkaul
- ระบบตรวจจับและป้องกันการปลอมแปลงโปรโตคอลเออาร์พีแบบยืดหยุ่นสำหรับองค์การ 485  
**A Flexible ARP Spoof Detection & Prevention System for Organizations**  
สมนึก พ่วงพรพิทักษ์, ธงชัย เจือจันทร์  
Somnuk Puangpronpitag, Thongchai Chuachan
- การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเพื่อสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ  
ศูนย์สาริตและพัฒนาการควบคุมไฟป่า 496  
**Crusher Study and Design in support of the Firebreaks Building Mission  
by the Forest Fire Control Research Center (FFRC)**  
ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา  
Songwut Egwutvongsa
- บทความวิชาการ  
การเพิ่มมูลค่าของข้าวโดยการแปรรูปเป็นข้าวแดง 503  
**Increasing the Value of Rice by Transformation into Red Yeast Rice**  
รุ่งลักษณ์ ประทุมชัย, วรนันต์ นาคบรรพต, Majeti Narasimha Vara PRASAD  
Rungluksamee Pratoomchai, Woranan Nakbanpote, Majeti Narasimha Vara PRASAD

## สารบัญ

- ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวต่อผลผลิตและความอุดมสมบูรณ์ดิน 513  
**The Effects of Organic Fertilizers Utilization in Rice Fields to the Rice Yield and Soil Fertility**  
ยศนนท์ ศรีวิจารย์, กิตติ ศรีสะอาด, พีระยศ แข็งขัน  
Yotsanon Sriwichan, Kittti Srisa-ard, Phirayot Khaengkhan
- อิทธิพลของการเกษตรต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน 523  
**Effects of Agricultural Practices on Growth, Yield, and Quality of Jerusalem Artichoke**  
บุญธรรม ศรีหล้า, สุกุลกานต์ สิมลา, พรชัย หาระโคตร  
Boonthum Srilah, Sakunkan Simla, Bhornchai Harakotr
- รูปแบบการชักนำการเกิดแผลภายนอกในร่างกายสัตว์ทดลอง: การทบทวนวรรณกรรม 536  
**Induction of External Infection-models in Experimental Animals: A review**  
Nitima Tatiya-aphiradee, Waranya Chatuphonprasert, Kanokwan Jarukamjorn  
นิธิมา ตติยอภิรดี, วรรณญา จตุพรประเสริฐ, กนกวรรณ จารุกำจร





## ลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวในระบบหมักร่วมแบบไร้อากาศ

### Characteristics of Wastewater and Rice Straw in an Anaerobic Co-Digestion System

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก<sup>1</sup>

Pantip Klomjek<sup>1</sup>

Received: 9 January 2015 ; Accepted: 18 March 2015

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวที่ผ่านการหมักจากกระบวนการหมักร่วมระหว่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร และฟางข้าวภายใต้สภาวะไร้อากาศ โดยเปรียบเทียบผลของการเตรียมฟางข้าวก่อนหมักที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือฟางข้าวที่ตัดให้มีขนาดยาว 7-8 cm ฟางข้าวที่ตัดให้มีขนาดยาว 7-8 cm ที่แช่ด้วย NaOH และฟางข้าวที่ไม่ผ่านขั้นตอนการเตรียมใดๆ และระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน คือ 2, 4, 6, 8 และ 10 wk ต่อลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวที่ผ่านการหมัก ผลการศึกษาพบว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียและฟางข้าวถูกย่อยสลายผ่านกระบวนการย่อยที่เกิดในระบบ น้ำเสียที่ผ่านระบบการหมักร่วมมีค่าสารอินทรีย์ซึ่งบ่งชี้ด้วยค่า BOD<sub>5</sub> และ COD และค่าไนโตรเจนสูงขึ้น โดยมีค่า BOD<sub>5</sub>, COD และ TKN ระหว่าง 416.6-1,255.3, 1,520.0-2,600.0 และ 200.0-308.6 mg/L ตามลำดับ ทั้งนี้รูปแบบการเตรียมฟางข้าวส่งผลต่อความแตกต่างของค่าสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฟางข้าวที่ผ่านการหมัก พบว่ามีค่าอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูงขึ้น โดยมีค่าระหว่าง 28.6-346.3, 0.68-4.15 และ 0.06-0.48 % ตามลำดับ และมีค่าโพแทสเซียมและ C/N ratio ลดลง โดยมีค่าระหว่าง 0.10-0.36 % และ 34.4:1-198.7:1 ตามลำดับ โดยระยะเวลาในการหมักจะส่งผลต่อคุณลักษณะโดยส่วนใหญ่ของฟางข้าวหลังการหมัก

**คำสำคัญ:** ระบบหมักแบบไร้อากาศ น้ำเสียฟาร์มสุกร ฟางข้าว ระยะเวลาการหมัก วัสดุปรับปรุงดิน

#### Abstract

This research investigated the characteristics of wastewater and digested rice straw in a co-digestion system between swine wastewater and rice straw under anaerobic conditions. Effect of rice straw preparation in 3 different types, rice straw cut into 7-8 cm, rice straw cut into 7-8 cm and soaked with NaHO and rice straw without preparation, and effect of different digestion period, 2, 4, 6, 8 and 10 wk, on characteristics of wastewater and digested rice straw were evaluated. The results showed that organic compounds in wastewater and rice straw decomposed via digestion processes occurring in the system. Organic matter and nitrogen in digested wastewater were higher than those in raw wastewater. BOD<sub>5</sub>, COD and TKN of digested wastewater were 416.6-1,255.3, 1,520.0-2,600.0 and 200.0-308.6 mg/L, respectively in which different rice straw preparation showed effect on organic matter indicating with BOD<sub>5</sub> and COD of wastewater. The composition analysis of digested rice straw showed that organic matter, nitrogen and phosphorus of the rice straw increased while potassium and C/N ratio decreased. Organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and C/N ratio of digested rice straw were 28.6-346.3 %, 0.68-4.15 %, 0.06-0.48 %, 0.10-0.36 % and 34.4:1-198.7:1, respectively. The result indicated that different digestion periods showed significant effect on most of characteristics of digested rice straw.

**Keywords:** anaerobic digestion system, swine wastewater, rice straw, digestion period, soil conditioner

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 pantipk@nu.ac.th

<sup>1</sup> Assistant Professor, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Tapho Subdistrict, Muang District, Phitsanulok 65000, Thailand. pantipk@nu.ac.th

## บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวรวมหลายสิบล้านไร่ และมีรอบของการเพาะปลูกเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งการทำนานั้นนอกจากจะได้ผลผลิตเป็นข้าวเปลือกแล้วยังมีวัสดุประเภทฟางข้าวเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ขณะที่ปัจจุบันมีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์ไม่มากนัก ดังนั้นฟางข้าวส่วนใหญ่จึงกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และพบว่าการจัดการฟางข้าวด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการจัดการด้วยการเผาซึ่งจะส่งผลเสียทั้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติสมบรูณ์ของดินและยังก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันซึ่งในปัจจุบันเป็นปัญหาที่มีความรุนแรงและส่งผลกระทบต่ออย่างกว้างขวาง และแม้หน่วยงานรัฐจะมีการประชาสัมพันธ์ ทำความเข้าใจและมีมาตรการหลายประการเพื่อลดการเผาฟางข้าวของเกษตรกร แต่ปัญหาจากการเผาฟางข้าวยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากการเผาเป็นวิธีการที่อาจกล่าวได้ว่าไม่มีค่าใช้จ่าย และสะดวกต่อเกษตรกรในการจัดการฟางข้าวก่อนการเพาะปลูกในรอบถัดไป ดังนั้น การนำเสนอแนวทางในการจัดการฟางข้าวด้วยวิธีการที่ง่าย สะดวก และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร จึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่มีโอกาสนำไปสู่การปฏิบัติและสามารถช่วยลดปัญหาจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทฟางข้าวได้จริง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการนำฟางข้าวซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก เข้าสู่ระบบการหมักร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในสภาพไร้อากาศ ซึ่งในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) จะมีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มหลัก คือกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดอินทรีย์ และกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน ร่วมกันทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก แล้วจึงถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอินทรีย์ และกรดอะซิติก และเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพ ตามลำดับ<sup>1</sup> ทั้งนี้ข้อดีของระบบหมักแบบไร้อากาศในการบำบัดของเสีย คือ มีค่าใช้จ่ายไม่สูงเนื่องจากไม่ต้องเติมออกซิเจนให้กับระบบ และระบบมีความสามารถในการรองรับภาระสารอินทรีย์ในปริมาณสูง โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์หลากหลายชนิดที่มีอยู่ในของเสียในการย่อยสลายสารอินทรีย์<sup>2</sup> นอกจากนี้ กระบวนการหมักยังก่อให้เกิดผลพลอยได้ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งในรูปของพลังงานและในรูปของธาตุอาหารพืช<sup>3</sup>

## วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีดังนี้ คือ

เพื่อศึกษาผลของวิธีการเตรียมฟางข้าวในการหมักร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบหมักแบบไร้อากาศต่อคุณลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวจากระบบหมัก

เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักร่วมระหว่างฟางข้าวกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบหมักแบบไร้อากาศต่อคุณลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวจากระบบหมัก

เพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางอย่างง่ายในการจัดการฟางข้าวและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่เกษตรกรสามารถดำเนินการได้และสามารถได้รับประโยชน์จากผลพลอยได้จากการดำเนินการในรูปของน้ำทิ้งที่มีธาตุอาหารพืชและในรูปของวัสดุปรับปรุงดิน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

เตรียมหน่วยทดลองระบบหมักแบบไร้อากาศจากถังพลาสติกขนาด 6 L ที่มีฝาปิดสนิท ต่อท่อระบายแก๊สออกจากระบบ นำฟางข้าวและน้ำเสียจากกิจกรรมการเลี้ยงสุกรของเกษตรกรรายย่อยซึ่งโดยส่วนใหญ่จะถูกระบายลงสู่บ่อรวบรวมน้ำเสียโดยไม่ผ่านการบำบัด ลงหมักในระบบภายใต้สภาพไร้อากาศด้วยสัดส่วนการหมัก 1:1 ของค่าของแข็งระเหยของวัสดุหมักรวม<sup>4</sup> และจากผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งระเหยสามารถคำนวณเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักได้เท่ากับฟางข้าว 5 g ต่อปริมาณ น้ำเสีย 1 g (1 L) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหมักวัสดุหมักรวมทั้งหมัดคือฟางข้าว 22.5 g ร่วมกับน้ำเสีย 4.5 L ลงในแต่ละระบบหมัก โดยสังเกตผลของการศึกษาเปรียบเทียบคือผลของการเตรียมฟางข้าวที่แตกต่างกัน คือ (1) ฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมทางกายภาพโดยตัดให้มีความยาว 7-8 cm<sup>5</sup> (2) ฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมทางกายภาพและเคมีโดยตัดให้มีความยาว 7-8 cm และแช่ด้วยโซดาไฟ<sup>6</sup> (2% NaOH) เป็นเวลา 72 hr<sup>7</sup> แล้วผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 24 hr ก่อนหมัก และ (3) ฟางข้าวที่ไม่ผ่านการเตรียมด้วยรูปแบบใดๆ และระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันคือ 2, 4, 6, 8 และ 10 wk ต่อคุณลักษณะของน้ำเสียและฟางข้าวภายหลังการหมัก โดยทำการศึกษาแบบ Single factor experiment และวางแผนการทดลองแบบ CRD ด้วยหน่วยทดลองจำนวน 2 ซ้ำ (duplication)

เก็บตัวอย่างน้ำเสียและฟางข้าวก่อนและหลังหมักตามระยะเวลาศึกษาที่กำหนด นำตัวอย่างน้ำเสียไปวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำด้วยวิธีวิเคราะห์ที่กำหนดตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater<sup>8</sup> ได้แก่ ค่าดัชนีบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ BOD<sub>5</sub> และ COD ด้วยวิธี Azide modification method และ Closed reflux method ค่าไนโตรเจน (TKN) ด้วยวิธี Kjeldahl method ค่าของแข็ง

แขวนลอย (TSS) ด้วยวิธี Gravimetric method และตรวจวัด pH ด้วย pH meter และทำการวิเคราะห์คุณลักษณะฟางข้าว ได้แก่ วิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture) ด้วยวิธี Oven drying method ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ด้วยวิธี Digestion and Titration ปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน (Total N) ด้วยวิธี Kjeldahl method ค่าฟอสฟอรัส (Total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ด้วยวิธี Spectrophotometric molybdovanadophosphate และค่าโพแทสเซียม (Total K<sub>2</sub>O) ด้วยวิธี Flame photometric method ตามวิธีวิเคราะห์ของกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี<sup>9</sup> และคำนวณค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) นำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของคุณลักษณะ น้ำเสียและฟางข้าวที่ได้จากระบบหมักเมื่อใช้รูปแบบการเตรียมฟางข้าวแตกต่างกันและเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักแตกต่างกันด้วยสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

### ผลการศึกษา

คุณลักษณะของน้ำเสียก่อนและหลังการหมัก

ผลการวิเคราะห์น้ำเสียก่อนหมัก พบน้ำเสียมีค่า BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, TSS และ pH เท่ากับ 366.6, 680, 236.6,

201.0 mg/L และ 7.65 ตามลำดับ และเมื่อผ่านการหมักร่วมกับฟางข้าวที่มีรูปแบบการเตรียมฟางข้าวแตกต่างกันในระบบหมักแบบไร้อากาศด้วยระยะเวลาหมักที่แตกต่างกัน พบค่า BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, TSS และ pH ของน้ำเสียมีค่าระหว่าง 416.6-1,255.3, 1,520.0-2,600.0, 200.0-308.6, 52.5-184.5 mg/L และ 6.69-9.77 ตามลำดับ ขณะที่ ค่า BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, TSS และ pH ของน้ำเสียที่ผ่านการหมักจากระบบหมักแบบไร้อากาศด้วยระยะเวลาหมักที่แตกต่างกันโดยไม่มีวัสดุหมักร่วม มีค่าระหว่าง 383.3-780.6, 960.0-1,780.0, 246.4-326.9, 27.0-59.0 mg/L และ 7.36-9.81 ตามลำดับ (Table 1) คุณลักษณะของฟางข้าวก่อนและหลังการหมัก

ผลการวิเคราะห์ฟางข้าวก่อนหมัก พบฟางข้าวมีค่า Moisture, OM, Total N, Total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Total K<sub>2</sub>O และค่า C/N ratio เท่ากับ 1.52, 207.3, 0.62, 0.06, 0.26 % และ 193.5:1 ตามลำดับ ขณะที่ฟางข้าวทั้งหมดที่มีรูปแบบการเตรียมฟางแตกต่างกันที่ผ่านการหมักร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบหมักแบบไร้อากาศด้วยระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน มีค่า Moisture, OM, Total N, Total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Total K<sub>2</sub>O และค่า C/N ratio ระหว่าง 2.4-16.4, 228.6-346.3, 0.68-4.15, 0.06-0.48, 0.10-0.36 % และ 34.4:1-198.7:1 ตามลำดับ (Table 2)

**Table 1** Characteristics of wastewater of anaerobic co-fermentation system<sup>1</sup>.

Water quality indicators (unit)/ Ferment period	Concentration in effluent of anaerobic co-fermentation system <sup>2</sup>				p-value
	Wastewater+Rice straw without preparing	Wastewater+Rice straw prepared by cut	Wastewater+Rice straw prepared by cut and NaOH	Wastewater without rice straw	
BOD <sub>5</sub> (mg/L)					
2 wk	611.0±65.7Bc	452.2±21.7Cc	1,044.4±2.8Ad	391.6±4.8Cd	0.015
4 wk	711.7±29.9Bbc	505.6±5.6Cc	1,088.9±5.6Ac	437.2±10.3Dd	0.015
6 wk	747.3±27.3Babc	622.2±44.7Cb	1,136.1±7.3Ab	511.1±24.7Dc	0.019
8 wk	812.6±22.9Bab	724.1±38.6Cab	1,206.3±16.4Aa	633.3±21.6Db	0.021
10 wk	914.8±81.4Ba	820.8±35.4BCa	1,210.6±19.8Aa	730.7±25.2Ca	0.008
p-value	0.017	0.009	0.009	0.007	
COD (mg/L)					
2 wk	1626.7±26.7Bb	1,546.7±26.7Bd	2,186.7±26.7Ad	1,066.7±70.6Cc	0.017
4 wk	1,700.0±11.5Bb	1,686.7±6.7Bc	2,280.0±23.1Ac	1,226.7±53.3Cc	0.021
6 wk	1,780.0±30.6Bb	1,776.7±34.8Bb	2,363.3±21.9Ab	1,413.3±17.6Cb	0.025
8 wk	1,805.0±35.5Bb	1,840.0±11.6Bb	2,420.0±11.6Ab	1,446.7±21.9Cb	0.024
10 wk	1,986.3±86.5Ba	2,477.5±23.9Aa	2,575.0±21.8Aa	1,640.0±69.8Ca	0.003
p-value	0.009	0.007	0.007	0.008	

Water quality indicators (unit)/ Ferment period	Concentration in effluent of anaerobic co-fermentation system <sup>2</sup>				p-value
	Wastewater+Rice straw without preparing	Wastewater+Rice straw prepared by cut	Wastewater+Rice straw prepared by cut and NaOH	Wastewater without rice straw	
2 wk	62.8±8.2Ca	163.8±11.6Aa	95.8±5.6Ba	34.5±5.8Da	0.016
4 wk	67.5±7.3Ca	162.2±10.7Aa	101.7±3.6Ba	46.7±5.2Ca	0.016
6 wk	61.7±4.9Ca	160.7±10.2Aa	103.5±9.8Ba	43.2±3.2Ca	0.015
8 wk	66.2±7.8Ba	150.2±17.5Aa	130.3±14.0Aa	47.0±4.0Ba	0.024
10 wk	71.9±8.0Ba	136.5±9.7Aa	135.5±8.4Aa	52.5±3.3Ba	0.007
p-value	0.896	0.529	0.056	0.235	
TKN(mg/L)					
2 wk	255.7±2.5Ab	209.5±5.5Bd	248.3±1.9Aa	251.1±2.5Ad	0.037
4 wk	257.4±5.6Ab	237.3±5.1Ac	255.6±4.7Aa	260.2±1.1Acd	0.078
6 wk	258.4±6.6Ab	255.3±6.8Ab	252.9±5.6Aa	267.0±2.1Ac	0.281
8 wk	274.2±3.1Aa	272.7±3.2Aa	291.3±14.9Aa	297.4±4.1Ab	0.268
10 wk	284.9±2.7Ba	284.9±1.9Ba	268.6±3.0Ca	311.8±5.2Aa	0.005
p-value	0.019	0.007	0.062	0.007	
pH					
2 wk	6.9±0.0Ac	6.9±0.0Aa	7.6±0.8Aa	8.4±0.7Aa	0.183
4 wk	7.1±0.0Ab	7.0±0.0Aa	7.1±0.0Aa	8.3±0.7Aa	0.053
6 wk	7.1±0.0Ab	7.5±0.4Aa	8.1±0.8Aa	7.5±0.0Aa	0.173
8 wk	7.3±0.1Ca	7.2±0.1Ca	7.5±0.1Ba	7.7±0.0Aa	0.030
10 wk	7.2±0.1Aab	7.7±0.6Aa	7.5±0.2Aa	8.1±0.5Aa	0.095
p-value	0.024	0.056	0.243	0.111	

<sup>1/</sup> Sample size (n) = 3.

<sup>2/</sup> Mean in the same row followed by the same letters (capital letter) are not significantly different at p<sup>3</sup>0.05.

Mean in the same column followed by the same letters (small letter) are not significantly different at p<sup>3</sup>0.05.

**Table 2** Characteristics of rice straw of anaerobic co-fermentation system<sup>1</sup>.

Parameters (unit)/ Digestion period	Characteristics of rice straw of anaerobic co-fermentation system <sup>2</sup>			p-value
	Rice straw without preparing	Rice straw prepared by cut	Rice straw prepared by cut and NaOH	
OM (%)				
2 wk	231.0±1.2Ac	237.5±5.1Aa	253.8±4.5Aa	0.067
4 wk	241.3±4.6Bbc	288.8±10.8Aa	261.7±3.1Ba	0.032
6 wk	260.5±5.4Ab	254.6±10.1Aa	287.1±5.1Aa	0.061
8 wk	265.2±1.2Ab	270.0±6.3Aa	291.2±20.2Aa	0.237
10 wk	292.4±16.2Aa	280.6±7.7Aa	311.8±32.8Aa	0.707
p-value	0.012	0.061	0.161	

Parameters (unit)/ Digestion period	Characteristics of rice straw of anaerobic co-fermentation system <sup>2</sup>			p-value
	Rice straw without preparing	Rice straw prepared by cut	Rice straw prepared by cut and NaOH	
2 wk	0.74±0.03Ad	0.86±0.07Ac	2.09±0.05Ab	0.050
4 wk	1.43±0.27Ac	1.87±0.04Ab	2.64±0.41Ab	0.059
6 wk	1.84±0.16Abc	1.90±0.02Ab	2.70±0.34Ab	0.061
8 wk	2.26±0.15Ab	2.36±0.17Aa	3.55±0.23Aa	0.065
10 wk	2.88±0.18Ba	2.21±0.09Ca	3.99±0.11Aa	0.027
p-value	0.011	0.016	0.038	
Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)				
2 wk	0.09±0.01Bc	0.06±0.00Bc	0.14±0.02Ac	0.027
4 wk	0.10±0.01Abc	0.10±0.00Ab	0.17±0.00Ac	0.065
6 wk	0.12±0.01Abc	0.11±0.00Ab	0.23±0.03Abc	0.051
8 wk	0.13±0.00Ab	0.15±0.01Aa	0.33±0.08Aab	0.051
10 wk	0.18±0.03Ba	0.13±0.01Ba	0.37±0.03Aa	0.039
p-value	0.014	0.011	0.018	
Total K <sub>2</sub> O (%)				
2 wk	0.17±0.01Aa	0.17±0.00Aa	0.22±0.01Aa	0.063
4 wk	0.15±0.02Aa	0.14±0.02Aa	0.23±0.01Aa	0.066
6 wk	0.21±0.01Aa	0.17±0.01Aa	0.23±0.02Aa	0.051
8 wk	0.19±0.01Aa	0.18±0.03Aa	0.22±0.06Aa	0.875
10 wk	0.17±0.02Aa	0.15±0.03Aa	0.33±0.03Aa	0.061
p-value	0.189	0.654	0.155	
C/N ratio (per 1)				
2 wk	182.8±8.6Aa	174.4±3.8Aa	70.4±1.7Aa	0.061
4 wk	105.3±19.2Ab	89.6±.8Ab	60.4±9.4Aa	0.113
6 wk	83.9±8.8Abc	77.7±2.3Abc	55.0±0.8Aa	0.066
8 wk	68.6±4.7Ac	67.2±5.7Ac	47.9±3.9Aa	0.066
10 wk	59.0±2.4ABc	74.2±5.4Ac	45.6±5.6Ba	0.027
p-value	0.019	0.028	0.068	

<sup>1/</sup> Sample size (n) = 3.

<sup>2/</sup> Mean in the same row followed by the same letters (capital letter) are not significantly different at p<sup>3</sup>0.05.

Mean in the same column followed by the same letters (small letter) are not significantly different at p<sup>3</sup>0.05.

## วิจารณ์และสรุปผล

คุณลักษณะของน้ำเสีย

ผลจากการตรวจวิเคราะห์พบว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ภายหลังกการหมักซึ่งบ่งชี้ด้วยค่า BOD<sub>5</sub> และ COD มีค่าสูงขึ้น เมื่อเทียบกับน้ำเสียก่อนหมัก โดยพบมีค่าสูงที่สุดในน้ำเสียจาก

ระบบหมักที่มีการเตรียมฟางข้าวด้วยการตัดและแช่ด้วย สารละลายต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าน้ำเสียที่มี ระยะเวลาในการหมัก 10 wk มีค่าสารอินทรีย์สูงที่สุดอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับน้ำเสียที่มีระยะเวลาหมักที่สั้น กว่า (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ในระบบหมักได้ย่อยสาร

อินทรีย์โมเลกุลใหญ่ทั้งในน้ำเสียและฟางข้าวให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง เช่น การย่อยไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดไขมัน กรดอะมิโน และน้ำตาล ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดยังคงเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลงและทำให้เกิดการผสมกันของสารอินทรีย์จากฟางข้าวและน้ำเสีย รวมถึงสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กในน้ำเสียทั้งหมดเกิดการผสมกันอย่างทั่วถึงและเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) มากขึ้น จึงทำให้ค่าสารอินทรีย์ใน น้ำเสียที่ผ่านการหมักมีค่าสูงขึ้น ซึ่งรวมถึงน้ำเสียที่ผ่านการหมักโดยไม่ได้เติมฟางข้าวลงในระบบหมักด้วย โดย น้ำเสียที่หมักร่วมกับฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมโดยการตัดและแช่ด้วยสารละลายต่างนั้น มีค่า BOD<sub>5</sub> และ COD ในน้ำเสียสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการตัดฟางข้าวและแช่ด้วยสารละลายต่างจะทำให้เซลล์ลูลอส เอมีเซลลูลอส และลิกนิน ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากในฟางข้าว<sup>10</sup> ถูกย่อยสลายได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้หากทำการหมักด้วยระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น สารอินทรีย์ขนาดโมเลกุลเล็กที่เกิดขึ้นนี้มีโอกาสที่จะเกิดการย่อยสลายและเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซ ซึ่งจะทำให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียมียาลดลง ดังนั้นการหมักแบบไร้อากาศจึงเป็นกระบวนการหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย

การตรวจวัดค่าไนโตรเจนในรูป TKN ในน้ำเสียหลังหมัก พบว่ามีค่าสูงขึ้นทั้งในน้ำเสียจากการหมักร่วมกับฟางข้าวและในน้ำเสียจากระบบหมักที่ไม่มีวัสดุหมักร่วม เช่นเดียวกับค่า BOD<sub>5</sub> และ COD ทั้งนี้เนื่องจากค่า TKN เป็นผลรวมของค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน การย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนโมเลกุลใหญ่ทั้งจากฟางข้าวและในน้ำเสียเองไปเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนโมเลกุลเล็กซึ่งบางส่วนอาจถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่ออกซิเจนเช่นในระบบหมักนั้น จะเพิ่มค่า TKN ให้กับน้ำเสียและเพิ่มไนโตรเจนให้กับฟางข้าวด้วย โดยรวมแล้วพบว่าระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์มีเวลาในการย่อยสลายยาวนานขึ้นนั้นมีผลให้ค่า TKN ในน้ำเสียมียาลดลง ในขณะที่รูปแบบการเตรียมฟางข้าวไม่ส่งผลต่อค่า TKN ในน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

เนื่องจากของแข็งแขวนลอยซึ่งรวมถึงสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำเสียบางส่วนได้ถูกย่อยสลายให้มีขนาดเล็กจนไม่สามารถกรองไว้ได้ด้วยกระดาษกรอง ขณะที่ฟางข้าวในระบบหมักนั้นส่วนที่มีน้ำหนักเบาจะลอยอยู่ด้านบนของระบบและฟางข้าวส่วนที่ถูกย่อยจนเป็นตะกอนจะตกอยู่ที่พื้นของระบบ ดังนั้นน้ำเสียที่ผ่านการหมักซึ่งเป็นส่วนน้ำใส (Supernatant) หรือ น้ำเสียที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ จึงมีค่า TSS ลดลง โดยพบว่าระยะเวลาของการหมักที่ทำการศึกษาไม่ส่ง

ผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่า TSS อย่างไรก็ตามจะพบว่าน้ำเสียจากระบบหมักที่มีการเตรียมฟางด้วยการตัดจะมีค่า TSS สูงกว่าระบบอื่น (Table 1) เนื่องจากการตัดจะทำให้ฟางข้าวเกิดการแยกตัวปะปนอยู่ในน้ำเสียมากขึ้น ขณะที่ฟางข้าวที่ไม่ได้ตัดจะมีลักษณะรวมกันเป็นกลุ่มก้อนลอยอยู่ด้านบนฟางข้าวที่ตัดและแช่ในสารละลายต่างจะถูกย่อยสลายลดขนาดและเกิดเป็นตะกอนได้มากกว่า

ค่า pH ของน้ำเสียทั้งก่อนและหลังหมักมีค่าไม่แตกต่างกันนัก โดยพบมีค่าเป็นกลางถึงเป็นด่างเล็กน้อย ทั้งนี้โดยรวมแล้วจะพบว่า pH ของน้ำเสียจากระบบหมักที่มีการเตรียมฟางข้าวแตกต่างกัน และรวมถึง pH ของน้ำเสียที่มีระยะเวลาในการหมักแตกต่างกันนั้นส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ค่า pH ที่ตรวจพบในน้ำเสียทั้งหมดมีค่าอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ซึ่งกำหนดค่า pH เท่ากับ 5.5-9.0 และรวมถึง ค่า TSS ของน้ำเสียที่ผ่านการหมัก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 200 mg/L สำหรับฟาร์มที่มีจำนวนสุกรตั้งแต่ 50 ถึงน้อยกว่า 500 ตัว<sup>11</sup>

#### คุณลักษณะของฟางข้าว

ผลการตรวจวัดค่าความชื้นของฟางข้าวที่ได้จากระบบหมักภายหลังการผึ่งฟางไว้เป็นเวลา 48 hr พบฟางข้าวมีค่าความชื้นสูงขึ้นเมื่อเทียบกับฟางข้าวก่อนหมัก โดยมีค่าความชื้นอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 35%<sup>12</sup> ทั้งนี้รูปแบบการเตรียมฟางข้าวไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟางข้าวเช่นเดียวกับระยะเวลาของการหมัก ยกเว้นในระบบหมักที่มีการเตรียมฟางข้าวด้วยการตัดและแช่ด้วยสารละลายต่างซึ่งพบว่าระยะเวลาหมักที่นานขึ้นจะทำให้ค่าความชื้นของฟางข้าวมีค่าสูงขึ้น ค่า OM ของฟางข้าวทั้งหมดภายหลังการหมัก มีค่าสูงกว่าค่า OM ของฟางข้าวก่อนหมัก ทั้งนี้หากการหมักในระบบหมักแบบไร้อากาศเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายขนาดและถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซในที่สุด ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวนี้ต้องการ จุลินทรีย์หลายกลุ่มในการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างเป็นลำดับขั้นและมีความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกัน การตรวจพบค่า OM ของฟางข้าวในปริมาณสูงบ่งชี้ได้ถึงการย่อยสลายของฟางข้าวในระบบที่ยังเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ ประกอบกับการหมักฟางข้าวร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์จาก ของเสียจากตัวสุกรและเศษอาหาร ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถตกตะกอนและสามารถถูกดูดซับไว้กับฟางข้าวได้จึงทำให้ค่า OM ของฟางข้าวจากทุกระบบการหมักมีค่าสูงขึ้นและมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฟางข้าวจากระบบหมักที่มีรูปแบบการเตรียมฟางข้าวที่แตกต่างกัน และระหว่างฟาง

ข้าวที่มีระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน ยกเว้นในระบบหมักที่ฟางข้าวไม่ผ่านการเตรียมฟาง ซึ่งพบว่าระยะเวลาหมักที่นานขึ้นจะทำให้ค่า OM ของฟางข้าวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) เนื่องจากฟางข้าวมีเวลาในการดูดซับสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียได้นานขึ้น ทั้งนี้ ค่า OM ของฟางข้าวจากระบบหมัก แม้จะมีค่าไม่น้อยกว่า 30% ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ที่พบฟางข้าวจากระบบหมักมีค่า OM สูง ซึ่งหมายถึงการย่อยสลายสารอินทรีย์ในฟางข้าวยังเกิดได้ไม่สมบูรณ์ และหากนำไปใช้ในรูปของวัสดุบำรุงดินจะส่งผลกระทบต่อพืชได้<sup>12</sup> ทั้งนี้การเพิ่มระยะเวลาในการหมักจะทำให้ฟางข้าวเกิดการย่อยสลายได้มากขึ้น

ค่า Total N ของฟางข้าวที่ผ่านการหมักพบมีค่าสูงกว่าฟางข้าวก่อนหมัก เนื่องจากฟางข้าวได้รับ  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N และ Organic N จากน้ำเสียที่หมักร่วม ซึ่งเป็นน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่มีไนโตรเจนในรูป TKN ปนเปื้อนอยู่ถึง 236.6 mg/L การศึกษาเปรียบเทียบพบว่ารูปแบบการเตรียมฟางข้าวไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ ค่า Total N ของฟางข้าวที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 2-8 wk ส่วนฟางข้าวที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 10 wk จะพบค่า Total N สูงที่สุดในระบบหมักที่มีการเตรียมฟางโดยการตัดและแช่ด้วยสารละลายต่าง ในขณะที่ระยะเวลาหมักที่นานขึ้นจะส่งผลให้ค่า Total N ของฟางข้าวภายหลังการหมักจากทุกระบบการเตรียมฟางมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ทั้งนี้ เนื่องจากไนโตรเจนในน้ำเสียมีเวลาในการสัมผัสและมีโอกาสถูกดูดซับไว้กับฟางข้าวมากขึ้น นอกจากนั้น ยังพบว่าฟางข้าวภายหลังการหมักเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 4 wk ขึ้นไป จากทุกระบบการเตรียมฟางมีค่า Total N ไม่น้อยกว่า 1% ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548<sup>12</sup> ทั้งนี้ แม้นิโตรเจนจะเป็นธาตุที่สำคัญต่อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก แต่อย่างไรก็ตาม หากเกิดการสะสมไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย จะทำให้ค่า pH สูงขึ้น และหากมีค่าสูงเกิน 8.5 จะเป็นพิษต่อแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic bacteria) ในกระบวนการหมักได้<sup>13</sup>

ค่าเฉลี่ย Total  $\text{P}_2\text{O}_5$  ของฟางข้าวที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 2 wk ขึ้นไป จากทุกระบบการเตรียมฟาง มีค่าสูงกว่าค่า Total  $\text{P}_2\text{O}_5$  ของฟางข้าวก่อนหมัก และพบว่ามีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) เช่นเดียวกับค่า Total N ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวได้รับฟอสฟอรัสจากน้ำเสียที่หมักร่วม โดยกรมควบคุมมลพิษ<sup>11</sup> ได้ระบุว่าน้ำเสียจากฟาร์มสุกร จะมีฟอสฟอรัสในรูปฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 8.0-17.0 mg/L อย่งไรก็ตาม ค่า Total  $\text{P}_2\text{O}_5$  ของฟางข้าวภายหลังการหมักยังคงมี

ค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 ที่กำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 0.5%<sup>12</sup> โดยพบว่าฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมด้วยการตัดและแช่สารละลายต่างมีแนวโน้มในการดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีกว่าการเตรียมฟางในรูปแบบอื่น (Table 2)

ค่าเฉลี่ย Total  $\text{K}_2\text{O}$  ของฟางข้าวที่ผ่านการหมักเกือบทั้งหมด มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่า Total  $\text{K}_2\text{O}$  ของฟางข้าวก่อนหมัก โดยพบว่าฟางข้าวจากระบบหมักที่มีการเตรียมฟางด้วยการตัดและแช่ด้วยสารละลายต่างจะมีค่า Total  $\text{K}_2\text{O}$  สูงกว่าฟางข้าวจากระบบที่มีการเตรียมฟางรูปแบบอื่นเมื่อมีระยะเวลาในการหมักเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ระยะเวลาในการหมักไม่ส่งผลต่อค่า Total  $\text{K}_2\text{O}$  ของฟางข้าวเช่นกัน (Table 2) ทั้งนี้การลดลงของค่า Total  $\text{K}_2\text{O}$  ของฟางข้าว เกิดขึ้นได้จากการนำไปใช้ของจุลินทรีย์และจากการสูญเสียให้กับน้ำเสียที่หมักร่วมกันภายในระบบ โดยค่า Total  $\text{K}_2\text{O}$  ของฟางข้าวทั้งก่อนและภายหลังการหมักมีค่าต่ำกว่า 0.5% ที่กำหนดไว้สำหรับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548<sup>12</sup>

ค่า C/N ratio ของฟางข้าวที่ผ่านการหมักเกือบทั้งหมดมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับค่า C/N ratio ของฟางข้าวก่อนหมักซึ่งมีค่าสูงถึง 193.5:1 แม้จะพบว่าฟางข้าวจากระบบหมักที่มีการเตรียมฟางด้วยการตัดและแช่ด้วยสารละลายต่าง มีค่า C/N ratio ต่ำกว่าฟางข้าวจากระบบที่มีการเตรียมฟางรูปแบบอื่น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นฟางข้าวที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 10 wk ขณะที่พบว่าระยะเวลาหมักที่นานขึ้น จะทำให้ค่า C/N ratio ของฟางข้าวภายหลังการหมักทั้งหมดมีค่าลดลงและเกือบทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าไนโตรเจนของฟางข้าวตามระยะเวลาการหมัก โดยการลดลงของ ค่า C/N ratio ของฟางข้าวภายหลังการหมักนี้เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของค่าไนโตรเจนของฟางข้าวเป็นหลัก ซึ่งแม้ค่าสารอินทรีย์คาร์บอนของฟางข้าวภายหลังการหมักจะมีค่าสูงขึ้นแต่พบว่าเพิ่มสูงขึ้นไม่มากนักเมื่อเทียบต่อปริมาณไนโตรเจน จึงทำให้ค่า C/N ratio ของฟางข้าวหลังหมักมีค่าลดลง โดยค่า C/N ratio ของฟางข้าวทั้งก่อนและภายหลังการหมักมีค่าสูงกว่า 20:1 ที่กำหนดไว้สำหรับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548<sup>12</sup>

จากผลการศึกษา สรุปได้ว่าฟางข้าวซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ขนาดใหญ่และย่อยสลายยากสามารถถูกย่อยสลายได้ในการหมักร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในสภาพไร้อากาศ โดยจะถูกย่อยสลายเป็นสารอินทรีย์

โมเลกุลเล็กเช่นเดียวกับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยพบว่าฟางข้าวจากระบบหมักที่มีการเตรียมฟางข้าวด้วยการตัดและแช่ด้วยสารละลายต่างจะเกิดการย่อยสลายได้ดีกว่าระบบอื่น ขณะที่ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมักมีค่าลดลง ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แขวนลอย การตกตะกอนของของแข็งแขวนลอย และการดูดซับของของแข็งแขวนลอยติดอยู่กับฟางข้าวที่หมักร่วมอยู่ในระบบ ค่าไนโตรเจนของน้ำเสียมักมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของค่าอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียจากการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำเสียและฟางข้าว ขณะที่ ธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของฟางข้าวหลังการหมักมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งเกิดจากการดูดซับธาตุอาหารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย โดยระยะเวลาหมักที่นานขึ้นจะทำให้ค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของฟางข้าวสูงขึ้น ขณะที่รูปแบบของการเตรียมฟางไม่ส่งผลชัดเจนนักต่อปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว ค่า C/N ratio ของฟางข้าว มีค่าลดลงตามระยะเวลาการหมัก ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของค่าไนโตรเจนเป็นหลัก จากผลการศึกษาจะพบว่าเมื่อทำการหมักร่วมระหว่างฟางข้าวและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในสภาพไร้อากาศนั้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้น จะทำให้ฟางข้าวมีคุณลักษณะเปลี่ยนแปลงไป และทำให้สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียเกิดการย่อยสลายและเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม พบว่ากระบวนการหมักที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลาที่ทำการศึกษานั้น สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังไม่เกิดการย่อยสลายจนถึงขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอินทรีย์ ดังนั้นการศึกษาต่ออย่างละเอียดด้วยระยะเวลาของการหมักที่ยาวนานขึ้นจะทำให้ทราบถึงผลจากกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ ซึ่งจะนำไปสู่การนำระบบการหมักร่วมแบบไร้อากาศไปสู่การประยุกต์ใช้ในการจัดการน้ำเสียและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทฟางข้าวได้อย่างเหมาะสมต่อไป

## กิตติประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการ และอำนวยความสะดวกอื่น จนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

1. Abbasi T, Tauseef SM, Abbasi SA. Anaerobic digestion for global warming control and energy generation-an overview. *Renew Sust Energy Rev* 2012;16:3228-42.

2. สุภัณฑิต นิ่มรัตน์. จุลชีววิทยาน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
3. Feng H, Qu GF, Ning P, Xiong XF, Jia LJ, Shi YK et al. The resource utilization of anaerobic fermentation residue. *Procedia Environ Sci* 2011;11:1092-99.
4. Parameswaran P, Rittmann BE. Feasibility of anaerobic co-digestion of pig waste and paper sludge. *Bioresour Technol* 2012;124:163-8.
5. Mussoline W, Esposito G, Lens P, Giordano A. Design considerations for a farm-scale biogas plant based on pilot-scale anaerobic digesters loaded with rice straw and piggery wastewater. *Biomass Bioenergy* 2012;46:469-78.
6. Chen X, Zhang Y, Gu Y, Liu Z, Shen Z, Chu H et al. Enhancing methane production from rice straw by extrusion pretreatment. *Appl Energy* 2014;122:34-41.
7. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. โครงการศึกษาการเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร ในรูปแบบการหมักย่อยร่วม โดยดัดแปลง UASB และ CSTR เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัย เชียงใหม่; 2552.
8. APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18<sup>th</sup> ed. Washington D.C: American Public Health Association; 1992.
9. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. คู่มือวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2551.
10. Lim JS, Manan ZA, Alwi SRW, Hashim H. A review on utilization of biomass from rice industry as a source of renewable energy. *Renew Sustainable Energy Rev* 2012;16:3084-94.
11. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการเลือกใช้ การดูแลและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรตามแบบมาตรฐานกรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2546.
12. นริลักษณ์ ชูรวเวช. เรื่องควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร; 2548.
13. Hartmann H, Ahring B.K. Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: an overview. *Water Sci Technol* 2006;53:7-22.



# ความหลากหลายของไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่ม และไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่วและการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน ในอุทยานแห่งชาติภูแล้งกา จังหวัดนครพนม

## Diversity and Folk Medicinal Uses of Shrub, Subshrub and Woody Climber in the Family Leguminosae in Phu Langka National Park, Nakhon Phanom Province

วิลาวัณย์ พร้อมพรม<sup>1</sup>, วรณชัย ชาแทน<sup>1\*</sup>

Wilawan Promprom<sup>1</sup>, Wannachai Chatan<sup>1\*</sup>

Received: 21 January 2015 ; Accepted: 30 March 2015

### บทคัดย่อ

ศึกษาความหลากหลายของไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่ว (Leguminosae) ในอุทยานแห่งชาติภูแล้งกา จังหวัดนครพนม และการใช้ประโยชน์เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน โดยออกเก็บตัวอย่างพรรณไม้ช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2556 และการสัมภาษณ์ชาวบ้านและหมอยาพื้นบ้านจากชุมชนรอบ ๆ พื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบพรรณไม้ทั้งหมด 12 สกุล 16 ชนิด โดยพรรณไม้ทั้งหมดนี้มีการใช้ประโยชน์เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน 14 ชนิด ได้บรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยา สร้างรูปวิธานระบุสกุลและชนิด บันทึกภาพประกอบ และบรรยายข้อมูลอื่นๆ ประกอบ ได้แก่ นิเวศวิทยา บริเวณที่พบในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลการใช้ประโยชน์และชื่อพื้นเมือง ตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิงเก็บรักษาไว้ที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (BKF)

**คำสำคัญ :** พืชวงศ์ถั่ว อนุกรมวิธาน พืชสมุนไพร

### Abstract

Diversity of Leguminous shrubs, subshrubs and woody climbers (Leguminosae) in Phu Langka National Park, Nakhon Phanom Province was investigated by collecting plants between May, 2011 and June, 2013. Folk medicinal uses were studied by interviewing villagers and folk medicine healers living around the National Park. The result showed that 12 genera and 16 species were found, including 14 folk medicinal plant species. The morphological description, key to genera and species were constructed and colour photographs of each species were prepared. In addition, ecology, distribution in the study area, utilization and vernacular names were provided. The voucher specimens were deposited in the Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (BKF).

**Keywords :** Leguminosae, Taxonomy, medicinal plant

### บทนำ

พืชวงศ์ถั่ว (Leguminosae) เป็นวงศ์ที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับสามบนโลก ส่วนใหญ่เป็นไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม หรือไม้เถา พบได้ทั่วโลกโดยมีอยู่ประมาณ 729 สกุล และ 19,325 ชนิด พืชวงศ์นี้จำแนกออกเป็น 3 วงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อยราชพฤกษ์

(Caesalpinioideae) วงศ์ย่อยสีเสียด (Mimosoideae) และวงศ์ย่อยประดู่ (Papilionoideae) โดยใช้ลักษณะของลักษณะวิสัยใบ ดอก เรณู เอ็มบริโอ และการเป็นปม<sup>1</sup> ในหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทยมีรายงานพืชวงศ์ถั่วนี้ไว้แล้ว 2 วงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อยราชพฤกษ์<sup>2</sup> และวงศ์ย่อยสีเสียด<sup>3</sup> ส่วน

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand

\* Corresponding author: Wannachaichatan@gmail.com

วงศ์ย่อยประดู่ นั้นยังศึกษาไม่เสร็จสิ้น พี่ชวงศ์ถั่ว นั้นยังมีการศึกษาการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้านจากภูมิปัญญาท้องถิ่นอยู่น้อย ทั้งที่มีความหลากหลายของชนิดสูง ทำให้ยังมีข้อมูลพื้นฐานด้านนี้อยู่ น้อย ซึ่งเป็นขีดจำกัดในการนำไปศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ทั้งทางการแพทย์ เกษษศาสตร์ วิทยาศาสตร์หรือด้านอื่นๆ

ในปัจจุบันพืชสมุนไพรไทยบางชนิดมีราคาแพงขาดแคลน จึงน่าจะมีการศึกษาหาพืชชนิดใหม่ๆ เพื่อเป็นทางเลือกในการนำไปใช้ นอกจากนี้พืชสมุนไพรไทยจำนวนมากยังขาดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การขาดการอ้างอิงชื่อวิทยาศาสตร์ระดับต่างๆ ที่ถูกต้อง ขาดคำบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยาและตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิงเพื่อใช้อ้างอิง ตามมาตรฐานการควบคุมคุณภาพสมุนไพร<sup>4</sup> จากการตรวจสอบงานวิจัยการสำรวจพืชสมุนไพรในภาคอีสานในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่ามีรายงานการศึกษาบางเรื่องหรือบางพื้นที่เท่านั้น<sup>5-10</sup> นอกจากนั้นผลการศึกษาจากงานวิจัยเหล่านี้ไม่มีคำบรรยายลักษณะและรูปภาพประกอบ และบางงานวิจัยไม่มีตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิง ทำให้ไม่สะดวกในการระบุชนิดการนำไปใช้ หรือยังมีความเชื่อมั่นในการนำไปใช้น้อย เนื่องจากไม่มีข้อมูลตามมาตรฐานการควบคุมคุณภาพสมุนไพร

อุทยานแห่งชาติภูแลงคา มีเนื้อที่ประมาณ 31,250 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์และมีสัตว์ป่าอยู่หลายชนิด และมีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงามและมีน้ำตกที่สำคัญคือน้ำตกตาดขามและน้ำตกตาดโพธิ์ โดยอุทยานแห่งชาติภูแลงคามีเขตทางทิศเหนือจรดห้วยทรายและห้วยซ่านของอำเภอบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ ทิศใต้จรดทางเข็ญ และที่ทำการราษฎรของอำเภอบ้านแพงและอำเภอนาทม จังหวัดนครพนม ทิศตะวันออกจรดที่ทำการของราษฎรอำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม ทิศตะวันตกจรดที่ทำการราษฎรของอำเภอบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2552 ได้รับการประกาศจัดตั้งเป็นอุทยานแห่งชาติ<sup>11</sup> ซึ่งพบว่าอุทยานแห่งนี้ยังไม่มีการศึกษาความหลากหลายของพรรณไม้ในวงศ์ถั่วกลุ่มไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็ง รวมทั้งการศึกษาการใช้เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านมาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความหลากหลายและการใช้เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านของพรรณไม้กลุ่มดังกล่าวในพื้นที่นี้ โดยเก็บตัวอย่างพรรณไม้ บันทึกภาพประกอบ จัดทำคำบรรยายลักษณะ รูปวิธานระบุชื่อวิทยาศาสตร์ในระดับสกุลและชนิด และบรรยายข้อมูลอื่นๆ ประกอบ ได้แก่ นิเวศวิทยา บริเวณที่พบในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลการใช้ประโยชน์และชื่อพื้นเมือง

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณไม้กลุ่มไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในอุทยานแห่งชาติภูแลงคา ช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2556 พร้อมเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์เป็นสมุนไพรพื้นบ้านโดยการสัมภาษณ์ชาวบ้านและหมอยาพื้นบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆ อุทยานฯ คือ นายอำคา สอนโพธิ์ (บ้านนาโพธิ์ ตำบลไผ่ล้อม อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม) และนายบรรจง กุลรัตน์ (บ้านนาวัว ตำบลนาจัว อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม) พร้อมบันทึกข้อมูล นิเวศวิทยา ชื่อพื้นเมือง และถ่ายภาพประกอบ ทำตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิงงานวิจัย ซึ่งนำไปเก็บรักษาไว้ที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (BKF) และศึกษาสัณฐานวิทยา ระบุชื่อวิทยาศาสตร์โดยใช้เอกสารทางอนุกรมวิธาน เช่น หนังสือพรรณพฤกษชาติมาเลเซียและหนังสือพรรณพฤกษชาติอินโดจีน เป็นต้น และเขียนคำบรรยายลักษณะตามรูปแบบแบบของหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย

## ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

### ความหลากหลายของพรรณไม้

จากการออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่ว ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูแลงคา จังหวัดนครพนม และเก็บข้อมูลการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้านจากชุมชน ในส่วนของความหลากหลายของพรรณไม้กลุ่มนี้ พบพรรณไม้ในวงศ์ถั่วทั้ง 3 วงศ์ย่อยจำนวน 12 สกุล และ 16 ชนิด โดยเป็นพรรณไม้ในวงศ์ย่อยราชพฤกษ์ 2 สกุลและ 5 ชนิด พรรณไม้ในวงศ์ย่อยประดู่พบ 8 สกุล และ 9 ชนิด และพรรณไม้ในวงศ์ย่อยสีเสียดจำนวน 2 สกุลและ 2 ชนิด ซึ่งจากพรรณไม้ทั้งหมดนี้เป็นไม้พุ่ม 8 ชนิด ไม้กึ่งพุ่ม 2 ชนิด และไม้เถาเนื้อแข็ง 6 ชนิด

เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาความหลากหลายของพรรณไม้กลุ่มนี้กับผลการศึกษาจากพื้นที่ใกล้เคียงคือ เปรียบเทียบกับการศึกษาในอุทยานแห่งชาติภูเรือโดยประนอม จันทรโณทัย สวี มัญญา และ โรเบิร์ต เพนเนลลี<sup>12</sup> ซึ่งพบพรรณไม้ในวงศ์ถั่ว 9 ชนิด โดยมีชนิดที่เหมือนกัน 2 ชนิด คือ *Entada glandulosa* Pierre ex Gagnep. และ *Indigofera sootepensis* Craib และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาพรรณไม้ในอุทยานแห่งชาติภูพาน<sup>13</sup> ซึ่งพบพรรณไม้ในวงศ์ถั่ว 43 ชนิด โดยมีชนิดที่เหมือนกัน 6 ชนิด คือ *Abrus pulchellus* Wallich ex Thwaites, *Bauhinia lakhonensis* Gangnep., *B. penicilliloba* Pierre ex Gagnep., *B. sirindhorniae* K.Larsen & S.S.Larsen, *Entada glandulosa* Pierre

ex Gagnep. และ *Indigofera sootepensis* Craib จะเห็นว่า พรรณไม้กลุ่มนี้ที่พบจากอุทยานแห่งชาติภูผามาศมีชนิดที่ค่อนข้างต่างจากที่พบจากอุทยานแห่งชาติภูเรือและภูพาน ถึงแม้ว่าพื้นที่จะอยู่ใกล้เคียงกันก็ตาม ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการพบชนิดพืชกลุ่มนี้เพิ่มเติมจากชนิดที่พบจากอุทยานแห่งชาติใกล้เคียง นอกจากนี้อุทยานแห่งชาติภูผามาศยังเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจในการศึกษาความหลากหลายของพรรณไม้กลุ่มอื่นๆ ด้วย เนื่องจากอาจจะพบพรรณไม้กลุ่มอื่นๆ ที่แตกต่างจากพื้นที่อื่นได้เช่นกัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลทางอนุกรมวิธานเพิ่มเติมให้กับการศึกษาพรรณพฤกษชาติของประเทศไทยด้วย

จากการศึกษาพรรณไม้กลุ่มไม้พุ่ม ไม้กิ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่ว ได้สร้างรูปวิธาน เขียนคำบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยาและบรรยายข้อมูลอื่นๆ ประกอบได้ดังนี้

**1. วงศ์ย่อยราชพฤกษ์ (Caesalpinioideae)**

พรรณไม้กลุ่มไม้พุ่ม ไม้กิ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็ง ในวงศ์ย่อยนี้พบทั้งหมด 2 สกุล 5 ชนิด ดังนี้

รูปวิธานระบบสกุล

- 1. ไม้เตี้ย.....1.1 *Bauhinia*
- 1. ไม้ประกอบ.....1.2 *Senna*

**1.1 สกุล *Bauhinia***

*Bauhinia* L., Sp. Pl. 1: 374. 1753.

ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย และไม้ต้น ไม้เตี้ยเรียงสลับ ปลายมักเว้าตื้นหรือหยักเว้าเป็นสองแฉก หรือมีใบย่อย 2 ใบ หูใบร่วงง่าย ดอกมักมีดอกสมบูรณ์เพศ ก่อนข้างมีฐานรองดอกชัดเจน กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ เชื่อมกันเป็นรูปถ้วยหรือเป็นแผ่นคล้ายกาบหรือแยกกัน กลีบดอกมี 5 กลีบ ขนาดใกล้เคียงกัน เกสรเพศผู้มี 10 อันหรือ 1-5 อัน อับเรณูแตกตามยาวหรือแตกเป็นรูตรงกลาง เกสรเพศเมียมีรังไข่มีก้าน ผลเมื่อแก่แตกพบน้อยที่ไม่แตก

รูปวิธานระบบชนิด

- 1. ช่อดอกมีขนสีน้ำตาลหนาแน่น.....  
..... 1.1.3 *Bauhinia sirindhorniae*
- 1. ช่อดอกเกลี้ยง..... 2
- 2. แกนกลางช่อดอกสีแดง.....  
..... 1.1.2 *Bauhinia penicilliloba*
- 2. แกนกลางช่อดอกสีเขียวอมแดง.....  
..... 1.1.1 *Bauhinia lakhonensis*

**1.1.1 *Bauhinia lakhonensis* Gagnep., Notul., Syst. (Paris) 2 : 173. 1912.**

ไม้เถาเนื้อแข็ง มีมือเกาะ กิ่งอ่อนมีขน ใบเดี่ยว เรียงเวียน ใบรูปไข่ ขนาด 5-6 × 4-5 ซม. มีเส้นใบ 6-9 เส้น ฐานใบรูปหัวใจ ปลายใบแยกเป็น 2 พู เว้าแคบ ขนาดเท่ากัน ผิวใบด้านบนเกลี้ยงแต่ด้านล่างมีขนบริเวณเส้นใบ ดอกตูมเป็นรูปไข่ยาว 5 มม. ใบประดับขนาดเล็ก ติดบริเวณตรงกลางของก้านดอกย่อย ช่อดอกแบบช่อเชิงหลั่นช้อน ออกตามซอกใบและปลายกิ่ง วงกลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ กลีบดอก สีขาวหรือขาวอมชมพูอ่อน รูปไข่กลับ ยาวประมาณ 1 ซม. เกสรเพศผู้สั้นที่สมบูรณ์มี 3 อัน อันที่เป็นหมันมี 7 อัน เกสรเพศเมียมีรังไข่เหนือวงกลีบ รังไข่ทรงกระบอก ผิวเกลี้ยง ผลฝักแบบถั่วเมื่อแห้งแล้วแตกออก เมล็ดรูปรี มี 8-12 เมล็ด (Figure 1A)

บริเวณที่พบในภูผามาศ: ป่าเบญจพรรณ ทางเข้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติภูผามาศ

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นตามข้างทาง โดยเฉพาะตามที่โล่งแจ้ง

ชื่อพื้นเมือง: ส้มเสี้ยวเถา ประดงช้อ  
พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 860

**1.1.2 *Bauhinia penicilliloba* Pierre ex Gagnep., Notul. Syst. (Paris) 2: 177. 1912.**

ไม้พุ่ม กิ่งเลื้อย สูงประมาณ 3 ม. มีมือเกาะ กิ่งมีขนสีแดงอ่อน ใบเดี่ยว ขนาด 7-8 × 5-6 ซม. เรียงเวียน ใบรูปไข่ ฐานใบรูปหัวใจ ขอบใบเรียบ ปลายใบแยกเป็น 2 พู ลึก ผิวใบด้านบนเกลี้ยงแต่ด้านล่างมีขน เนื้อใบคล้ายกระดาษ มีเส้นใบ 7-9 เส้น ก้านใบยาว 2-4 ซม. ดอกตูม ผิวมีขน รูปลิ้ม ปลายแยกเป็น 5 แฉก ช่อดอกเป็นช่อกระจุก ออกปลายกิ่ง ยาว 6-15 ซม. ผิวมีขนสีแดง กลีบเลี้ยงเชื่อมกัน ปลายแยกเป็น 5 แฉก กลีบดอกสีเหลือง เกสรเพศผู้มี 3 อัน ดอกสมบูรณ์ อับเรณู รูปรี หรือรูปขอบขนาน ฐานดอก ผิวเกลี้ยง เกสรเพศเมียมีรังไข่ผิวเกลี้ยง ก้านเกสรเพศเมียยาว 1-2 มม. ผลเป็นฝักแห้งแตกตามยาว รูปขอบขนาน ยาว 2.5-3 ซม. (Figure 1B)

บริเวณที่พบในภูผามาศ: พบในป่าเต็งรัง ป่าที่ค่อนข้างโปร่ง

นิเวศวิทยา: ป่าเต็งรัง  
ชื่อพื้นเมือง: เสี้ยวแดง  
พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 902 และ W.Chatan 1077

**1.1.3 Bauhinia sirindhorniae K.Larsen & S.S.Larsen**, Nordic J. Bot. 17(2): 113. 1997.

ไม้เถาเนื้อแข็ง ลำต้นยาว 10–15 ม. กิ่งอ่อนสีน้ำตาล ผิวมีขนหนาแน่น ใบ ใบเดี่ยว เรียงสลับ ขนาด 5–8 × 4–6 ซม. แผ่นใบรูปไข่ ปลายใบแยกเป็น 2 แฉกตื้นๆ หรือจรดถึงฐานใบ ฐานใบรูปหัวใจ ผิวด้านบนเกลี้ยง ด้านล่างมีขนบริเวณเส้นใบเส้นใบ 9–11 เส้น ก้านใบยาว 2–5 ซม. ดอกตูมทรงรี ปลายแหลม ช่อดอก ช่อกระจจะยาว 10 ซม. ออกตามซอกใบ ก้านดอกยาว 1–2 ซม. กลีบเลี้ยงแยกกันตามยาว 1–2 แฉก ปลายรูปคล้ายกาบ กลีบดอกมี 5 กลีบ ผิวมีขนสีน้ำตาลแดง เกสรเพศผู้มี 3 อัน เป็นหมัน 2 อัน เกสรเพศเมียมีรังไข่มีขนสีน้ำตาลแดง ก้านเกสรเพศเมียยาว 0.5–1 มม. ผล แบบฝัก ยาว 15–18 ซม. ผลเมื่อแก่สีน้ำตาล ผิวมีขนสีน้ำตาลแดง เมล็ดมีจำนวน 8–10 เมล็ด รูปรีกว้างค่อนข้างกลม (Figure 1C)

บริเวณที่พบในภูลังกา: ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นตามที่โล่งแจ้ง พบน้อยที่พบในร่ม

ชื่อพื้นเมือง: สามสิบสองประดง สิรินครวัลลี  
พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 877

**1.2 สกุล Senna**

*Senna* Gard. Dict. Abr., ed. 4: 1280. 1754.

ไม้ล้มลุก ไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดเล็ก ใบประกอบแบบขนนกปลายคู่ เรียงเวียน มีหรือไม่มีต่อมน้ำต้อย ช่อดอกเป็นช่อกระจจะ ออกปลายกิ่งหรือตามซอกใบ ไม่มีใบประดับย่อย กลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 5 กลีบ มีหลายขนาด เกสรเพศผู้ โดยทั่วไปมี 10 อันถึงจำนวนมาก ก้านชูอับเรณูตรง ผลแบบเป็นฝัก แตกหรือไม่แตก

รูปวิธานระบุชนิด

- 1. ต่อมอยู่ใกล้ฐานของก้านใบ.....  
..... 1.2.1 *Senna occidentalis*
- 1. ต่อมอยู่ตรงแกนกลางใบประกอบระหว่างก้านใบย่อยของใบย่อยสองคู่ล่าง..... 1.2.2 *Senna tora*

**1.2.1 Senna occidentalis (L.) Link, Handb. 2: 140. 1831.**

ไม้ล้มลุกหรือไม้กึ่งพุ่ม สูง 1.5–2.5 ม. ลำต้นผิวเกลี้ยง ใบประกอบแบบขนนกปลายคู่ ใบย่อยมี 3–5 คู่ ขนาด 2–8 × 1.5–2 ซม. รูปใบหอก ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมน ขอบใบมีขนครุย ผิวใบด้านบนและด้านล่างเกลี้ยง เนื้อ

ใบคล้ายเยื่อ ก้านใบยาว 2–4 ซม. มีต่อมรูปไข่อยู่บริเวณใกล้ฐานของก้านใบ ก้านใบย่อยยาว 2 มม. ช่อดอกช่อกระจจะ ออกปลายกิ่งหรือตามซอกใบ ก้านดอกสั้น มี 2–4 ดอกย่อย ก้านดอกย่อย ยาว 5 มม. ใบประดับรูปแถบปลายแหลม กลีบเลี้ยงสีน้ำตาล กลีบดอกสีเหลือง ยาว 1.5 ซม. เกสรเพศผู้มี 9–10 อัน เชื่อมติดกับก้านชูอับเรณู มีช่องเปิดบริเวณปลาย มีการลดรูปของเกสรเพศผู้ เกสรเพศเมียมีรังไข่มีขน ก้านเกสรเพศเมียผิวเกลี้ยง ผลแบบฝักแบน ผิวเกลี้ยง สีน้ำตาลเข้ม ยาว 10–12 ซม. เมล็ดมี 30–40 เมล็ด รูปไข่ ยาว 2–4 ซม. (Figure 1D)

บริเวณที่พบในภูลังกา: ป่าเต็งรัง วัตถุประสงค์  
นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นข้างทางหรือตามที่โล่งแจ้ง  
ชื่อพื้นเมือง: ชีเหล็กเทศ ชีเหล็กเผือก ฝักเห็ด ชีเหล็กผี ชุมเห็ดเล็ก คางเค็ด  
พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1005

**1.2.2 Senna tora (L.) Roxb., Fl. Ind., ed. 2(2): 340. 1832.**

ไม้ล้มลุกหรือไม้กึ่งพุ่ม สูง 50–60 ซม. ลำต้นผิวเกลี้ยง หน่อ ยาว 1–1.5 ซม. ร่วงง่าย ใบประกอบแบบขนนกปลายคู่ ใบย่อยมี 3 คู่ แกนกลางใบยาว 2–3 ซม. มีต่อมอยู่ระหว่างก้านใบย่อยสองคู่ล่าง ก้านใบประกอบยาว 1–4 ซม. ใบย่อยรูปไข่กลับ ยาว 2–5 ซม. ปลายใบกลม โคนใบมนแคบๆ ขอบใบเรียบ ผิวใบเกลี้ยง ช่อดอกแบบช่อกระจจะ ออกตามซอกใบ มี 1–3 ดอกย่อย ใบประดับรูปแถบ ยาว 2-3 มม. ก้านดอกย่อย ยาว 4–10 มม. กลีบเลี้ยง 5 กลีบ รูปไข่ ยาวเท่าๆ กัน ยาวประมาณ 5 มม. กลีบดอก 5 กลีบ สีเหลือง แต่ละกลีบรูปไข่กลับ ยาวได้ประมาณ 1 ซม. ปลายแหลม มีก้านกลีบสั้นๆ เกสรเพศผู้ 7 อัน ยาวเท่าๆ กัน ก้านชูอับเรณูยาว 1.5–2 มม. อับเรณูยาว 1.5–2.5 มม. มีช่องเปิดที่ปลาย เกสรเพศเมียมีรังไข่มีขนหนาแน่น ผล รูปแถบ ผิวเกลี้ยง ยาว 10–15 ซม. เมล็ดมี 20–30 เมล็ดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. (Figure 1E)

บริเวณที่พบในภูลังกา: บริเวณป่าทางทิศใต้ของภูลังกา  
นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นข้างทางหรือตามที่โล่งแจ้ง  
ชื่อพื้นเมือง: ชุมเห็ดไทย ชุมเห็ดนาและชุมเห็ดเล็ก  
พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1004

**2. วงศ์ย่อยประดู่ (Papilionoideae)**  
พรรณไม้อีกกลุ่มไม้พุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์

ย้อยนี้พบทั้งหมด 8 สกุล 9 ชนิด ดังนี้

รูปวิธานระบุงศ์

1. ส่วนประกอบต่างๆ ของพืชมีขนรูปตัวที่.....  
..... 2.6 Indigofera
1. ส่วนประกอบต่างๆ ของพืชไม่มีขนรูปตัวที่.....2
2. ฝักเป็นข้อ ข้อดอกมีใบประดับคล้ายใบรอรับ.....  
..... 2.7 Phyllodium
2. ฝักไม่เป็นข้อ ข้อดอกไม่มีใบประดับคล้ายใบรอรับ.....3
3. ฝักพอง..... 2.4 Croton
3. ฝักไม่พอง..... 4
4. กลีบกลางขนาดใหญ่และหุ้มกลีบดอกอื่นๆ เอาไว้  
ชัดเจน..... 2.2 Clitoria
4. กลีบกลางขนาดเล็กเมื่อเทียบกับกลีบอื่นๆ และหุ้ม  
กลีบดอกกลีบอื่นๆ เอาไว้..... 5
5. ใบย้อยเรียงสลับ..... 2.5 Dalbergia
5. ใบย้อยเรียงตรงข้าม..... 6
6. ใบประกอบมี 1-3 ใบย้อย..... 2.3 Codariocalyx
6. ใบประกอบมีใบย้อยมากกว่า 3 ใบย้อย..... 7
7. ใบประกอบแบบขนนกปลายคู่..... 2.1 Abrus
7. ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่..... 2.8 Uria

2.1 สกุล Abrus

*Abrus* Adans., Fam. Pl. (Adanson) 2:  
327. 1763.

ไม้พุ่มหรือไม้เถาเนื้อแข็ง ใบประกอบแบบ  
ขนนก มีใบย่อยหลายคู่ แกนกลางมีหนามแข็งที่ปลาย ข้อดอก  
ช่อกระจะ ออกด้านข้าง กลีบเลี้ยงปลายมีแฉกเล็กๆ กลีบดอก  
มีกลีบกลางรูปไข่ มีส่วนคล้ายก้านกลีบ กลีบคู่ข้างรูปเคียวแคบ  
กลีบคู่ล่างขนาดใหญ่กว่ากลีบคู่ข้าง เกสรเพศผู้ 9 อัน เชื่อมกัน  
เกสรเพศเมีย กิ่งไว้ก้าน มีออวุลจำนวนมาก ผลแบน เมล็ดกิ่ง  
ทรงกลมหรือรี

**Abrus pulchellus Wall. ex Thwaites,**  
Enum. Pl. Zeyl.: 91. 1859.

ไม้เถาเนื้อแข็ง ลำต้นมีขนสีขาวเกือบน้ำตาล  
อ่อน ใบประกอบแบบขนนกปลายคู่ ก้านใบยาว 1-1.2 ซม. ใบ  
ย่อยออกตรงข้าม มี 14-16 คู่ ใบย่อยรูปขอบขนาน ขนาด 6-7  
x 11-21 ซม. ปลายมนและมีติ่งแหลมอ่อน โคนตัด ขอบเรียบ  
ผิวด้านบนกึ่งเกลี้ยง เนื้อใบคล้ายกระดาษ ข้อดอกเป็นช่อ  
กระจะ ออกปลายกิ่งหรือตามซอกใบ ยาว 3-7 ซม. ดอกย่อย  
มีก้านดอกย่อยยาว 2 มม. กลีบเลี้ยงรูปกรวย หลอดกลีบเลี้ยง  
ยาว 2 มม. แฉกกลีบเลี้ยงยาว 0.7 มม. กลีบดอกสีชมพูอ่อน

กลีบกลางกิ่งวงกลม ยาว 7 มม. กลีบคู่ข้างและกลีบคู่ล่างยาว  
1.1-1.3 ซม. เกสรเพศผู้มีส่วนที่เป็นหลอดยาวประมาณ 1 ซม.  
เกสรเพศเมียรังไข่มี 2 อัน ผลรูปขอบขนาน แบน ขนาด  
0.8-1 x 5-6.5 ซม. (Figure 1F)

บริเวณที่พบในภูลังกา: พบในป่าเบญจพรรณ  
ป่าเต็งรัง ทางทิศตะวันตกของอุทยาน

นิเวศวิทยา: พบขึ้นตามที่โล่งแจ้งหรือเลื้อย  
พันไปตามไม้พุ่มอื่น

ชื่อพื้นเมือง: มะกล้าเผือก มะขามป่า  
พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1007

2.2 สกุล Clitoria

*Clitoria* L., Sp. Pl. 2: 753. 1973.

ไม้ล้มลุกหรือไม้พุ่ม ลำต้นเลื้อยหรือตั้งตรง  
พบน้อยที่เป็นไม้ยืนต้น ใบส่วนใหญ่เป็นใบประกอบแบบขนนก  
มี 3-9 ใบย่อย มีหูใบหรือหูใบย่อย ข้อดอกแบบช่อกระจะ ดอก  
เดี่ยวหรือดอกออกเป็นคู่และออกตรงซอกใบ ใบประดับคล้าย  
หูใบ ใบประดับย่อยมีขนาดใหญ่ กลีบเลี้ยง 5 อัน ปลายแยก  
เป็น 5 แฉก แฉกด้านบน 4 อัน เชื่อมกัน กลีบดอกสีขาว แฉก  
น้ำเงิน กลีบกลางไม่มีรยางค์และมีขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น เกสร  
เพศผู้มี 10 อัน เชื่อมกันเป็นกลุ่มมี 1 กลุ่ม หรือ 2 กลุ่ม เกสร  
เพศเมียมีรังไข่มีก้าน มี 2 ออวุลหรือมีจำนวนมาก ก้านเกสร  
เพศเมียค่อนข้างแบน ผิวมีขน ผลรูปแถบแกมรูปขอบขนาน

**Clitoria macrophylla Wall., Numer. List**  
[Wallich] n. 5345. (1831-32).

ไม้พุ่มสูงถึง 1 ม. กิ่งและลำต้นรูปทรงกระบอก  
ผิวมีขน ใบประกอบมี 3 ใบย่อย ใบย่อยที่ปลายขนาด 2.7-3.3  
x 6.5-9 ซม. ใบย่อยด้านข้างขนาด 2.3-2.5 x 4.5-6.5 ซม.  
ใบย่อยทั้งหมดในใบประกอบปลายแหลมหรือมน และปลาย  
เป็นติ่งแหลมอ่อน ขอบใบเรียบ โคนใบรูปลิ้ม ผิวใบด้านบน  
เกลี้ยง ด้านล่างมีขนแบบขีด เนื้อใบคล้ายกระดาษ ข้อดอกเป็น  
ช่อกระจุก ออกซอกใบ แกนกลางยาวถึง 7 มม. มีใบประดับ  
รองรับ ดอกย่อย มีใบประดับย่อยรองรับ ใบประดับย่อยรูปใบ  
หอกกิ่งรูปไข่ กลีบเลี้ยงสีเขียว โคนเชื่อมกันเป็นหลอด ปลาย  
มี 5 แฉก แฉกกลีบเลี้ยงรูปใบหอก กลีบดอกสีขาว กลีบกลาง  
ขนาดใหญ่ รูปไข่กลับ กลีบคู่ข้างรูปแถบ ยาว 2.5-2.7 ซม.  
กลีบคู่ข้างรูปเคียวพระจันทร์ มีก้านกลีบดอกรูปเส้นด้ายยาว  
ประมาณ 1.2-1.3 มม. เกสรเพศผู้มี 10 อัน ยาว 2.3-2.5 ซม.  
อับเรณูมีรูปร่างลักษณะคล้ายกัน เกสรเพศเมียยาว 2.6-2.8  
ซม. ผลรูปแถบ ขนาด 7-8 x 45-46 มม. มีเมล็ด 5-6 เมล็ด  
(Figure 1G)

บริเวณที่พบในภูาลังกา: พบในป่าเต็งรัง  
 นิเวศวิทยา: พบในที่โล่งแจ้ง  
 ชื่อพื้นเมือง: อัญชันป่า  
 พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1331

### 2.3 สกุล *Codariocalyx*

*Codariocalyx* Hassk., Flora oder  
 Allgemeine Bota- nische Zeitung 25(2): 48.1842.

ไม้พุ่มหรือไม้พุ่มขนาดเล็ก ใบมี 1–3 ใบย่อย ใบย่อยที่ปลายขนาดใหญ่ที่สุด มีหูใบหรือหูใบย่อย ช่อดอก ออกปลายหรือซอกใบ ช่อกระจะหรือช่อแยกแขนง ใบประดับ ขนาดใหญ่ มีดอกย่อย 2 ดอก ไม่มีใบประดับย่อย กลีบเลี้ยง รูปประฆังหรือกึ่งรูปปากเปิด มี 5 แฉก กลีบดอก ขนาดใหญ่กว่า กลีบเลี้ยงมาก กลีบกลางปลายมน ไม่มีออริเคิล (auricle) กลีบ คู่ข้างมีส่วนที่คล้ายก้านกลีบ กลีบคู่ล่างปลายมน มีส่วนที่คล้าย ก้านกลีบยาว เกสรเพศผู้เชื่อมกันเป็น 2 กลุ่ม ไม่มีจานฐาน ดอก เกสรเพศเมียมีก้านเลี้ยง ยอดเกสรเพศเมียเป็นตุ่ม ผลรูป ใ้ถวน แบน เป็นข้อ ไร่้ก้าน

#### *Codariocalyx motorius* (Houtt.) H.

*Ohashi*, Journ. Jap. Bot. 40: 367. 1965.

ไม้พุ่มสูง 80 ซม. กิ่งและใบมีขน ใบประกอบ แบบขนนกมี 3 ใบย่อย ใบย่อยที่ปลายมีขนาดใหญ่ที่สุด รูป ขอบขนาน ขนาด 3.0–4.5 x 0.9–1.1 ซม. ปลายและโคนใบ มน ขอบเรียบ เนื้อใบคล้ายแผ่นหนัง ใบย่อยที่อยู่ด้านข้างมี ลักษณะคล้ายใบย่อยที่อยู่ปลายแต่ขนาดเล็กกว่า ช่อดอกเป็น ช่อแยกแขนง ออกปลายกิ่ง ยาวถึง 10 ซม. แขนงช่อดอกมีขน รูปตะขอ ดอกย่อย ก้านดอกย่อยยาว 2–4 มม. กลีบเลี้ยงยาว 2–2.5 มม. มีขน หลอดกลีบเลี้ยงยาว 1.0–1.2 มม. แฉกกลีบ เลี้ยงยาว 1 ซม. กลีบดอกสีม่วง กลีบกลางขนาด 8–10 x 8–10 มม. กลีบคู่ข้างขนาด 6–8 x 4–5 มม. กลีบคู่ล่างขนาด 8–10 x 3–4 มม. และมีก้านกลีบยาว 4–5 มม. เกสรเพศผู้มี 10 อัน อับ เรณูรูปร่างเหมือนกัน เกสรเพศเมียยาว 1–1.2 ซม. ก้านเกสร เพศเมียยาว 4–6 มม. ผิวมีขน ผลยาว 5–18 มม. มี 2–4 ข้อ ตอนหักจะหักที่ตำแหน่งของข้อ ก้านผลยาว 7 มม. (Figure 1H)

บริเวณที่พบในภูาลังกา: พบบริเวณป่า เบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง บริเวณกลางภูาลังกา  
 นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นในที่โล่งแจ้งข้างทางเดิน  
 ชื่อพื้นเมือง: ช้อยนางรำ  
 พรรณไม้อ้างอิง : W.Chatan 1048

### 2.4 สกุล *Crotalaria*

*Crotalaria* L., Sp. Pl.: 714. 1753.

ไม้ล้มลุกหรือไม้พุ่ม ใบเดี่ยว หรือเป็นใบ ประกอบแบบนิ้วมือ มีใบย่อย 3–5 ใบ หูใบร่วงง่ายหรือติดทน ช่อดอกมักเป็นช่อกระจะ ออกปลายกิ่งหรือตามซอกใบ มีใบประดับและใบประดับย่อย กลีบเลี้ยงรูปประฆังหรือรูปปากเปิด ปลายมี 5 แฉก กลีบดอกสีเหลือง สีน้ำเงินหรือสีขาว กลีบกลาง โคนด้านในมีรยางค์คล้ายแคลลัส 2 อัน กลีบคู่ข้างรูปขอบ ขนานถึงรูปไข่กลับแกมรูปขอบขนาน ผิวด้านในมีเกล็ดอยู่ ระหว่างเส้นใบ กลีบคู่ล่างส่วนปลายมักเป็นจงอย เกสรเพศผู้ 10 อัน เชื่อมกันเป็นกลุ่มเดี่ยว เกสรเพศผู้ 5 อัน มีอับเรณู ขนาดใหญ่ มีก้านชูอับเรณูสั้นและติดอับเรณูที่ฐาน ส่วนเกสร เพศผู้อีก 5 อันมีอับเรณูขนาดเล็ก มีก้านชูอับเรณูยาวและติด ด้านหลังอับเรณู เกสรเพศเมียมีรังไข่รูปไข่ถึงรูปใบหอก มีออวุล 2 อันถึงหลายอัน ก้านเกสรเพศเมียโค้งหรือเป็นข้อ ผิวมีขน ผลรูปแถบ รูปขอบขนาน รูปคล้ายกระบอกถึงกึ่งกลม ผิวเกลี้ยงหรือมีขน

#### *Crotalaria kostermansii* Niyomdham,

*Thai For. Bull. (Bot.)* 11: 136-137. 1978.

ไม้พุ่มสูงประมาณ 1.5 ม. ลำต้นและกิ่ง ผิว มีขนหนาแน่น ใบเดี่ยว ก้านใบยาว 1.5–2.5 แผ่นใบรูปแถบ หรือรูปใบหอกกลับแกมรูปแถบ ขนาดประมาณ 1.0 x 4.8 ซม. ปลายใบมนและเป็นติ่งหนาม โคนใบมน ขอบใบเรียบ ผิวใบมี ขนทั้งสองด้าน เนื้อใบคล้ายกระดาษ ช่อดอกเป็นช่อกระจะ ออกปลายกิ่งหรือตามซอกใบ ยาวถึง 15 ซม. กลีบเลี้ยง ยาว ประมาณ 1.5 มม. รูปปากเปิด แฉกหัยกลีบเกือบถึงโคนกลีบ เลี้ยง กลีบดอกสีเหลือง ปากแตรของกลีบกลางรูปไข่กลับ ยาว ประมาณ 1.5 ซม. ปลายเว้าตื้น ก้านกลีบ 1–1.5 มม. กลีบคู่ ข้างรูปขอบขนาน ยาวประมาณ 1 ซม. กลีบคู่ล่างยาวประมาณ 1.5 ซม. บิดเวียนขวา เกสรเพศผู้มี 10 อัน อันยาว 5 อัน มี ก้านชูอับเรณูยาว 10–11 มม. อับเรณูรูปรีกว้างขนาด 0.5 x 0.8 มม. อันสั้น 5 อันมีก้านชูอับเรณูยาวประมาณ 0.7 มม. อับเรณูรูปขอบขนานแกมรูปใบหอก ยาวประมาณ 3 มม. เกสร เพศเมียมีรังไข่รูปขอบขนาน ยาว 3.5 มม. ก้านเกสรเพศเมีย ยาว 13 มม. ผลไม้พบ (Figure 1I)

บริเวณที่พบในภูาลังกา: ป่าเบญจพรรณและ ป่าดิบแล้ง

นิเวศวิทยา: พบบริเวณที่โล่งแจ้ง

ชื่อพื้นเมือง: -

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1080

## 2.5 สกุล *Dalbergia*

*Dalbergia* L. f., Suppl. Pl. 52: 316. 1982.

ไม้ต้นหรือไม้พุ่ม ใบประกอบแบบขนนก ปลายคี่ พบน้อยที่ไม้มีใบย่อยใบเดี่ยว ใบย่อยที่อยู่ด้านข้างเรียง สลับ ไม่มีหูใบย่อย ช่อดอกออกปลายกิ่งหรือซอกใบ ช่อกระจุก หรือช่อแยกแขนง ใบประดับและใบประดับย่อยมีขนาดเล็ก กลีบเลี้ยงรูปประฆัง แฉกของกลีบเลี้ยงมีขนาดไม่เท่ากัน กลีบดอกกลีบกลางรูปไข่หรือรูปวงกลม กลีบคู่ล่างเชื่อมกันที่ส่วน ปลาย เกสรเพศผู้มี 9-10 อัน เชื่อมกันเป็น 1-2 กลุ่ม เกสร เพศเมียมีรังไข่มีก้าน ออวูลมี 1 อันหรือมีจำนวนน้อย ก้าน เกสรเพศเมียโค้งขึ้น ผิวเกลี้ยง ยอดเกสรเพศเมียเป็นตุ่ม ผล แบบซามารอยด์ (samaroid) มีเมล็ด 1-4 เมล็ด

***Dalbergia darlacensis* P.H. Ho & Niyomdham**, Bull. Mus. Natl. Hist. Nat., B, Adansonia Sér. 4, 18(1-2): 139. 1996.

ไม้เถาเนื้อแข็ง หน่ออ่อนผิวมีขน ใบประกอบ แบบขนนกปลายคี่ ยาว 8-13 ซม. ก้านใบยาว 1.2-1.6 ซม. ใบย่อยเรียงสลับ รูปขอบขนานขนาด 3-5 x 6-17 ซม. ปลาย และโคนมน ขอบเรียบ ผิวทั้งสองด้านมีขน เนื้อใบคล้าย กระดาษ ช่อดอกช่อแยกแขนง ออกซอกใบ ยาว 4-5 ซม. ใบประดับและใบประดับย่อยยาว 1.5 ซม. ดอกย่อย ก้านดอก ย่อยยาว 1.5 ซม. กลีบเลี้ยงยาวประมาณ 2.2-2.5 มม. กลีบดอกสีขาว กลีบกลางรูปไข่กลับ ขนาด 3.5 x 3.5 มม. กลีบคู่ ข้างและกลีบคู่ล่างยาว 2.5 มม. เกสรเพศผู้ 5 อัน เชื่อมกันเป็น 1 กลุ่ม ยาว 3.5 มม. เกสรเพศเมียมีขนตามขอบ รูปเคียว ผลรูปขอบขนาน ขนาด 1.5 x 6.0 ซม. (Figure 1J and 1K)

บริเวณที่พบในภูาลังกา: พบป่าดิบแล้งทาง ทิศเหนือภูาลังกา

นิเวศวิทยา: พบขึ้นข้างลำธารโดยเลื้อยพัน ไปตามไม้ต้นสูง

ชื่อพื้นเมือง: มะขามเครือ

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1278 และ W.Chatan 1360

## 2.6 สกุล *Indigofera*

*Indigofera* L. Sp. Pl. 2: 751. 1973.

ไม้พุ่มหรือไม้ล้มลุก โดยทั่วไปมีขนรูปตัว อักษรที่หรือขนเดี่ยว ใบประกอบแบบขนนก หรือใบมี 1 ใบ ย่อย หรือใบเดี่ยว ใบย่อยขอบเรียบ มีหูใบย่อย ช่อดอก ช่อ กระจุก ช่อเชิงลด หรือดอกเดี่ยว ออกตามซอกใบ ใบประดับ ร่วงง่าย ใบประดับย่อยไม่มี กลีบเลี้ยงแฉกขนาดไม่เท่ากัน อัน

ที่อยู่ด้านล่างยาวที่สุด กลีบดอกกลีบกลางไว้ก้าน หรือมีส่วน คล้ายก้านกลีบ กลีบคู่ข้างอยู่ชิดกลีบคู่ล่าง กลีบคู่ข้างโป่งข้าง เดียว มักมีเดือย เกสรเพศผู้ มี 10 อัน 2 กลุ่ม อับเรณูมีลักษณะ คล้ายกัน ปลายมีติ่งแหลมอ่อน เกสรเพศเมียรังไข่มีออวูล จำนวนมาก หรือมี 1-2 อัน ก้านเกสรเพศเมียผิวเกลี้ยง ยอด เกสรเพศเมียเป็นตุ่ม ผิวมักมีขน ผลรูปแถบหรือทรงกลม หรือ ทรงกระบอกหรือแบน มี 3-4 เมล็ด

***Indigofera sootepensis* Craib**, Bull. Misc. Inform. Kew.: 35. 1911 & Fl. Siam. Enum. 1: 381. 1928.

ไม้พุ่มสูงประมาณ 7 ม. กิ่งมีเฉพาะขนรูป ตัวที่ ขนรูปตัวที่ตามอวัยวะต่างๆ มีขนทั้งสองข้างยาวใกล้เคียงกัน ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ มีใบย่อย 7-13 ใบ ใบย่อยเรียงตรงข้าม ก้านใบยาวประมาณ 3 ซม. ก้านใบย่อยยาว 3-4 มม. แผ่นใบย่อยรูปรีหรือรูปไข่ ขนาด 3-5 x 2.0-2.5 ซม. ปลายมนหรือแหลม มีติ่งแหลมอ่อน ผิวทั้ง 2 ด้านมีขนรูป ตัวที่ ช่อดอกเป็นช่อกระจุก ออกตามซอกใบ ยาวใกล้เคียงหรือ สั้นกว่าความยาวของใบประดับเล็กน้อย กลีบเลี้ยง หลอด กลีบเลี้ยงยาว 1.0-1.5 แฉกยาว 0.5-1.0 มม. กลีบดอกมีกลีบ กลางรูปสามเหลี่ยม ขนาด 0.7 x 0.7-0.8 มม. ปลายเว้า โคน ตัด ผิวด้านนอกมีขน ด้านในเกลี้ยง กลีบคู่ข้าง ยาว 0.7 ซม. กลีบคู่ล่างยาว 0.9 มม. เกสรเพศผู้ยาว 8-9 มม. อับเรณูยาว 1 มม. ปลายมีขน เกสรเพศเมีย รังไข่มีขนหนาแน่น ผลรูปร่าง ตรง ผิวมีขน (Figure 1L and 1M)

บริเวณที่พบในภูาลังกา: ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง บริเวณกลางภูาลังกา

นิเวศวิทยา: พบตามป่าที่ิบหรือค่อนข้าง โลงแจ้ง

ชื่อพื้นเมือง: ครามใบแหลม

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1241

## 2.7 สกุล *Phyllodium*

*Phyllodium* Desv., J. Bot. Agric. 1: 123, t. 5. 1813.

ไม้พุ่มหรือไม้ล้มลุก ใบประกอบมี 3 ใบย่อย หูใบมีรั้ว มีหูใบย่อย ช่อดอกเป็นช่อกระจุก หรือบางครั้งช่อแยก แขนง แต่ละช่อดอกย่อยอยู่เป็นกระจุก มี 4-8 ดอกย่อย มีใบประดับคล้ายใบรองรับ กลีบเลี้ยงรูปประฆังแคบ ปลายมี 4 แฉก ฐานมีใบประดับย่อย 2 อัน กลีบดอก กลีบกลางรูปไข่กลับ โคน แบน กลีบคู่ข้างมีเดือยเห็นส่วนคล้ายก้านกลีบ ฐานดอก บาง เกสรเพศผู้ร่วงง่าย มี 10 อัน เชื่อมกันเป็น 1 กลุ่ม แต่

เชื่อมกันหลวมๆ เกสรเพศเมียยาวกว่าเกสรเพศผู้ ก้านเกสรเพศเมียส่วนปลายไม่หนายอดเกสรเพศเมียบ้างเป็นตุ่ม ผลเป็นข้อ มี 2-7 ข้อ ข้อรูปขอบขนานถึงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

#### รูปวิธานระบุชนิด

1. ผลยาวน้อยกว่า 5 มม...2.7.1 *Phyllodium longipes*
1. ผลยาวมากกว่า 10 มม...2.7.2 *Phyllodium vestitum*

#### 2.7.1 *Phyllodium longipes* Schindl., Repert.

Spec. Nov. Regni Veg. 20: 270. 1924.

ไม้พุ่มสูงประมาณ 4 ม. กิ่งมีขนสีน้ำตาล ใบประกอบมี 3 ใบย่อย โดยใบย่อยที่ปลายมีความยาวมากกว่าความกว้างของใบย่อยนั้น 3 เท่า ใบย่อยที่ปลายรูปขอบขนานแกมรูปใบหอก ขนาด 4-5 x 15-17 ซม. ใบย่อยทุกใบมีเนื้อใบคล้ายแผ่นหนัง ช่อดอก ใบประดับชั้นปฐมภูมิรูปร่างคล้ายกันทุกใบ รูปวงกลมหรือกึ่งรูปไข่ ยาวประมาณ 2 มม. ใบประดับชั้นทุติยภูมิรูปไข่แคบ ช่อดอกเป็นช่อกระจุก ออกตามซอกใบ ดอกย่อยอยู่เป็นกลุ่ม 10-15 ดอกย่อย ดอกย่อยมีก้านดอกย่อยยาวประมาณ 5 มม. รูปร่างเรียวยาว กีบเลี้ยง ผิวมีขนสีขาว ยาว 4-5 มม. แฉกด้านบนปลายแยกเป็น 2 แฉกสั้นๆ หรือเรียบ แฉกด้านล่างสั้นกว่าแฉกด้านบน กีบดอกสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน กีบกลางรูปไข่กลับ ขนาด 3-4 x 7-8 มม. ปลายมน กีบคู่ข้างยาว 6-8 มม. กีบคู่ล่างยาว 7-8 มม. เกสรเพศผู้ ยาวประมาณ 8 มม. เกสรเพศเมียมีรังไข่ยาว 4 มม. ก้านเกสรเพศเมียยาว 5-6 มม. ส่วนโคนผิวมีขน ผลยาวประมาณ 4 มม. มักมี 4 ข้อ (Figure 1N)

บริเวณที่พบในภูลังกา: ส่วนมากพบในป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังทางทิศเหนือของภูลังกา

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นในที่โล่งแจ้ง

ชื่อพื้นเมือง: เกล็ดปลา

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1035

#### 2.7.2 *Phyllodium vestitum* Benth., Pl. Jungh.

[Miquel] 2: 217. 1852.

ไม้พุ่มสูงประมาณ 3 ม. ผิวมีขน ใบประกอบแบบขนนกมี 3 ใบย่อย ก้านใบยาว 2-3 ซม. ใบย่อยที่ปลายใบรูปไข่ขนาด 3-5 x 5-10 ซม. ใบย่อยที่ข้างใบประกอบรูปไข่ไม่สมมาตร ขนาด 3-5 x 5-10 ซม. ผิวทั้ง 2 ด้านมีขน ช่อดอกเป็นช่อกระจุก ออกตามซอกใบ ใบประดับชั้นปฐมภูมิคล้ายกันทุกใบ รูปไข่ ขนาดประมาณ 2 x 3-5 ซม. ใบประดับชั้นทุติยภูมิรูปไข่แคบ ดอกย่อยอยู่เป็นกลุ่ม 4-6 ดอกย่อย ดอกย่อยมีก้านดอกย่อยยาว 3-5 มม. กีบเลี้ยงสีเขียวอ่อน ยาว 3

มม. ผิวมีขน กีบดอกสีขาว กีบกลางรูปไข่กลับ ขนาด 5 x 10 มม. ปลายเว้าตื้น กีบคู่ข้างขนาด 2 x 8 มม. กีบคู่ล่างขนาด 4 x 10 มม. เกสรเพศผู้ยาว 1-3 มม. เกสรเพศเมียมีรังไข่ยาว 3.5 มม. ก้านเกสรเพศเมียยาว 10 มม. ผลขนาด 4-4.5 x 11-12 มม. (Figure 10)

บริเวณที่พบในภูลังกา: พบในป่าเต็งรัง ทางทิศเหนือของภูลังกา

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นในที่โล่งแจ้ง

ชื่อพื้นเมือง: เกล็ดปลา

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1143

### 2.8 สกุล *Uria*

*Uria* Desv. J. Bot. Agric. 1: 122, t. 5, f. 19. 1813.

ไม้ล้มลุกหรือไม้พุ่ม ใบประกอบมีใบย่อย 1-11 ใบย่อย ช่อดอก ออกซอกใบหรือปลายกิ่ง ช่อกระจุก มีใบประดับรองรับ กีบเลี้ยง เชื่อมกันเป็นหลอด ปลายแยก 5 แฉก กีบดอก สีแดง สีม่วง กีบกลางกึ่งไร้ก้าน กีบคู่ล่างยาว ปลายมน เกสรเพศผู้ 10 อัน อยู่เป็น 2 กลุ่ม อับเรณู รูปร่างคล้ายกัน เกสรเพศเมียมีรังไข่ 2-10 ออวูล ผลเป็นข้อ

*Uria acuminata* Kurz, J. Asiat. Soc. Bengal, Pt. 2, Nat. Hist. 45(4): 235-236. 1877.

ไม้พุ่ม สูงประมาณ 1 ม. กิ่งและส่วนประกอบต่างๆ มีขนรูปตะขอ ใบประกอบแบบขนนกมี 7 ใบย่อยแต่ละใบมีขนาดใกล้เคียงกัน แผ่นใบย่อยรูปแถบ ขนาด 2-2.7 x 13-16 ซม. ปลายใบแหลมแคบ โคนใบมน ขอบใบเรียบผิวใบมีขนรูปตะขอทั้ง 2 ด้าน แต่จะหนาแน่นที่ผิวด้านล่าง ช่อดอกและดอกย่อย ไม่พบ ผลสดสีเขียว เมื่อแห้งสีดำ ก้านผลโค้ง ยาวประมาณ 1-1.2 ซม. ผลมี 2 ข้อ รอยคอดเว้าลึกมาก ผิวขรุขระ แต่ละข้อรูปไข่ขนาด 4-5.5 x 5-6.0 มม. (Figure 1P) บริเวณที่พบในภูลังกา : พบทางทิศตะวันตกภูลังกาในป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้ง

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นในป่าค่อนข้างที่บ ตามข้างทางเดิน

ชื่อพื้นเมือง: หญ้าหางกระรอก

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 928

### 3. วงศ์ย่อยสีเสียด (*Mimosoideae*)

พรรณไม้กลุ่มไม้พุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ย่อยนี้พบทั้งหมด 2 สกุล 2 ชนิด โดยมีรูปวิธานระบุสกุลและคำบรรยายลักษณะดังนี้



## รูปวิธานระบุสกุล

1. จำนวนเกสรเพศผู้มีจำนวนมากหรือมากกว่า 15 อัน  
.....3.1 Acacia
1. จำนวนเกสรเพศผู้มีจำนวน 10 อัน.....3.2 Entada

## 3.1 สกุล Acacia

*Acacia* Mill., Gard. Dict. Abr. ed. 4. 1754.

ไม้ต้น ไม้พุ่ม หรือไม้เลื้อย มีหรือไม่มีหนาม หูใบอาจเป็นหนาม ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น หรือลดรูป มักพบต่อมที่ก้านใบส่วนบนและที่แกนกลาง ช่อดอกอยู่รวมกันเป็นช่อแยกแขนง ออกตามซอกใบ ดอกย่อยเป็นดอกเพศเดี่ยวหรือสมบูรณ์เพศ เกิดบนช่อเชิงลดหรือช่อกระจุกแน่น ดอกย่อยที่อยู่กลางช่อกระจุกไม่ขยายใหญ่หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะไป กลีบเลี้ยงเชื่อมกัน ปลายแยกเป็น 4-5 แฉกหรือหยักแหลม กลีบดอกเชื่อมกัน ปลายแยก 4-5 แฉก เกสรเพศผู้มีจำนวนมาก โดยมีมากกว่า 15 อัน ผลแตกหรือไม่แตก

*Acacia megaladena* Desv., J. Bot. Agric. 3:

69. 1814.

ไม้เถาเนื้อแข็ง มีหนามตามกิ่ง ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น ก้านใบยาว 3–5 ซม. แกนกลางยาว 10–20 ซม. มีต่อมที่ก้านใบบริเวณประมาณกึ่งกลางระหว่างแกนกลางย่อยคู่แรกและฐานก้านใบ ใบย่อยมี 10–16 คู่ เรียงตรงข้าม แต่ละใบย่อยรูปขอบขนาน ปลายมน ขอบใบมีขน ผิวด้านล่างเห็นเส้นแขนงใบค่อนข้างชัดเจน ช่อดอกเป็นช่อกระจุกแน่น ออกปลายกิ่ง กลีบเลี้ยงรูปไข่ ยาว 1.7–1.8 มม. ผิวด้านในกลีบเลี้ยงมีขนนอกมีขน กลีบดอกมีหลอดกลีบดอกผิวเกลี้ยงทั้งสองด้าน แฉกกลีบดอกรูปไข่ ยาว 1.8–1.9 มม ปลายแหลม ผิวเกลี้ยงทั้ง 2 ด้าน ผลไม่พบบ (Figure 1Q)

บริเวณที่พบในภูถ้ำกา: กลางภูถ้ำกาบริเวณป่าเต็งรัง

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นบริเวณป่าค่อนข้างโล่ง

ชื่อพื้นเมือง: หนามขี้แรด หนามหัน

พรรณไม้อ้างอิง: W.Chatan 1609

## 3.2 สกุล Entada

*Entada* Adans., Fam. Pl. (Adanson) 2: 318.

1763.

ไม้เถาเนื้อแข็งหรือไม้พุ่มรอเลื้อย ไม่มีหนาม ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น แกนกลางและใบย่อยไม่มีต่อม แกนกลางย่อยคู่ที่อยู่ปลายเปลี่ยนรูปเป็นมือเกาะ ใบย่อยเรียงตรงข้าม หูใบไม่เป็นหนาม ช่อดอก เป็นช่อเชิงลดหรือช่อ

กระจะ ออกตามซอกใบหรือเหนือซอกใบ ดอกย่อย เป็นดอกสมบูรณ์เพศหรือดอกเพศผู้ กลีบเลี้ยงเชื่อมกัน ปลายมี 5 แฉก เรียงจรด กลีบดอกมี 5 กลีบแยกกันหรือโคนเชื่อมกันเล็กน้อย เกสรเพศผู้ มี 10 อัน แยกกัน สืบพันธุ์ได้ อับเรณูผิวเกลี้ยงและมีต่อมที่ก้านหรือกิ่งไว้ก้านที่ปลาย เกสรเพศเมียเรียงไขว้ไว้ก้านหรือมีก้านสั้นๆ ผิวเกลี้ยง ผลตรงหรือโค้งถึงบิดเวียน แตกตามขวางเป็นส่วนๆ แต่ละส่วนมี 1 เมล็ด เมล็ด สีน้ำตาลทรงกลมถึงแบนข้าง

*Entada glandulosa* Pierre ex Gagnep.,

Notul. Syst. (Paris) 2: 57. 1911.

ไม้เถาเนื้อแข็ง ลำต้น สีน้ำตาล กิ่งเป็นร่องยาว ใบประกอบแบบขนนกชั้นเดียว เรียงตรงกันข้าม ฐานใบมน ขอบใบเรียบ มีขนเล็กน้อย ผิวใบด้านบนเกลี้ยงมันวาว ด้านล่างเกลี้ยง เนื้อใบคล้ายกระดาษ ก้านใบยาว 0.2 มม. ช่อดอกเป็นช่อเดี่ยวเชิงลด ออกตามซอกใบ ยาว 5–7 มม. ออกดอกบริเวณซอกใบ ดอกย่อยมีจำนวนมาก ก้านดอกสั้น ใบประดับรูปหอก ขนาด 0.1 มม. กลีบเลี้ยงเชื่อม มีลักษณะคล้ายรูปถ้วย มีขน ขนาด 0.1 มม. กลีบดอก 5 กลีบ แยกกันเกือบถึงโคนกลีบ รูปใบหอก ยาว 4.5-5.5 มม. เกสรเพศผู้มีจำนวนมาก แยกกัน ก้านชูอับเรณูสีเหลืองอ่อน อับเรณู ยาว 0.1 มม. แตกตามยาวของอับเรณู แยกเป็น 2 พู เกสรเพศเมียมีรังไข่ผิวเกลี้ยง ผลแบบฝักถั่ว แตกเป็นช่อง แข็ง ขนาด 2-3 ม. สีผล ผลแก่สีน้ำตาล เมล็ดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-1.2 มม. ผิวเกลี้ยง (Figure 1R)

บริเวณที่พบในภูถ้ำกา: บริเวณป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง

นิเวศวิทยา: ชอบขึ้นในบริเวณป่าโปร่ง

ชื่อพื้นเมือง: สะบ้าลิง

พรรณไม้ที่ศึกษา: W.Chatan 912

## ข. การใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน

จากการเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์เป็นสมุนไพรพื้นบ้านโดยการสัมภาษณ์ชาวบ้านและหมอยาพื้นบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆ อุทยานแห่งชาติภูถ้ำกา พบว่าพรรณไม้พุ่มไม้กึ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่วที่สำรวจพบทั้ง 16 ชนิด มีชนิดมีการนำมาใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน 14 ชนิด และมีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่ไม่มีมีการนำมาใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ *Crotalaria kostermansii* และ *Indigofera sootepensis* พรรณไม้กลุ่มนี้ที่ใช้เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูถ้ำกา แสดงใน Table 1 จากการรวบรวมข้อมูลส่วนของพืชที่ใช้เป็นสมุนไพรนี้ในการรักษาโรคต่างๆ ครั้งนี้พบว่าใช้

ราก 6 ชนิด ใช้ลำต้น 4 ชนิด ใช้ใบ 4 ชนิด ใช้พืชทั้งต้น 3 ชนิด และใช้เมล็ด 2 ชนิด วิธีการใช้มี 7 วิธีและส่วนใหญ่แล้วการนำมาใช้มักใช้วิธีต้มสกัดเอาน้ำมาดื่ม โรคที่ใช้สมุนไพรรักษาส่วนใหญ่ใช้เป็นยาบำรุงกำลังหรือบำรุงสุขภาพจำนวน 5 ชนิด รองลงมาใช้เกี่ยวกับการรักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร ส่วนการใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคอื่นๆ มีอย่างละ 1-2 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจสมุนไพรในสถานที่ต่างๆ ได้แก่ เปรียบเทียบกับการสำรวจที่จังหวัดอุบลราชธานี<sup>9</sup> ซึ่งพบพืชสมุนไพรในวงศ์ถั่ว 5 ชนิดและไม่มีชนิดที่เหมือนกันเลย เมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจในอำเภอภูซุ่ม จังหวัดยโสธร<sup>7</sup> ซึ่งพบพืชสมุนไพรในวงศ์ถั่ว 22 ชนิด โดยมีชนิดที่เหมือนกัน 5 ชนิด ได้แก่ *B. penicilliloba*, *Crotalaria pallida*, *P. longipes*, *Senna occidentalis* และ *S. tora* เมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจในอำเภอลิงนกทา จังหวัดยโสธร<sup>8</sup> ซึ่งพบพืชสมุนไพรในวงศ์ถั่ว 13 ชนิด และมีชนิดที่เหมือนกัน 4 ชนิด ได้แก่ *Bauhinia penicilliloba*, *Entada glandulosa*, *Phyllodium longipes*, *P. vestitum* เมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจในอำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์<sup>5,6</sup> ซึ่งพบพืชสมุนไพรในวงศ์ถั่ว 31 ชนิด โดยมีชนิดที่เหมือนกัน 2 ชนิด ได้แก่ *Senna occidentalis* และ *S. tora* และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจพบสมุนไพรในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ<sup>10</sup> ซึ่งมีพืชสมุนไพรในวงศ์ถั่ว 10 ชนิด แต่ไม่มีชนิดที่เหมือนกันเลย

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ อุทยานแห่งชาติแห่งนี้มีจำนวนสมุนไพรกลุ่มนี้มากถึง 14 ชนิด ทั้งที่ขนาดพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ มาก ยกเว้นพื้นที่การสำรวจพบสมุนไพรในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง นอกจากนั้นชนิดของพืชสมุนไพรกลุ่มนี้ที่พบในอุทยานแห่งชาติภูถ้ำกลองเมื่อเทียบกับพื้นที่สำรวจอื่นๆ เหมือนกันค่อนข้างน้อย หรือมีชนิดไม่เหมือนกันเลย แสดงให้เห็นได้ว่าผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการพบพืชสมุนไพรพื้นบ้านในวงศ์ถั่วในภาคอีสานที่หลากหลายเพิ่มเติมจากที่เคยมีการสำรวจไว้ ดังนั้นอุทยานแห่งชาติภูถ้ำกลองจึงเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจในการการอนุรักษ์พืชสมุนไพร และใช้เป็นแหล่งของสมุนไพรกลุ่มนี้มาใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ต่อไป

### สรุปผลการวิจัย

การสำรวจพรรณไม้พุ่ม ไม้กึ่งพุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่วในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูถ้ำกลอง จังหวัดนครพนม ช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2556 พร้อมเก็บข้อมูลการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้านจากชุมชน พร้อมนำตัวอย่างพรรณไม้ทั้งหมดมาทำเป็นตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิง ระบุชนิดและเขียนคำบรรยายลักษณะ พบพรรณไม้ในวงศ์ถั่วทั้ง 3 วงศ์

ย่อยจำนวน 12 สกุล และ 16 ชนิด พืชในวงศ์ย่อยราชพฤกษ์ พบ 2 สกุล และ 5 ชนิด พืชในวงศ์ย่อยสี่เสียดพบ 2 สกุล และ 2 ชนิด วงศ์ย่อยประดู่พบ 8 สกุล และ 9 ชนิด แบ่งเป็นไม้พุ่ม 8 ชนิด ไม้กึ่งพุ่ม 2 ชนิดและไม้เถาเนื้อแข็ง 6 ชนิด และการศึกษาการใช้ประโยชน์เป็นสมุนไพรพื้นบ้านโดยการสัมภาษณ์ชาวบ้านและหมอยาพื้นบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆ อุทยานแห่งชาติภูถ้ำกลอง พบว่ามีชนิดของพรรณไม้พุ่มและไม้เถาเนื้อแข็งในวงศ์ถั่วที่มีการนำมาใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้าน 14 ชนิด และเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่ไม่มีการใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้านในท้องถิ่น ส่วนของพืชสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรคมากที่สุดคือ ไร่รากโดยพบใช้ในพืช 6 ชนิด โดยส่วนใหญ่ใช้วิธีต้มสกัดเอาน้ำมาดื่ม และโรคที่ใช้สมุนไพรรักษาส่วนใหญ่ใช้เป็นยาบำรุงกำลังหรือบำรุงสุขภาพโดยใช้ในพืช 5 ชนิด

นอกจากนั้นยังพบว่าพืชสมุนไพรพื้นบ้านนี้ที่พบในอุทยานแห่งชาติภูถ้ำกลอง เป็นชนิดที่ค่อนข้างต่างจากพื้นที่อื่น ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการพบข้อมูลการใช้ประโยชน์เป็นสมุนไพรพื้นบ้านในภาคอีสานเพิ่มเติม ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านอื่นๆ ต่อไป ทั้งการใช้ประโยชน์ในชุมชน การศึกษาวิจัยต่อยอดทางวิทยาศาสตร์และทางเภสัชศาสตร์ และใช้เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์พืชต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความสะดวกสถานที่ทำวิจัยครั้งนี้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชที่อนุญาตให้เข้าศึกษาพรรณไม้ในพื้นที่ ขอขอบคุณชาวบ้านและหมอยาพื้นบ้านที่ให้ข้อมูลการใช้ประโยชน์จากพรรณไม้ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกคนในชุดโครงการความหลากหลายนี้ ทั้งอาจารย์และนิสิตที่ให้ความช่วยเหลือขณะการออกเก็บตัวอย่างและทำตัวอย่างพรรณไม้แห้ง งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2554 รหัสแผนงานวิจัย 51593

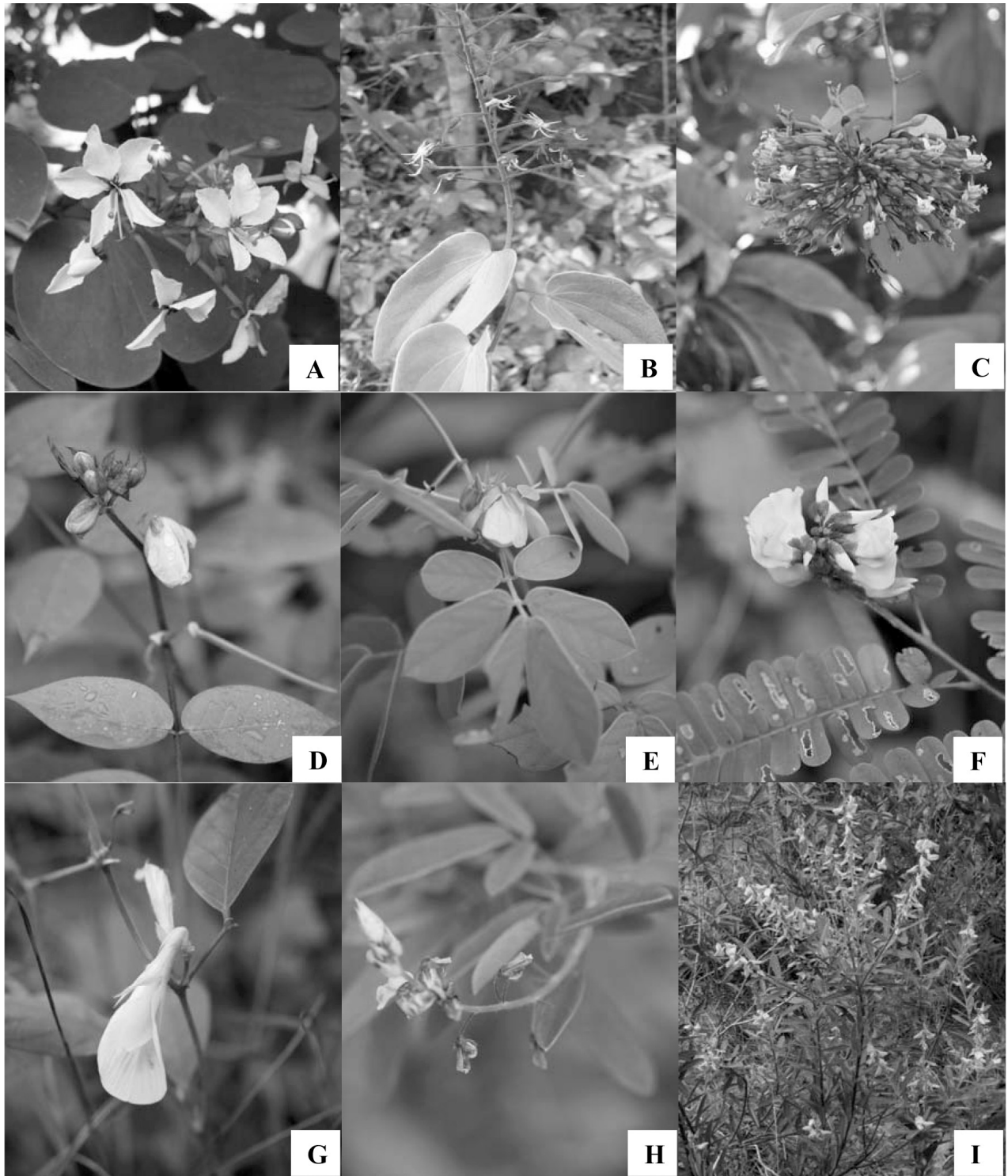
### เอกสารอ้างอิง

1. Lewis G, Scherire B, Mackinder B, Lock M. Legumes of the Word. London: The Bath Press (CPI) Group; 2005. p 1-577.
2. Larsen K, Larsen SS, Vidal JE. Leguminosae-Caesalpinioideae. In Smitinand T, Larsen K, eds. Flora of Thailand. Bangkok: The Tistr Press; 1984. pp.1-129, plate1-4 (vol 4(1)).

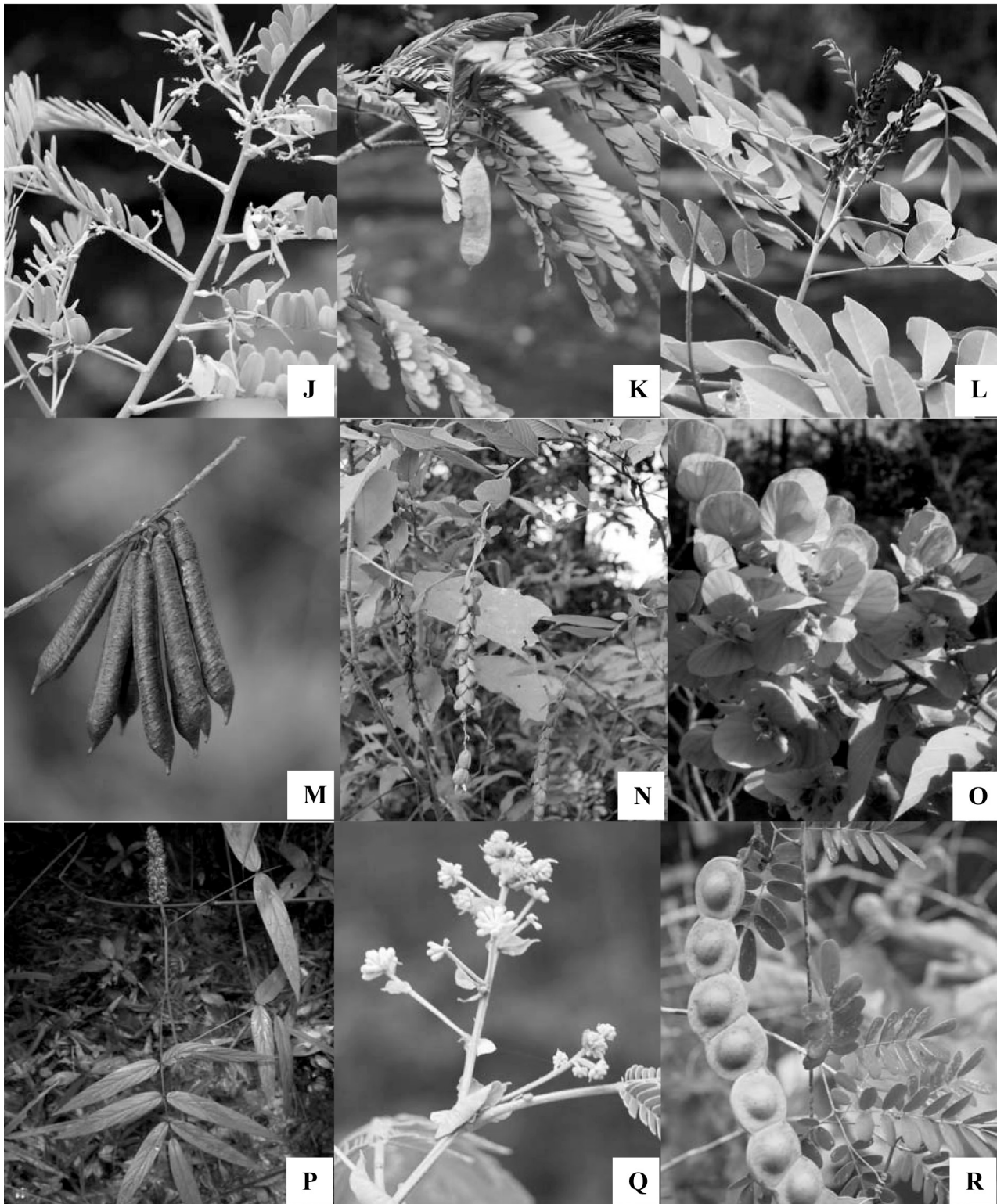
3. Nielsen IC. Leguminosae-Mimosoideae. In Smitinand T and Larsen K, eds. Flora of Thailand. Bangkok: The Tistr Press; 1985. p.131-222. (vol 4(2)).
4. นันทนา สิทธิชัย. มาตรฐานของสมุนไพรในตำรา มาตรฐานยาสมุนไพรไทย. วารสารสมุนไพร. 2547; 11(1): 21-32.
5. วงศ์สถิต ฉั่วกุล, พร้อมจิต ศรีลัมพ์. การสำรวจสมุนไพร ที่ใช้ในหมู่บ้านโคกพะยุง อำเภอทาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ (1). ว.สนง. กก. วิจัย. ช. 2545a; 34(1): 19-46.
6. วงศ์สถิต ฉั่วกุล, พร้อมจิต ศรีลัมพ์. การสำรวจสมุนไพร ที่ใช้ในหมู่บ้านโคกพะยุง อำเภอทาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ (2). ว.สนง. กก. วิจัย. ช. 2545b; 34(1): 47-73.
7. วงศ์สถิต ฉั่วกุล, พร้อมจิต ศรีลัมพ์, อำพล บุญเปล่ง. การสำรวจสมุนไพรพื้นบ้าน อำเภอทาบเชิงจังหวัดยโสธร. วารสารสมุนไพร. 2545a; 9(1): 22-49.
8. วงศ์สถิต ฉั่วกุล, พร้อมจิต ศรีลัมพ์, อำพล บุญเปล่ง. การสำรวจสมุนไพรพื้นบ้านอำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร. วารสารสมุนไพร. 2545b; 9(2): 22-49.
9. วงศ์สถิต ฉั่วกุล, อำพล บุญเปล่ง. สมุนไพรพื้นบ้านจังหวัด อุบลราชธานี. วารสารสมุนไพร. 2547; 11(1): 33-54.
10. Susri S, Premchroen S, Thawatphan C, Sangthongprow S. 2005. Ethnobotany in Bung Khong Long Non-Hunting Area, North-east Thailand. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 2005; 39: 519-533.
11. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา. ได้จาก <http://www.dnp.go.th/>. วันที่ค้น ข้อมูล 1 มิถุนายน. 2557
12. ประนอม จันทโรทัย, สวี มัฐมา, โรเบิร์ต เฟน เนลลี. พรรณไม้ภูเรือ. ขอนแก่น: หจก.โรงพิมพ์ คลังนาวิทยา; 2549. p 1-122.
13. ประนอม จันทโรทัย. พรรณไม้ภูพาน. ขอนแก่น: หจก. โรงพิมพ์คลังนาวิทยา. 2550. p 1-236.

**Table 1** Leguminous shrubs, subshrubs and woody climbers used as Folk Medicinal plants around Phu Langka National Park, Nakhon Phanom Province

Scientific names	Vernacular names	Part (s) used	Preparation	Ethnomedical uses
<b>Subfamily Caesalpinioideae</b>				
<i>Bauhinia lachonensis</i> Gagnep.	Som Siao Thao	Root	Decoction	Tonic / Antidiarrheal
<i>B. penicilliloba</i> Pierre ex Gagnep.	Siao Deang	Root	Decoction/ Making an herbal bolus	Tonic / Giving an appetite
<i>B. sirindhorniae</i> K.Larsen & S.S.Larsen	Sam Sip Song Pradong	Whole plant	Decoction	Tonic / To relieve muscular pain
<i>Senna occidentalis</i> L.	Khi Lek Thet/ Chumhet Lek	Root/ Whole plant	Decoction	Potent purgative
<i>S. tora</i> (L.) Roxb.	Chumhet Thai	Leaf/ Seed	Decoction	Potent purgative
<b>Subfamily Papilionoideae</b>				
<i>Abrus pulchellus</i> Wallich ex Thwaites	Ma Klam Phueak/ Ma Kham Pa	Leaf	Decoction	Alternative using for sugar in food or beverage because of its high sweetness
<i>Clitoria macrophylla</i> Wall.	Anchan Pa	Leaf/ Whole plant	Poultice	Using for stop bleeding
<i>Codariocalyx motorius</i> (Houtt.) Ohashi	Choi Nang Ram	Leaf/ Stem	Decoction/ Poultice	Antipyretic/ Abscess
<i>Dalbergia dartacensis</i> P.H. Ho & Niyomdham	Ma Kham Khruua	Stem	Decoction	Expectorants and increase menstrual discharge
<i>Phyllodium longipes</i> Schindl.	Klet Pla	Root/ Stem	Decoction	Treatment of liver disfunction
<i>P. vestitum</i> Benth.	Klet Pla	Root	Decoction	Curing an numbness
<i>Uraria acuminata</i> Kurz	Ya Hang Krarok	Root	Crushed or macerated by ethanol or lemon juice	Healing the snake venom
<b>Subfamily Mimosaceae</b>				
<i>Acacia megaladena</i> Desv.	Nam Khi Raet/ Nam Han	Stem	Crushed by wood and macerated by water	Fish poison for fishing/ Insecticide used to control pests on crops
<i>Entada glandulosa</i> Pierre ex Gagnep.	Saba Ling	Seed	Poultice	Treatment of skin diseases



**Figure 1** Leguminous plants found in Phu Langka National Park **(A)** *Bauhinia lakhonensis* Gagnep. **(B)** *B. penicilliloba* Pierre ex Gagnep. **(C)** *B. sirindhorniae* K.Larsen & S.S.Larsen **(D)** *Senna occidentalis* (L.) Link **(E)** *S. tora* (L.) Roxb. **(F)** *Abrus pulchellus* Wallich ex Thwaites **(G)** *Clitoria macrophylla* Wall., **(H)** *Codario-calyx motorius* (Houtt.) H. Ohashi **(I)** *Crotalaria kostermansii* Niyomdham



**Figure 1** (continued) **(J)** and **(K)** *Dalbergia darlacensis* P.H. Ho & Niyomdham **(L)** and **(M)** *Indigofera sootepensis* Craib **(N)** *Phyllodium longipes* Schindl. **(O)** *P. vestitum* Benth. **(P)** *Uraria acuminata* Kurz **(Q)** *Acacia megaladena* Desv. **(R)** *Entada glandulosa* Pierre ex Gagnep.

# การจัดการเรียนการสอนแบบโครงการเป็นฐาน รายวิชาวิทยาการระบาดขั้นสูงของนิสิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## Project Based Learning of Teaching Management for Advanced Epidemiology Course Students, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

ณัฐจาพร พิชัยณรงค์,<sup>1\*</sup> เทอดศักดิ์ พรหมอารักษ์,<sup>2</sup>

Natchaporn Pichainarong,<sup>1\*</sup> Terdsak Promarak,<sup>2</sup>

Received: 21 February 2015 ; Accepted: 30 April 2015

### บทคัดย่อ

กระบวนการเรียนโดยใช้โครงการเป็นฐาน ในรายวิชาวิทยาการระบาดขั้นสูง เป็นการวิจัยภาคตัดขวางแบบสำรวจ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งเชิงวิเคราะห์ ศึกษาในกลุ่มนิสิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ จำนวน 13 คน เพื่อศึกษาผล และความพึงพอใจของนิสิตต่อการจัดการเรียนรู้ และประเมินคุณลักษณะนิสิตที่พึงประสงค์ของหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรดุษฎีบัณฑิต ทำการศึกษาระหว่างเดือน กันยายน 2556 – เมษายน 2558

ผลการจัดการเรียนรู้ ประเมิน 3 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ประเมินผลการเรียน จากแบบทดสอบ พบว่า ก่อนเรียน นิสิตมีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ 3.5 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ 10 ก่อนเรียนส่วนใหญ่มีความรู้ต่ำกว่าร้อยละ 38.4 ในเรื่อง การวัดทางวิทยาการระบาด การวัดความเสี่ยงของการเกิดโรค การกำหนดขนาดตัวอย่าง และสถิติที่ใช้ ส่วนที่ 2 การประเมินกิจกรรมเดี่ยวและทีม พบว่า คะแนนทำกิจกรรมทีม ข้อที่ได้คะแนนต่ำ ต่ำกว่าร้อยละ 15.3 - 50.0 ได้แก่ วิธีการศึกษา ผลการศึกษา ความสำคัญของปัญหา หลังเรียนพบว่า นิสิตร้อยละ 76.9 สามารถทำกิจกรรมในหัวข้อต่างๆได้เต็ม 100 คะแนน และส่วนที่ 3 คือ ประเมินการจัดการเรียนรู้ นิสิตให้ความเห็นระดับน้อย คือ ผู้สอนไม่เป็นผู้นำการถ่ายทอดความรู้ให้โดยตรง (ร้อยละ 46.1) ผู้สอนสนับสนุนเอกสารเพิ่มเติม และนิสิตอ่านตำราก่อนเข้าชั้นเรียน (ร้อยละ 23.1) เท่ากัน หลังเรียน นิสิตส่วนใหญ่ในภาพรวมมีความคิดเห็นว่า สภาพการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 4.18 นิสิตมีความพึงพอใจในการเรียนการสอน คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.18 นิสิตส่วนใหญ่ปฏิบัติตนเป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ คือ เข้าเรียนก่อนเวลา ให้ข้อมูลหรือเสนอความคิดเห็น อธิบาย และถ่ายทอดความคิดให้กลุ่มได้เข้าใจ นำเสนอข้อมูลที่ เข้าใจง่าย ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล เตรียมตัวและศึกษด้วยตนเองในรายวิชานี้ ในระดับบ่อย ๆ ร้อยละ 52.2 รองลงมา คือ ปฏิบัติทุกครั้งร้อยละ 40.8 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ รูปแบบการสอนนี้ ยังไม่เป็นที่คุ้นเคยของนิสิตบางคน การคาดหวังให้นิสิตเรียนรู้ด้วยตนเอง และฝึกปฏิบัติเอง และมีอิสระในการออกความคิดเห็น อาจยังไม่คุ้นเคยและผสมผสานกับวัฒนธรรมได้ดี ต้องมีการพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไปในอนาคต จึงจะสามารถปฏิบัติได้ ตามแผนของการจัดการเรียนการสอน ปัญหาสำคัญที่นิสิตต้องมีการพัฒนา คือ การอ่านเตรียมตัวและศึกษด้วยตนเองก่อนเข้าชั้นเรียน และการทำโครงการเป็นทีม เนื่องจากความแตกต่างของพื้นฐานการศึกษา ประสบการณ์ ภาระหน้าที่ และเวลา ที่จะจัดสรร เพื่อร่วมกันทำงานเป็นทีม ได้อย่างเข้าใจกัน และลงตัว ทั้งเชิงวิชาการ และเชิงปฏิบัติ ซึ่งต้องใช้เวลาในการปรับตัวเข้าหากันช่วงระยะเวลาหนึ่ง จึงจะทำให้พัฒนาการดีขึ้นตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การจัดการเรียนการสอนแบบโครงการเป็นฐาน รายวิชาวิทยาการระบาดขั้นสูง นิสิตดุษฎีบัณฑิต

### Abstract

The study process was done using project - based learning in an advanced epidemiology course. A point cross - sectional analytic survey had been studied by 13 doctoral degree students, from the Faculty of Public Health. This

<sup>1</sup> รองศาสตราจารย์, <sup>2</sup>อาจารย์, <sup>3</sup>คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Associate Professor, <sup>2</sup>Lecturer, <sup>3</sup>Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Maha Sarakham

\* Correspondence to: Natchaporn Pichainarong, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand, 44150. E-mail: natchaporn.p@msu.ac.th; Received 2015; Accepted: 2015.

research aimed to determine the results of the learning process, the learning satisfaction of students, and student moral, between September 2013 and April 2015.

The result showed that the learning process was evaluated in 3 parts. Part 1; The knowledge of advanced epidemiology was a pre - test (mean score = 3.5), and post - test (mean score = 10). Before learning, most of the students had a low knowledge score (<38.4%) in epidemiologic measurement, risk of disease assessment, sample size estimation and statistics. Part 2; Group and individual activities evaluated. (group score < 15.3 - 50.0%) Including methodology, study results, and research problems. Their activities after learning revealed that, 76.9 % had 100 scores. In, part 3 evaluation, after learning they had a low opinion of the lecturer was not pleasant to them (46.1%). Both scores of document support, and self study before class were the same (23.1%). After learning most had a high opinion level in the learning condition with a mean score of 4.18. The mean appreciation score of 4.18 was at high level. Most moral scores consist of early to class, share idea, good explanations, clear presentations, and reasonable analysis. They had frequency and preparation of 52.2%, and 40.8% respectively.

Recommendation, students must develop their reading and study preparation before class. In addition, because of team work problems related to their basic education differences, past experience, and their duties, they should devote their time for team work in both theory and practice.

**Keywords:** project based learning, advanced epidemiology, doctoral degree students

## บทนำ

ปัจจุบันได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบโครงการเป็นฐาน (Project – based Learning) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ Problem – based Learning (PBL) <sup>1</sup> ในนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาในสถาบันต่าง ๆ ทั้งในประเทศและหลาย ๆ ประเทศ การศึกษาความเป็นมาของ PBL ของ John Dewey ชาวอเมริกัน ซึ่งเป็นต้นคิดวิธีสอนแบบแก้ปัญหา และเสนอแนวทางการเรียนรู้จากการลงมือทำด้วยตนเอง แนวคิดของ Dewey นำไปสู่แนวคิดในการสอนรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน PBL มีการพัฒนาครั้งแรก โดยคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัย McMaster ประเทศแคนาดา ในสหรัฐอเมริกา มหาวิทยาลัย Case Western Reserve ได้นำมาใช้แห่งแรก มหาวิทยาลัย McMaster ได้พัฒนาหลักสูตรแพทย์ ที่ใช้ PBL ในการสอนเป็นครั้งแรก ทำให้มหาวิทยาลัยเป็นที่รู้จักกันทั่วโลกว่าเป็นผู้นำ PBL รูปแบบ PBL ในยุคแรกๆ ใช้กับหลักสูตรของนักศึกษาแพทย์ กลางปี ค.ศ.1980 การสอนโดยใช้รูปแบบ PBL ขยายไปสาขาอื่นๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยของประเทศแทบทุกส่วนของโลก นำรูปแบบ PBL ไปใช้สอน เช่น มหาวิทยาลัย Harvard ที่สหรัฐอเมริกา มหาวิทยาลัย Maastricht ที่เนเธอร์แลนด์ มหาวิทยาลัย Melbourne ที่ออสเตรเลีย มหาวิทยาลัย Aalborg ที่เดนมาร์ก อังกฤษ ฝรั่งเศส ฟินแลนด์ อัฟริกาใต้ สวีเดน

ฮ่องกง สิงคโปร์ เป็นต้น ความนิยม PBL ในการสอนที่ต่างประเทศ เชื่อมโยงเครือข่ายการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยต่างๆ ที่ใช้ PBL ในการสอนเหมือนกัน ทางอินเทอร์เน็ต และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ โดยเผยแพร่ทั้งตำรา และบทความ ผลงานวิจัยในวารสาร ตั้ศูนย์วิจัยการเรียนการสอน และประชุมทุกปี <sup>2</sup> สำหรับประเทศไทย การสอนโดยใช้รูปแบบ PBL ยังไม่แพร่หลาย บทความเกี่ยวกับเรื่องนี้มีไม่มาก แต่มีมหาวิทยาลัยที่ได้ทดลองนำไปใช้ เช่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เฉพาะมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีการพัฒนารูปแบบ PBL ในการสอนร่วมกับผู้สอนจากมหาวิทยาลัย Stanford<sup>1</sup> พระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 <sup>3</sup> เป็นกฎหมายทางการศึกษาฉบับแรกของประเทศไทย โดยมีการปฏิรูปการเรียนรู้ทั้งระบบ และเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตาม พ.ร.บ. การศึกษาแห่งชาติ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2542 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553 <sup>4</sup> หมวดที่ 4 มาตรา 22 ว่าด้วย การจัดการศึกษาต้องยึดหลักให้ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 23 เน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม ตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา ในการจัดการเรียนการสอน ต้องมีระบบการประกันคุณภาพทั้งภายใน และภายนอก ที่ได้มาตรฐาน ปรับปรุงวิธีการวัด และประเมินผลเพื่อสะท้อน



กระบวนการเรียนรู้ใหม่ๆ การค้นคว้าจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ โดยผู้สอนจะต้องเลิกการเรียนการสอนที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง ตาม พ.ร.บ.การศึกษาแห่งชาติหมวดที่ 7 กำหนด เพื่อให้การปฏิรูปการศึกษาประสบความสำเร็จ หลัก คือ ผลผลิต และพัฒนาบุคลากรทางการศึกษาให้มีคุณภาพมาตรฐาน

จากความเป็นมาและนโยบายดังกล่าวข้างต้น และด้วยเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนแบบโครงการเป็นฐาน (Project – based Learning) ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ในมหาวิทยาลัย คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า น่าจะทำการสำรวจ และติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนการสอน นิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรดุษฎีบัณฑิต ที่มีพื้นฐานระดับปริญญาโทที่แตกต่างกัน การปรับพื้นความรู้เป็นสิ่งหนึ่งที่มีความจำเป็น การตั้งคำถาม และมีโครงการสำรวจพยาชิไปไม้ดับและมะเร็งท่อน้ำดีเป็นตัวแบบในการศึกษา เพื่อให้ นิสิตได้รวมกลุ่มกันทำ ความเข้าใจ เนื้อหาวิชา และวิธีการที่จะดำเนินโครงการเป็นทีม และการศึกษาโดยใช้โครงการเป็นฐานในรายวิชา จะช่วยในการค้นคว้าหาคำตอบทั้งปัจจัยที่เป็นสาเหตุ และกิจกรรมที่นำไปสู่การแก้ปัญหา ทำให้เข้าใจเนื้อหาวิชา และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ด้วยเล็งเห็นประโยชน์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษา การจัดการเรียนรู้อยู่โดยใช้โครงการเป็นฐาน ใน นิสิตกลุ่มดังกล่าว เพื่อที่จะนำผลการศึกษานี้ไปใช้ในการส่งเสริม และสนับสนุนการจัดการเรียนการสอน ตามแผนการศึกษาแห่งชาติต่อไป

### วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาภาคตัดขวางแบบสำรวจ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งเชิงวิเคราะห์ (point cross-sectional analytic surveys) ในรายวิชาวิทยาการระบาดชั้นสูง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (Project Based Learning) ในกลุ่ม นิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรดุษฎีบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ จำนวน 13 คน เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ และประเมินคุณลักษณะนิสิตที่พึงประสงค์ของหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรดุษฎีบัณฑิต ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหารายวิชา และโครงการสำรวจพยาชิไปไม้ดับและมะเร็งท่อน้ำดีในชุมชน เพื่อให้ นิสิต สามารถ วิเคราะห์ปัญหา วางแผนงาน ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม วิเคราะห์ข้อมูล แปลผลการทำงานตามโครงการ เขียนรายงาน นำเสนอผลงานในชั้นเรียน และติดตามประเมินผล เป็นต้น และ ให้ผู้

เรียนดำเนินงานทุกขั้นตอนเอง ตั้งแต่การตัดสินใจเลือกโครงการ จนสิ้นสุดโครงการ ผู้สอนเป็นเพียงที่ปรึกษาเท่านั้น ทำการศึกษาระหว่างเดือน กันยายน 2556 – เมษายน 2558

### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังบทเรียน
2. แบบประเมินกิจกรรม (การศึกษาค้นคว้าเดี่ยวและทีม) การนำเสนอหน้าชั้นเรียน
3. แบบประเมินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ประยุกต์จาก<sup>5</sup> มี 5 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 สภาพการจัดการเรียนรู้ ส่วนที่ 3 ผลการจัดการเรียนรู้ ส่วนที่ 4 บัณฑิตที่พึงประสงค์ ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบบเก็บข้อมูลนิตินิเทศ เป็นแบบประเมินแบบอ่านและตอบเองโดยไม่เปิดเผยชื่อ วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's coefficient ) ได้ค่าความเชื่อมั่น สภาพการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 7.05 ผลการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 6.97 และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่รายวิชาวิทยาการระบาดชั้นสูง เท่ากับ 7.12

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และประมวลผล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ดังนี้

- สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย
- สถิติเชิงวิเคราะห์ (Analytic Statistics) ด้วยคะแนนเฉลี่ย

### ผลการศึกษา

การประเมินผลก่อนและหลังเรียน

การวัดและประเมินผล พบว่า ก่อนเรียน นิสิตมีค่าเฉลี่ย คะแนนความรู้ 3.5 หลังเรียน มีค่าเฉลี่ย คะแนนความรู้ 10 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้เพิ่มขึ้น 6.5 ก่อนเรียน นิสิตส่วนใหญ่มีความรู้ต่ำกว่าร้อยละ 38.4 ในเรื่อง การวัดทางวิทยาการระบาด การวัดความเสี่ยงของการเกิดโรค การกำหนดขนาดตัวอย่าง และการใช้สถิติ หลังเรียน นิสิตทั้งหมดมีความรู้เกี่ยวกับวิทยาการระบาดชั้นสูง ร้อยละ 100.0 ในทุกหัวข้อความรู้ ดัง Table 1

**Table 1** Pre test– post test in the knowledge of advanced epidemiology course

Topic	Knowledge number (%)		
	Before	After	Increase
1. Agent and disease control	5 (38.4)	13 (100.0)	8 (61.5)
2. epidemiologic measurement	1 (7.6)	13 (100.0)	12 (92.3)
3. risk of disease assessment	1 (7.6)	13 (100.0)	12 (92.3)
4. measures of relative	5 (38.4)	13 (100.0)	8 (61.5)
5. bias and error	5 (38.4)	13 (100.0)	8 (61.5)
6. sample size estimation	2 (15.3)	13 (100.0)	11 (84.6)
7. statistics	1 (7.6)	13 (100.0)	1 (7.6)
8. discussion and recommendation	12 (92.3)	13 (100.0)	12 (92.3)
9. research study in class/field (1)	7 (53.8)	13 (100.0)	6 (46.1)
10. research study in class/field (2)	7 (53.8)	13 (100.0)	6 (46.1)
<b>mean</b>	<b>3.5</b>	<b>10</b>	<b>6.46</b>

ด้านอาจารย์ผู้สอน พบว่า นิสิตส่วนใหญ่มีความคิดเห็นในระดับมาก จำนวน 7 หัวข้อ 1. ผู้สอนกระตุ้นนิสิตให้เข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม 2. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้อย่างเป็นกันเอง 3. สนับสนุนการเรียนรู้ของนิสิต ย้ำว่าการเรียนรู้เป็นความรับผิดชอบของนิสิต 4. ใช้คำถาม เพื่อกระตุ้นให้นิสิตแสดงความคิดเห็น 5. แนะนำสื่อการเรียนรู้อื่นๆ 6. อธิบายการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานก่อนการเรียนรายวิชา 7. ผู้เรียนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในระหว่างเรียน หัวข้อที่นิสิตมีความคิดเห็นในระดับน้อย คือ ผู้สอนไม่เป็นผู้นำการอภิปรายหรือถ่ายทอด

ความรู้ให้กับนิสิตโดยตรง (ร้อยละ 46.1) ผู้สอนสนับสนุนข้อมูลเอกสารเพิ่มเติม (ร้อยละ 23.1) และผู้เรียนอ่านตำราก่อนเข้าชั้นเรียน (ร้อยละ 23.1)

ภาพรวม ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสภาพการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยรวม 4.18 ในระดับมาก โดยนิสิตส่วนใหญ่ มีภาพรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสภาพการเรียนรู้ในระดับมาก ร้อยละ 77.7 รองลงมา มีระดับความคิดเห็นปานกลาง และน้อย ร้อยละ 12.3 และ 10.0 ตามลำดับ ดัง Table 2

**Table 2** Level of learning condition (n = 13)

Total	Total mean score	Level of learning condition (Mean/%)		
		Low (< 50%)	Medium (50 – 79%)	High (> 79%)
learning condition opinion	4.18	1.3 (10.0)	1.6 (12.3)	10.1 (77.7)

### ส่วนที่ 3 ผลการจัดการเรียนรู้

นิสิตมีความคิดเห็นในระดับมากถึงมากที่สุด คะแนน 4 - 5 ทุกข้อ ในเรื่อง 1. ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้น 2. มีมุมมองในเนื้อหาความรู้ที่กว้างมากขึ้น 3. พัฒนาการเรียนรู้ออกไปนอกห้องเรียนและการทำงานเป็นทีม 4. มีความรู้ในเนื้อหา และมีข้อค้นพบใหม่ๆ 5. มีทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง 6. เชื่อมโยงระหว่างหัวข้อต่างๆ ได้ 7. จับประเด็นในแต่ละครั้งที่เรียน และนำความรู้เดิม และใหม่มาช่วยผสมผสานในการอภิปราย 8. มี

ส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นอย่างกระตือรือร้น และสม่ำเสมอ 9. สมาชิกกลุ่มมีส่วนร่วมอภิปรายอย่างมีเหตุผล 10. ระดับความรู้และความเข้าใจในรายวิชานี้ของนิสิต เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียน จากแบบประเมิน สรุปความคิดเห็นต่อผลการจัดการเรียนรู้ว่า รูปแบบการสอนนี้ ส่งผลให้นิสิตได้พัฒนาตนเองดีขึ้นในทุก ๆ ข้อ ดังกล่าว ได้อย่างรวดเร็ว ลงตัวตามระยะเวลา และแผนของการจัดการเรียนการสอน

ภาพรวม ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการ

เรียนรู้ โดยคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก (4.65 คะแนน) ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นในระดับมาก ร้อยละ 75.5 รองลงมา

คือ มีระดับความคิดเห็นปานกลาง และระดับน้อย ร้อยละ 21.5 และ 3.0 ตามลำดับ ดัง Table 3

**Table 3** Learning result level (n = 13)

Total	Total mean score	Level of learning condition (Mean/%)		
		Low (< 50%)	Medium (50 – 79%)	High (> 79%)
Learning result opinion	4.65	0.4 (3.0)	2.8 (21.5)	9.8 (75.5)

#### ส่วนที่ 4 บัณฑิตที่พึงประสงค์

ผลการศึกษา พบว่า นิสิตส่วนใหญ่มีการปฏิบัติตนเป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ในระดับบ่อยๆ ร้อยละ 52.6 รองลงมา ปฏิบัติทุกครั้ง และบางครั้ง ร้อยละ 70.0 และ 6.1 ตามลำดับ มีเพียงร้อยละ 0.7 ที่ไม่เคยปฏิบัติ คือ เข้าเรียนสายเกิน 15 นาที แต่ข้อที่นิสิตยังต้องทำการแก้ไข คือ การปฏิบัติในระดับบางครั้ง ซึ่งมี 6 ข้อ คือ 1. ผู้เรียนเข้าเรียนก่อนเวลา 15 นาที 2. ให้ข้อมูลหรือเสนอความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่ม 3. อธิบายและถ่ายทอดความคิดให้กลุ่มได้เข้าใจ 4. นำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย 5. ฝึกทักษะการวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล 6. เตรียมตัวและศึกษาด้วยตนเองในรายวิชานี้

**ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน** นิสิตส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน ที่ใช้โครงการเป็นฐานระดับมากที่สุด ข้อที่มีความพึงพอใจระดับปานกลาง คือ สื่อและสื่อดิจิทัล สิ่งที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ คือ โปรเจกเตอร์ ภาพกระพริบ ม้า ไม่มีผังอธิบายการใช้ที่ชัดเจน และขาดความสม่ำเสมอในการตรวจสอบ และซ่อมบำรุง

#### การประเมินกิจกรรม (การศึกษาเดี่ยวและทีม)

##### การนำเสนอหน้าชั้นเรียน

การประเมินกิจกรรม จากการสังเกต พบว่า นิสิตมีพัฒนาการดีขึ้นเป็นลำดับทั้ง 3 ส่วน คือ ส่วนประกอบของเนื้อหา การนำเสนอ และการตอบคำถาม และเมื่อทำการประเมินโดยนิสิตและอาจารย์ผู้สอน ตามแบบประเมิน ผลการศึกษา พบว่า คะแนนทำกิจกรรมกลุ่ม ข้อที่ได้คะแนนต่ำ ต่ำกว่าร้อยละ 50.0 ได้แก่ วิธีการศึกษา (ร้อยละ 15.3) ผลการศึกษา (ร้อยละ 23.0) ความสำคัญของปัญหาหรือหลักการและเหตุผล (ร้อยละ 30.7)

##### การประเมินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลทั่วไป นิสิตส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 53.8 เพศหญิง ร้อยละ 46.2

##### ส่วนที่ 2 การจัดสภาพการเรียนรู้

**ภาพรวม** ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน พบว่า นิสิตมีความพึงพอใจ โดยเฉลี่ยในระดับมาก คะแนนภาพรวมเฉลี่ยความพึงพอใจ (4.18) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมาก ร้อยละ 84.7 รองลงมา มีระดับความพึงพอใจปานกลาง และน้อย ร้อยละ 14.6 และ 0.7 ตามลำดับ ดัง Table 4

**Table 4** Learning appreciate level

Total	Total mean score	Level of learning condition (Mean/%)		
		Low (< 50%)	Medium (50 – 79%)	High (> 79%)
Apprec-iate	4.18	0.1 (0.7)	1.9 (14.6)	11.0 (84.7)

#### สรุปและวิจารณ์

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ และศึกษาความพึงพอใจของนิสิตต่อการจัดการเรียนรู้ และประเมินคุณลักษณะนิสิตที่พึงประสงค์ของหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหารายวิชา และโครงการสำรวจพยาธิใบไม้ตับและมะเร็งท่อน้ำดีในชุมชน การ

จัดสภาพการเรียนรู้ หัวข้อที่นิสิตมีความคิดเห็นน้อยดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากนิสิตไม่คุ้นเคย กับรูปแบบการสอนแบบโครงการเป็นฐาน ในระยะแรก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ 6 ที่พบว่า การสอนของผู้สอนอยู่ในระดับมากเกี่ยวกับ ความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ การถ่ายทอดและสร้าง ความเข้าใจ การสอนที่กระตุ้นให้คิด วิเคราะห์และการแก้

ปัญหา เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นทั้งในและนอกชั้นเรียน ตลอดจนให้เข้าพบและปรึกษานอกชั้นเรียน และการศึกษาของ 7 รายงานว่า การสอนของผู้สอนอยู่ในระดับมาก ในเรื่องผู้สอน มีบุคลิกเหมาะสม มีความรู้ในเนื้อหาวิชา และความสามารถ เป็นที่ยอมรับ ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือนิสิต และให้นิสิตซักถามหรือโต้ตอบได้ในขณะที่สอน ผลการจัดการเรียนรู้ จากแบบประเมิน สรุปความคิดเห็นต่อผล การจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษาการระดับชั้นสูงว่า รูปแบบการ สอนแบบโครงการเป็นฐาน ส่งผลให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองดี ขึ้นในทุก ๆ ด้าน ดังกล่าว ได้อย่างรวดเร็ว ลงตัว ตามระยะ เวลา และแผนของการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ<sup>8</sup> สรุปว่า ผู้สอนส่งเสริมให้นิสิตทำงานเป็นทีม และให้โอกาสนิสิตอภิปรายได้อย่างเต็มที่ และ<sup>9</sup> การทำงาน เป็นทีมจะดีขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และพัฒนาถึงจุดอิ่มตัวที่ สัปดาห์ที่ 4 และการศึกษาของ<sup>7</sup> ที่พบว่า การบริหารจัดการ การเรียนการสอน อยู่ในระดับมาก ในเรื่อง การมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นิสิตคิดและสร้างสรรค์ผลงาน เปิดโอกาสให้นิสิตซักถามได้ในขณะเรียน บัณฑิตที่พึงประสงค์ ผลการศึกษา ดังกล่าวสรุปได้ว่า รูปแบบการสอนแบบโครงการเป็นฐาน ยังไม่ เป็นที่คุ้นเคยของนิสิตบางคน การคาดหวังให้นิสิตเรียนรู้ด้วย ตนเอง และฝึกปฏิบัติเอง และมีอิสระในการออกความคิดเห็น อาจยังไม่คุ้นเคยและผสมผสานกับวัฒนธรรมได้ดี ต้องมีการ พัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไปในอนาคต จึงจะสามารถปฏิบัติได้ ตามแผนของการจัดการเรียนการสอน และเป็นไปตาม เป้าประสงค์ ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน ผลการศึกษา สอดคล้องกับการศึกษาของ<sup>6,10</sup> ถึงผลการสอน ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง แบบใช้โครงการเป็นฐาน และ สอดคล้องกับการศึกษาของ<sup>8</sup> กล่าวว่า นิสิตมีความพึงพอใจ ในระดับมาก คือ ด้านกระบวนการเรียนการสอน ในเรื่องมีวิธีการ สอนที่กระตุ้นให้ติดตามการสอน จัดกิจกรรมตรงกับความ สนใจของนิสิต และกระตุ้นให้มีส่วนร่วมในกิจกรรม

### ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลการวิจัย

การศึกษาในโอกาสต่อไป ควรจะศึกษา โดยเพิ่มเติม ในเรื่องดังต่อไปนี้

1. การเรียนการสอนโดยใช้โครงการเป็นฐาน เหมาะที่จะนำไปใช้ในระดับบัณฑิตศึกษาในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้อง ซึ่งมีข้อได้เปรียบสำหรับนิสิต ในการเรียนรู้ในสถานที่ ที่เทียบเท่ากับนอกสถานที่ โดยลงมือปฏิบัติจริง
2. จากผลการศึกษา และนิสิตได้ให้ข้อเสนอแนะ จากแบบประเมิน และการสนทนากลุ่ม ข้อเสนอแนะสำหรับผู้สอน คือ ผู้สอนต้องตรวจสอบเนื้อหา ปรับปรุงให้ทันสมัย พัฒนา

เทคนิควิธีการสอนใหม่ ๆ โดยเน้นให้นิสิตได้มีส่วนในการ จัดการเรียนการสอน เช่น การนำรูปแบบการวิจัยครั้งนี้มาใช้ และมีการพัฒนาเทคนิคการสอน ให้มีความหลากหลาย ตาม ความเหมาะสมของวิชา และหลักสูตร เป็นต้น

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โครงการเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบในการจัดการเรียน การสอนที่หลากหลาย ทั้งในและนอกสถานที่ ทำให้นิสิตได้เข้า ร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนมากขึ้น โดยเฉพาะการจัด กิจกรรมการทำงานเป็นทีม ทำให้นิสิตได้รู้จักการทำงานเป็น ทีม คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น รวมทั้งการปรับตัวเข้ากับ กลุ่ม และ บุคคลหลายสถานะในชุมชนได้ ดังนั้นอาจจะนำ เทคนิควิธีการสอนนี้ ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้

4. วิธีการจัดการเรียนการสอน ในโครงการสำรวจ พยาธิใบไม้ดับและมะเร็งท่อน้ำดีในชุมชน ทำให้นิสิตทุกคนได้ ร่วมวางแผนทำโครงการทุกขั้นตอน วางแผนวิธีการทำงาน เป็นทีม มีส่วนในการ นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ซึ่งจะเห็น ได้ว่าในการวิจัยนี้ ทำให้มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นความ สนใจ และความต้องการของนิสิตโดยแท้จริง ดังจะเห็นได้จาก ที่ ทำให้นิสิตได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ บริหารจัดการ ในการ ดำเนินงานตามโครงการในชุมชนที่ได้รับมอบหมาย ทั้งในและ นอกสถานที่เรียน อย่างอิสระ น่าจะนำกลยุทธ์วิธีการสอนนี้ ไป ประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะทำให้ได้ผล งาน และประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้อยู่โดยใช้ โครงการเป็นฐาน

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. อาจทำการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบอื่น ๆ สำหรับการเรียนการสอน เช่น การจัดการเรียนการสอนแบบ สืบค้น (Inquiry Instruction) การเรียนแบบร่วมมือ Cooperative/ Collaborative Learning)

การใช้เครื่องมือทางปัญญา (Cognitive Tools) เป็นต้น เพื่อวัดประสิทธิผลของการเรียนการสอน

2. การศึกษาครั้งนี้ทำให้เข้าใจ แนวคิดและมุมมอง ของนิสิต ในเรื่องการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่ศึกษา โดยใช้โครงการเป็นฐาน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรของคณะ จะทำให้ได้ข้อมูลสำหรับการวางแผน พัฒนา การเรียนการสอนมากขึ้น ดังนั้นทางคณะ ควรดำเนินการสำรวจ หรือศึกษาความพึงพอใจของนิสิตในด้านต่าง ๆ หรือในรายวิชาอื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพ และพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อตอบสนองความต้องการของนิสิต และการจัดการเรียน การสอน ที่สนองตอบ ตาม พ.ร.บ. การศึกษาแห่งชาติ แก้ไขเพิ่ม

เดิม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553 หมวดที่ 4 มาตรา 22<sup>1</sup> ว่าด้วย การจัดการศึกษาต้องยึดหลักให้ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนจัดการการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ

3. ควรมีการศึกษาความคาดหวังของบัณฑิต และผู้ใช้บัณฑิตเหล่านั้น ต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ได้ข้อมูล ที่จะเป็นแนวทางในการจัดการศึกษา ที่เหมาะสมกับความต้องการของหน่วยงาน สถาบัน ในทุกภาคส่วนทั้งในประเทศ และกลุ่มประเทศแถบ ASEAN ต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณผู้บริหาร คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ คณะสาธารณสุขศาสตร์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ชุมชน และชาวบ้าน ตำบลนาตุน อำเภอนาตุน ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนิสิตที่ให้ความร่วมมือในการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิทยาการระบาดชั้นสูง ตามโครงการสำรวจพยาธิใบไม้ตับและมะเร็งท่อน้ำดี ทุกท่าน ซึ่งผลการวิจัยจะช่วยให้มีการพัฒนาหลักสูตรต่อไป งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2556

### เอกสารอ้างอิง

1. อรรถนพ สนธิไชย. การจัดการเรียนการสอนที่เน้น ผู้เรียนเป็นสำคัญ. วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข; 2556.2. Project based learning. iGetWeb.com; 2010.
2. Project based learning.iGetWeb; 2010.
3. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ."รายงานการติดตามและประเมินผลการปฏิรูปการศึกษาในวาระครบรอบ 3 ปี ของการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542."สำนัก นายกรัฐมนตรี; 2545.
4. สำนักนิติการ. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. พ.ร.บ. การศึกษาแห่งชาติ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553.
5. ดาวิวรรณ เศรษฐีธรรม. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน ในรายวิชา วิทยาการระบาดประยุกต์ สำหรับงานอนามัยสิ่งแวดล้อม; 2555.
6. ชลชนก มันทะนา และคณะ. ความพึงพอใจของบัณฑิตหลักสูตรประกาศนียบัตรเวชกิจฉุกเฉิน รุ่นที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตร วิทยาลัยบรมราชชนนี

เชียงใหม่. เชียงใหม่: วิทยาลัยบรมราชชนนีเชียงใหม่; 2551.

7. วรพจน์ บุษราคัมวดี. ความพึงพอใจของบัณฑิตต่อการจัดการเรียนการสอนของสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยการณ ในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยการณ; 2546.
8. ศิริพร ย่านเดิม. การจัดการเรียนการสอนของอาจารย์ที่มีผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา; 2549.
9. เกสร มณีวรรณ และคณะ. พัฒนาการที่มของนักศึกษาที่เรียนวิชาพลวัตกลุ่มและการทำงานเป็นทีม วิทยาลัยการพยาบาลบรมราชชนนี นครลำปาง. 23 (2); 2554.
10. ดวงเนตร ธรรมกุล และคณะ. ผลของการจัดการเรียนแบบโครงการต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษาวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนนทบุรี. 8 (1); 2557

## ความชุกของการได้ยินบกพร่องของผู้สูงอายุในหกชุมชนจังหวัดมหาสารคาม

### Prevalence of Hearing Impairment among Elderly at Six Communities in Maha Sarakham Province

ภูรินทร์ สุจิระกุล<sup>1</sup>

Phurin Sujirakul<sup>1</sup>

Received: 15 February 2015 ; Accepted: 8 May 2015

#### บทคัดย่อ

การได้ยินบกพร่องในผู้สูงอายุเป็นปัญหาที่พบได้บ่อย และมีผลกระทบต่อทั้งทางกายภาพ จิตใจ และสังคม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกของการได้ยินบกพร่องของผู้สูงอายุ ที่มีอายุเกิน 60 ปี จำนวน 111 คน ในหกชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ได้แก่ ตักศิลา ศรีสวัสดิ์ 1-3 ปัจฉิมทัศน 1-2 และความต้องการของผู้สูงอายุที่มีการได้ยินบกพร่องในชุมชนดังกล่าว พบว่าผู้สูงอายุมีการได้ยินบกพร่องร้อยละ 71.2 และในผู้สูงอายุที่มีการได้ยินบกพร่องนี้ มีความต้องการทั้งใบรับรองความพิการและการรักษามากที่สุดร้อยละ 44.4 นอกจากนี้ยังพบว่าเพศชายมีความเสี่ยงต่อการได้ยินบกพร่องมากกว่าเพศหญิง (OR = 3.05, 95%CI 1.08 - 8.57) อย่างไรก็ตาม โรคประจำตัว และประวัติการสัมผัสเสียงดังมาก่อนไม่ได้เป็นปัจจัยที่นำไปสู่การได้ยินบกพร่องดังกล่าว ( $p > 0.05$ ) ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการดูแลรักษาผู้สูงอายุต่อไป

**คำสำคัญ :** ความชุก การได้ยินบกพร่อง ผู้สูงอายุ

#### Abstract

Hearing loss is a common problem in the elderly. It can cause physical, psychological and social problems. This study aimed to identify the prevalence of hearing loss in people over 60 years old, who live in six communities in Mahasarakham Province, and then describe the requirements of the hearing impaired in the elderly. 111 participants from 6 communities ; Takasila, Srisawad1-3, Patchimtat1-2 were recruited. The result showed that 71.2 % of the participants have hearing loss. The biggest category of hearing impaired was both hearing handicap and hearing rehabilitation (44.4%). The odds ratio of hearing loss were greater for men than women (OR = 3.05 , 95%CI 1.08-8.57) However, underlying disease and history of noise exposure were not found to be a strong predictive factor for abnormal hearing ( $p > 0.05$ ) The result from this study can be further applied to improve elderly's care in Thailand.

**Keywords :** Prevalence, Hearing impairment, Elderly

#### บทนำ

การได้ยินบกพร่องในผู้สูงอายุ คือ การได้ยินลดลงที่สัมพันธ์กับอายุที่เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วจะมีการได้ยินลดลงของหูทั้ง 2 ข้างเท่าๆ กันและอาการจะเป็นมากขึ้นเรื่อยๆ เรียกอีกอย่างว่าโรคประสาทหูเสื่อมจากวัยชรา (Presbycusis) จัดเป็นปัญหาทางสุขภาพที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุปัญหาหนึ่ง<sup>1</sup> และมัก

จะเป็นปัญหาที่ถูกมองข้าม เนื่องจากการได้ยินในผู้สูงอายุจะค่อยๆ ลดลงจนบางที่ผู้สูงอายุอาจจะไม่รู้ตัว แต่คนรอบข้างอาจจะสังเกตได้จากการที่ผู้สูงอายุไม่ค่อยตอบสนองต่อเสียงเรียก หรือบางครั้งอาจจะเปิดวิทยุหรือโทรทัศน์เสียงดังมากขึ้นผิดปกติ ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่สำคัญ และมักจะได้รับ การแก้ไขที่ล่าช้ากว่าที่ควรจะเป็น<sup>2</sup>

<sup>1</sup> อาจารย์แพทย์, ภาควิชา โสต ศอ นาสิกวิทยา, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Otorhinolaryngology, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Muang District, Mahasarakham 44000, Thailand

\* Corresponding author; PhurinSujirakul, Lecturer, MD, Department of Otorhinolaryngology, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Muang District, Mahasarakham 44000, Thailand. phurin\_suj@yahoo.co.th

การได้ยินลดลงนี้จะมีผลกระทบต่อผู้สูงอายุทั้งในด้านของ  
กายภาพ จิตใจ และสังคม<sup>36</sup> นอกจากนี้ยังทำให้เกิดภาวะซึม  
เศร้า รู้สึกว่าตัวเองไม่มีคุณค่า , ช่วยเหลือตัวเองได้ลดลง<sup>7-9</sup>และ  
เกิดผลเสียต่างๆ ตามมาอย่างต่อเนื่อง เชื่อว่าการใช้เครื่องช่วย  
ฟังหรือการฟื้นฟูการได้ยิน จะช่วยแก้ปัญหาการได้ยินบกพร่อง  
และช่วยให้การรับรู้ของสมองในผู้สูงอายุดีขึ้น<sup>10-13</sup>

การตรวจการได้ยินในผู้สูงอายุนั้นมีความสำคัญ โดย  
แนะนำให้ตรวจอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อที่จะได้วินิจฉัยและ  
ให้การรักษาได้อย่างทันท่วงที<sup>14</sup> ผู้สูงอายุมักมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น  
และลดปัญหาทางด้านจิตใจและสังคมที่อาจจะตามมา แต่  
เนื่องจากสุขภาพที่ถดถอยลง จึงอาจทำให้มีปัญหาในการเดิน  
ทาง ตลอดจนเหตุผลอื่นๆ อีกหลายประการ จึงทำให้ผู้สูงอายุ  
ในชุมชนอาจจะไม่สะดวกที่จะมารับบริการที่สถาน  
บริการทางการแพทย์ ดังนั้นการให้บริการตรวจการได้ยินนอก  
สถานที่จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้สูงอายุได้รับ  
บริการทางการแพทย์อย่างทั่วถึง และมีความสะดวกสบายมาก  
ขึ้น จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีผู้สูงอายุที่มีปัญหาการได้ยินบกพร่องของ  
ผู้สูงอายุในประเทศไทยถึงร้อยละ 52.4 ในผู้ที่มีอายุเกิน 60 ปี  
โดยมีระดับการสูญเสียการได้ยินของหูทั้งสองข้างอยู่ในระดับ  
ปานกลางถึงรุนแรงร้อยละ 9.5<sup>15</sup>

อย่างไรก็ดี ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความชุกของการ  
ได้ยินบกพร่องของผู้สูงอายุในหกชุมชนจังหวัดมหาสารคาม  
มาก่อน งานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อหาความชุกของการ  
ได้ยินบกพร่องในกลุ่มผู้สูงอายุดังกล่าว และศึกษาความ  
ต้องการของผู้สูงอายุที่มีการได้ยินบกพร่อง เพื่อที่จะได้ทราบ  
ถึงขนาดของปัญหาและเป็นแนวทางในการดูแลรักษาผู้สูงอายุ  
ต่อไป

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความชุกของการได้ยินบกพร่องของผู้สูง  
อายุในหกชุมชนจังหวัดมหาสารคามและความต้องการของผู้  
สูงอายุที่มีการได้ยินบกพร่องในชุมชนดังกล่าว

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาโดยตัวอย่าง  
เป็นผู้สูงอายุที่มีอายุเกิน 60 ปีในกลุ่มชุมชน 6 แห่ง ได้แก่ ตัก  
ศิลา ศรีสวัสดิ์ 1-3 บึงฉลุมทัศน 1-2 ซึ่งเป็นชุมชนเมืองในเขตรับ  
ผิดชอบของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ทำการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 22 สิงหาคม 2557 ถึง 26  
ธันวาคม 2557 ขั้นตอนในการดำเนินงานประกอบด้วย การ  
ประสานงานชมรมผู้สูงอายุและอาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.)  
เพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูล การเตรียมสถานที่ทำการตรวจการ  
ได้ยิน โดยขอความอนุเคราะห์วัดหรือบ้านของอสม.ที่มีห้องปิด  
และอาณาบริเวณโดยรอบเงียบสงบ ซึ่งทางผู้วิจัยจะตรวจ  
สภาพแวดล้อมด้วยเครื่อง sound level meter 3M™ Sound-  
pro™ Octave RTA kit, SP-SE-2-1/1 แล้วจึงตรวจการได้ยิน  
กลุ่มตัวอย่าง โดยนักตรวจการได้ยิน จากนั้นจึงทำการรวบรวม  
ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติ  
สำเร็จรูป ใช้สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลทั่วไป และใช้สถิติ  
chi-square OR , 95%CI ให้มีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$   
ในการพิจารณาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการได้ยินบกพร่องของผู้  
สูงอายุ และนำเสนอข้อมูล

การได้ยินบกพร่องหมายถึง ภาวะที่การได้ยินของหู  
ทั้ง 2 ข้างมากกว่า 25 เดซิเบล อ้างอิงตาม World Health  
Organization (WHO)<sup>16</sup>

ผู้สูงอายุ หมายถึง ผู้ที่มีอายุมากกว่า 60 ปี ขึ้นไป  
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบบันทึก  
ข้อมูล (case record form) โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่  
ข้อมูลทั่วไป ผลตรวจการได้ยิน และความต้องการของผู้สูงอายุ  
ในรายที่พบว่ามีการได้ยินบกพร่อง การตรวจการได้ยิน  
เป็นการตรวจการได้ยินโดยการส่งผ่านเสียงทางอากาศ (Air  
conduction) ที่ระดับความถี่ 250, 500, 1000, 2000, 4000,  
6000 และ 8000 Hertz ตามลำดับ โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านคณะ  
กรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัย  
มหาสารคาม เลขที่โครงการ 210/2557

**Table 1** Underlying disease of study samples

Underlying disease	Numbers	%
None	46	41.4
Diabetes mellitus	9	8.1
Hypertension	20	18.0
Dyslipidemia	7	6.3
Diabetes mellitus and Hypertension	6	5.4
Diabetes mellitus and Dyslipidemia	1	0.9
Hypertension and Dyslipidemia	13	11.7
Diabetes mellitus, Hypertension and Dyslipidemia	9	8.1
Total	111	100

### ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 111 ราย เป็นเพศหญิงร้อยละ 66.7 เพศชายร้อยละ 33.3 อายุเฉลี่ย 70.16 ปี (60-95) โรคประจำตัวที่พบ ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง(Hypertension/HT) พบมากที่สุดร้อยละ 18 ในขณะที่ไม่มี

โรคประจำตัวใดๆเลยร้อยละ 41.4 รายละเอียดดังแสดงใน Table 1 ส่วนในเรื่องของประวัติการสัมผัสเสียงดังพบว่า ส่วนมากไม่มีประวัติสัมผัสเสียงดังมาก่อนเลยร้อยละ 62.2 ประวัติการสัมผัสเสียงดังอื่นๆมีรายละเอียดดังแสดงใน Table 2

**Table 2** History of noise exposure in study samples

History of noise exposure	Numbers	%
None	69	62.2
Firework and cracker	12	10.8
Work in noisy environment	7	6.3
Listen to loud music	12	10.8
Firework and work in noisy environment	3	2.7
Firework and listen to loud music	2	1.8
Work in noisy environment and listen to loud music	6	5.4
Total	111	100

โดยสรุปแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีการได้ยินปกติร้อยละ 28.8 และมีการได้ยินบกพร่องร้อยละ 71.2 ดังแสดงใน Figure 1 นอกจากนี้จากการสอบถามความต้องการของผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีต่อการได้ยินบกพร่องโดยใช้วิธีสุ่มจำนวน 18 ราย

พบว่ามีความต้องการใบรับรองความพิการจำนวน 1 ราย ต้องการรักษาเพื่อให้ได้ยินดีขึ้น 3 ราย ต้องการทั้ง 2 อย่างจำนวน 6 ราย และไม่ต้องการทั้ง 2 อย่างจำนวน 2 ราย ดังแสดงใน Table 3



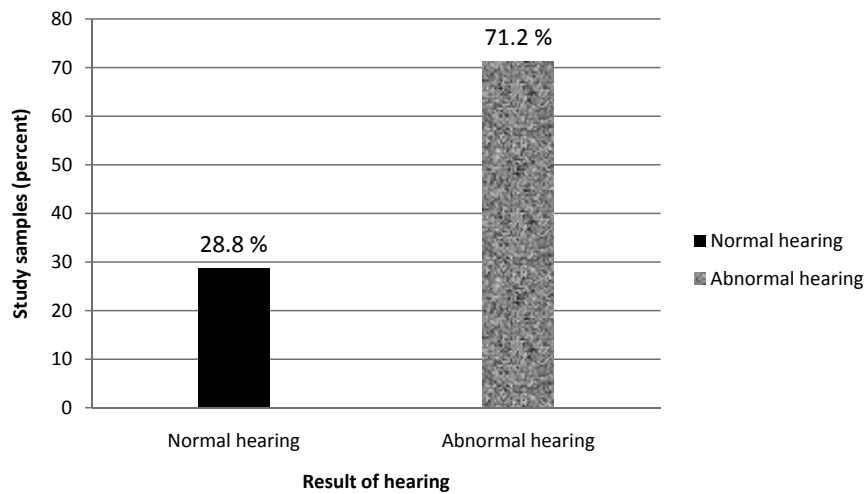


Figure 1 Hearing result of study samples

Table 3 Requirement of 18 hearing impaired in study samples

Requirement	Numbers	%
Hearing handicap	1	5.6
Hearing rehabilitation	3	16.7
Both of them	8	44.4
Neither of them	6	33.3
Total	18	100

สำหรับเพศ โรคประจำตัวซึ่งได้แก่ โรคเบาหวาน (DM) โรคความดันโลหิตสูง (HT) โรคไขมันในเลือดสูง (DLD) มีโรคประจำตัวดังกล่าวมากกว่า 1 โรคขึ้นไป และประวัติการสัมผัสเสียงดังมาก่อนซึ่งถือเป็นปัจจัยเชิงคุณภาพ โดยพบว่าเพศเป็นเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลต่อการได้ยินบกพร่องของผู้สูงอายุ ( $p = 0.05$ ) และเมื่อนำมาคำนวณด้วยสถิติ chi-square พบว่าเพศชายมีความเสี่ยงต่อการเกิดการได้ยินบกพร่องสูงกว่าเพศหญิง 3.05 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (odds ratio = 3.05, 95%CI 1.08-8.57) ในขณะที่โรคประจำตัว และประวัติการสัมผัสเสียงดังมาก่อนกลับไม่มีความแตกต่างในการทำให้เกิดการได้ยินบกพร่องในผู้สูงอายุ ( $p > 0.05$ )

**ผลการศึกษาและอภิปรายผลการทดลอง**

ความชุกของการได้ยินบกพร่องของผู้สูงอายุในงานวิจัยนี้พบร้อยละ 71.2 ซึ่งมากกว่าการศึกษาของ ศ.พญ. ฉวีวรรณ บุนนาคและคณะ<sup>15</sup> ที่เป็นการศึกษาในประเทศไทย เช่นเดียวกัน ที่พบร้อยละ 52.4 ขณะที่เมื่อเทียบกับในประเทศสหรัฐอเมริกา จากงานวิจัยของ Karen Cruickshanks และคณะ<sup>17</sup>, Dayna Dalton และคณะ<sup>18</sup> และ Frank R Lin และ

คณะ<sup>19</sup>พบว่า มีความชุกของการได้ยินบกพร่องร้อยละ 45.9 51 และ 63.1 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเชื้อชาติ สภาพแวดล้อม และวิถีการดำเนินชีวิตที่แตกต่างกันอย่างมาก อาจทำให้มีความชุกของการได้ยินบกพร่องในผู้สูงอายุที่แตกต่างกันได้เช่นเดียวกัน

ในส่วนของความต้องการของผู้สูงอายุที่มีการได้ยินบกพร่องพบว่า มีความต้องการทั้งใบรับรองความพิการและการรักษาเพื่อให้ได้ยินดีขึ้นเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด คือร้อยละ 44.4 ซึ่งน่าจะเป็นสิ่งที่ดีที่สุดสำหรับผู้สูงอายุเพราะจะได้ทั้งสิทธิผู้พิการที่รัฐพึงให้ตามที่ควรจะได้ และได้รับการรักษา เช่น อาจจะได้ใส่เครื่องช่วยฟัง เพื่อฟื้นฟูการได้ยินให้ดีขึ้น ส่งผลให้คุณภาพชีวิตโดยรวมของผู้สูงอายุดีขึ้นตามลำดับ ในส่วนของปัจจัยเชิงคุณภาพอันได้แก่ โรคประจำตัว (underlying disease) และประวัติการสัมผัสเสียงดังมาก่อน (history of noise exposure) นั้นไม่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการได้ยินบกพร่องในผู้เข้าร่วมวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Frank R Lin และคณะ<sup>19</sup> ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโรคประจำตัว และประวัติการสัมผัสเสียงดังกับการได้ยินบกพร่องเช่นเดียวกัน

สุดท้ายนี้เนื่องจากในปัจจุบันวิวัฒนาการทางการแพทย์มีประสิทธิภาพและทันสมัยมากขึ้น ทำให้จำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น สังคมไทยมีลักษณะเป็นสังคมผู้สูงอายุมากขึ้น การดูแลผู้สูงอายุจึงมีความสำคัญเพิ่มขึ้นตามไปด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การนำแนวคิดที่เป็นการให้บริการทางสุขภาพแบบเชิงรุก นี้ไปประยุกต์ใช้ในการดูแลผู้สูงอายุในด้านอื่นๆ เช่น การตรวจคัดกรองโรคต่างๆ ที่มักพบในผู้สูงอายุ น่าจะมีประโยชน์และช่วยให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น สามารถใช้ชีวิตได้อย่างมีความสุข ส่งผลดีต่อสังคมและประเทศชาติต่อไป

### ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลวิจัยที่ได้ ทำให้ทราบถึงความชุกของการได้ยินบกพร่องในผู้สูงอายุ เขตชุมชนเมืองในจังหวัดมหาสารคาม และทำให้ทราบถึงขนาดของปัญหาดังกล่าว ทำให้เกิดคำถามขึ้นว่าในเขตชุมชนชนบทหรือในเขตอำเภออื่นๆ ที่ไม่ใช่อำเภอเมืองนั้น จะมีความชุกของการได้ยินบกพร่องเป็นเท่าไร จึงอาจจะดำเนินการวิจัยในลักษณะดังกล่าวโดยลงพื้นที่ไปในเขตชนบทอำเภออื่น อีกทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวางระบบสาธารณสุข ในการให้การดูแลและช่วยเหลือผู้สูงอายุต่อไป นอกจากนี้จากข้อมูลความต้องการของผู้สูงอายุที่มีการได้ยินบกพร่อง ทำให้ทราบถึงความปรารถนาของผู้สูงอายุเบื้องต้น ซึ่งส่วนมากต้องการทั้งสิทธิผู้พิการและการรักษาเพื่อให้ได้ยินดีขึ้น ทำให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปเตรียมวางแผนในการให้บริการทางการแพทย์ เพื่อให้ผู้รับบริการมีความพึงพอใจ และเป็นประโยชน์แก่ผู้รับบริการมากที่สุด

### กิตติกรรมประกาศ

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงชมรมผู้สูงอายุและอสม.ประจำชุมชนดังกล่าว ที่ช่วยประสานงานในการลงพื้นที่และเก็บข้อมูล ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

1. Hazzard WR, Blass JP, Ettinger WH, Halter JB, Ouslander JG. Principles of geriatric medicine and gerontology. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1999; 617-31.
2. Jerger J, Chmiel R, Wilson N, Luchi R. Hearing im-

pairment in older adults: new concepts. J Am Geriatr Soc 1995; 43:928-35.

3. Wallhagen MI, Strawbridge WJ, Kurata J, Kaplan GA. Comparative impact of hearing and vision impairment on subsequent functioning. J Am Geriatr Soc 2001; 49 : 1086-92.
4. Apollonio I, Carabelles C, Magni E, Frattola L, Trabucchi M. Sensory impairments and mortality in an elderly community population: a six year follow-up study. Age Aging 1995; 24:30-36.
5. Tun PA, McCoy S, Wingfield A. Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. Psychol Aging. 2009; 24(3):761-766.
6. Viljanen A, Kaprio J, Pyykko I, et al. Hearing as a predictor of falls and postural balance in older female twins. J Gerontol A Biol Sci MedSci. 2009; 64(2):312-317.
7. Chen HL. Hearing in the elderly. Relation of hearing loss, loneliness, and self-esteem. J Gerontol Nurs 1994; 20:22-28.
8. Jerger J, Chmiel R, Wilson N, Luchi R. Hearing impairment in older adults: new concepts. J Am Geriatr Soc 1995; 43:928-35.
9. Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JE, et al. Association between hearing impairment and the quality of life of elderly individuals. J Am Geriatr Soc 1990; 38:45-50.
10. Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JE, et al. Quality-of-life changes and hearing impairment. A randomized trial. Ann Intern Med. 1990; 113(3):188-194.
11. Mulrow CD, Tuley MR, Aguilar C. Correlates of successful hearing aid use in older adults. Ear Hearing 1992; 13:108-13.
12. Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JE, Tuley MR, Charlip WS, Rhodes MC, et al. Quality-of-life changes and hearing impairment : A randomised trial. Ann Int Med 1990; 113-188.
13. Mulrow CD, Tuley MR, Aguilar C. Sustained benefits of hearing aids. J Speech Hearing Res 1992; 35 :1402-5.
14. H Y Wu, J J Chin, H M H Tong Screening for hearing impairment in a cohort of elderly patients attending a hospital geriatric medicine service. Singapore Med

- J 2004; 45(2):79.
15. Bunnag C, Polpathapee S, Prasansuk S, et al. Ear disease and hearing in the Thai elderly population. Part I. A comparative study of the accuracy of the diagnosis and treatment by general practitioners vs ENT specialists. *J Med Assoc Thai* 2001; 85: 521-31.
  16. Deafness and hearing loss. WHO media center factsheet 2015 available from : URL : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en.html> Feb 2 2015.
  17. Cruickshanks KJ, Wiley TL, Tweed ST, et al. Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin The Epidemiology of hearing loss study. *Am J Epidemiol.* 1998; 148(9): 879-888.
  18. Dalton SD, Cruickshanks KJ, Klein BK, et al. The Impact of hearing loss on quality of life in older adults. *The Gerontologist.* 2002; 43(5): 661-668.
  19. Lin FR, Thorpe R, Gordon-Salant S ,et al. Hearing loss prevalence and risk factors among older adults in the united states. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2011; 66A(5):582-590.

## เหตุรำคาญและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา กรณีศึกษา: ตำบลหนองแวงและกลางใหญ่ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี

### Nuisance and Accident from Rubber Latex Transportation: a Case Study in Nong Waeng and Klang Yai sub-districts, Banphue district, Udonthani province

สิทธิชัย ใจขาน,<sup>1</sup> อุไรวรรณ อินทร์ม่วง<sup>2</sup>

Sitthichai Chaikhan,<sup>1</sup> Uraiwan Inmuong<sup>2</sup>

Received: 5 February 2015 ; Accepted: 30 March 2015

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษา เหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา อุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา และความคิดเห็นด้านแนวทางการแก้ปัญหาจากการขนส่งยางพาราในตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ ประชากร คือ คริวเรือนในตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 2,803 คริวเรือน ใช้การสุ่มแบบเป็นระบบในการคัดเลือกอาสาสมัคร โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ ตัวแทนคริวเรือนในตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ จำนวน 140 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ (มีประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ข้อมูลปัญหาและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา และแนวทางการแก้ไขปัญหามาจากการขนส่งยางพารา) นอกจากนี้ยังมีเก็บข้อมูลโดยการสังเกตลักษณะรถบรรทุกที่ขนส่งยางพารา และสภาพแวดล้อมบริเวณเส้นทางที่มีการขนส่งยางพารา แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา

ผลการศึกษา พบว่า คริวเรือน ร้อยละ 80.7 ได้รับความรำคาญจากการขนส่งยางพารา โดยปัญหากลิ่นอันไม่พึงประสงค์จากการขนส่งยางพาราเป็นเหตุรำคาญที่เกิดขึ้นมากที่สุด (ร้อยละ 80.5) มีคริวเรือน ร้อยละ 10.0 ที่เคยประสบอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องจากการขนส่งยางพาราในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา ซึ่งผู้ที่เคยประสบอุบัติเหตุส่วนใหญ่มีการบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 54.4) และผู้แทนคริวเรือนเห็นว่ามีความจำเป็นที่ต้องแก้ไขปัญหาลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ร้อยละ 37.9 ดังนั้นเกษตรกรสวนยางพารารวมถึงผู้ประกอบการรับซื้อยางพาราควรมีการปรับปรุงยานพาหนะที่ขนส่งยางพาราให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การคลุมผ้าที่กระบะบรรทุก การต่อท่อ/ถัง/ภาชนะรองรับน้ำยางจากกระบะบรรทุกที่สามารถรองรับของเหลวต่างๆ ได้อย่างเพียงพอและป้องกันกลิ่นจากยางพาราที่ออกจากรถบรรทุก เพื่อไม่ให้สร้างความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนในชุมชน

**คำสำคัญ:** เหตุรำคาญ ยางพารา การขนส่งยางพารา

#### Abstract

The purposes of this research was to study the causes of nuisance and accidents from the rubber latex transportation, and obtain opinions towards resolving problems from rubber latex transportation in Nong Waeng and Klang Yai sub-districts. The samples were from households in Nong Waeng and Klang Yai sub-districts, Banphue district, Udonthani province, totaling 2,803 households. The systematic random sampling method was used in voluntary selection. The sample was 140 representatives of the households in Nong Waeng and Klang Yai sub-districts. The method of data collection was a structured interview, consisting of 3 parts: general information of the research sample, information of problems and accidents from the rubber latex transportation, and guidelines for resolving the problems. Moreover, the data were collected by observation of the trucks transporting rubber latex, and surroundings of the rubber latex transportation routes. The data obtained from this case study were analyzed with descriptive statistics.

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup>รองศาสตราจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น 40002,

<sup>1</sup> Master's degree, <sup>2</sup> Associate Professor., Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Muang District, Khon Kaen 40002, Thailand.

\* Corresponding author; Uraiwan Inmuong, Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Muang District, Khon Kaen Province 40002, Thailand. uraiwan@kku.ac.th

The findings were as follows : 80.7 percent of the households reported having problems from the rubber latex transportation. The most frequently reported problem was unpleasant odor (80.5 percent of the reported problems). 10.0 percent of the households reported being in an accident related to rubber latex transportation within the past year. About 64.4 percent of those accidents resulted in minor injuries. And 37.9 percent of the samples was aware of importance of resolving problems. The suggestion for solving the problems were that, the rubber agriculturalists and the rubber latex buyers should modify the vehicles for rubber transportation for proper use, included using canvas/plastic covers, adding a pipe/a container for keeping the rubber latex from the truck sufficiently, and preventing the smell from the truck to annoy the communities.

**Keywords:** nuisance, rubber latex transportation

## บทนำ

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปีพ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีการผลิตยางพารา จำนวน 3.16 ล้านตัน สร้างรายได้เป็นอันดับ 5 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด เป็นมูลค่า 146,263.6 ล้านบาท<sup>1</sup> การปลูกยางพาราในประเทศไทย มีประมาณ 16.9 ล้านไร่ โดยภาคใต้มีการปลูกยางพารามากที่สุด รองลงมาได้แก่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ<sup>2</sup> โดยมีพื้นที่ปลูกยางประมาณ 4,395,395,849 ไร่ ซึ่งจังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่มากถึง 329,590 ไร่ ข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราอำเภอบ้านผือ ในปี พ.ศ. 2554 มีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 49,976 ไร่ ตำบลที่มีการปลูกยางพาราจำนวนมากมีหลายตำบล เช่น ตำบลคำด้วง กลางใหญ่ เมืองพาน โนนทอง หนองแวง ข้าวสาร<sup>3</sup>

สำหรับน้ำยางที่ได้จากการกรีดยางนั้นเกษตรกรในพื้นที่ตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี นิยมแปรรูปน้ำยางสดที่กรีดยางได้ไปขายในรูปแบบยางก้อนถ้วยเพราะสามารถทำได้โดยใช้เวลาไม่นานและมีความสะดวก แต่โดยทั่วไปน้ำยางสดเมื่อกรีดยางจากต้นแล้วจะคงสภาพอยู่ในเวลาไม่นาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวของอนุภาคยางและการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียที่ใช้สารอาหารในน้ำยางทำให้อนุภาคยางรวมตัวเป็นก้อนเหนียวและเน่ามีกลิ่นเหม็น แต่สามารถใช้สารรักษาสภาพทั้งในส่วนของน้ำยางสดก่อนการแปรรูปและน้ำยางข้นหลังการแปรรูปได้<sup>4</sup>

สารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางมีหลายชนิด เช่น แอมโมเนีย ซึ่งสารเคมีนี้สามารถระเหยได้ง่ายและมีกลิ่นรุนแรงมาก เมื่อระเหยสู่อากาศเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ในกระบวนการผลิตจะต้องใช้แอมโมเนียปริมาณมากในการคงสภาพของยาง ก่อให้เกิดปัญหากลิ่นฉุนจากแอมโมเนีย และยังคงต้องใช้แอมโมเนียร่วมกับสารซิงก์ออกไซด์ (ZnO) และสารเทตระเมทิลไทูรัมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram Disulfide, TMTD) ซึ่งสารเทตระเมทิลไทูรัมไดซัลไฟด์เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งที่อวัยวะเป้าหมาย คือ ตับ ไต

และระบบประสาทส่วนกลาง<sup>5</sup> นอกจากนี้เพื่อให้ยางแข็งตัวและได้ยางที่มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการของผู้ซื้อหรือโรงงานอุตสาหกรรม ต้องใช้กรดฟอร์มิคที่มีความเข้มข้นร้อยละ 90° กรดฟอร์มิคเป็นสารละลายที่ไม่มีสี สามารถละลายน้ำได้ดี แต่มีกลิ่นฉุนจัดหากสูดดมจะแสบจมูกอย่างรุนแรง และอาจเป็นอันตรายต่อการหายใจรวมถึงการสัมผัสทางผิวหนัง<sup>6</sup>เกษตรกรสวนยางพาราจึงนิยมใช้กรดชีวภาพในเพื่อทำให้น้ำยางจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อน้ำยางจับตัวเป็นก้อนเรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถขนส่งนำไปจำหน่ายได้

เมื่อมีการขนส่งยางพาราไปตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น จากสวนยางพารามาถึงจุดรับซื้อยางพารา หรือจากจุดรับซื้อยางพาราไปยังโรงงานอุตสาหกรรม มักมีของเหลวรั่วไหลออกมาในระหว่างกระบวนการขนส่ง ซึ่งของเหลวเหล่านี้อาจจะเป็นน้ำยางพารา หรือสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพยางหรือสารที่ใช้จับตัวของน้ำยางปนเปื้อนกับน้ำยางออกจากกระบะบรรทุกของรถบรรทุกลงสู่พื้นผิวของถนนสร้างความสกปรกรวมทั้งมีกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณเส้นทางผ่านของรถบรรทุกที่ทำการขนส่งยางพารา รวมถึงประชาชนผู้สัญจรบนท้องถนน โดยเฉพาะเมื่อรถมาหยุดอยู่บริเวณสัญญาณไฟจราจร หรือมีการจอดพักรถเป็นเวลานานจะมีน้ำยางพาราไหลออกมาปริมาณมาก เป็นการทำให้ประชาชนได้รับผลกระทบมากขึ้น นอกจากนี้สารเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำยางยังสามารถทำให้ระคายเคืองผิวหนัง ลอก และเน่าเปื่อย เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง เกิดอันตรายต่อสุขภาพจากทั้งทางตรงและทางอ้อม<sup>7</sup>และยังสามารถเป็นเหตุของการเกิดอุบัติเหตุกับผู้ที่ขับขี่ยานพาหนะต่างๆได้ เนื่องจากการลื่นน้ำยางพาราบนพื้นผิวถนน โดยเดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2557 มีอุบัติเหตุที่เกิดจากการลื่นน้ำยางพาราบนถนน จำนวน 40 ครั้ง ได้แก่รถจักรยานยนต์ลื่นล้ม 35 ครั้ง รถกระบะลื่นไถลออกจากถนน 4 ครั้ง และรถกระบะชนกับรถจักรยานยนต์ 1 ครั้ง มีผู้ได้รับบาดเจ็บรวมทั้งสิ้น 46 คน<sup>8</sup>

จากข้อมูลกลุ่มโรคผู้ป่วยใน ปี 2557 ของอำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี จำนวนของผู้ที่เจ็บป่วยด้วยกลุ่มโรคของระบบหายใจมีจำนวนมากเป็นอันดับ 2<sup>9</sup> โดยก๊าซหลายชนิดที่เกิดจากกระบวนการสลายตัวของสาร ซิวโมเลกุลของยางพารา เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) อาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรค หรืออาจส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ได้ แม้ว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) จะสามารถดำเนินการควบคุมปัญหาด้านสาธารณสุขสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ แต่อาจจะไม่สามารถดำเนินการครอบคลุมได้ทุกกรณี<sup>10</sup> ดังนั้นจากการที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องของทั้งสองตำบลซึ่งยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา จึงทำให้กิจการรับซื้อยางพาราก็ยังสร้างปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน มีการศึกษาพบว่าปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่อชุมชนนั้นเกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการผลิตของเกษตรกรสวนยางพาราก่อนขนส่งออกมาสวนยางพารา<sup>11</sup> แต่การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับยางพาราที่ผ่านมายังขาดข้อมูลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ เพื่อศึกษาเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา รวมทั้งอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการขนส่งยางพารา โดยผลการศึกษาที่ได้ไปสามารถเป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่นๆ ในการนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหาคาญที่เกิดขึ้นจากการขนส่งยางพาราต่อไปในอนาคต

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา รวมทั้งอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา และความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการขนส่งยางพาราในตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ อำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

**รูปแบบการวิจัย** การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study)

#### กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ คราวเรือนในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ ของอำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีจำนวน 2,803 คราวเรือน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ตัวแทนคราวเรือนจำนวน 140 คราวเรือน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ สมาชิกของคราวเรือนที่อาศัยอยู่ในเขตตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ อำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไปซึ่งเป็นผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณคราวเรือนนานที่สุดในแต่ละวัน และมีความยินดีเข้าร่วมการวิจัย (1 คนต่อ 1 คราวเรือน) โดยมีวิธีในการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างในกรณีที่ทราบขนาดประชากร<sup>12</sup> ดังต่อไปนี้

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 P(1-P)}{e^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 P(1-P)}$$

เมื่อ  $n$  คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$N$  คือ ขนาดของประชากร = 2,803 คราวเรือน

$$Z_{\alpha/2} = 1.96$$

$e$  คือค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง โดยค่าความผิดพลาดไปจากค่าที่เป็นจริงที่ผู้วิจัยยอมให้มีได้ไม่เกินบวก/ลบ 5 %<sup>13</sup> ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ 0.04 เนื่องจากต้องการให้มีความคลาดเคลื่อนน้อย และจำนวนตัวอย่างมีความเหมาะสม

$P = 0.935$  ค่าสัดส่วนการได้รับปัญหาเหตุรำคาญจากมลพิษอุตสาหกรรมจากการพัฒนาและขยายตัวทางภาคอุตสาหกรรม เท่ากับ ร้อยละ 93.5<sup>14</sup> ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวข้องกับเหตุรำคาญอันเกิดจากกิจการที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้เช่นเดียวกันกับกิจการที่เกี่ยวข้องกับยางพารา เนื่องจากจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา

การสุ่มตัวอย่างกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสัมภาษณ์ มีการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (Systematic Random Sampling)<sup>15</sup> มีวิธีการ คือ สืบหาจำนวนและเลขที่บ้านของประชาชนในตำบลหนองแวงและตำบลกลางใหญ่ อำเภอบ้านฝือ จังหวัดอุดรธานี มาเรียงลำดับตามลำดับเลขที่บ้าน จากนั้นหาช่วงระยะห่างของการเลือกตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

$$I = N/n$$

เมื่อ

$I$  คือ ช่วงห่างของการสุ่ม

$N$  คือ ขนาดของประชากร = 2,803 คราวเรือน

$n$  คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง = 140 คราวเรือน

จากการคำนวณได้ช่วงระยะห่างของตัวอย่าง เท่ากับ 20 จากนั้นใช้วิธีการสุ่มอย่างเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) แล้วสุ่มอย่างง่ายเพื่อหาตำแหน่งเริ่มต้นของตัวอย่างแรก เมื่อได้ตำแหน่งเริ่มต้นแล้ว จากนั้นเลือกตัวอย่างในลำดับถัดไป สุ่มเลือกตัวอย่างจนกระทั่งได้ตัวแทนคราวเรือน

ครบจำนวน 140 คน จาก 140 คริวเรือน (1 คนต่อ 1 คริวเรือน) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการขอรับการพิจารณาและรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่นแล้ว

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

แบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจากการทบทวนแนวคิดทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการกำหนดแบบสัมภาษณ์แต่ละตัวในกรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ข้อมูลปัญหาและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา และแนวทางการแก้ไขปัญหาจากการขนส่งยางพารา โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา สถานภาพสมรส สมาชิกในครอบครัว อาชีพหลัก โรคประจำตัว รายได้โดยเฉลี่ย

ส่วนที่ 2 ข้อมูลปัญหาและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา ได้แก่ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ ช่วงเวลาที่ได้รับปัญหาจากการขนส่งยางพารา ประเภทของรถบรรทุกยางพารา การร้องเรียนเหตุรำคาญของประชาชนในพื้นที่สำหรับเหตุรำคาญที่ได้รับจากการขนส่งยางพารา ประกอบด้วย 5 คำถาม ได้แก่ กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เสียงรบกวน ฝุ่นควัน เกิดความเครียดความสกปรก ปัญหาการจราจร อากาศผิดปกติที่ได้รับจากเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา ประกอบด้วย 6 คำถาม ได้แก่ การระคายเคืองทางเดินหายใจ การระคายเคืองผิวหนัง การระคายเคืองตาหรือแสบตา การปวดศีรษะ การวิงเวียนหรือคลื่นไส้หรืออาเจียน และความเครียด และอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา ประกอบด้วย 2 คำถาม คือ การประสบอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บที่ได้รับจากการขนส่งยางพาราหรือน้ำยางพาราหรือขี้ยางพาราที่อยู่บนท้องถนนในรอบปีที่ผ่านมา

สำหรับคำถามเกี่ยวกับเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพาราและอาการผิดปกติที่ได้รับจากเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา ผู้วิจัยมีแนวทางในการแบ่งระดับความถี่โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเอง โดยผ่านการตรวจสอบแก้ไขและปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งเกณฑ์ในการแปลผลออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- ไม่เคยเกิด หมายถึง ไม่มีโอกาสที่จะเกิดเหตุรำคาญเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา

- เกิดบางครั้ง หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพาราขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่เกินครั้งหนึ่งของจำนวนการขนส่งทั้งหมด

- เกิดบ่อยครั้ง หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพาราขึ้นจำนวนมากตั้งแต่ครั้งหนึ่งของจำนวนการขนส่งทั้งหมดแต่ไม่เกิดขึ้นทุกครั้ง

- เกิดทุกครั้ง หมายถึง มีโอกาสที่จะเกิดเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพาราขึ้นทุกครั้ง

ส่วนที่ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหาจากการขนส่งยางพารา ได้แก่ ความจำเป็นของปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข การบังคับใช้มาตรการทางกฎหมายในการระงับเหตุรำคาญ การปรับปรุงเส้นทางการขนส่งและช่วงเวลาในการขนส่งยางพารา การปรับปรุงสภาพรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งยางพารา

แบบสังเกต เป็นการสังเกตซึ่งมีจุดสังเกตอยู่ที่ที่พักอาศัยของกลุ่มอาสาสมัคร สำหรับแบบสังเกตผู้วิจัยใช้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยผ่านการตรวจสอบแก้ไขและปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว โดยแบบสังเกตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การสังเกตเกี่ยวกับลักษณะรถบรรทุกที่ขนส่งยางพาราผ่านที่พักอาศัยของอาสาสมัคร และสภาพแวดล้อมบริเวณเส้นทางขนส่งยางพารา ดำเนินการสังเกตโดยผู้วิจัยเอง มีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 การสังเกตลักษณะรถบรรทุกที่ขนส่งยางพารา เป็นการสังเกตโดยการมองด้วยตาเปล่าแล้วบันทึกข้อมูลลงในแบบสังเกต ซึ่งข้อมูลประกอบด้วย 8 ข้อ ประเภทของรถบรรทุกยางพาราที่ขนส่งยางพาราผ่านบริเวณที่พักอาศัยของอาสาสมัคร ได้แก่ รถบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถประเภทอื่นๆ การสภาพของกระบะบรรทุกในการบรรทุกว่ามีความสะอาดในการรองรับของเหลวต่างๆในกระบะที่บรรทุกไม่สามารถล้นหรือรั่วไหลออกมาหรือไม่ การสังเกตเกี่ยวกับการมีของอุปกรณ์ที่ต่อเติมจากตัวรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งยางพารา เช่น ถังบรรจุน้ำยางพารา ภาชนะบรรจุน้ำยางโดยเป็นการสังเกตว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้หรือไม่ รวมถึงมีการรั่วไหลของน้ำยางพาราจากอุปกรณ์เหล่านี้หรือไม่ สังเกตว่ามีการคลุมผ้าใบที่กระบะบรรทุกหรือไม่ และมีการส่งกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ออกมาในขณะที่ขนส่งยางพาราผ่านที่พักอาศัยของอาสาสมัครหรือไม่

ส่วนที่ 2 การสังเกตสภาพแวดล้อมบริเวณเส้นทางขนส่งยางพารา เป็นการสังเกตโดยการมองด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตถนนที่มีขนจขนส่งยางพาราผ่านบริเวณที่พักอาศัยของอาสาสมัคร ห่างจากที่พักอาศัยของอาสาสมัครรัศมีประมาณ 10 เมตร ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 4 ข้อ ได้แก่ ลักษณะของถนนว่าถนนเป็นถนนประเภทใด เช่น ถนนลาดยาง ถนนคอนกรีต ถนนดิน เป็นต้น การสังเกตการหกของน้ำยางพาราบนพื้นถนนว่ามีน้ำยางพาราหกอยู่บนพื้นถนนหรือไม่ สังเกตความ

สกปรกของน้ำยางพาราที่หกบนพื้นถนน และการสังเกตว่ามีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์จากน้ำยางพาราที่หกบนพื้นถนนหรือไม่ สำหรับผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งดำเนินการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผศ.ดร. ยรรยงค์ อินทร์ม่วง (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม) ผศ.ดร. ภาณีฤทธิ์มาก (ภาควิชาวิทยาศาสตร์ อณามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น) และ นางสมปอง พรหมพลจร(นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอบ้านฝาง จังหวัดอุดรธานี)

**วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล**

สำรวจข้อมูลเบื้องต้นของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ แนะนำตนเองและทำความเข้าใจกับผู้นำชุมชนอาสาสมัครสาธารณสุข และกลุ่มเกษตรกรผู้ปฏิบัติงานจากการรื้อเตียง

สัมภาษณ์รายบุคคลโดยผู้วิจัยตามแบบสัมภาษณ์ โดยสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลปัญหาและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพาราแนวทางการแก้ไขปัญหา ร่วมกับการใช้แบบสังเกต เพื่อสังเกตลักษณะรถบรรทุกที่ขนส่งยางพาราและสภาพแวดล้อมบริเวณเส้นทางขนส่งยางพารา

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและตรวจสอบความสมบูรณ์ของชุดแบบสัมภาษณ์ในแต่ละวัน หากพบความไม่สมบูรณ์หรือบกพร่อง จะกลับไปเก็บข้อมูลซ้ำอีกครั้งจนครบถ้วน

ทำการลงรหัสข้อมูลวิจัยเพื่อเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

**ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย** การวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ถึง มกราคม พ.ศ. 2558 รวมระยะเวลาที่ใช้ทำการวิจัย 3 เดือน

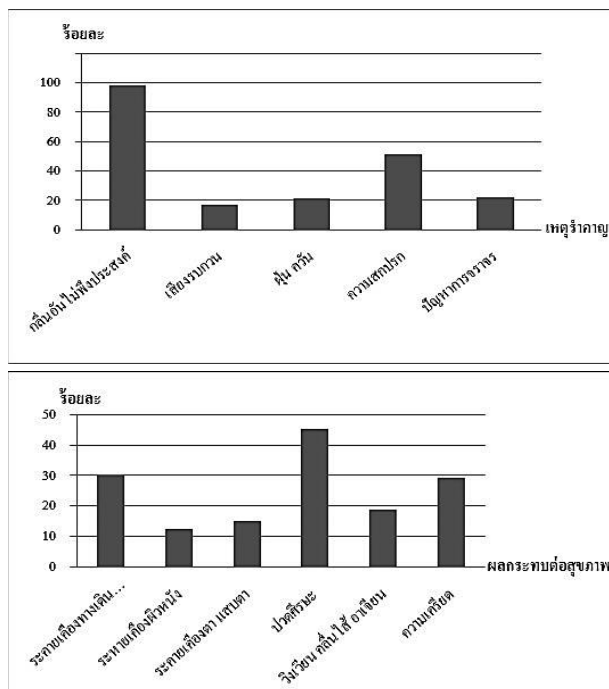
**การวิเคราะห์ข้อมูล** เป็นการใช้สถิติเชิงพรรณนา โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างในการวิจัย ข้อมูลเหตุรำคาญและอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา รวมทั้งความคิดเห็นด้านแนวทางการแก้ปัญหาจากการขนส่งยางพารา

**ผลการวิจัย**

**ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างประชากร** ผู้แทนครัวเรือนเป็นเพศหญิง ร้อยละ 56.4 เพศชาย ร้อยละ 43.6 มีอายุเฉลี่ย 52.1 14.8 ปี มีสถานะภาพสมรสคู่ ร้อยละ 78.6 สำเร็จการศึกษาสูงสุดในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 67.1 จำนวนสมาชิกในครอบครัว 4-6 คน ร้อยละ 57.1 ประกอบอาชีพทำนาอาชีพหลัก ร้อยละ 34.3 มีรายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือน 7,346.4 7,501.0 บาท มีโรคประจำตัว ร้อยละ 33.6 และอาศัยอยู่ในพื้นที่ศึกษาเป็นระยะเวลามากกว่า 20 ปี ร้อยละ 90

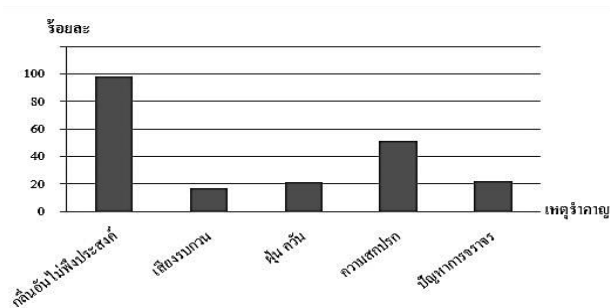
**เหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา**

จากการตอบแบบสัมภาษณ์ของตัวแทนครัวเรือน พบว่า ในช่วงเดือนมิถุนายนมีการขนส่งยางพารามากที่สุดเป็นร้อยละ 23.6 โดยช่วงเวลาที่พบการขนส่งยางพาราบ่อยที่สุดคือ ช่วง 6.00 น. ร้อยละ 20 และ ช่วง 13.00 น. ร้อยละ 20 สำหรับตัวแทนครัวเรือนส่วนใหญ่ระบุว่าในรอบปีที่ผ่านมาได้รับผลกระทบจากการขนส่งยางพารา ร้อยละ 80.7 และส่วนใหญ่พบว่ามีการตกลงของขี้ยาง หรือ การรั่วไหลของน้ำยางพารา ร้อยละ 78.6 ครัวเรือนที่ได้รับปัญหาจากการขนส่งยางพาราอยู่อาศัยห่างจากเส้นทางที่รถขนส่งยางพาราโดยเฉลี่ย 9.5 ±1.1 เมตร ยานพาหนะสำหรับขนส่งยางพาราที่พบมากที่สุด คือ รถบรรทุก 6 ล้อ ร้อยละ 49.3



**Figure 1** Percentage of nuisance by Transportation of Rubber latex





**Figure 2** Symptoms from rubber transportation

จาก Figure 1 เหตุรำคาญจากการขนส่งยางพาราที่ชุมชนประสบมากที่สุด คือ กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ โดยร้อยละ 80.5 ได้รับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ทุกครั้งที่มีการขนส่งยางพาราผ่านที่พักอาศัย และจาก Figure 2 ซึ่งส่วนใหญ่ ร้อยละ 22.1

ระบุว่ามีการปวดศีรษะหลังจากได้รับกลิ่นเหตุรำคาญจากรถขนส่งยางพารา แต่มีเพียง ร้อยละ 4.3 ที่เคยร้องเรียนเหตุรำคาญที่เกิดขึ้นจากการขนส่งยางพารา

**อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการขนส่งยางพารา** จากการสอบถามผู้แทนครัวเรือนเกี่ยวกับอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพาราในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา พบว่า มีเพียงร้อยละ 10 ที่เคยได้รับอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งยางพารา โดยส่วนใหญ่ของผู้เคยได้รับอุบัติเหตุประสบอุบัติเหตุเพียงครั้งเดียว ร้อยละ 57.1 ของผู้เคยได้รับอุบัติเหตุเกี่ยวกับการขนส่งยางพารา สำหรับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะบาดเจ็บเล็กน้อย ร้อยละ 64.4

**ความคิดเห็นด้านแนวทางการแก้ปัญหาการขนส่งยางพารา** จากการสอบถามผู้แทนครัวเรือนในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา ได้ข้อมูลดัง Table 1

**Table 1** Opinions on suggested ways to decrease the effects from rubber transportation (n=140)

Opinions on decreasing the effects	Numbers (persons)	percent
1. Need of decreasing the effects from rubber transportation		
No Comment		
Need	83	59.3
Not Need	53	37.9
	4	2.8
	Total	140
		100.0
2. A guideline for decreasing the effects		
2.1 Legal Measures		
No Comment	68	48.6
Need	61	43.6
Not Need	11	7.8
	Total	140
		100.0
2.2 Improvement of the truck in rubber transportation		
No Comment	51	36.4
Need	88	62.9
Not Need	1	0.7
	Total	140
		100.0
2.3 Change times or routes of rubber transportation		
No Comment	75	53.6
Need	53	37.9
Not Need	12	8.5
	Total	140
		100.0
2.4 Holding a meeting for sharing and suggestion of the problem resolving		
No Comment		
Need	69	49.6
Not Need	48	34.5
	Total	22
		15.8
	Total	140
		100.0

จาก Tale 1 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาจากการขนส่งยางพารา บ่งชี้ว่าครัวเรือนส่วนใหญ่เห็นว่ามีความจำเป็นที่ต้องแก้ไขปัญหา และ ลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ร้อยละ 37.9 โดยมีความเห็นว่ารถบรรทุกที่ทำการขนส่งยางพาราควรมีการทำถึงบรรจุ/ท่อบรรจุน้ำจากยางพาราที่มีขนาดเพียงพอ เพื่อลดปัญหาการล้นและรั่วไหลของน้ำยาง รวมถึงมีการใช้ผ้าคลุมกระบะของรถบรรทุก เพื่อช่วยลดปัญหาการฟุ้งกระจายกลิ่นจากตัวรถ และผู้แทนครัวเรือน ร้อยละ 62.9 มีความเห็นว่ามีมีความจำเป็นการแก้ไขปัญหาโดยการใช้นโยบายมาตรการทางกฎหมาย โดยร้อยละ 43.6 ความต้องการให้มีการจัดประชุมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกับผู้ประกอบการและประชาชนในพื้นที่เพื่อช่วยกันหาแนวทางลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ร้อยละ 34.5 และมีความเห็นว่ามีมาตรการในการควบคุมเส้นทาง หรือ เวลาการขนส่งยางพาราให้อยู่ในช่วงที่มีการจราจรน้อย ร้อยละ 37.9 ตามลำดับประเด็นเกี่ยวกับปัญหาจากการขนส่งยางพารา โดยประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นที่ได้จากการสัมภาษณ์โดยคำถามปลายเปิดและการสังเกตของผู้วิจัย พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ดังนี้

เกษตรกรสวนยางพารา เกษตรกรสวนยางพาราในพื้นที่ศึกษาส่วนมากมีการปฏิบัติที่ยังไม่ค่อยถูกต้องในการเก็บยางก้อนถ้วยจากสวนยางออกมาจำหน่าย ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายยางที่ยังเปียกอยู่ออกมาจำหน่าย โดยไม่รอให้ยางแห้งสนิท หรือ นำมาจำหน่ายในรูปแบบยางพารา เพราะมีความต้องการรายได้ที่ต่อเนื่อง บางส่วนมีการเติมน้ำเข้าไปในถุงพลาสติกหรือกระสอบปุ๋ยที่ใช้บรรจุยางก้อนถ้วย เนื่องจากเกษตรกรมีความต้องการให้น้ำหนักยางสูงและรายได้ที่สูงขึ้น แต่เป็นการทำให้มีน้ำไหลออกมาจากกระบะบรรทุกขณะทำการขนส่งยางพาราไปยังจุดรับซื้อมากกว่าปกติ และรถที่ใช้ขนส่งยางพาราของเกษตรกรยังไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับการใช้งาน เพราะเกษตรกรมักนำรถที่ใช้ตัดแปลงในการขนส่งพืชผลทางการเกษตรทั่วไป หรือรถกระบะที่ใช้ในการเดินทางทั่วไปมาใช้ในการขนส่ง ทำให้กระบะบรรทุกไม่สามารถป้องกัน และรองรับของเหลวที่ไหลออกมาได้

ผู้ประกอบการรับซื้อยางพารา รถบรรทุกยางพาราจากจุดรับซื้อยางพาราไปยังโรงงานอุตสาหกรรม เช่น รถบรรทุกหกล้อ รถบรรทุกสิบล้อ มีบางส่วนที่ไม่มีการดัดแปลงรถบรรทุกให้เหมาะสมกับการใช้งานทำให้มีน้ำยางพาราไหลออกมาจากกระบะบรรทุกจำนวนมากและไม่มีการป้องกันกลิ่นอันไม่พึงประสงค์จากตัวรถทำให้ประชาชนได้รับปัญหาจากกลิ่นขณะขนส่งผ่านครัวเรือนต่างๆบริเวณเส้นทางที่รถบรรทุกเหล่านี้ผ่าน

พนักงานขับรถบรรทุกที่รถมีการต่อเติมท่อหรือถังบรรจุน้ำยางพาราจากกระบะบรรทุก บางส่วนมีการแอบนำของเหลวไปปล่อยลงในพื้นที่บริเวณข้างถนน เมื่อพบว่าน้ำยางพาราเต็มถัง หรือเจาะรูสำหรับระบายน้ำของเหลวในถังไหลออกไปบนพื้นถนนเมื่อระดับของเหลวใกล้เต็มถัง

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้แทนครัวเรือนบางส่วนเห็นว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษายังไม่มีการดำเนินการทางกฎหมายหรือมีมาตรการที่เข้มงวดในการควบคุมปัญหาสภาพแวดล้อม หากมีฝนตกแล้วจะทำให้ให้น้ำยางพาราที่ท่อยอยู่บนถนนมีการกระจายมากขึ้น ส่งผลให้มีโอกาสเกิดการล้นไกลขณะเดินทางมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกับรถจักรยานยนต์ ประเด็นเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการขนส่งยางพารา โดยจากการสัมภาษณ์โดยคำถามปลายเปิด พบว่ามีประเด็นต่างๆ ดังนี้

เกษตรกรสวนยางพารา เกษตรกรไม่ควรเห็นแก่รายได้ แต่ควรคำนึงถึงการปฏิบัติในการนำยางพาราออกมาจำหน่ายอย่างถูกต้อง ไม่นำยางพาราที่เปียกออกมาจำหน่าย ผู้ประกอบการรับซื้อยางพารา โรงงานหรือจุดรับซื้อยางพาราต่างๆควรมีมาตรการรับซื้อเฉพาะยางก้อนถ้วยที่แห้งหรือ ยางพาราแผ่นเท่านั้น

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีมาตรการในการควบคุมเวลาในการขนส่งยางพาราให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ควรมีมาตรการในการควบคุมเส้นทางการขนส่งยางพารา โดยให้ใช้เส้นทางเลี่ยงเมืองเพื่อลดผลกระทบจากการขนส่งยางพาราท่อชุมชน ควรมีมาตรการในการตกแต่งและปรับผู้กระทำผิดเพื่อให้ดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ควรมีจุดพักรถเพื่อรองรับน้ำยางพาราจากรถบรรทุก เพื่อบรรเทาผลกระทบจากการรั่วไหลของน้ำยางหรือการแอบทิ้งน้ำยางพาราตามจุดต่างๆ ซึ่งมีความเห็นว่าควรเป็นพื้นที่ของโรงงาน/เอกชนที่รับซื้อยางพารา/หน่วยราชการ และองค์กรปกครองท้องถิ่นควรมีมาตรการ/ข้อบัญญัติที่ใช้ในการควบคุมกิจการที่เกี่ยวข้องกับยางพาราโดยเฉพาะ

## วิจารณ์และสรุปผล

ลักษณะในการขนส่งยางพารา

การขนส่งยางพาราจากสวนยางพาราจนถึงจุดรับซื้อยางพารา เกษตรกรสวนยางพาราจะนำน้ำยางพาราที่แปรรูปเป็นยางก้อนถ้วยแล้วไปขายยังจุดรับซื้อยางพารา โดยพบว่าในตำบลหนองแวงมีจุดรับซื้อยางพารา จำนวนทั้งหมด 2 แห่ง ได้แก่ กิจการรับซื้อโดยผู้ซื้อรายย่อย (ตั้งอยู่บ้านหนองแวง หมู่ที่ 2) จำนวน 1 แห่ง และ กิจการรับซื้อโดยกลุ่มเกษตรกร (ตั้งอยู่บ้านหนองแวง หมู่ที่ 2) จำนวน 1 แห่ง ส่วน

ตำบลกลางใหญ่มีจุดรับซื้อยางพาราจำนวนทั้งหมด 2 แห่ง ได้แก่ กิจการรับซื้อโดยเอกชน (ตั้งอยู่หมู่ที่ 8 บ้านผักบุง) จำนวน 1 แห่ง และ กิจการรับซื้อโดยผู้ซื้อรายย่อย (ตั้งอยู่ หมู่ที่ 1 บ้านกลางใหญ่) จำนวน 1 แห่ง สำหรับเส้นทางในการขนส่งยางพาราพบว่า เป็นทางถนนหลวงชนบท (เป็นถนนขนาดสองเลน) ซึ่งผ่านบริเวณชุมชน โดยพบว่าบ้านเรือนส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับถนนมากและส่วนใหญ่มักจะออกมาอยู่อาศัยบริเวณหน้าครัวเรือนหรือใต้ถุนของบ้านในช่วงเวลากลางวัน จึงมีโอกาสได้รับปัญหาจากการขนส่งมากในช่วงกลางวัน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมักจะพบการขนส่งในช่วง บ่ายที่สุดในช่วง 6.00 น.) เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรต้องทำการขนส่งยางพาราไปขายก่อนที่จะมาทำกิจกรรมประจำวันของตนเองตามปกติ



**Figure 3** Transportation of Rubber by the villagers

จาก Figure 3 รถบรรทุกยางพาราของเกษตรกรที่พบ คือ รถกระบะและรถดัดแปลงเพื่อใช้ขนส่งพืชผลทางการเกษตรที่เกษตรกรใช้งานตามปกตินำมาใช้ในการขนส่ง ซึ่งมีการใช้ถุงพลาสติกและกระสอบปุ๋ยในการบรรจุยางก้อนถ้วย แต่ถุงพลาสติกและกระสอบนั้นไม่สามารถบรรจุน้ำยางพาราหรือของเหลวซึ่งออกมาจากยางก้อนถ้วยที่เปียกได้ ทำให้ของเหลวเหล่านี้ไหลลงไปยังกระบะที่ใช้ในการบรรทุก กระบะของรถบรรทุกที่ใช้งานนั้นไม่สามารถรองรับของเหลวเหล่านี้ได้จึงทำให้มีการรั่วไหลลงไปยังท้องถนนได้

การขนส่งยางพาราจากจุดรับซื้อยางพาราจนถึงโรงงานอุตสาหกรรม รถบรรทุกที่ทำการขนส่งยางพาราไปยังโรงงานแปรรูปยางดิบ จะขนส่งไปโรงงานในเขตจังหวัดอุดรธานีและพื้นที่ใกล้เคียง ได้แก่ อำเภอหนองวัวซอ อำเภอหนองหาน อำเภอกุดจับ และอำเภอเมืองอุดรธานี โดยใช้เส้นทางหลวงแผ่นดินระหว่างอำเภอ สำหรับตำบลหนองแวงรถบรรทุกยางพารามักจะขนส่งยางพาราผ่านไปยังโรงงานในเขตอำเภอใกล้เคียง คือ กุดจับซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกันได้ทางทิศส่วนตำบลกลางใหญ่จะมีการขนส่งไปยังโรงงานที่อำเภอเมืองอุดรธานีและสามารถผ่านไปยังโรงงานในพื้นที่อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย เนื่องจากมีอาณาเขตติดต่อกันทางทิศเหนือ ทำให้พื้นที่ศึกษาทั้งสองตำบลมีรถขนส่ง

ยางพาราผ่านในเขตชุมชน และประชาชนส่วนใหญ่พบเห็นการขนส่งยางพาราของรถบรรทุกไปยังโรงงานบ่อยที่สุดในช่วง บ่าย จึงพบการขนส่งบ่อยที่สุดในช่วงเวลา 13.00 น. เนื่องจากการขนส่งหลังจากเสร็จสิ้นการซื้อขายยางพาราของเกษตรกรแล้ว



**Figure 4** A truck transporting from the buying point to the plant

จาก Figure 4 รถบรรทุกยางพาราจากจุดรับซื้อยางพาราไปยังโรงงานอุตสาหกรรมมักเป็นรถบรรทุกขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุกสิบล้อ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ลักษณะการบรรทุกจะเป็นการเทยางก้อนถ้วยจากถุงพลาสติกหรือกระสอบปุ๋ยที่เกษตรกรบรรจุยางก้อนถ้วยมาขายลงไปในกระบะบรรทุกจนหมดก่อนขนส่งไปยังโรงงาน ทำให้สามารถสังเกตเห็นของเหลว เช่น น้ำยางพาราไหลออกมาในขณะที่เทยางก้อนถ้วยลงบนกระบะของรถบรรทุกและขณะทำการขนส่งก็จะพบการรั่วไหลของของเหลวรั่วนี้เป็นปริมาณมาก แต่มีรถบรรทุกบางคันได้ปรับปรุงกระบะบรรทุกเพื่อใช้สำหรับขนส่งยางก้อนถ้วยโดยการทำรางสำหรับรองรับน้ำยางที่ไหลออกจากกระบะ แล้วต่อท่อ/สายยางเพื่อลำเลียงน้ำไปยังถังเก็บน้ำที่อยู่ใต้กระบะเพื่อไม่ให้น้ำยางพาราไหลลงบนพื้นถนน นอกจากนี้รถบางคันได้มีการคลุมกระบะบรรทุกเพื่อช่วยบรรเทาการกระจายของกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ของยางเหล่านี้ด้วย แต่ถึงจะมีอุปกรณ์เพื่อรองรับปริมาณน้ำยางพาราที่รั่วไหลออกมาก็ยังมีบางส่วนของความจุของอุปกรณ์เหล่านี้ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานทำให้มีการรั่วไหลออกมาบางส่วนอีกด้วย

เหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา สำหรับเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพาราที่พบมากที่สุด คือ กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ สอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริจันทร์ รุ่งยิ้ม<sup>16</sup> พบว่าปัญหาเหตุรำคาญที่ร้องเรียนที่พบมากที่สุดคือ ปัญหาเรื่องกลิ่น โดยผู้แทนครัวเรือนส่วนใหญ่ที่ได้รับผลกระทบจากกลิ่นของยางพาราจากรถที่ทำการขนส่ง ซึ่งผู้แทนครัวเรือน

ส่วนใหญ่ระบุว่าเมื่อมีรถขนส่งยางพาราผ่านก็จะได้รับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ทันที โดยเฉพาะรถบรรทุกขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ เป็นต้น เนื่องจากรถบรรทุกที่มีการบรรทุกยางพารามากขึ้นมักจะมีการส่งกลิ่นอันไม่พึงประสงค์มากยิ่งขึ้น



Figure 5 Rubber latex dropped on the road



Figure 6 Leakage of rubber latex from the truck

จาก Figure 5 เป็นลักษณะของน้ำยางพาราที่อยู่บนพื้นถนน และจาก Figure 6 เป็นการรั่วไหลของน้ำยางพาราออกจากรถบรรทุก ซึ่งนอกจากจะสร้างความสกปรกแล้วยังมีกลิ่นจากของเหลวบนท้องถนนที่ไหลออกมาจากกระบะบรรทุกที่สร้างปัญหาความเดือดร้อนรำคาญให้แก่ผู้ที่มีบ้านเรือนอาศัยอยู่ใกล้กับเส้นทางที่มีรถขนส่งยางพาราสัญจรผ่าน รวมถึงผู้ที่สัญจรไปมาบนท้องถนนจะได้รับปัญหาจากกลิ่นที่ตกค้างอยู่บนท้องถนน

โดยมีการศึกษาพบว่ากลิ่นที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดจาก จะเกิดการบูดเน่า โดยโปรตีนในส่วนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวก ไฮโดรเจนซัลไฟด์<sup>17</sup> คาร์โบไฮเดรตที่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรดไขมันระเหยง่าย หรือกลิ่นเหม็นจากยากลันด้วยที่แปรรูปจากน้ำยางสดของเกษตรกรเกิดจากกรดไขมันระเหยง่ายหลายชนิด โดยกรดอะซิติก (Acetic acid) และกรดบิวทีริก (Butyric acid) ทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยวได้ นอกจากนี้สารเคมีชนิดกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid), กรดไอโซคิวทริก (Isocutyric acid) และกรดวาเลอริก (Valeric acid) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เมื่อมารวมกันจึงไม่สามารถแยกแยะได้ จึงเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว<sup>18</sup> ทำให้กลิ่นที่ประชาชนได้รับอาจจะมาจากสาร

เคมีหลายชนิด แต่ประชาชนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าสามารถแยกกลิ่นที่มาจากรถขนส่งยางพาราได้ เพราะมีกลิ่นเหม็นฉุนเฉพาะตัว

ผู้แทนครัวเรือนส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบโดยเกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจและเกิดการปวดศีรษะ จากการศึกษาของ ปราณี อู่ปะโด<sup>19</sup> พบว่า ความแรงของกลิ่นมีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันมาก (ร้อยละ 75.4) โดยสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อระดับความแรงของกลิ่นที่มีผลต่อชีวิตประจำวันพบว่า นอกจากการศึกษาของของศิริจิต ทุงหว่า<sup>7</sup> พบว่าอันตรายจากแก๊สต่างๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์, ไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายทางตาและทางเดินหายใจสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น เยื่อบุตาเยื่อ จมูกอักเสบ ส่วนกรดฟอร์มิกที่ละลายปนออกมาในน้ำทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง ลอกและเน่าเปื่อยได้

อุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารา การเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งยางพารานั้นพบเพียงส่วนน้อย โดยผู้ที่เคยประสบอุบัติเหตุให้ความเห็นว่าสาเหตุมาจากการลื่นน้ำยางพาราที่อยู่บนท้องถนนซึ่งเป็นผลอันมาจากการรั่วไหลของน้ำยางพาราจากรถบรรทุกที่ทำการขนส่งยางพารา ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับข้อมูลรายงานการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากรถบรรทุกจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุดรธานี ระบุว่าในเดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2557 มีอุบัติเหตุที่เกิดจากการลื่นน้ำยางพาราบนถนน จำนวน 39 ครั้ง โดยเป็นการลื่นล้มของรถจักรยานยนต์จำนวน 35 ครั้ง โดยมีการชนกันเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว และการลื่นไถลออกจากถนนของรถกระบะจำนวน 4 ครั้ง แต่ระดับความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับการบาดเจ็บ โดยจากการสอบถามความคิดเห็นของผู้แทนครัวเรือนส่วนใหญ่ระบุว่าหากมีฝนตกจะเกิดการลื่นมากกว่าปกติและทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากยิ่งขึ้นเมื่อทำการสัญจรบนท้องถนน ประชมนจึงต้องให้ความสำคัญระมัดระวังในการขับขี่ยานพาหนะมากกว่าปกติ

ความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาการขนส่งยางพารา การที่ทั้งสองตำบลซึ่งยังไม่มีข้อบัญญัติที่จะใช้ควบคุมธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับยางพาราซึ่งเป็นกิจการที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพตามประกาศกฎกระทรวงสาธารณสุขที่ 5/2538 “เรื่องกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและก่อให้เกิดเหตุรำคาญตามมาตรา 4 ของพระราชบัญญัติการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535” ทำให้ผู้แทนครัวเรือนร้อยละ 43.6 มีความคิดเห็นว่าควรจะให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการควบคุมการขนส่งยางพาราอย่างเข้มงวด โดยการใช้มาตรการทางกฎหมายที่

เข้มงวดในการปรับผู้กระทำผิด เพื่อไม่ให้หลักกระทำผิดอีก จากการศึกษาของพรอนุรักษ์ สุทธิคณະ<sup>20</sup> พบว่าโดยการใช้ อำนาจเพื่อควบคุมเหตุรำคาญตามพระราชบัญญัติการ สาธารณสุข พ.ศ. 2535 บุคคลบุคคลที่ได้รับความเดือดร้อน มี สิทธิร้องขอให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นปฏิบัติหน้าที่ควบคุมเหตุ รำคาญได้ ดังนั้นหากประชาชนในชุมชนมีความตระหนักถึง ความสำคัญของปัญหาและการแก้ไขปัญหา สามารถที่จะ ร้องขอไปยัง อปท.ให้มีการช่วยควบคุมและแก้ไขปัญหาจะ สามารถลดปัญหาจากการขนส่งยางพาราได้ สำหรับวิธีการ แก้ไขปัญหาเหตุรำคาญ

ผู้แทนครัวเรือนร้อยละ 34.5 มีความต้องการให้มีการ จัดประชุมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกับผู้ประกอบการและ ประชาชนโดยอาศัยความร่วมมือขององค์กรแบบไตรภาคี ทั้งนี้ มีการศึกษาของสมศักดิ์ ชัยพิพัฒน์<sup>21</sup> พบว่า เป็นวิธีการใช้ความ ร่วมมือขององค์กรแบบไตรภาคี ที่สามารถทำได้โดยจะต้องมี โครงสร้างประกอบด้วยบทบาท หน้าที่และภารกิจขององค์กร ภาครัฐ ภาคประชาชนและภาคผู้ประกอบการและเป็นการมี ส่วนร่วมของชุมชนระดับตำบลที่เหมาะสมต้องเป็นกระบวนการ ไตรภาคี เช่นเดียวกันกับการศึกษาของรวิวรรณ สร้อย ระย้า<sup>14</sup> พบว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนระดับไตรภาคีประกอบด้วย ชุมชน ผู้ประกอบการ และรัฐบาล สามารถแก้ไขปัญหา ร้องเรียนได้อย่างเป็นระบบทำให้จำนวนเรื่องร้องเรียนลด ลง รวมทั้งเป็นการทำให้เกิดความเข้าใจระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้ได้รับปัญหาความเดือดร้อนเพื่อยุติปัญหา

ความคิดเห็นเกี่ยวกับความจำเป็นที่ต้องแก้ไขปัญหา และลดผลกระทบที่เกิดขึ้นมีเพียง ร้อยละ 37.9 เนื่องจากยังมึ ความคิดเห็นว่ามีปัญหาเกิดขึ้นจริง แต่ยังไม่สามารถระบุถึง ความจำเป็นที่ต้องแก้ไขในขณะนี้ และหากพิจารณาถึงตัวแทน ครัวเรือนส่วนใหญ่ที่ระบุว่าในรอบปีที่ผ่านมาได้รับผลกระทบ จากการขนส่งยางพารามีถึง ร้อยละ 80.7 แต่มีผู้ที่ดำเนินการ เคยร้องเรียนปัญหาเพียง ร้อยละ 4.3 อาจเกิดขึ้นจากการเป็น ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับกิจการยางพารา เนื่องจากข้อมูลทั่วไป ของกลุ่มตัวอย่าง มีผู้เป็นเจ้าของสวนยางพารา ร้อยละ 11.4 ผู้ ประกอบอาชีพรับจ้างกรีดยาง ร้อยละ 5.0 และผู้ตอบแบบ สัมภาษณ์บางคนมีสมาชิกในครอบครัวและญาติที่ประกอบ อาชีพเกี่ยวกับการเป็นเจ้าของสวนยางพาราและผู้กรีดยาง พารา ทำให้เกิดความขัดแย้งกันระหว่างผลประโยชน์ส่วน ตัวและผลประโยชน์ส่วนรวม (Conflict of Interest) ซึ่งอาจมี ผลต่อแรงจูงใจในการตัดสินใจจากประโยชน์ส่วนตนหรือ ครอบครัว ส่งผลให้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจขาดความ อิศระไม่เป็นกลาง จึงทำให้ขาดความตระหนักถึงความสำคัญ ของการแก้ไขปัญหาที่ตนเองและชุมชนได้รับจากการขนส่ง

ยางพารา เพราะตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามบางส่วนมีการ แสดงความคิดเห็นว่าได้รับเหตุรำคาญจากการขนส่งยางพารา แต่ก็ควรอดทนเพราะคนส่วนมากก็ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับ กิจการยางพารา และเป็นญาติหรือเพื่อนบ้านกันทำให้ไม่มึ ความต้องการจะทำการฟ้องร้องเพราะจะทำให้เกิดความขัดแย้งกันได้ นอกจากนี้ยังมีบางส่วนเห็นว่าการแก้ไขปัญหาเรื่อง ราคายางพารามีความสำคัญมากกว่าการปัญหาอื่น ๆ จาก กิจการยางพาราอีกด้วย

สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษา ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีจากกลิ่นที่เกิดขึ้นระหว่าง การขนส่งยางพารา เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณสารเคมีที่ออกมาสู่สิ่งแวดล้อม และปริมาณสารเคมีที่ประชาชนอาจจะได้รับ ซึ่งจะช่วยในการระบ่อนตรายที่ประชาชนอาจได้รับจากสารเคมี เหล่านี้ นอกจากนี้ควรศึกษาถึงผลกระทบของการขนส่ง ยางพาราต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของประชาชนในชุมชน ใกล้เคียงเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น อันจะนำไปสู่ แนวทางการควบคุมและป้องกันได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

## สรุปผลการวิจัย

ปัญหากลิ่นอันไม่พึงประสงค์จากการขนส่งยางพารา เป็นเหตุรำคาญที่เกิดขึ้นมากที่สุด (ร้อยละ 80.5) กลิ่นอันไม่ พึงประสงค์เกิดขึ้นทั้งขณะที่รถบรรทุกที่ขนส่งยางพารา เคลื่อนที่ผ่าน และจากของเหลวที่รั่วไหลออกจากกระบะ บรรทุกลงบนพื้นถนน หลังจากได้รับเหตุรำคาญกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีอาการปวดศีรษะ โดยพบว่ารถบรรทุกหกล้อเป็น ยานพาหนะขนส่งยางพาราที่พบมากที่สุด และการมีขนส่ง ยางพารามากที่สุดเวลา 6.00 น. และ 13.00 น. ของแต่ละวัน มีเพียงร้อยละ 10 ที่เคยประสบอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องจากการส่ง ยางพาราในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา ส่วนใหญ่ของผู้ที่เคยประสบ อุบัติเหตุมีการบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย ผู้แทนครัวเรือน ร้อยละ 37.9 ระบุว่ามีความจำเป็นที่ต้องแก้ไขปัญหาและลดผลกระทบ ที่เกิดขึ้น แต่มีเพียง 3 ครัวเรือนที่เคยร้องเรียนปัญหาจากการ ขนส่งยางพารา ซึ่งอาจเกิดจากการเป็นผู้มีส่วนได้เสียกับ กิจการยางพาราทำให้เกิดความขัดแย้งกันระหว่างผล ประโยชน์ส่วนตัวและผลประโยชน์ส่วนรวมได้ ดังนั้นเกษตรกร สวนยางพารารวมถึงผู้ประกอบการรับซื้อยางพาราควรมีการ ปรับปรุงยานพาหนะที่ขนส่งยางพาราให้เหมาะสมกับการใช้ งาน เช่น การคลุมผ้าที่กระบะบรรทุก การต่อท่อหรือถังหรือ ภาชนะรองรับน้ำยางจากกระบะบรรทุกที่สามารถรองรับ ของเหลวต่างๆ ได้อย่างเพียงพอและป้องกันกลิ่นจากยางพารา ที่ออกจากรถบรรทุก เพื่อไม่ให้สร้างความเดือดร้อนรำคาญแก่ ประชาชนในชุมชน ส่วนองค์กรปกครองท้องถิ่นควรออกข้อ

กำหนดท้องถิ่น/ข้อบัญญัติในการควบคุม และจัดการปัญหาผลกระทบจากการประกอบกิจการเกี่ยวข้องกับยางพารา ให้ครอบคลุมทั้งด้านสถานที่ตั้ง การปฏิบัติงาน การจัดการมลพิษ ตลอดจนกำหนดลักษณะของรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งยางพาราเพื่อให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆควรมีการประชุมและประสานความร่วมมือกันกับภาคประชาชนรวมถึงผู้ประกอบการแบบไต่ภาคี เพื่อร่วมกันหาแนวทางในการควบคุมและแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับความช่วยเหลือจากสำนักงานสาธารณสุขอำเภอบ้านฝ้อ จังหวัดอุดรธานี เทศบาลตำบลบ้านฝ้อ เทศบาลตำบลกลางใหญ่ และสำนักงานเกษตรอำเภอบ้านฝ้อ จังหวัดอุดรธานี ในการดำเนินการเก็บข้อมูลในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กองทุนสงเคราะห์การหาสวนยางพารา กรมวิชาการเกษตร [online] 2553. สืบค้นจาก URL: <http://www.thailandrubber.go.th>. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2557.
- สมาคมยางพาราไทย. สารจากนายกสมาคมยางพาราไทย [online] 2555. สืบค้นจาก URL: [http://www.thainr.com/th/message\\_detail.php?MID=26](http://www.thainr.com/th/message_detail.php?MID=26). สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2557.
- สำนักงานเกษตร อำเภอบ้านฝ้อ. แผนพัฒนาการเกษตร อำเภอบ้านฝ้อ โครงการพัฒนาชุมชนอำเภอบ้านฝ้อ จังหวัดอุดรธานี ปี 2556-2558 [online] 2555. สืบค้นจาก URL: <http://banphue.udonthani.doe.go.th/planyear/Plan3Yesr.htm>. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2557.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). ยางพารา Para Rubber [online] มปป. สืบค้นจาก URL: <http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/history/01-10.php>. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2557.
- กรมควบคุมมลพิษ. TMTD [online] 2551 สืบค้นจาก URL: <http://www.msds.pcd.go.th/searchName.asp?VID=2=796>. สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2557.
- สำนักงานตลาดกลางยางพารานครศรีธรรมราช สถาบันวิจัยยาง. การทำยางแผ่นชั้นดี [online]. มปป. สืบค้นจาก URL: [http://www.rubberthaiforward.com/page\\_index.php?page=10](http://www.rubberthaiforward.com/page_index.php?page=10). สืบค้นเมื่อ 7 มิถุนายน 2557.
- ศิริจิต พุ่มหว่า. ผลกระทบจากระบบการผลิตยางพาราที่มีต่อระบบนิเวศและสุขภาพของเกษตรกรสวนยาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุดรธานี. รายงานการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจร. อุดรธานี: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุดรธานี; 2557.
- สำนักงานสาธารณสุขอำเภอบ้านฝ้อ. 5 อันดับกลุ่มโรคผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก: รายงาน 505 ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุดรธานี. อุดรธานี: สำนักงานสาธารณสุขอำเภอบ้านฝ้อ; 2557.
- สำนักงานที่ปรึกษา กรมอนามัย. โครงการตำรา. [online] มปป. สืบค้นจาก URL: <http://advisor.anamai.moph.go.th/main.php?filename=tambon11>. สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2557.
- ฮาฟ้าซา เมาะมิง. ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมการปฏิบัติงานในสวนยางพาราที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของเกษตรกรในอำเภอรະแงะ จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2554.
- อุทุมพรจามรมาน. แบบสอบถาม: การสร้างและการใช้. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2530.
- อรุณ จิรวินท์กุล. ชีวิตที่ดีสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.
- วีวีวรรณ สร้อยระย้า. การวิจัยนวัตกรรมเรื่อง กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการแก้ไขปัญหาเหตุรำคาญ: กรณีศึกษาพื้นที่ตำบลท่าตูม อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม 2547; 27(2): 67-77.
- เทพศักดิ์ บุญรัตพันธุ์. การสุ่มตัวอย่าง (Sampling Method). [online]. 2557 สืบค้นจาก URL: <http://www.drmanage.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538635197>. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2557.
- ศิริจันทร์ รุ่งยิ้ม. สถานการณ์และปัญหาอุปสรรคการดำเนินงานตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 จังหวัดอุดรธานี ปี 2549 [online] 2550 สืบค้นจาก URL: [http://hpc9.anamai.moph.go.th/research/index.php?option=com\\_content&task=view&id=56&Itemid=44](http://hpc9.anamai.moph.go.th/research/index.php?option=com_content&task=view&id=56&Itemid=44). สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2557.

17. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียอิสระในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2554.
18. Hesketh HE and Cross FL. Odor control Including Hazardous Toxic Odors. USA.:TechnomicPublishing; 1989.
19. ปราณีย์ อู่ปะโค. การบำบัดกรดไขมันระเหยง่ายจากก๊าซเสียในกระบวนการอบแห้งยางแท่งโดยใช้เครื่องกรองชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2554.
20. พรอนุรักษ์ สุทธิคณะ. กระบวนการทางกฎหมายในการควบคุมเหตุรำคาญโดยเจ้าพนักงานท้องถิ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญานิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2554.
21. มศักดิ์ ชัยพิพัฒน์. บทบาทในขนาดของชุมชนระดับตำบลในการจัดการเหตุรำคาญจากมลพิษอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาขารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช; 2545.

## ผลของการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยเพื่อลดความเจ็บปวดจากการคลอด Effects of Massage with Thai Wisdom Device on Labor Pain

อรัญญา ทองก้อน,<sup>1</sup> จารุวรรณ ก้าวหน้าไกล,<sup>2</sup> ยูพาพัทธ์ รัทมนิวงศ์,<sup>2</sup> ดรุณี ไจกลาง,<sup>3</sup> สัจจาพร ไชยรัตน์<sup>3</sup>  
Aranya Thongkorn,<sup>1</sup> Jaruan Kaownakai,<sup>2</sup> Yupapuk Rakmanee Wong,<sup>2</sup> Darunee Jaiklang,<sup>3</sup>  
Sujjaporn Chaiyarat<sup>3</sup>

Received: 10 January 2015 ; Accepted: 20 April 2015

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบสองกลุ่มเปรียบเทียบ (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยในการบรรเทาความเจ็บปวดจากการคลอด กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้คลอดครรภ์แรก จำนวน 70 ราย ที่มาคลอด ณ แผนกห้องคลอดโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2552 ถึง 30 เมษายน 2553 เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งได้รับการนวดบริเวณก้นกบโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยเป็นเวลา 30 นาที และกลุ่มควบคุมได้รับการนวดบริเวณก้นกบตามการดูแลปกติเป็นเวลา 30 นาที เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ แบบประเมินระดับความเจ็บปวดชนิดที่เป็นตัวเลขและใบหน้า (faces pain rating scale) วัดหลังจากได้รับการนวด แบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจจากการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย และแบบสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไป ทดสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินระดับความเจ็บปวดและแบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจจากการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.80 และ 0.89 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการทดสอบ t-test (independent t-test) ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $t = -3.5, p = .001$ ) ค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของกลุ่มทดลองที่ได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยอยู่ในระดับปานกลาง (Mean = 2.6) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยเป็นเวลา 30 นาที สามารถบรรเทาความเจ็บปวดจากการคลอดของผู้คลอดได้ จึงควรมีการพิจารณานำอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยมาใช้ในการดูแลผู้คลอดในระยะคลอด

**คำสำคัญ:** อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย การนวด การเจ็บครรภ์คลอด

### Abstract

The purpose of this two-group experimental design research was to examine the effect of a massage using a "Thai wisdom" device on labor pain. The sample comprised 70 primiparas admitted to a maternity unit at a hospital in northeastern Thailand from April 1, 2009 through April 30, 2010. A purposive sampling sample was assigned randomly to two groups. The experimental group received a 30-minute sacral massage with a 'Thai wisdom' device in a massage pattern and the control group received routine nursing care massage for 30 minutes. Data were collected using a faces pain rating scale after the massage, a satisfaction questionnaire postpartum, and a demographic data form. The pain scale and satisfaction questionnaire had an internal consistency of 0.80 and 0.89,

<sup>1</sup> อาจารย์, คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

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

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก 65000

<sup>3</sup> พยาบาลวิชาชีพ, โรงพยาบาลร้อยเอ็ด อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด 45000

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Kantharawicha District, Mahasarakham 44150

<sup>2</sup> Assistant Prof., Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Kantharawicha District, Mahasarakham 44150

<sup>2</sup> Assistant Prof., Faculty of Nursing, Naresuan University, Muang District, Phitsanulok 65000

<sup>3</sup> Nurse, Roiet Hospital, Muang Roiet District, Roiet 45000



respectively. Data were analyzed using descriptive statistics and an independent t-test. Results showed that the experimental group had significantly lower pain scores than the control group ( $t = -3.5, p = .001$ ). The average satisfaction level the experimental group was 2.6. The findings indicate that a 30-minute massage using the 'Thai wisdom' device relieves pain during childbirth. The therapeutic application of this device may be considered when providing intrapartum care.

**Keywords:** Thai wisdom device, massage, labor pain

## บทนำ

การคลอดทางช่องคลอดเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาตามธรรมชาติ เริ่มต้นโดยปากมดลูกนุ่มขึ้น (ripening) และกล้ามเนื้อมดลูกหดตัวเพิ่มขึ้น รุนแรงขึ้นและสม่ำเสมอ ส่งผลให้ปากมดลูกสั้นและบางลง พร้อมทั้งปากมดลูกมีการเปิดขยาย<sup>1</sup> ปัญหาของผู้คลอดส่วนใหญ่คือความเจ็บปวด ซึ่งเกิดจากการหดตัวของมดลูกส่วนบน และแผ่ขยายไปสู่ส่วนล่างของมดลูก เกิดการยืดขยายของปากมดลูก และเกิดการยืดตัวของมดลูกส่วนล่าง ความเจ็บปวดจะเพิ่มขึ้นตามการเปิดขยายของปากมดลูก ซึ่งส่งผลต่อผู้คลอด เช่น ทำให้ผู้คลอดเกิดความตึงเครียด ความเจ็บปวดทำให้ร่างกายผู้คลอดต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องใช้พลังงานอย่างมากในการต่อสู้กับความเจ็บปวด ความเจ็บปวดยังขัดขวางการพักผ่อนนอนหลับ ทำให้พักผ่อนไม่เพียงพอ เกิดอาการอ่อนเพลียและไม่สบายใจ<sup>2</sup> เมื่อเข้าสู่ระยะปากมดลูกเปิดเร็ว ผู้คลอดจะมีการเผชิญการเจ็บปวดที่ไม่เหมาะสม เช่น เกร็งตัว กระสับกระส่าย หน้าตาบิดเบี้ยว ร้องไห้ และขอความช่วยเหลือทุกครั้งที่มีมดลูกมีการหดตัว ส่งผลให้ผู้คลอดเกิดความเหนื่อยล้าและไม่มีแรงเมื่อเข้าสู่ระยะคลอด<sup>3</sup> การนวดที่บริเวณคอ ไหล่ หลัง ต้นขา การนวดเท้า และบริเวณก้นกบ จะช่วยลดอาการปวด ลดความเครียดและความไม่สบายกายแก่ผู้คลอดได้<sup>4</sup> การนวดอาจทำได้โดยใช้มือ กดนวดบริเวณที่ผู้คลอดมีความเจ็บปวด เช่น บริเวณน่องก้นกบ หรืออาจมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์การนวด เช่น ไม้นวดหรือลูกเทนนิสห่อด้วยผ้า<sup>5</sup>

ปัจจุบันมีการนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการบรรเทาความเจ็บปวดโดยไม่ใช้ยา เช่น การใช้ดนตรี การใช้ท่าทางการใช้น้ำบำบัด การใช้สუნัขบำบัด การกดจุด การฝังเข็ม การกระตุ้นด้วยเครื่องไฟฟ้า และการนวด<sup>6</sup> ซึ่งแต่ละวิธีที่นำมาใช้มีความหลากหลายและแตกต่างกัน จากงานวิจัยของวาริรัตน์ จิตติถาวร, สุกัญญา ปรีชญญกุล, และฉวี เบาทรวง<sup>7</sup> ได้ศึกษาผลของการนวดและสუნัขบำบัดต่อความเจ็บปวดในการคลอดของผู้คลอดครรภ์แรก พบว่า ทั้งกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการนวด กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสუნัขบำบัด และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการนวดร่วมกับสუნัขบำบัด มีค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งในระยะปากมดลูกเปิดเร็วและระยะ

เปลี่ยนผ่าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .001$ ) มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการลดปวดจากการคลอดโดยไม่ใช้ยาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้สუნัขบำบัด การกดจุด การนวด แต่ยังมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการนวดลดปวดจากการคลอดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยน้อย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยเพื่อลดความเจ็บปวดจากการคลอด ซึ่งอุปกรณ์นวดจากภูมิปัญญาไทยที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัยเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายแมงมุมมีชื่อเรียกว่า “ไม้แมงมุม” หรือ “ไม้ขนาดแมงมุม” หรือ “ไม้ขนาดกดจุด 5 ตำแหน่ง” ซึ่งทำจากไม้เนื้อแข็งอย่างดี ไม่หักง่าย ด้วงไม้มีน้ำหนักดี เหมาะแก่การใช้มือจับ เป็นอุปกรณ์ในการช่วยนวดทำให้ผู้นวดไม่เมื่อยมือ อีกทั้งการออกแบบด้วยภูมิปัญญาไทยทำให้สามารถใช้ได้ทุกส่วนของร่างกาย ประกอบด้วยลูกบอลใหญ่ 1 ลูก และลูกบอลเล็ก 4 ลูก เชื่อมต่อกันด้วยไม้ สามารถใช้ได้ทั้งลูกบอลเล็กคู่กันโดยกดคู่ขนานและลูกบอลเดี่ยวสั้น ใช้กดจุดเดี่ยว หรือใช้ลูกบอลใหญ่ โดยจับด้านใน กดลูกบอลใหญ่ลงบริเวณที่มีขนาดใหญ่ จะกระจายน้ำหนักได้ดี ข้อดีของ “ไม้ขนาดแมงมุม” คือ มีลักษณะกลม ทำให้สะดวกในการใช้งาน จับถนัดมือ ช่วยให้ผู้นวดไม่เมื่อยมือ สามารถนวดได้ทุกส่วนของร่างกาย เมื่อนวดจะทำให้รู้สึกผ่อนคลาย มีการลงน้ำหนักสม่ำเสมอ และใช้กดบริเวณที่ปวดเพื่อบรรเทาอาการปวดได้<sup>8</sup> สามารถหาซื้อได้ตามร้านค้าชุมชน (OTOP) ทั่วไป ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยครั้งนี้จะมีประโยชน์ต่อการดูแลผู้คลอด เพื่อลดความไม่สบายจากการเจ็บครรภ์คลอดและผ่อนคลายความเครียดจากการเจ็บปวด และเป็นแนวทางในการดูแลสตรีตั้งครรภ์ในระยะที่ 1 ของการคลอด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการดูแลผู้คลอด

## วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เปรียบเทียบระดับความเจ็บปวดจากการคลอดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
2. ศึกษาความพึงพอใจของผู้คลอดต่อการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย

### สมมติฐานในการวิจัย

สตรีตั้งครรภ์ในระยะที่ 1 ของการคลอดที่รับการนัดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย มีระดับความเจ็บปวดต่ำกว่าสตรีตั้งครรภ์ในระยะที่ 1 ของการคลอดที่ไม่ได้รับการนัดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

การบรรเทาปวดโดยใช้เทคนิคการนัด สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีควบคุมประตู (gate control theory) ของ Melzack & Wall<sup>9</sup> ซึ่งกล่าวว่า การส่งสัญญาณประสาทนำเข้าจากส่วนต่างๆของร่างกาย จะถูกปรับสัญญาณในไขสันหลังก่อนขึ้นไปรับรู้ความปวดในระดับสมอง ขึ้นอยู่กับการทำงานร่วมกันของเซลล์ในสับสแตนเตีย เจลาตินโนซา (Substantia gelatinosa : SG cell) ซึ่งเป็นเซลล์พิเศษอยู่ในคอร์ซอลฮอร์น (dorsal horn) โยประสาทส่วนที่เป็นแนวยาวในคอร์ซอลฮอร์น ซึ่งทอดตรงไปยังสมอง และเซลล์ประสาทส่งต่อ (transmission cell : T cell) ในไขสันหลังเป็นสื่อกลางนำไปสู่สมอง การนัดเป็นการกระตุ้นใยประสาทขนาดใหญ่ (Large fiber : L) ให้ส่งพลังงานออกมามากกว่าพลังประสาทจากใยประสาทขนาดเล็ก (Small fiber : S) จึงทำให้ประตูความปวดที่ไขสันหลังปิด ทำให้ไม่มีสัญญาณนำขึ้นไปยังสมองหรือไปได้น้อยลง ทำให้ไม่เกิดการรับรู้ความเจ็บปวด หรือ รู้สึกเจ็บปวดเพียงเล็กน้อย จึงสามารถควบคุมความเจ็บปวดได้<sup>10</sup>

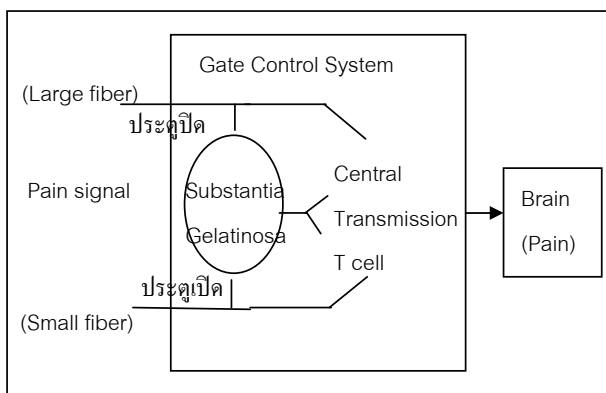


Figure 1 Gate Control System of Melzack & Wall

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษา ใช้วิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีรูปแบบการวิจัยแบบสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมชนิดวัดหลังการทดลอง (two groups posttest only design)

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ หญิงตั้งครรภ์ครรภ์แรกที่มาคลอด ณ แผนกห้องคลอด โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2552 ถึง 30 เมษายน 2553 โดยกำหนดคุณสมบัติของประชากร ดังนี้

1. เป็นหญิงตั้งครรภ์ครรภ์แรกที่มาคลอดปกติ
2. ไม่มีภาวะแทรกซ้อนใด ๆ
3. ไม่ได้รับยากระตุ้นการหดตัวของมดลูก
4. ไม่ได้รับยาคลอดปวด
5. ยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ หญิงตั้งครรภ์ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับประชากร จำนวน 70 ราย แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 35 ราย กลุ่มควบคุม 35 ราย เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ครรภ์ครบกำหนดคลอด ไม่มีภาวะแทรกซ้อนในขณะตั้งครรภ์ ปากมดลูกเปิดตั้งแต่ 4 - 7 เซนติเมตร ส่วนหน้าอยู่ในท่าปกติ โดยมีศีรษะเป็นส่วนนำ ในระหว่างทำการทดลอง ไม่ได้ยาระงับปวดและไม่ได้รับยาแรงคลอด

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์นัดซึ่งสร้างจากภูมิปัญญาไทย

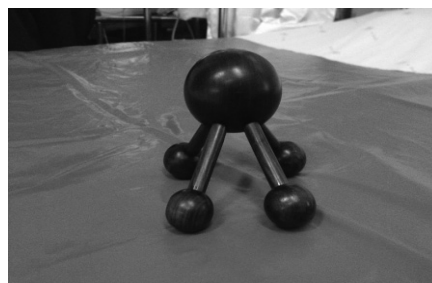


Figure 2 Thai Wisdom Device

เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากไม้เนื้อแข็งกลมกลึง มีลักษณะเป็นรูปทรงกลม มีทั้งหมด 5 ลูก ลูกใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 เซนติเมตร จำนวน 1 ลูก และลูกเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 2 เซนติเมตร จำนวน 4 ลูก เชื่อมกันด้วยแกนไม้ นำมานวดบริเวณที่ปวด สามารถใช้นวดได้ทั้งด้านใหญ่และด้านเล็ก การนัดด้วยแรงระดับปานกลาง

แบบสัมภาษณ์ข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 5 ข้อ

แบบวัดระดับความเจ็บปวด โดยใช้แบบตัวเลขและไบหน้า ( Pain Scale) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 0-10 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

0 หมายถึง สตรีตั้งครรภ์ไม่มีอาการปวด

1-3 หมายถึง สตรีตั้งครรภ์มีอาการปวดเล็กน้อย

4-6 หมายถึง สตรีตั้งครรภ์มีอาการปวดปานกลาง

7-10 หมายถึง สตรีตั้งครรภ์มีอาการปวดมาก

#### เกณฑ์การแปลผล

การแปลความหมายค่าคะแนนเฉลี่ย เป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การแปลผล mean,SD ดังนี้

คะแนน (mean+SD) หมายถึง ระดับความเจ็บปวดอยู่ในระดับมาก

คะแนน (mean-SD)-(mean+SD) หมายถึง ระดับความเจ็บปวดอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนน (mean-SD) หมายถึง ระดับความเจ็บปวดอยู่ในระดับต่ำ

4. แบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจจากการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย เป็นแบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มทดลองหลังได้รับการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ซึ่งกำหนดค่าคะแนนเป็น 3 ระดับ ดังนี้

พึงพอใจมาก ให้คะแนน 3 คะแนน

พึงพอใจปานกลาง ให้คะแนน 2 คะแนน

พึงพอใจน้อย ให้คะแนน 1 คะแนน

การแปลความหมายค่าคะแนนเฉลี่ย เป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การแปลผล mean,SD ดังนี้

คะแนน (mean+SD) หมายถึง คะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คะแนน (mean+SD)-(mean-SD) หมายถึง คะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนน (mean-SD) หมายถึง คะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

#### การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ภายหลังการแก้ไขปรับปรุงได้นำไปหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือกับผู้ทดลองที่มีลักษณะเช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 ราย คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดระดับความเจ็บปวด เท่ากับ 0.80 และแบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจเท่ากับ 0.89

#### ข้อกำหนดเชิงจริยธรรม

ผู้วิจัยทำเรื่องขออนุมัติไปยังคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัย คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

และโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีเนื้อหาครอบคลุมการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการต้องเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ และสามารถถอนตัวจากการเข้าร่วมโครงการเมื่อไรก็ได้ หากกลุ่มตัวอย่างยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัย จะลงนามยินยอมในแบบฟอร์ม (informed consent form) และข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และคณะกรรมการวิจัยของโรงพยาบาล

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาล เพื่อขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลวิจัย จากนั้นดำเนินการทำวิจัยโดยอธิบายถึงวัตถุประสงค์การวิจัย วิธีการทำวิจัยและการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินดีให้ความร่วมมือในการทำวิจัย จึงลงนามยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร ดำเนินการวิจัยโดยใช้การจับฉลาก รวมฉลากเข้าด้วยกัน เมื่อผู้ทดลองปากมดลูกเปิดตั้งแต่ 4-7 เซนติเมตร จะให้ผู้ทดลองเป็นผู้จับฉลากผู้ที่จับฉลากได้เลขที่จะเป็นกลุ่มทดลอง และผู้จับฉลากได้เลขคู่จะเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นการจับฉลากแบบไม่ใส่คืน กลุ่มทดลองได้รับการนวดบริเวณก้นกบและกระเบนเหน็บ โดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย เป็นเวลา 30 นาที ในขณะที่มีการเจ็บครรภ์และปากมดลูกเปิดตั้งแต่ 4-7 เซนติเมตร โดยผู้วิจัยเป็นผู้นวดให้ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการดูแลตามปกติโดยการนวดที่ก้นกบและกระเบนเหน็บด้วยมือเป็นเวลา 30 นาที สำหรับกลุ่มทดลองหลังจากได้รับการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์ความพึงพอใจจากการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยด้วยแบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจจากการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ดำเนินการทดลองที่ละรายจนสิ้นสุดการวิจัย ในระหว่างทำการวิจัยครั้งนี้ไม่มีผู้ใดเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือต้องถูกตัดออกจากการศึกษา

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลและคะแนนความพึงพอใจต่อการได้รับการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ได้แก่ ร้อยละ ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การวิเคราะห์ระดับความเจ็บปวด ได้แก่ t-test (independent t-test)

## ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีตั้งครรภ์ในระยะที่ 1 ของการคลอด จำนวน 70 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 35 ราย กลุ่มทดลอง 35 ราย กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 20-34 ปี กลุ่มควบคุมร้อยละ 85.7 และกลุ่มทดลองร้อยละ 82.9 อาชีพแม่บ้าน กลุ่มควบคุมร้อยละ 57.0 และกลุ่มทดลองร้อยละ 42.9 จบการศึกษาสูงสุดมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มควบคุมร้อยละ 37.1 และกลุ่มทดลองร้อยละ 25.9 ส่วนใหญ่อายุครรภ์ 38 สัปดาห์เท่ากันทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ร้อยละ 48.6 สถานภาพสมรสและอยู่ด้วยกัน กลุ่มควบคุมร้อยละ 100 และกลุ่มทดลองร้อยละ 91.4 (Table 1)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดจากการคลอดของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดจากการคลอดของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างจาก

กลุ่มควบคุม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $t_{34} = -3.5, p = .001$ ) (Table 2)

กลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการได้รับการนัดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 85.7 โดยข้อที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ระยะเวลาที่นัดเหมาะสม ท่านรู้สึกพึงพอใจต่อผลการใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ท่านรู้สึกพอใจเมื่อเจ้าหน้าที่ดูแลและนัดขณะเจ็บครรภ์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการนัดลดปวดจากภูมิปัญญาไทยมีความเหมาะสม การนัดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยทำให้ท่านรู้สึกผ่อนคลายความเครียดลง และการนัดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยทำให้ท่านคลายความเจ็บปวดลงตามลำดับ (Table 3)

**Table 1** Demographic Characteristics of Primiparas ( $n = 70$ )

Characteristics	Experimental Group <i>n</i> (%)	Control Group <i>n</i> (%)	<i>p</i> -Value
Age			.61
10-19 years	4 (11.4)	4 (11.4)	
20-34 years	29 (82.9)	30 (85.7)	
35-45 years	2 (5.7)	1 (2.9)	
Occupation			
Agricultural	5 (14.3)	1 (2.9)	
Government employee	3 (8.5)	1 (2.9)	
Private company employee	7 (20.0)	7 (20.0)	
Self-employed	1 (2.9)	5 (14.3)	
Housewife	15 (42.9)	20 (57.0)	
Student	4 (11.4)	1 (2.9)	
Highest education			
Primary school	10 (28.6)	7 (20.0)	
Junior secondary school	4 (11.4)	8 (22.9)	
Senior secondary school	9 (25.9)	13 (37.1)	
Diploma, post secondary	5 (14.2)	1 (2.9)	
Bachelor's degree	5 (14.2)	6 (17.1)	
Post bachelor's degree	2 (5.7)	0	
Gestational age			.28
37 weeks	1 (2.9)	1 (2.9)	
38 weeks	17 (48.6)	17 (48.6)	
39 weeks	8 (22.9)	7 (20.0)	
40 weeks	6 (17.1)	6 (17.1)	
41 weeks	3 (8.5)	4 (11.4)	
Living status			
Cohabitate	32 (91.4)	35 (100)	
Separated	2 (5.7)	0	
Divorced	1 (2.9)	0	

**Table 2** Comparison of Pain Scores Between Experimental and Control Groups (n = 70)

Group	n	Mean	SD	Mean Difference	t	df	p-Value
Control	35	5.6	1.66	1.43	-3.5	70	.001
Experimental	35	4.2	1.68				

**Table 3** Levels of Satisfaction of Primiparas Who Received Massage with “Thai Wisdom” Device (n = 35)

satisfaction	n	Percentage	Mean	SD
Total			2.6	0.32
High	5	14.3		
Medium	30	85.7		
Low	0	0		

**อภิปรายผลการทดลอง**

การวิจัย พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดจากการคลอดของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $t = -3.5, p = .001$ ) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการนวดผู้คลอดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยบริเวณก้นกบและกระเบนเหน็บเป็นเวลา 30 นาที ช่วยลดความเจ็บปวดในระยะที่ 1 ของการคลอดได้ ซึ่งอธิบายได้จากทฤษฎีควบคุมประตูความเจ็บปวด โดยการกระตุ้นการทำงานของใยประสาทรับความรู้สึกขนาดใหญ่ด้วยการนวดบริเวณก้นกบและกระเบนเหน็บจะทำให้ระบบควบคุมประตูปิด ทำให้กระแสความเจ็บปวดไปไม่ถึงสมอง หรือไปได้น้อยลงจึงทำให้ไม่รู้สึกเจ็บปวดหรือรู้สึกเจ็บปวดเพียงเล็กน้อย<sup>10</sup> การนวดก้นกบเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการลดความเจ็บปวดในระยะคลอดมากที่สุด เนื่องจากการนวดช่วยในการไหลเวียนของเลือดทำให้ผ่อนคลายกล้ามเนื้อและลดอาการปวดเกร็ง กล้ามเนื้อ เกิดความสุขสบาย ลดความตึงเครียดและความวิตกกังวลของจิตใจ<sup>11</sup> สอดคล้องกับงานวิจัยของวาริรัตน์ จิตติถาวร, สุกัญญา ปริษฐ์ญกุล และฉวี เบาทรวง<sup>12</sup> ได้ศึกษาผลของการนวดและสุคนธ์บำบัดต่อความเจ็บปวดในการคลอดของผู้คลอดครรภ์แรก พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการนวด กลุ่มที่ใช้สุคนธ์บำบัด และกลุ่มที่ได้รับการนวดร่วมกับใช้สุคนธ์บำบัด มีค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับงานวิจัยในมารดาจำนวน 120 ราย<sup>13</sup> แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มที่ได้รับการนวด กลุ่มที่มีผู้เฝ้าคลอด และกลุ่มควบคุม พบว่า มารดากลุ่มที่ได้รับการนวดมีความปวดในระยะที่ 2 และ 3 ของการคลอดน้อยกว่ามารดาอีก 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การนวดบริเวณซาครัม (sacrum) มารดามี

ความพึงพอใจมากที่สุด และสอดคล้องกับการวิจัยในประเทศไต้หวันในมารดาครรภ์แรก จำนวน 60 ราย สุ่มมารดาเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการนวด และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 ราย กลุ่มทดลองได้รับการนวดช่วงละ 30 นาที ในระยะปากมดลูกเปิด 3-4 ซม. 5-7 ซม. และ 8-10 ซม. ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการพูดคุยด้วย ช่วงละ 30 นาที ผลการวิจัย พบว่า มารดากลุ่มที่ได้รับการนวดมีความปวดในระยะปากมดลูกเปิด 3-4 ซม. และ 5-7 ซม. น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>14</sup> การลดปวดผู้คลอดโดยไม่ใช้ยา ในระยะปากมดลูกเปิด 4-7 เซนติเมตร โดยการนวดบริเวณนั้นเอง นวดบริเวณไหล่และหลัง เป็นวิธีที่นิยมใช้<sup>15</sup> แต่จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมเพียงเล็กน้อย ผู้วิจัยจึงขอเสนอให้ใช้วิธีการลดปวดโดยไม่ใช้ยาแก่ผู้คลอดด้วยวิธีที่หลากหลายร่วมกัน เช่น การใช้กลิ่นหอมระเหยบำบัด การกดจุด การเบี่ยงเบนความสนใจ การประคบร้อนประคบเย็น และการให้ญาติได้มีส่วนร่วมในการดูแลผู้คลอด เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปวดมากขึ้น

กลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการได้รับการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 85.7 โดยข้อที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ระยะเวลาที่นวดเหมาะสม ท่านรู้สึกพึงพอใจต่อผลการใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ท่านรู้สึกพอใจเมื่อเจ้าหน้าที่ดูแลและนวดขณะเจ็บครรภ์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการนวดลดปวดจากภูมิปัญญาไทยมีความเหมาะสม การนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยทำให้ท่านรู้สึกผ่อนคลายความเครียดลง และการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยทำให้ท่านคลายความเจ็บปวดลงตามลำดับ จากการสังเกตและสอบถามผู้คลอดในระหว่างที่

หนดให้ผู้คลอด ผู้คลอดส่วนใหญ่บอกว่าชอบการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยมากกว่าการนวดด้วยมือเพราะทำให้รู้สึกสุขสบายมากกว่า และรู้สึกว่าการนวดได้ดีกว่าเนื่องจากการใช้อุปกรณ์ช่วยนวดมีการลงน้ำหนักได้ดีกว่าการนวดด้วยมือ และน้ำหนักของการนวดสม่ำเสมอ ทำให้รู้สึกผ่อนคลายมากกว่าการได้รับการนวดด้วยมือ จากคำบอกกล่าวของผู้คลอดแสดงให้เห็นว่าผู้คลอดมีความพึงพอใจต่อการได้รับการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยมากกว่าการนวดด้วยมือเพียงอย่างเดียวและผู้คลอดมีความพึงพอใจเมื่อได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดจากบุคลากรทางการแพทย์และการพยาบาล และจากการสังเกตขณะที่ทำการนวดแก่ผู้คลอด ผู้คลอดจะรู้สึกผ่อนคลายจากการได้รับการสัมผัส และในระหว่างที่ได้รับการนวดผู้คลอดรู้สึกว่าการนวดดีมีเพื่อน ทำให้ลดความกลัวและลดความรู้สึกเจ็บปวดจากการคลอดได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพิศ ศิริอรุณรัตน์, พิริยา ศุภศรี, และรัชนีวรรณ รอส<sup>16</sup> ได้ศึกษาวิธีการเผชิญการเจ็บครรภ์คลอดของมารดาที่มีการคลอดครั้งแรก พบว่า วิธีที่ดีที่สุดในการเผชิญการเจ็บครรภ์คลอด คือ การมีพยาบาลผดุงครรภ์หรือบุคคลสำคัญในครอบครัวอยู่ด้วย ปลอบโยนและให้กำลังใจ นอกจากนี้การนวดยังก่อให้เกิดสัมพันธภาพที่ดีระหว่างผู้คลอดและผู้ถูกนวด<sup>17</sup> บุคลากรทางการแพทย์และการพยาบาล ญาติหรือผู้ดูแลสามารถนวดบริเวณหลัง ไหล่ ขา ก้นกบ (sacrum) หรือบริเวณอื่นๆ เพื่อช่วยลดปวดแก่ผู้คลอดได้ ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น ลูกเทนนิส<sup>18</sup> ดังนั้น ในการดูแลผู้คลอดในระยะที่ 1 ของการคลอด บุคลากรทางการแพทย์และการพยาบาล รวมทั้งผู้ให้การดูแลผู้คลอดควรตระหนักและให้ความสำคัญต่อการดูแลผู้คลอดทั้งทางร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะการดูแลความสุขสบายต่างๆ โดยการลดปวดโดยไม่ใช้ยา เช่น การใช้เทคนิคการหายใจ การจัดทำ การลูบหน้าท้อง การใช้เสียงดนตรี การเบี่ยงเบนความสนใจ และการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทย ซึ่งจะสามารถลดความเจ็บปวดและส่งเสริมพฤติกรรมการเผชิญต่อความเจ็บปวดที่เหมาะสมและสามารถเพิ่มการรับรู้ประสบการณ์การคลอดในทางบวกแก่ผู้คลอดได้ รวมทั้งการอยู่เป็นเพื่อนให้กำลังใจและรับฟังความวิตกกังวลต่างๆ การให้สามีหรือญาติได้เข้าเยี่ยมผู้คลอดและมีส่วนร่วมในการดูแลผู้คลอด

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ควรมีการนำการนวดโดยใช้อุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยไปใช้เป็นอีกทางเลือกในการบรรเทาความเจ็บปวดจากการคลอด โดยไม่ใช้ยาแก่ผู้คลอด ซึ่งบุคลากรทางการแพทย์และการพยาบาลอาจจะทำการนวดเองหรือให้สามีและญาติเป็นผู้นวดให้

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาเกี่ยวกับการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การใช้ดนตรีบำบัด การให้ญาติมีส่วนร่วมในการดูแล การใช้กลิ่นหอมระเหย เป็นต้น
2. ควรศึกษาเกี่ยวกับวิธีการนวดลดปวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยโดยให้สามีหรือญาตินวดให้ผู้คลอด
3. ควรศึกษาวิธีการนวดด้วยอุปกรณ์จากภูมิปัญญาไทยในกลุ่มตัวอย่างอื่นๆ เช่น มารดาหลังคลอด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2552

### เอกสารอ้างอิง

1. งามนิตย์ รัตนานุกูล (บรรณาธิการ). การวางแผนการพยาบาลมารดาและทารก Delmar's Maternal-Infant Nursing Care Plane. วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครปฐม กรุงเทพมหานคร กระทรวงสาธารณสุข: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.
2. พิริยา ศุภศรี. การพยาบาลในระยะคลอด. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพฯ; 2551.
3. นิภาพรณ มณีโชติวงศ์, ปราณี ชีโรโสภณ, สมจิตร์ เมืองฟิล. ผลของการนวดกดจุดสะท้อนที่เท้าต่อเวลาในระยะที่ 1 ของการคลอดในผู้คลอดครรภ์แรก. วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ (2555). 35 (3): 10-18.
4. Ricci, S. S., Kyle, T., Carman, S. Nursing Management During Labor and Birth. Maternity and Pediatric Nursing. (2<sup>nd</sup>). China: Lippincott William & Wilkins; 2013.
5. สีนินาฏ หงส์ระนัย. การพยาบาลในระยะคลอด : หลักฐานเชิงประจักษ์จากงานวิจัย (Intrapartum Nursing Care: The Evidence Based-Practice). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัท แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตเซอร์วิส จำกัด. 2556.
- 6,14. ศศิธร พุ่มดวง. การลดปวดในระยะคลอดโดยไม่ใช้ยา. พิมพ์ครั้งที่ 5. คณะพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์: บริษัทอัลลายด์เพรส จำกัด; 2552.
- 7,12. วาริรัตน์ จิตติถาวร, สุกัญญา ปรีชญญกุล, ฉวี เบาทรวง. ผลของการนวดและสูดนมบำบัดต่อความเจ็บปวดในการคลอดของผู้คลอดครรภ์แรก. พยาบาลสาร (2553). 37 (1): 141-151.

8. องค์การบริหารตำบลกระเจ็ด. สินค้าชุมชนตำบลกระเจ็ด. Available from : <http://auto.thaitechno.net/dip/productdetails?id=120468/uid=44688/html>. Accessed 16 July, 2015.
9. Melzack, R., & Wall, P.D. Pain mechanisms : A new theory. Pain Forum; 1996.
10. อำไพ จารุวัชรพาณิชย์กุล (บรรณาธิการ). ความรู้เบื้องต้นการพยาบาลผดุงครรภ์ เล่ม 1 (ระยะตั้งครรภ์). คณะพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: บริษัททรงช่างพรินต์ติ้งจำกัด; 2554.
11. ดาริกา วรวงศ์, สร้อย อนุสรณ์ธีรกุล, วิชุดา ไชย-ศิวามงคล. ระดับความเจ็บปวดของมารดาในระยะที่ 1 ของการคลอดหลังได้รับการบรรเทาปวดโดยใช้เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้องและการนวดก้นกบ.วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ 2554; 34 (3): 31-39.
13. ศศิธร พุ่มดวง. สถิติศาสตร์ระยะคลอด. พิมพ์ครั้งที่ 4. คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา: บริษัทอัลลายด์เพรส จำกัด; 2556.
15. สีนินาฏ หงส์ระนัยและอรุณี พึ่งแพง. การใช้เทคนิคการบรรเทาปวดโดยไม่ใช้ยาในระยะที่ 1 ของการคลอด : การใช้ผลงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัทแดนเนกซ์อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด. 2555.
16. สุพิศ ศิริอรุณรัตน์, พิรียา ศุภศรี, รัชนีวรรณ รอส. วิธีการเผชิญการเจ็บครรภ์คลอดของมารดาที่มีการคลอดครั้งแรก.วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2557; 22 (3): 56-68.
17. จุติยา ธงศิลา, โสมภัทร ศรีไชย, วิชัย อึ้งพินิจพงศ์. ผลของการนวดไทยโดยสามีต่อการลดอาการปวดหลังและสัมพันธภาพระหว่างคู่สมรสขณะตั้งครรภ์. วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ 2552; 32(2): 1-9.
18. Mckinney E. S., James S. R., Murray S. S., Ashwill J. W. Pain Management for Childbirth. Maternal-Child Nursing. Canada: Saunders, an imprint of Elsevier Inc; 2009.

## การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*

### Study the Potential of Inulin Extracted from Garlic to Inhibit the Growth of Food Poisoning Bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*

อรุณี ฝารามมี<sup>1</sup>, น้ำผึ้ง ดุงโคกรวด<sup>2</sup>, ชูศักดิ์ นิธิเกตุกุล<sup>3</sup>

Arune Fharamee<sup>1</sup>, Namphung Dungkokkrud<sup>2</sup>, Choosak Nithikathkaul<sup>3</sup>

Received: 5 March 2015 ; Accepted: 30 May 2015

#### บทคัดย่อ

*Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษที่พบบ่อยในอาหาร การนำสารสกัดจากพืชสมุนไพร เช่น กระเทียม มาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจะทำให้เกิดผลข้างเคียงน้อยและไม่ทำให้เกิดการดื้อยาเมื่อเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์ จึงเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมโชนมาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.aureus* และ *E.coli* ที่สภาวะต่างๆ ด้วยวิธี paper disk diffusion (โซนใสของการยับยั้ง, mm.) ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) โดยวิธี broth dilution (mg/ml) และทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ โดยวิธี standard plate count (CFU/ml.)

ผลการศึกษาพบว่า สารอินนูลินที่สกัดได้จากกระเทียมโชนตรวจสอบปริมาณด้วยเครื่อง GC พบว่ามีปริมาณ 75.18 % สารสกัดอินนูลินที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้เพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้น 100 mg/ml ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E.coli* และ *S.aureus* คิดเป็น 97.33 % และ 88.83 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบค่า (MIC) เชื้อ *E. coli* คือ 25 mg/ml คิดเป็น 75% เชื้อ *S.aureus* คือ 50 mg/ml คิดเป็น 100 % สภาวะ pH ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* pH 7 คิดเป็น 83.33 % และ 100 % ตามลำดับ

**คำสำคัญ :** การยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย อินนูลิน *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

#### Abstract

*Escherichia coli* and *staphylococcus aureus* are the prevalent food poisoning bacteria in various foods. Using herbal natural medicine extract such as garlic to inhibit bacterial growth cause less poisoning symptoms side effects and drug resistance than synthetic chemicals and is a safe choice for consumers. This research aimed to study the effectiveness of inulin extracted from garlic (*Allium ampeloprasum* var. *ampeloprasum*) to inhibit the growth *E. coli* and *S. aureus* at various conditions. The experiments operated by using paper disk diffusion (Inhibition zone ; mm.) to determine the minimum inhibition concentration (MIC; mg/ml). The inhibition experiment of *S.aureus* and *E. coli* were tested by the standard plate count method (CFU/ml).

The study showed that inulin extracted from garlic 75.18 % with higher concentration could increase the inhibition of bacteria growth. The results found the concentration of inulin extract at 100 mg/ml within 24 hours *E.coli* and *S. aureus* of 97.33% and 88.83% respectively. The minimum inhibitory concentration (MIC) of inulin extract for *E.coli* was at 25 mg/ml with 75% and *S.aureus* was at 50% mg/ml of 100% ability. The optimum pH of *E.coli* of and *S. aureus* were at pH 7 with 83.33 % and 100% ability , respectively

**Keyword :** bacteria inhibition, inulin, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโท, สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> อาจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Master Degree Student, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

<sup>2</sup> Lecturer, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

<sup>3</sup> Assistant Professor, Faculty of Medicine, Mahasarakham University



## บทนำ

กระเทียมจัดเป็นพืชสมุนไพรที่ยอมรับกันมานับตั้งแต่สมัยโบราณโดยเชื่อว่า มีคุณค่าทางอาหารและคุณค่าทางยาสูง กระเทียมประกอบไปด้วยสารสำคัญหลายชนิด คนในชาติแถบเอเชียนิยมใช้กระเทียมแต่งรสและแต่งกลิ่นในอาหารแทบทุกชนิด นักวิชาการสมัยใหม่ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศได้ค้นคว้า พบเหตุผลที่กระเทียมมีสรรพคุณเป็นยาปฏิชีวนะ เป็นยาฆ่าเชื้อ สามารถจัดมลาภาวะล้างพิษในร่างกาย และเป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณในการกระตุ้นต่างๆไปได้อีกด้วย ศูนย์บริการข้อมูลการค้าการลงทุน จังหวัดเชียงใหม่ 2553<sup>1</sup>

อินนูลิน โอลิโกฟรุกโตส และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ มีคุณสมบัติมากกว่าใยอาหารทั่วไป คือมีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ที่สามารถเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้ของมนุษย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ บีฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) และยังลดจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (pathogenic organism) เพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายได้อีกด้วย Roberfroid<sup>2</sup>.

*Escherichia coli* และ *staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่พบบ่อยในอาหาร ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ การรักษานิยมใช้ยาที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี ปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจเกี่ยวกับสิ่งที่มีรสขมในพืชมามากยิ่งขึ้นทั้งในด้านที่ใช้เป็นยารักษาโรค และอาหาร นอกจากนี้รสขมในพืชมายังถูกนำมาใช้ในการบำบัดโรค เนื่องจากก่อให้เกิดอาการเป็นพิษและอาการข้างเคียงน้อยกว่าสารสังเคราะห์และไม่ทำให้เกิดการดื้อยาเมื่อเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์ การนำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นยารักษาโรคยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อยาสำเร็จรูปจากต่างประเทศได้ จารุพันธ์ อินทรวตรี<sup>3</sup>. อย่างไรก็ตามการนำสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมมาใช้ในการยับยั้งโรคที่เกิดจาก *E.coli* และ *S.aureus* ยังไม่ได้รับความสนใจทั้งที่กระเทียมเป็นพืชที่คนไทยบริโภคเป็นประจำ และกระเทียมยังมีคุณค่าทางอาหารสูง มีสารประกอบที่สำคัญหลายชนิดและยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกอีกด้วย ซึ่งมีคุณสมบัติ ลดการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อโรค ดังนั้นน่าจะมีความเป็นไปได้ในการใช้สารอินนูลินซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่สกัดจากกระเทียมเพื่อควบคุมการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *E.coli* และ *S.aureus* สำหรับฤทธิ์การต้านจุลชีพจากพืชชนิดต่าง ๆ พบว่าสารสกัดจากหอมใหญ่และกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E.coli* และ *S.aureus* ได้ พนมพร และสวิตรี<sup>3</sup> อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาฤทธิ์สารสกัดอินนูลิน จากกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E.coli* และ *S.aureus* ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์สารสกัดอินนูลินจากกระเทียมใน

การยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E.coli* และ *S.aureus* ที่เป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงอย่างรุนแรงในคนจากกระเทียม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชนิดใหม่จากผักพื้นบ้านไทย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นต่ำสุด minimum inhibitory concentration (MIC) ของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อการยับยั้งการเจริญเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*
3. เพื่อศึกษาสภาวะ pH ของสารสกัดอินนูลินต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

กระเทียมโทน พันธุ์จีน ที่นำมาทดสอบเก็บเกี่ยวในระยะเวลาประมาณ 75 วัน นำมากำจัดออลิซินออกด้วยวิธีการอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาสกัดเอา อินนูลินด้วยเอทานอล 70 % แล้วนำไปต้มด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuges รินเอาสารละลายที่ใสไประเหยภายใต้สุญญากาศ 80 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator แล้วนำไปทำให้แห้งในสุญญากาศภายใต้อุณหภูมิจุดเยือกแข็งด้วยเครื่อง Freez dryer นำมาวิเคราะห์อินนูลิน - ลินด้วยเทคนิค (Gas chromatography , GC) นำมาศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S.aureus* ด้วยวิธี Disk diffusion techniques ตามวิธีของ Kostecki และคณะ<sup>4</sup> โดยนำเชื้อแบคทีเรียก่อโรดดังกล่าวมาเลี้ยงในอาหารเหลว *E. coli* และ *S. aureus* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำเชื้อแบคทีเรียที่บ่มมา pour plate กับอาหาร Mueller Hinton Agar ( MHA) แล้วดูดสารสกัดอินนูลินจากกระเทียม ความเข้มข้น 20,50 และ 100 mg/ml ลงในแผ่น disk ที่ปราศจากเชื้อที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm. นำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ pour plate โดยมี Control คือ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองที่ 1, 4, 8, 16 และ 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) 3 ซ้ำ เก็บข้อมูลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ด้วย vernier caliper วงใสขอบซ้ายถึงขวาและจากวงใสขอบบนถึงล่าง แล้วนำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี LSD (Least significant)

นำค่าที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดมาหาค่า (MIC) โดยวิธี Broth dilution techniques โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy broth การอ่านค่า (MIC) โดย สังเกตดูความขุ่นของเชื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดเปรียบเทียบกับ Positive control เสร็จแล้วนำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA จากนั้น Space ที่ผิวหน้า นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลโดยการอ่านค่าที่เกิดขึ้นของโคโลนีเดียว นำมาคำนวณตามสูตร

นำค่าที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดมาทดสอบกับสภาวะ pH 3, 5, 7 และ 9 ด้วยวิธี Disk diffusion techniques ตามวิธีของ Kostecki และคณะ โดยนำเชื้อแบคทีเรียก่อโรคดังกล่าวมาเลี้ยงในอาหารเหลว *E. coli* และ *S. aureus* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำเชื้อแบคทีเรียที่บ่มไว้มา pour plate กับอาหาร MHA

นำสารอินนูลิน ที่มีความเข้มข้น 100 mg/ml ผสมกับบัฟเฟอร์แต่ละ pH 3,5,7 และ 9 และอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptose both อย่างละ 0.2 ml นำมาหยดลงในแผ่น disk มีปราศจากเชื้อที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ml นำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ pour plate โดยมี Control คือ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ และกระเทียมที่มีค่า pH 5.6 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) 3 ซ้ำ เก็บข้อมูลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ด้วย vernier caliper วงใสขอบซ้ายถึงขวาและจากวงใสขอบบนถึงล่าง แล้วนำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี LSD (Least significant)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์อินนูลินตามวิธีมาตรฐานสากล AOAC 997.08 และคำนวณเป็นปริมาณอินนูลิน ในกระเทียมโทนทั้งหมดเป็น 75.18 %

จากผลการศึกษาพบว่าในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ เชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี paper disk diffusion พบว่าสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญได้เพิ่มขึ้น โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิตร ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* และ *S.aureus* คิดเป็น 97.33 % และ 88.83 % ตามลำดับ<sup>1</sup>

นอกจากนี้ยังพบว่าการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของสารสกัดอินนูลินในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* อยู่ที่ความเข้มข้น 25 mg/ml ลดลง 75% ส่วน เชื้อ *S.aureus*. ที่ความเข้มข้น 50 mg/ml ลดลง 100 %<sup>2</sup> และใน

สภาวะ pH ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญต่อเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ได้ดีที่สุดคือ pH 7 ยับยั้งได้ 83.33 % และ 100 % ตามลำดับ<sup>3</sup>

## วิจารณ์และสรุปผล

การศึกษาฤทธิ์สารสกัดอินนูลินจากกระเทียมในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* การหาค่า (MIC) และการทดสอบกับสภาวะ pH พบว่าสารสกัดอินนูลินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่นำมาทดสอบได้ทั้ง 2 ชนิด เป็นเพราะอินนูลินมีคุณสมบัติเป็นฟรือไบโอติก Roberfroid<sup>2</sup>. จากการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด พบว่าสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมที่ความเข้มข้น 100 mg/ml ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ค่า (MIC) ของเชื้อ *E. coli* อยู่ที่ความเข้มข้น 25 mg/ml และ เชื้อ *S. aureus*. ที่ความเข้มข้น 50 mg/ml และในสภาวะ pH ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญต่อเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* pH 7 ยับยั้งได้ ดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่  $p < 0.05$  แสดงว่าสารออกฤทธิ์ในสารสกัดอินนูลินมีผลต่อการชะลอการเจริญเติบโตได้เท่ากันทั้งนี้อาจเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าสารอินนูลินจากกระเทียมจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ได้ แต่ดูจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส ยังมีขนาดไม่กว้างมาก ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย โดยเฉพาะคุณสมบัติทางสรีรวิทยาของแบคทีเรีย เช่น คุณสมบัติของผนังเซลล์ จึงทำให้โซนใสมีขนาดไม่กว้างมาก แต่ถึงอย่างไรสารสกัดอินนูลินจากกระเทียม มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 2 ชนิด คือ *E. coli* และ *S. aureus* ดังนั้นสารสกัดอินนูลินทั้ง 2 ชนิด จึงมีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในคน อีกทั้งยังเป็นข้อมูลในการวิจัยและแนวทางในการพัฒนาพืชสมุนไพรไทย เพื่อใช้ในงานสาธารณสุขมูลฐาน ในอุตสาหกรรมยาและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ รวมทั้งการส่งออกต่อไป

## ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ศึกษาชนิดและองค์ประกอบภายในกลไกการยับยั้งเชื้อจากอินนูลินระดับโมเลกุล
2. ศึกษาแนวทางการทำผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพและรูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อง่ายและสะดวกต่อการนำมาใช้

การทดลองที่ 1 ประสิทธิภาพสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่ความเข้มข้นต่างกัน (20, 50 และ 100 mg/ml) ในระยะเวลา (1, 4, 8, 16 และ 24 ชั่วโมง) วัดได้จากวิธี disk diffusion ดูโซนใสที่เกิดขึ้นรอบ disk (inhibition zone) และขนาดโซนใส (mm.)

ดังตารางที่ 1 พบว่าความเข้มข้นสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมโทนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่ความเข้มข้นที่ 20, 50 และ 100 mg/ml ระยะเวลาที่ 1, 4, 8, 16 และ 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบในเชื้อ *Escherichia coli* พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นที่ 100 mg/ml เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ต่างกัน พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการยับยั้ง มากที่สุดคือ ขนาดวงใสเฉลี่ย 5.66 mm คิดเป็น 94.33% และรองลงมาพบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นที่ 50 mg/ml ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ยับยั้งการเจริญ ขนาดวงใสเฉลี่ย 3.6 mm คิดเป็น 60%

การทดลองที่ 2 ความเข้มข้นต่ำสุด ของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* (100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.12, 1.56, 0.78, 0.39, 0.19, 0.08 mg/ml)

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ซึ่งวัดได้จากวิธี broth dilution โดยใช้สารสกัดอินนูลินที่สามารถเกิดโซนใสในรอบ disk จากการทดลองที่ 1 มาหาความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) คือ ความเข้มข้นที่ 100 mg/ml มาทดสอบหาค่า (MIC)

จากตารางที่ 2 และ 2.1 พบว่าการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อเชื้อ *Escherichia coli* ที่ความเข้มข้น 25 mg/ml ในอาหารเลี้ยงเชื้อ broth agar มีลักษณะใสเชื้อเจริญได้น้อยไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในหลอดทดลองแต่เมื่อเพาะเลี้ยงใน Agar เชื้อเจริญได้น้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สารสกัดอินนูลินที่สามารถยับยั้งเชื้อได้คือ 25 mg/ml นับจำนวนเชื้อได้ปริมาณเชื้อ  $7.5 \times 10^2$  CFU /ml เมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้น  $10^8$  CFU /ml แสดงว่าเชื้อลดลงคิดเป็น 75%

เชื้อ *Staphylococcus aureus* ที่ความเข้มข้น 50 mg/ml ในอาหารเลี้ยงเชื้อ broth agar มีลักษณะใสเชื้อเจริญได้น้อยไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในหลอดทดลองแต่เมื่อเพาะเลี้ยงใน Agar เชื้อเจริญได้น้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สารสกัดอินนูลินที่สามารถยับยั้งเชื้อได้คือ 50 mg/ml นับจำนวนเชื้อได้ปริมาณ  $1 \times 10^3$  CFU/ml เมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้น  $10^8$  CFU /ml แสดงว่าเชื้อลดลงคิดเป็น 100%

การทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่ pH ต่างกัน (pH 3, 5, 7, และ 9) โดยใช้สารสกัดอินนูลินที่สามารถเกิดโซนใสรอบดิสจากการทดลองที่ 1 มาทดสอบหาค่า ที่ pH 3, 5, 7, และ 9

จากตารางที่ 3 พบว่า การหาค่าประสิทธิภาพการยับยั้งที่ค่า pH ต่างกัน (pH 3, 5, 7, และ 9) โดยสารสกัดอินนูลินจากกระเทียมต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พบว่าค่า pH ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญต่อเชื้อดีที่สุดคือ pH 7 ( $\bar{X} = 5$  mm) มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง 83.33 % รองลงมาคือ ค่า pH 5 ( $\bar{X} = 2.66$  mm) มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง 44.33 % เมื่อเทียบกับ control คือน้ำกลั่นไม่เกิดโซนใส

จากการวัดวงใส ของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ค่า pH ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญต่อเชื้อดีที่สุดคือ pH 7 ( $\bar{X} = 6$  mm) มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง 100% รองลงมาคือ pH 5 ( $\bar{X} = 4.66$  mm) มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง 77.66 %

จากการวัดวงใสของ pH 5.6 ซึ่งเป็นค่า pH ของสารสกัดอินนูลินที่ไม่ได้ปรับ pH มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง 55.5 % แสดงให้เห็นว่าสารสกัดอินนูลินที่สภาวะไม่ปรับ pH มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสองชนิดได้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ สาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์บริการข้อมูลการค้าการลงทุน จังหวัดเชียงใหม่. สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่. ธันวาคม 2553.
2. Roberfroid, M. B., Van Loo, J. and Gibson, G. R. The bifidogenic nature of chicory. 1998
3. จารุพันธ์ อินทรวัตร. จุลชีววิทยา, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี, 416 หน้า. 2540.
4. Kostecki, K., Engelmeier, D., Pacher, T., Hofer, O., Vajrodaya, S. and Greger, H., Dihydrophenanthrenes. 2004

**Table 1** Efficiency of the zone of inhibition *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* extracts from inulin at different concentrations (20 , 50 and 100 mg/ml) Time (1 ,4,8,16 and 24 hour)

concentra- tions (mg/ml)	<i>Escherichia coli</i>										<i>Staphylococcus aureus</i>									
	clear zone (mm)										clear zone (mm)									
	1 hour	4 hour	8hour.	16hour.	24 hour.	1 hour	4 hour.	8hour.	16hour.	24 hour.	1 hour.	4 hour.	8hour.	16hour.	24 hour.					
$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD					
Bank	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
20	-	1.3	0.5	2.3	0.5	3	0	3.3	0.5	-	1	0	2	1	2.66	1.52	3.33	1.15		
50	-	3	1	3	1	3.3	0.5	3.6	0.5	0.33	1.3	0.57	2	1	3	2	3.6	1.52		
100	-	3.3	0.5	4	1	4.3	1.5	5.66*	1.52	0.33	1.6	0.57	3.33	0.57	4.66	0.57	5.33*	0.57		

Annotation: - No inhibition zone \* Is the most effective in inhibiting used in the experiment.

<sup>2</sup> **Table 2** Show the lowest concentration of inulin extracted from garlic to inhibit the growth of bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* from Agae

bacteria	concentrations of the extract inulin (mg/ml)										Control		
	100	50	25	12.5	6.25	3.12	1.56	0.78	0.39	0.19	0.08	Positive	Negative
<i>E. coli</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	0	0	$7.5 \times 10^2$	$9.5 \times 10^2$	$1 \times 10^3$	$1.25 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	300	300	300	300	300	0
<i>S. aureus</i>	0	$1 \times 10^3$	$1.25 \times 10^3$	$1.5 \times 10^2$	$1.95 \times 10^3$	$2.25 \times 10^2$	300	300	300	300	300	300	0

annotation: A= Agae (CFU/ml)

<sup>2</sup> **Table 2.1** Show the lowest concentration of inulin extracted from garlic to inhibit the growth of bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* from broth

bacteria	concentrations of the extract inulin (mg/ml)										Control		
	100	50	25	12.5	6.25	3.12	1.56	0.78	0.39	0.19	0.08	Positive	Negative
<i>E. coli</i>	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	0	0	*1+	3+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	0
<i>S. aureus</i>	0	*1+	3+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	0

หมายเหตุ: \* = The minimum concentration (MIC) of the extract inulin.

0 = Bacteria no grown on agar.

1+ = Bacteria grow very little

3+ = Grow on agar less. control positive but over control negative

4+ = Grow on agar equal control positive

Clear = Strains grew poorly can not be seen with the naked eye in vitro.

turbidity = Bacteria grow very easily visible to the naked eye in vitro

B = broth

**Table 3** Inulin extracted from garlic to inhibit the growth of bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* condition pH 3, 5, 7, and 9

pH	The average diameter of clear zone around the disk (mm)		efficacy (%)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Bank	-	-	-	-
3	1.33 ± 0.57	2.33 ± 1.52	22.16	38.33
5	2.66 ± 0.57	4.66 ± 2.08	44.33	77.66
5.6	3.33 ± 0.57	3.33 ± 0.57	55	55
7	5.00 ± 1.00	6.00 ± 1.00	83.33	100
9	2.33 ± 1.15	3.00 ± 1.00	38.83	50

## ระบบตรวจจับและป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พีแบบยืดหยุ่นสำหรับองค์กร A Flexible ARP Spoof Detection & Prevention System for Organizations

สมนึก พวงพรพิทักษ์<sup>1</sup>, ธงชัย เจือจันทร์<sup>2</sup>

Somnuk Puangpronpitag<sup>1</sup>, Thongchai Chuachan<sup>2</sup>

Received: 14 January 2015 ; Accepted: 21 April 2015

### บทคัดย่อ

โพรโทคอลเออาร์พีทำหน้าที่จับคู่ระหว่างไอพีแอดเดรสกับแมคแอดเดรส โดยในขบวนการดังกล่าว อาร์พีแคชจะถูกเปลี่ยนแปลงตามข้อความร้องขอหรือตอบกลับอาร์พี ดังนั้นจึงอ่อนไหวต่อการถูกโจมตีด้วยวิธีปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พี และการถูกโจมตีด้วยวิธีนี้ ทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น การโจมตีเพื่อทำให้ใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตไม่ได้ ที่เรียกว่า ดีโอเอส หรือการดักจับข้อมูลที่เป็นความลับ เป็นต้น โดยได้มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พยายามพัฒนาระบบตรวจจับและป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พีไว้หลายแนวทาง แต่แนวทางที่นำเสนอก่อนหน้านี้ ยังมีจุดบกพร่องหลายประการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งยังไม่เหมาะต่อการนำไปใช้กับเครือข่ายที่มีหลายวงแลนได้ งานวิจัยนี้จึงปรับปรุงการตรวจจับและป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พี การฟื้นฟูการติดต่อและการป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พีที่เกิดเวย์ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาต้นแบบโปรแกรมเพื่อใช้งานจริง และได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมต้นแบบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นผลสัมฤทธิ์ของการปรับปรุงกลไกตรวจจับ ป้องกัน และรายงานการบุกรุก

**คำสำคัญ:** การตรวจจับและป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พี การแอบดักจับข้อมูล การปฏิเสธการให้บริการ

### Abstract

Address Resolution Protocol (ARP) is a crucial mechanism to map between Internet Protocol (IP) and Medium Access Control (MAC) addresses. According to the ARP process, an ARP cache is always updated by incoming ARP reply or request packets. So, the ARP cache can be poisoned and vulnerable to ARP spoofing attacks. The attacks can cause several problems, such as Denial of Service (DoS) or confidential information eavesdropping. From the literature, several ARP detection and protection solutions have been proposed. However, all of them have several drawbacks. In particular, all previous solutions do not suit to the organization that has multiple LANs. So, this research has proposed to improve the ARP detection/protection techniques by improving the detection technique, gateway rehabilitation mechanism and ARP spoof detection in a network gateway. We have also prototyped our solution and experimented with it on a network test-bed. Our experimental results have demonstrated the improvement of detection, protection and reporting mechanisms.

**Keywords:** ARP spoofing detection and protection, Information eavesdropping, Denial of Service (DoS)

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาการสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. E-mail: somnukp@msu.ac.th

<sup>2</sup> อาจารย์, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. E-mail: thongchai@srru.ac.th

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University. E-mail: somnukp@msu.ac.th

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University. E-mail: thongchai@srru.ac.th

## บทนำ

การสื่อสารในเครือข่าย Local Area Network (LAN) จำเป็นต้องใช้ Media Access Control (MAC) address ในการใช้แทนตำแหน่ง โดย MAC address จะถูกจับคู่กับ Internet Protocol (IP) address โดย Address Resolution Protocol (ARP) เป็นโพรโทคอลสำคัญในเครือข่าย LAN โดยทำหน้าที่ร้องขอ (ARP Request) MAC address ของปลายทางและตอบกลับ (ARP Reply) MAC address ของการ์ด Ethernet กลับไปที่ต้นทาง (Requester) เพื่ออัปเดต ARP cache ให้มีความเป็นปัจจุบัน ซึ่งกลายเป็นช่องโหว่เพราะโพรโทคอล ARP ถูกปลอมแปลงได้ง่าย

การปลอมแปลงโพรโทคอล ARP (ARP spoofing)<sup>2</sup> ก่อให้เกิดภัยคุกคามที่มีความเสี่ยงสูงเช่น การทำให้หลุดจากการใช้เครือข่าย ที่เรียกกันว่า Denial of Service (DoS) attacks โดยใช้โปรแกรม อย่างเช่น Netcut<sup>3</sup> และยังก่อให้เกิดปัญหาการแทรกกลางระหว่างการสื่อสาร (Man in the Middle (MitM) attacks) เพื่อดักจับ (Sniffing) ข้อมูลที่สำคัญของการเชื่อมต่อระหว่างต้นทางและปลายทาง เช่น รหัสผ่านของ Online Banking เป็นต้น ซึ่งปัจจุบัน โปรแกรมที่ใช้ในการ MitM เหล่านี้ สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีอย่างง่ายจากอินเทอร์เน็ต เช่น Cain&Abel<sup>4</sup>, Ettercap<sup>5</sup> และ Kali Linux<sup>6</sup> เป็นต้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าได้มีความพยายามที่จะสร้างเครื่องมือป้องกัน ARP spoofing เช่น การคอนฟิกโดยผู้ดูแลระบบ<sup>7</sup> การแก้ไขโพรโทคอล<sup>8-9</sup> การใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ<sup>10</sup> โปรแกรมและระบบป้องกัน<sup>11-23</sup> แต่แนวทางแก้ปัญหาที่กล่าวมา ยังไม่มียieldสัมฤทธิ์การป้องกัน ARP spoof ได้อย่างแท้จริง ดังนั้นทีมนักวิจัย จึงได้พัฒนาระบบตรวจจับและป้องกัน ARP spoof ไปแล้ว 3 อย่างคือ 1) AVAS<sup>23</sup> เป็นระบบที่อาศัยศูนย์กลางควบคุมให้มีการส่ง Vaccine (การจับคู่ระหว่าง IP และ MAC ที่ถูกต้อง) ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับและป้องกันระดับองค์กรที่มี LAN หลายวงได้ดี เพราะมีระบบรายงานการโจมตี แต่จากการทดสอบนำ AVAS ไปใช้งานจริง พบว่ามีปัญหาที่การติดตั้ง เนื่องจากมีส่วนประกอบมาก (heavyweight) และหากองค์กรไม่ติดตั้งทุกส่วนประกอบครบถ้วน ก็จะมีปัญหาไม่อาจช่วยป้องกันได้ 2) DAPS<sup>22</sup> เป็นงานวิจัยต่อยอดจาก AVAS โดยปรับให้มีประสิทธิภาพการตรวจจับ ARP spoof โดยอาศัย โพรโทคอล DHCP เข้ามาช่วยเพิ่มความเร็วในการทำงาน แต่ยังคงมีส่วนประกอบค่อนข้างมาก ที่ต้องอาศัย Admin ระดับองค์กรในการติดตั้งในครบถ้วนเช่นกัน 3) J-ARP<sup>19</sup> เป็นโปรแกรมขนาดเล็กที่ออกแบบใหม่ โดดเน้นความ lightweight คือ ผู้ใช้ใ้้องค์กรสามารถนำไปติดตั้งใช้งานส่วนบุคคล โดยไม่ต้อง

อาศัย Admin ขององค์กรแต่จากการนำ J-ARP ไปใช้งานจริง ได้พบปัญหาว่า J-ARP ยังขาดความสามารถในการตรวจจับควบคุม และป้องกันระดับองค์กรของ AVAS และ DAPS นอกจากนี้ J-ARP ยังมีปัญหาที่ไม่สามารถป้องกันการ DoS เพื่อตัดการสื่อสารโดยโจมตี Gateway ได้ดีนัก กลไกในการป้องกันของ J-ARP เมื่อเผชิญกับเครื่องมือโจมตีอย่าง NetCut 3.0 จะทำให้เกิด traffic เพิ่มมากและประสิทธิภาพการป้องกันไม่ร้อยเปอร์เซ็นต์

ในงานวิจัยนี้ จึงเสนอแนวคิดใหม่ในการออกแบบระบบตรวจจับและป้องกัน ARP spoof โดยอาศัยบูรณาการความสามารถของทั้ง AVAS/DAPS และ J-ARP เข้าด้วยกัน และนำเสนออัลกอริทึมในการตรวจจับและป้องกันเพิ่มเติม ซึ่งการตรวจจับและป้องกันมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถมีเครื่องมือที่ติดตั้งง่าย ในการป้องกันตนเอง และหากองค์กรสนับสนุนการติดตั้งระบบป้องกันบนเครือข่ายของตน เครื่องมือของผู้ใช้ก็จะสามารถร่วมมือกันสนับสนุนการตรวจจับป้องกัน และรายงานการโจมตี สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นเครื่องมือป้องกันที่ยืดหยุ่น (flexible) คือ สามารถทำงานในโหมด lightweight สำหรับผู้ใช้ในการป้องกันตนเองอย่างง่าย ๆ เมื่อไม่ได้รับการสนับสนุนจาก Admin ขององค์กร และสามารถต่อเชื่อม ทำงานในโหมดบูรณาการ ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับและป้องกันระดับองค์กรที่สมบูรณ์ เมื่อ Admin ขององค์กรติดตั้งส่วนประกอบสำคัญเพิ่มเติม

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังปรับปรุงวิธีการตรวจจับและป้องกัน ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในการป้องกัน DoS แบบโจมตีทั้งทางเดียวและสองทางเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการโจมตีด้วยวิธี MitM โดยอัลกอริทึม DepMAC-IP และเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟู Gateway จากการโจมตีด้วยกลไก Gateway-Rehabilitation (GR) นอกจากนี้ ยังได้พัฒนาเพิ่มเติม กลไกวิเคราะห์การจับคู่ระหว่าง MAC address และ IP address ก่อนตอบ ARP Reply ให้กับ Gateway

ในเนื้อหาส่วนถัดไป จะได้กล่าวรายละเอียดต่อไปนี้ คือ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในส่วนที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนที่ 3 แนวคิดของงานวิจัยนี้ ในส่วนที่ 4 การออกแบบแนวทางตรวจจับและป้องกันในส่วนที่ 5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับและป้องกัน ในส่วนที่ 6 และสรุปการวิจัยในส่วนที่ 7

## วัตถุประสงค์

(1) เพื่อออกแบบ ปรับปรุงกลไกการตรวจจับและป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พี (2) เพื่อพัฒนาระบบป้องกันการปลอมแปลงโพรโทคอลเออาร์พี และ (3) ทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพ



### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โพรโทคอลเออาร์พี

โพรโทคอล ARP<sup>1</sup> เป็นโพรโทคอลที่ทำงานอยู่ในชั้น Data Link และมีความสำคัญมากในเครือข่าย Ethernet เพราะ ARP ทำหน้าที่ในการจับคู่ระหว่าง IP address กับ MAC address ดังแสดงใน Figure 1 เมื่อ A ซึ่งมี IP คือ 192.168.1.144 ต้องการสื่อสารกับ C ซึ่งมี IP คือ 192.168.1.166 A จะร้องขอ MAC address ของ C ด้วยการส่ง ARP Request message แบบ broadcast ภายใน LAN โดย ARP request message ดังกล่าวจะกระจายไปยังทุกๆ เครื่องใน LAN และผู้ที่ถูกร้องขอคือ C ก็จะเก็บคู่ IP address และ MAC address ของ A ไว้ใน ARP cache คือ 192.168.1.166 และ 00:00:f4:44:23:93 ตามลำดับดัง Figure 3 จากนั้น C จึงส่ง ARP Reply message แบบ Unicast กลับไปให้ A (ดังแสดงใน Figure 2) โดยใช้ MAC address ของ C เข้าไปใน ARP Reply message

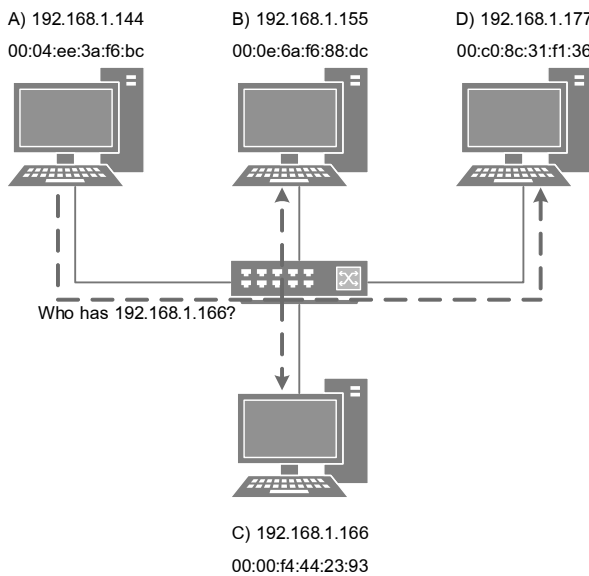


Figure 1 Broadcasting ARP Request messages

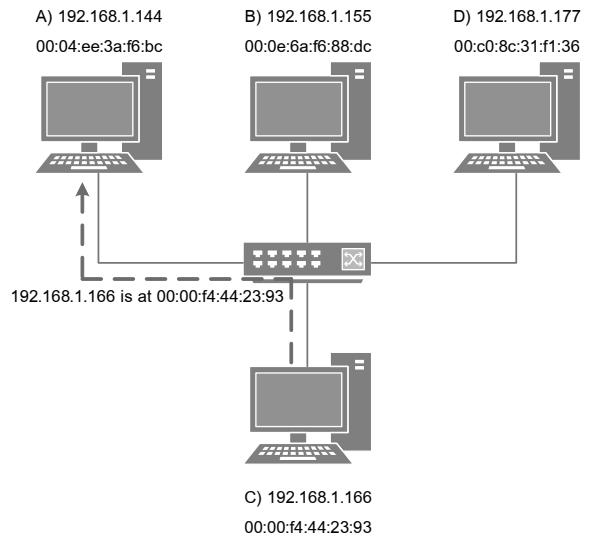


Figure 2 Sending ARP Reply message

เมื่อ A ได้รับ ARP Reply จาก C เครื่อง A ก็นำ MAC address ของ C มาเก็บไว้ที่ ARP cache ของ A เป็น 192.168.1.166 และ 00:00:f4:44:23:93 ดังแสดงใน Figure 4

```
[C@isan ~]$ arp -a 192.168.1.144
? (192.168.1.144) at 00:04:ee:3a:f9:bc [ether] on eth0
```

Figure 3 the ARP cache of C

```
[A@isan ~]$ arp -a 192.168.1.166
? (192.168.1.166) at 00:00:f4:44:23:93 [ether] on eth0
```

Figure 4 the ARP cache of A

ถึงแม้โพรโทคอล ARP ถูกออกแบบให้สามารถค้นหา MAC จาก IP ได้ แต่ก็มีปัญหาที่การออกแบบโพรโทคอลไม่คำนึงถึงความมั่นคงทางเครือข่ายตั้งแต่ต้น คือ 1) โพรโทคอล ARP ไม่มีการยืนยันความถูกต้องของ ARP messages 2) การอัปเดต ARP cache ตาม ARP Reply ที่ได้รับไม่สอดคล้อง (Correspond) กับการส่ง ARP Request 3) ARP cache ถูกอัปเดตตามข้อความ ARP ใดๆ ที่เข้ามาจึงเป็นที่มาของการโจมตีด้วยวิธี ARP spoof ซึ่งเป็นภัยคุกคามที่สร้างความเสียหายต่อผู้ใช้ที่อยู่ในเครือข่าย LAN จำนวนมาก

การโจมตีแบบ DoS ด้วย ARP

การโจมตีด้วยวิธีส่ง ARP Reply ในลักษณะ DoS เพื่ออัปเดต ARP cache เครื่องเหยื่อให้การจับคู่ระหว่าง IP กับ MAC ที่ไม่มีอยู่จริงดัง Figure 5 เส้นหมายเลข (1) คือการ

ส่งข้อมูลปกติระหว่าง A และ C ในขณะที่เส้นหมายเลข (2) คือการส่ง ARP Reply ปลอมของผู้โจมตี D ให้กับ A โดยแจ้ง IP หมายเลข 192.168.1.166 ถูกจับคู่กับ MAC หมายเลข 00:11:22:33:44:55 ทำให้ ARP cache ของ A เปลี่ยนแปลง ทำให้การเชื่อมต่อของ A กับ C ถูกกระทบ เส้นหมายเลข (3) คือการทำ ARP DoS ไปที่เครื่อง C เพื่อระงับการเชื่อมต่อกับ A โดยทำเช่นเดียวกันกับที่ส่ง ARPDos Reply ไปให้ A

ถ้า C ติดตั้งโปรแกรมป้องกัน ARP spoof โปรแกรมจะสังเกตเห็นค่า Owner Unique Identifier (OUI)<sup>24</sup> ปลอมและการส่ง ARP Reply ปลอมแปลง MAC ของ Gateway ผู้โจมตี D สามารถหลีกเลี่ยงการป้องกันด้วยการส่ง ARPDos Reply ไปที่ Gateway A ทางเดียวตามเส้นหมายเลข (2) ใน Figure 5 ก็สามารถตัดการเชื่อมต่อระหว่าง A และ C ได้

**การโจมตีแบบ MitM**

วิธีโจมตี LAN แบบ Man in the Middle (MitM) attacks หรือที่เรียกว่า การโจมตีแบบแทรกกลางการสื่อสารเป็นการโจมตีเพื่อดักจับข้อมูลที่สำคัญ เช่น Username และ Password โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Online Banking

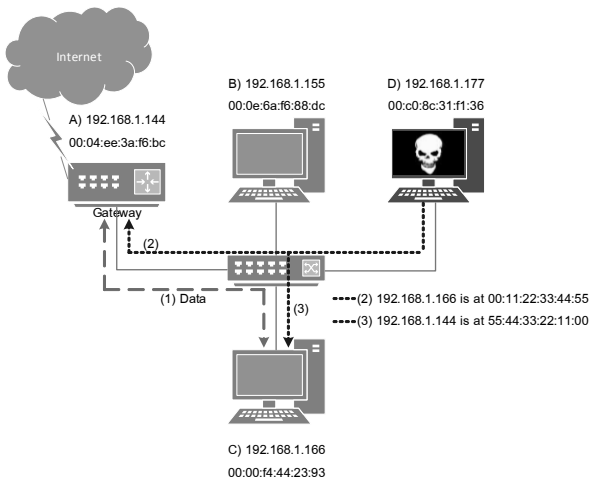


Figure 5 DoS by ARP

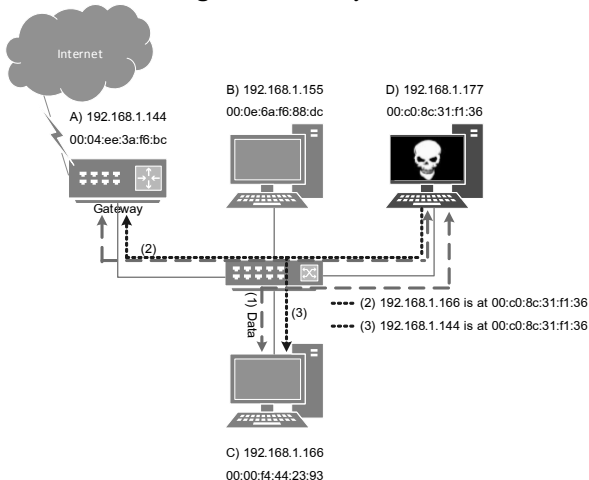


Figure 6 MitM Attack by ARP

Figure 6 เส้นหมายเลข (2) ผู้โจมตี D ปลอม ARP Reply โดยกำหนด IP หมายเลข 192.168.1.166 ให้ถูกเชื่อมกับ MAC หมายเลข 00:c0:8c:31:f1:36 และเส้นหมายเลข (3) การทำแบบเดียวกัน คือ ปลอมตัวเป็น A เพื่อสื่อสารกับ C เมื่อเสร็จทุกขั้นตอน D สามารถดักจับข้อมูล ก่อนที่จะส่งต่อแพ็กเกตต่อเสมือนว่า A และ C สื่อสารกันอย่างปกติ

ถ้า C ติดตั้งระบบป้องกันผู้โจมตี D อาจปล่อยให้การเชื่อมต่อของ A และ C เป็นไปอย่างปกติ จากนั้น D เริ่มทำให้ A ถูก poisoning โดยให้แพ็กเกตบางส่วนถูกส่งไปที่ D จากนั้นจากนั้นวิเคราะห์หาข้อมูลที่สำคัญ เช่น Session ก็สามารถเข้าใช้ระบบโดยไม่ต้องมีกระบวนการ Authentication ได้

**แนวทางแก้ไขที่นำเสนอในวงการวิจัยมาก่อน**

การป้องกัน ARP spoof จากงานวิจัยก่อนหน้านี้สามารถแบ่งเป็น 6 แนวทาง คือ

(1) การให้ผู้ดูแลระบบจัดการ ARP cache ของผู้ใช้ให้เป็นแบบถาวร (Static ARP entry)<sup>7</sup> ถึงแม้วิธีนี้จะให้ความปลอดภัยกับผู้ใช้ แต่มีปัญหาด้านการจัดการ เพราะ 1) หากมีการเปลี่ยนการ์ดเครือข่ายที่ Gateway อาจทำให้ทุก End user ไม่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ 2) หากผู้โจมตีทำ ARP DoS ไปที่ Gateway เพื่อตัดการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต End user ก็ไม่สามารถป้องกันตนเองได้ ซึ่งงานวิจัยนี้จะเสนอแนวทางแก้ไข

(2) กลุ่มแก้ไขโปรโตคอลเออาร์พีเช่น TARP<sup>8</sup> และ S-ARP<sup>9</sup> ป้องกัน ARP spoof ด้วยการปรับปรุงโปรโตคอล ARP ให้สามารถระบุตัวตนของผู้ส่ง เช่น การใช้ Public Key Infrastructure (PKI) แต่การนำไปใช้จริงมีความล่าช้าจากกลไกของ PKI และใช้แบนด์วิดท์ขององค์กรสูง เพราะการทำงานของ ARP จะมีการ Broadcast หลายครั้งจาก End user ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้โดยการเพิ่มขั้นตอนการสร้าง Vaccine และการส่งข้อความ ARP ที่เป็นแบบ Unicast ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

(3) กลุ่มปรับปรุงเคอร์เนลของระบบปฏิบัติการเช่น Anticap<sup>13</sup> และ Antidote<sup>14</sup> แต่วิธีนี้ต้องแก้ไขเคอร์เนลของระบบปฏิบัติการและคอมไพล์เพื่อให้ได้ปฏิบัติการใหม่ ซึ่งปัจจุบันไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง เพราะไม่สามารถแก้ไขและคอมไพล์ระบบปฏิบัติการให้กับผู้ใช้ได้อย่างทั่วถึงโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบปฏิบัติการที่ไม่ใช่ Open Source แตกต่างจากข้อเสนองานวิจัยนี้ที่ป้องกัน ARP spoof โดยไม่มีกรรมสิทธิ์เคอร์เนลใหม่และสนับสนุนการทำงานบนระบบปฏิบัติการ Linux และ Windows

(4) การใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น Dynamic ARP Inspection และ Port Security<sup>10</sup> ในอุปกรณ์ Switch ที่มีราคาสูง ซึ่งใช้วิธีกำหนดการจับคู่ระหว่าง MAC Address และเลขพอร์ตของอุปกรณ์ Switch เมื่อเกิดการจู่โจม ก็จะสามารถตรวจสอบการปลอม MAC Address และป้องกัน ARP spoof ได้ แต่มีความยุ่งยากในการจัดการและราคาสูงเกินความจำเป็นสำหรับองค์กรโดยทั่วไป ซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษเหล่านี้

(5) กลุ่มระบบป้องกันเช่น DAPS<sup>22</sup> และ AVAS<sup>23</sup> เป็นวิธีป้องกัน ARP spoof ที่อาศัยการทำงานของหลายส่วนร่วมกัน เช่น การติดตั้งโปรแกรมที่ End user การใช้ระบบศูนย์กลางในการจัดการ และการสร้างตัวป้องกัน Gateway เป็นต้น แต่ระบบเหล่านี้ ยากแก่การติดตั้งให้สมบูรณ์ในองค์กร อาศัยหลายส่วนทำงานร่วมกัน โดยเฉพาะระบบที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุม มีความเสี่ยงต่อการถูกจู่โจมสูงและอาจกลายเป็น Single point of failure ได้

(6) โปรแกรมป้องกันเช่น AntiNetcut<sup>11</sup>, AntiARP<sup>12</sup>, J-ARP<sup>19</sup> และ Netcut Defender<sup>20</sup> ป้องกัน ARP spoof โดยใช้กลไกเฉพาะของแต่ละโปรแกรม เพื่อตรวจสอบการปลอมแปลง ARP โดย End user เพียงติดตั้งโปรแกรมเสริมป้องกัน แต่วิธีนี้ยังมีจุดด้อย คือ ผู้จู่โจมเปลี่ยนเป้าหมายไปที่ปลายทางของเหยื่อ แทนที่จะอัปเดต ARP cache ของเหยื่อโดยตรง เช่น การทำ ARP DoS ไปที่ Gateway เพื่อให้ Gateway ไม่รู้จักเหยื่อ ซึ่งทำให้การเชื่อมต่อล้มเหลว เป็นต้น ประเด็นการติดตั้งโปรแกรมเสริมขนาดเล็กเพื่อป้องกัน ARP spoof มีความเหมาะสมต่อองค์กรต่าง ๆ เพราะมีความสะดวก จัดการได้ง่าย แต่ยังมีบางจุดที่ต้องปรับปรุง เช่น การป้องกันการติดเชื่อที่ Gateway ซึ่งเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ปรับปรุงวิธีป้องกันที่มีอยู่ให้มีความแข็งแกร่งมากขึ้น

**แนวคิดของงานวิจัย**

Static ARP entry เป็นเครื่องมือการป้องกัน ARP spoof ที่มีประสิทธิภาพสูง หาก IP Address และ MAC Address ถูกจับคู่อย่างถูกต้อง ก่อนที่จะทำ Static ARP จะทำให้ คู่ IP Address และ MACAddress ดังกล่าวเป็นเหมือนวัคซีนป้องกัน ARP Spoof เพราะการจู่โจมด้วย ARP Spoof จะไม่สามารถเปลี่ยนค่ามันได้เพียงแต่ยากที่ ผู้ใช้ไม่อาจใช้คำสั่งเพื่อ setstatic ARP ได้เอง

งานวิจัยนี้เห็นข้อดีของโปรแกรมขนาดเล็กที่สามารถตรวจสอบการปลอมแปลงโปรโตคอล ARP ได้ จึงพัฒนาในแนวทางเดียวกันแต่ได้แก้จุดอ่อน โดยปรับปรุงอัลกอริทึมตรวจสอบการปลอมแปลงโปรโตคอล ARP การฟื้นฟูการติดเชื่อ

ระบบตรวจ ARP ปลอมที่ Gateway ก่อนที่จะส่ง ARP Reply ข้อเสนอและอัลกอริทึมในการแก้ปัญหา

**การปรับปรุงกลไกการสร้าง Vaccine**

งานวิจัยก่อนหน้านี้ในวงการ เช่น J-ARP ใช้วิธีตรวจสอบหมายเลข MAC ของผู้ส่ง ARP Reply ต้องอยู่ใน OUI และ ARP Reply จาก IP ต้นทางเดียวกันต้องมี MAC ที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน แล้วทำ Static ARP entry

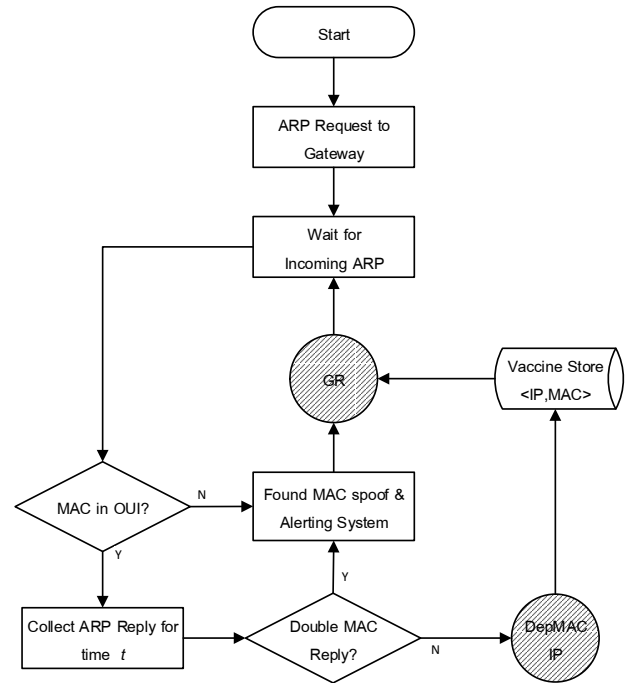


Figure 7 Our New Algorithm

Figure 7 คืออัลกอริทึมใหม่ที่ได้ปรับปรุงเพื่อแก้จุดอ่อนของ J-ARP ซึ่งได้ปรับการตรวจสอบดังนี้

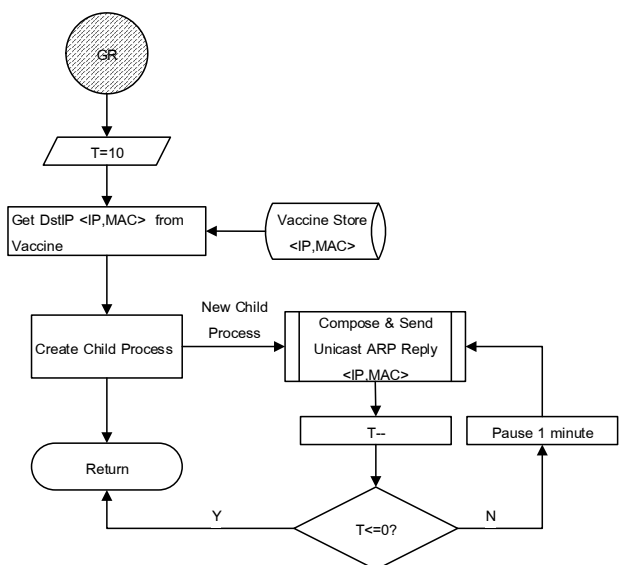
(1)โปรแกรมจับและอ่าน ARP Packet และดึงหมายเลข MAC และหมายเลข IP โดยเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ARP Request ถูกส่งเพื่อตรวจสอบความซ้ำซ้อนของ MAC ของ Gateway (2) ตรวจสอบ MAC Address ที่ได้รับจาก ARP Request และ ARP Reply ถ้าอยู่ในรายการ OUI ก็จะตรวจสอบในข้อ 3 แต่ถ้าไม่พบในรายการโปรแกรมจะรู้ว่าแพ็กเก็ตเป็นของปลอม และเข้าขั้นตอนการฟื้นฟูในข้อ 5(3) ถ้า MAC อยู่ใน OUI ระบบจะรอเก็บแพ็กเก็ต ARP Reply ในระยะเวลา t และตรวจสอบ MAC ที่มาจาก IP ของต้นทางเดียวกัน ถ้าหากเกิดการซ้ำซ้อนกัน ระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้และดำเนินการตามข้อ 5 จากนั้นใช้อัลกอริทึม DepMAC-IP (ซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดในหัวข้อถัดๆ ไป) เพื่อตรวจสอบการจับคู่ระหว่าง IP และ MAC (4) เมื่อผ่านการตรวจสอบด้วยอัลกอริทึม DepMAC-IP โปรแกรมจะเก็บ Vaccine<IP,MAC>ไว้ที่ Vaccine

Store (VS) เพื่อใช้ในครั้งถัดไป (5) หากพบการจู่โจมกลไกการฟื้นฟูเกตเวย์ Gateway-Rehabilitation(GR) ที่ Gateway จะถูกเรียกใช้งาน

**อัลกอริธึม Gateway-Rehabilitation**

Gateway-Rehabilitation (GR) ดังแสดงใน Figure 8 เป็นวิธีฟื้นฟูการติดต่อของไอพีปลายทาง ในงานวิจัยนี้จะเน้นการฟื้นฟู Gateway ดังนี้

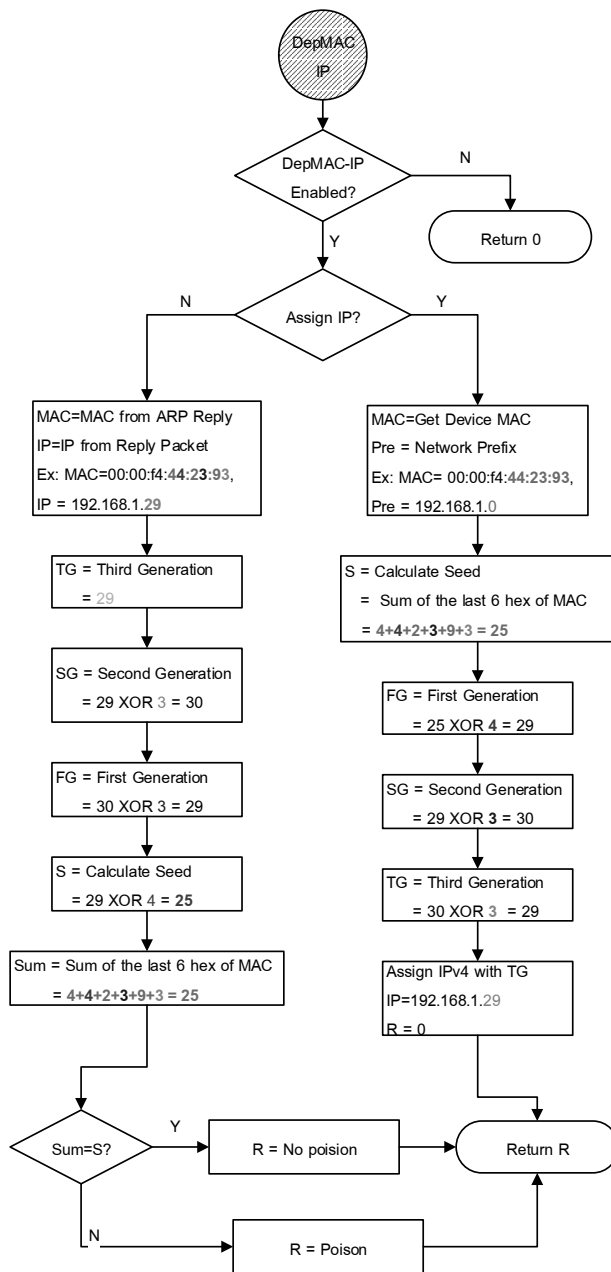
(1) เริ่มแรกโปรแกรมจะอ่านเวลา  $T$  ที่ใช้ในการฟื้นฟูการติดต่อ (2) ดึง Vaccine<IP,MAC> จาก VS แล้วสร้าง Process ย่อยทำงานอิสระ และส่วนงานหลักก็จะกลับเข้าสู่การตรวจสอบโปรโตคอล ARP (3) ที่การสร้าง Process ย่อย (New Child Process) โปรแกรมเริ่มสร้างแพ็กเก็ต ARP Reply แบบ Unicast โดยส่ง IP และ MAC ของผู้ใช้ไปที่ IP และ MAC ที่ดึงมาจาก Vaccine ในข้อที่ 1 และลบค่า  $T$  ครั้งละ 1 เรื่อย ๆ จนกว่า  $T$  จะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 จึงจะหยุด Process (4) การส่ง ARP Reply แต่ละครั้งจะต้องหน่วงเวลาไว้ 1 นาที เพื่อป้องกันการ Flood แพ็กเก็ตไปที่ปลายทาง



**Figure 8** Gateway Rehabilitation Algorithm

**อัลกอริธึม DepMAC-IP**

DepMAC-IP<sup>21</sup> เป็นอัลกอริธึมที่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ คำนวณหา IP ที่สามารถผูกโยงกับ MAC ได้จากสูตร และส่วนการพิสูจน์การปลอมแปลงโปรโตคอล ARP ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดแสดงใน Figure 9 และสามารถคำนวณได้ดังนี้



**Figure 9** DepMAC-IP Algorithm

1. การคำนวณหา IP จากการนำ MAC มาประมวลผล เริ่มจากนำ MAC address การ์ด Ethernet ของผู้ใช้จำนวน 3 ไบต์สุดท้าย และใช้ Network Prefix (NetPre) ของเครือข่าย ตัวอย่างเช่น MAC ของผู้ใช้ คือ 00:00:f4:44:23:93 และ NetPre คือ 192.168.1.0 จะได้

MAC = 44:23:93

NetPre = 192.168.1.0

คำนวณหา Seed (S) โดยนำ hex ของแต่ละไบต์มารวมกัน

$S = 4+4+2+3+9+3 = 25$

จากนั้นหา First Generation (FG) โดยนำ hex หลักที่ 2 ของไบต์แรกมา XOR กับ S

$$FG = 25 \text{ XOR } 4 = 29$$

หา Second Generation (SG) จากการนำ FG มา XOR กับ hex หลักที่ 2 ของไบต์ที่ 2 ได้

$$SG = 29 \text{ XOR } 3 = 30$$

หา Third Generation (TG) จากการนำ SG มา XOR กับ hex หลักที่ 2 ของไบต์ที่ 3 ได้

$$TG = 30 \text{ XOR } 3 = 29$$

เมื่อได้ TG ก็ให้นำมากำหนด IP ของผู้ใช้ใหม่ จากตัวอย่างจะได้คู่ของ IP และ MAC ที่เชื่อมโยงกันได้ คือ

$$IP = 192.168.1.29$$

$$MAC = 00:00:f4:44:23:93$$

2. การพิสูจน์ความถูกต้องของการจับคู่ระหว่าง IP และ MAC ใน ARP Reply ดัง Figure 9 ด้านซ้าย เมื่อได้รับ ARP Reply อัลกอริทึมเริ่มจากการนำไบต์สุดท้ายของ IP ผู้ส่ง มาคำนวณหา S โดยเริ่มจากการหา TG SG FG และได้ S จากนั้นนำ 3 ไบต์สุดท้ายของ MAC ผู้ส่งมาแยกเป็น hex แล้วรวมกัน (Sum) และตรวจสอบถ้า S เท่ากับ Sum หมายความว่า IP และ MAC จับคู่ได้ถูกต้อง ผลแบบอื่น คือเกิดการ ARP spoof ขึ้น ตัวอย่างเช่น เมื่อได้รับ ARP Reply (IP=192.168.1.29,MAC=00:00:f4:44:23:93) สามารถตรวจสอบได้โดย

$$MAC = 44:23:93$$

$$TG = 29$$

หา SG จากการนำ TG มา XOR กับ hex หลักที่ 2 ของของไบต์ที่ 3 ได้

$$SG = 29 \text{ XOR } 3 = 30$$

หา FG จากการนำ SG มา XOR กับ hex หลักที่ 2 ของของไบต์ที่ 2 ได้

$$FG = 30 \text{ XOR } 3 = 29$$

สุดท้ายหา S จากการนำ FG มา XOR กับ hex หลักที่ 2 ของของไบต์แรกได้

$$S = 29 \text{ XOR } 4 = 25$$

หาค่า Sum โดยเอา hex ทั้ง 3 ไบต์มารวมกันได้

$$\text{Sum} = 4+4+2+3+9+3 = 25$$

เมื่อได้ S และ Sum แล้วจึงตรวจสอบถ้าค่าตรงกันหมายความว่า ARP Reply ดังกล่าวไม่ถูกปลอมแปลง

### การป้องกันที่ Gateway

สำหรับ Gateway ได้พัฒนาเซอร์วิสตรวจสอบ ARP Request บนระบบปฏิบัติการ Linux โดยปิดการตอบ ARP Reply อัตโนมัติของ Kernel ด้วยการกำหนด arp\_ignore ให้มีค่าเป็น 8 แล้วดักจับ IP และ MAC ของผู้ส่ง ARP Request มาตรวจสอบ MAC ต้อง OUI และใช้ DepMAC-IP ตรวจสอบ

แล้วถูกต้อง จึงทำ Static ARP entry และตอบ ARP Reply กลับไปที่ต้นทาง

### การพัฒนาและทดลองโปรแกรมต้นแบบ

#### การพัฒนาระบบ

โปรแกรมต้นแบบพัฒนาด้วย JDK1.8.0 ร่วมกับไลบรารีจับแพ็กเก็ต JNetPcap โดยได้เพิ่มอัลกอริทึม GR และ DepMAC-IP หน้าต่างการใช้งานโปรแกรมได้ปรับจากการใช้ Java Swing เป็น JavaFx ซึ่งสนับสนุนใน JRE รุ่น 1.8

ระบบวิเคราะห์ ARP เพื่อเลือกตอบ ARP Reply ที่ Gateway พัฒนาโดยใช้ JDK1.8.0 ร่วมกับ JNetPcap บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ CentOS 6.5

#### สภาพแวดล้อมในการทดลอง

Figure 10 แสดงแผนผังที่ใช้ในการทดลองของงานวิจัยนี้ ซึ่งเครือข่าย LAN กำหนดไอพีอยู่ใน subnet 192.168.9.0/24 และกำหนดให้ผู้ใช้เป็นเครื่องเหยื่อใช้ซีพียู Intel(R) Core(TM) i5-3337U 1.80GHz แรม 4GB และดิสก์ความจุ 500GB โดยเหยื่อได้รับการคอนฟิกไอพีจาก DHCP ก่อนจากนั้นจะกำหนดใหม่จากการคำนวณของโปรแกรมป้องกันส่วน Gateway ของ LAN นี้ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ CentOS 6.5 ซีพียู Intel(R) Core(TM)2 Duo E6650 2.33GHz แรม 4 GB ดิสก์ความจุ 500GB และ IP ของ Gateway ได้จากคำนวณตามอัลกอริทึม DepMAC-IP

ผู้โจมตีทำการโจมตีด้วยวิธี ARP DoS และ MitM โดยใช้ Kali Linux ดังนี้ (1) ARP DoS แบบทางเดียว คือ แยกโจมตีตามเส้น ARP DoS 1 ก่อน แล้วจึงโจมตีตามเส้น ARP DoS 2 (ดัง Figure 10) (2) DoS แบบ 2 ทาง คือ ส่ง ARP แพ็กเก็ตปลอมไปที่ Victim และ Gateway พร้อม ๆ กัน ตามเส้น ARP DoS 1 และ ARP DoS 2 (ดัง Figure 10) (3) MitM เพื่อดักจับข้อมูลของผู้ใช้

การทดสอบโปรแกรมเพื่อประเมินประสิทธิภาพการป้องกัน ARP spoof โจมตีทั้ง 3 แบบดังกล่าว แล้วใช้โปรแกรม iperf<sup>25</sup> ตรวจสอบการสูญหายของแพ็กเก็ตเมื่อถูกโจมตี โดย Link มีขนาด 100 Mbps ทดลองโดยใช้ TCP ที่มี window size ขนาด 85.3 KByte และทดลองซ้ำจำนวน 30 ครั้ง ครั้งละ 10 วินาที ภายใต้สถานะที่ถูกโจมตีด้วย ARP spoof แบบต่าง ๆ และกำหนดความเชื่อมั่นที่ระดับร้อยละ 95

การส่งข้อมูลของเหยื่อควรส่งแพ็กเก็ตได้ใกล้เคียง 100 Mbyte และใช้แบนด์วิดท์ที่ใกล้เคียง 100 Mbps

การตั้งค่าเบื้องต้นของโปรแกรมประกอบด้วย เวลาที่ใช้อัปโหลด ARP Reply (t) 5 วินาที เวลาที่ใช้ฟื้นฟูการติดเชื่อของ Gateway ในอัลกอริทึม GR(T) ใช้ 30 นาที

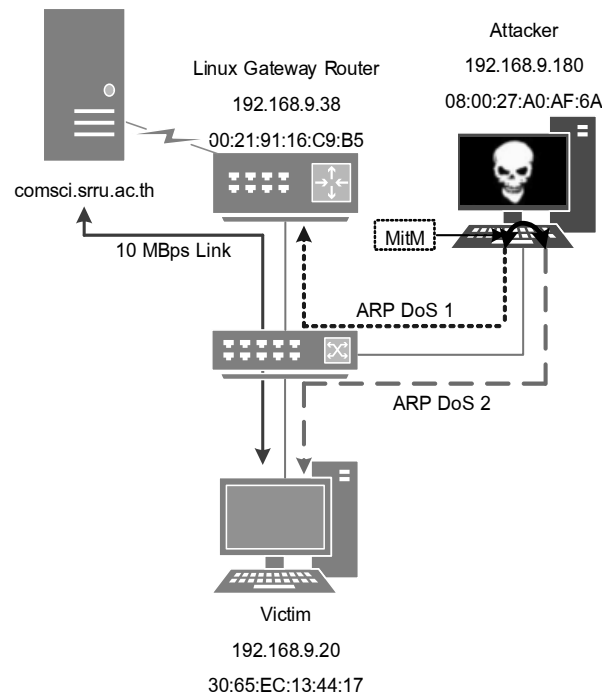


Figure 10 Experimental Testbed



Figure 11 Our User Interface

**ผลการทดลองประสิทธิภาพ**

Figure 11 แสดงผลการพัฒนาในส่วนของ User interface ของโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วย การ์ดเครือข่ายที่โปรแกรมตรวจสอบได้อัตโนมัติ หรือกรณีโปรแกรมเลือกการ์ด Ethernet ไม่ถูกต้องผู้ใช้สามารถเลือกการ์ดอื่น ๆ ได้ และข้อมูลอื่น ๆ เช่น IP และ MAC ของเกตเวย์ โพรโทคอล ARP ที่ได้รับทั้งหมด และ ARP ปลอมที่ตรวจสอบพบ เป็นต้น

จากผลการทดลองจะเห็นว่าไม่มีแพ็กเก็ตสูญหายไปถึงร้อยละ 1 และแบนด์วิดท์ที่ใกล้เคียง 100 Mbps ทุกการทดลอง ดังนั้นการโจมตีทั้ง 4 แบบไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานที่ปลายทาง ดังนั้น โปรแกรมต้นแบบของงานวิจัยนี้สามารถป้องกันการโจมตีด้วย ARP spoof อย่างสมบูรณ์

Figure 12 แสดงการโจมตีของ Attacker โดยที่เส้นประคือ MAC ของ Gateway ที่ผู้โจมตีได้รับ ซึ่งเป็นหมายเลข

00:00:00:00:00:00 เกิดจาก Attacker ไม่ได้รับ ARP Reply จาก Gateway ดังนั้น Attacker จึงไม่สามารถรู้ MAC ของ Gateway ได้

Figure 13 แสดงภาพการส่ง DoSแบบ 2 ทางเพื่อระงับการสื่อสาร และ MitM ก็ทำเช่นเดียวกัน ผลการทดลองจะเห็นว่า Attacker ไม่มี MAC ของ Gateway และส่ง ARP Reply ไปที่ Victim ได้ แต่ Victim ไม่อัปเดต ARP cache ตาม ARP Reply ดังกล่าว เพราะได้ทำ Static ARP entry ก่อนหน้านี้แล้ว Victim จึงปลอดภัยจากการจู่โจมของ Attacker

Table 1 แสดงผลการทดลองจู่โจมทั้ง 4 แบบ จากแบนด์วิดท์ 10 Mbps ใช้แพ็กเก็ต Window Size 64 ไบต์และถูกจู่โจมแบบ ARP DoS 1, ARP DoS 2, ARP DoS 1 & 2 และ MitM สามารถส่งแพ็กเก็ตได้ 99.7±0.2, 99.9±0.05,

99.1±0.1 และ 99.8±0.1 Mbyte ตามลำดับ ส่วนแบนด์วิดท์ที่ใช้อยู่ที่ 83.6±0.1, 83.7±0.09, 82.9±0.1 และ 83.5±0.09Mbps ตามลำดับ

Table 1 Experimental Results

Attacking Methods	Transfer/Bandwidth	
	10 Mbps Link	
	Transfer (Mbyte)	Bandwidth (Mbps)
ARP DoS 1	99.7±0.2	83.6±0.1
ARP DoS 2	99.9±0.05	83.7±0.09
DoS 1 & 2	99.1±0.1	82.9±0.1
MitM	99.8±0.1	83.5±0.09

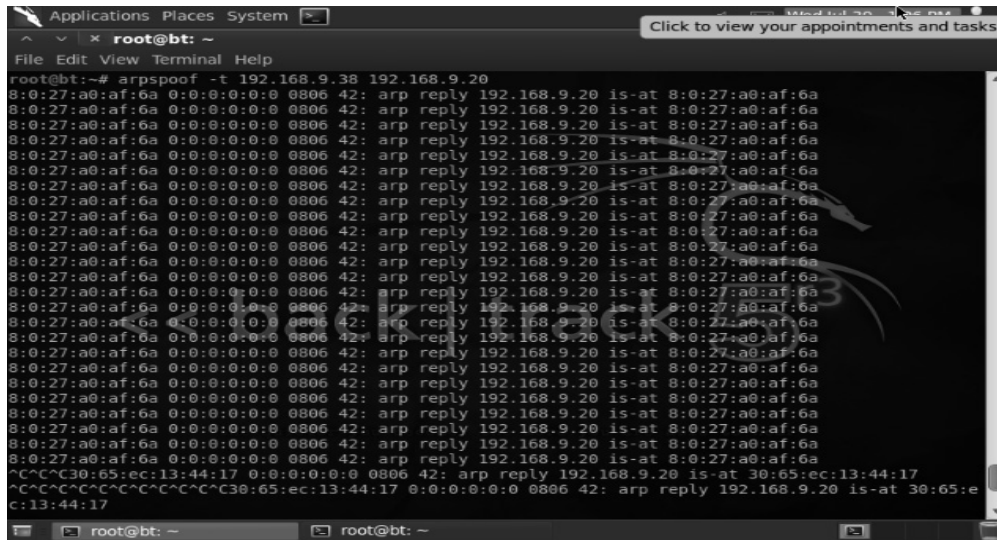


Figure 12 One Way ARP DoS Attack to Gateway

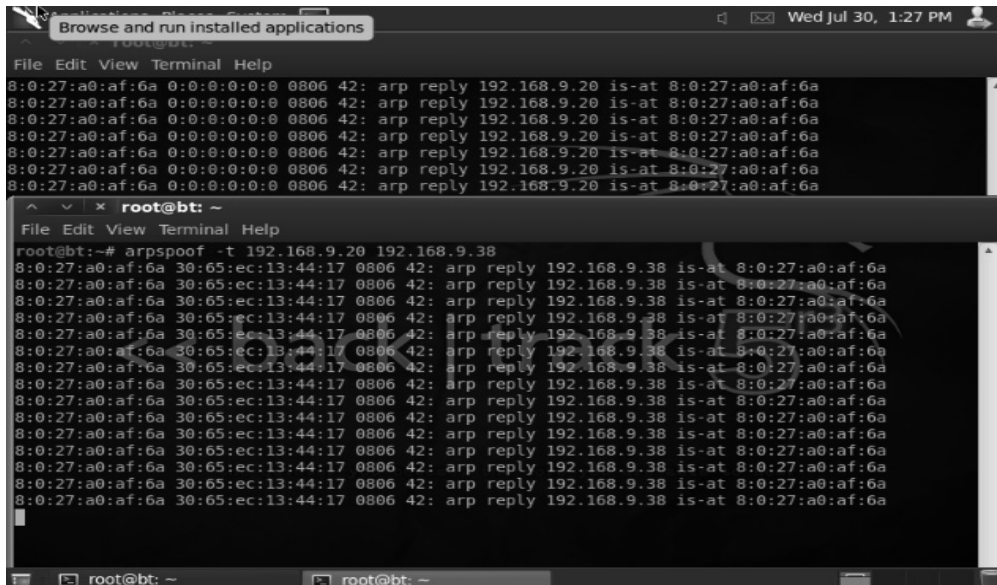


Figure 13 Two-way ARP DoS Attack

## สรุปและอภิปรายผล

การโจมตีเครือข่าย LAN ด้วยวิธี ARP spoof เป็นภัยคุกคามที่ทำให้ผู้ใช้ใน LAN เดียวกันมีความเสี่ยงสูง ต่อการถูกระงับ การสื่อสารและการถูกดักจับข้อมูลที่สำคัญเช่น ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านระบบธนาคารออนไลน์ เป็นต้น โดยก่อนหน้านี้ มีผู้พัฒนาเครื่องมือและนำเสนอแนวทางแก้ปัญหา ARP spoof หลากหลาย แต่เครื่องมือเหล่านี้ยังมีปัญหาด้านการใช้งานจริง เช่น เป็นระบบขนาดใหญ่ การติดตั้งมีความยุ่งยาก การปรับเคอร์เนลให้สนับสนุนการป้องกัน และการปรับปรุงโพรโทคอล ARP ซึ่งใช้กับมาตรฐานของ ARP ปกติไม่ได้

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาเพื่อปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาที่เสนออยู่เดิม เช่น ป้องกันการโจมตีแบบ ARP DoS ทางเดียว การรายงานสู่ส่วนกลาง ระบบฟื้นฟูการเชื่อมต่อที่เกตเวย์ และการตรวจจับการปลอมแปลงโพรโทคอล ARP ที่ยังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร โดยเพิ่มอัลกอริธึมตรวจจับการปลอมแปลงโพรโทคอล ARP จากแนวคิด DepMAC-IP กลไก Gateway-Rehabilitation และกลไกตรวจสอบที่ Gateway ผลการทดลอง ต่อวิธีการใหม่ที่นำเสนอ ภายใต้การโจมตีแบบ DoS ด้วย ARP ทางเดียวและสองทาง และ MitM พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกัน ตรวจจับและรายงานได้ดีมาก โดยมี overhead จากค่าแพ็กเก็ตสูญหายไม่ถึงร้อยละ 1 ดังนั้นเห็นได้ว่าวิธีการใหม่ที่นำเสนอสามารถป้องกันการถูกระงับการเชื่อมต่อด้วย ARP spoof และป้องกันการการรั่วไหลของข้อมูล ได้จึงเป็นวิธีการในการตรวจจับและป้องกัน ARP Spoof ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์ที่มีมาก่อน และรวมถึงวิธีแก้ไขอื่นๆ ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งมีทั้งหมด 6 แนวทาง ที่พยายามแก้ปัญหาเดียวกัน (ดังที่ได้กล่าวในส่วนต้นของบทความวิจัยนี้) เป้าหมายต่อไปในอนาคต คือการพัฒนาโปรแกรมเต็มรูปแบบ จากต้นแบบนี้ เพื่อทดลองกับ site งานจริง คือเป้าหมายต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เอกสารอ้างอิง

- Plummer D. An Ethernet Address Resolution Protocol. IETF RFC 826; Nov 1982.
- Sanjeev K. Impact of Distributed Denial of Service (DDoS) Attack Due to ARP Storm. Proceedings of International Conference on Networking, France; 2005. pp. 997–1002.
- Netcut. [cited 1 Jul 2014]. from: <http://www.arcai.com/arcai-netcut-faq.html>
- Cain & Abel. [cited 18 Jul 2014]. from: <http://www.oxid.it/cain.html>
- Ettercap. [cited 18 Jul 2014]. Availfrom: <http://ettercap.github.io/ettercap/>
- Kali Linux. [cited 26 Jan 2014]. from: <http://www.kali.org/>
- Abad C, Bonilla R. An Analysis on the Schemes for Detecting and Preventing ARP Cache Poisoning Attacks. Proceedings of Distributed Computing Workshop, Toronto, Canada; 2007.
- Lootah W, Enck W, McDaniel P. TARP: Ticket-based address resolution protocol. Computer Networks. Oct 2007;51(15):4322–4437.
- Brusch D, Ornaghi A, Rosti E. S-ARP: a secure address resolution protocol. Proceedings of Computer Security Applications Conference, Dec2003. pp. 66–74.
- King J, Lauer K. Layer 2 Attacks and Mitigation Techniques for the Cisco Catalyst 6500 Series. Cisco; 2010 p. 1–87. Report No.: C11603839-00.
- Anti NetCut 3 1.0. [cited 27 Mar 2014]. from: <http://anti-netcut3.software.informer.com/1.0/>
- AntiARP. [cited 1 Jul 2014]. from: <http://antiarp.software.informer.com/>
- Barnaba M. Anticap. [cited 4 Jul 2014]. from: <http://cvs.antifork.org/cvsweb.cgi/anticap>
- Teterin I. Antidote. [cited 4 Jul 2014]. from: <http://online.securityfocus.com/archive/1/299929>
- Manwani S. ARP Cache Poisoning Detection and Prevention [MSc Thesis]. San Jose State University; 2003.
- Prasertsang W, Sriwiset S, Puangpronpitag S. ARP Spoof Attack Detection, Protection and Alert System. Proceeding of National Conference on Computing and Information Technology, Bangkok, Thailand; 2013.
- Serpanos DN, Lipton RJ. Defense against man-in-the-middle attack in client-server systems. Proceedings of Symposium on Computing and Communication, 2001. pp. 9–14.



18. Ramachandran V, Nandi S. Detecting ARP Spoofing: An Active Technique. Proceedings of the International Conference on Information Security, India; pp. 239–250.
19. Kasabai P, Puangpronpitag S. J-ARP: Light-weight ARP Spoof Protection Software. Proceedings of Joint Conference on Computer Science and Software Engineering, Thailand; 2010. pp. 416–421.
20. Netcut-Defender. [cited 1 Jul 2014]. from: <http://www.arcai.com/netcut-defender>
21. Fayyaz F, Rasheed H. Using JPCAP to Prevent Man-in-the-Middle Attacks in a Local Area Network Environment. IEEE Potentials. Aug 2012;31(4):35–37.
22. Puangpronpitag S, Masusai N. An Efficient and Feasible Solution to ARP Spoof Problem. Proceedings of International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunication and Information Technology, Thailand. 2009. pp. 910–913.
23. Kasabai P, Chuachan T, Puangpronpitag S. ARP Spoof Vaccination and Surveillance System. Proceeding of the National Computer Science and Engineer Conference, Thailand; 2008. pp. 217–224.
24. Organizationally Unique Identifier (OUI) [cited 21 Jan 2014]. from: <http://standards.ieee.org/develop/regauth/oui/oui.txt>
25. Iperf. [cited 14 Jun 2014]. from: <https://iperf.fr/>

# การศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยเพื่อสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟศูนย์ชาติและพัฒนาการควบคุมไฟป่า

## Crusher Study and Design in support of the Firebreaks Building Mission by the Forest Fire Control Research Center (FFRC)

ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา<sup>1</sup>

Songwut Egwutvongsa<sup>1</sup>

Received: 9 January 2015 ; Accepted: 12 April 2015

### บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็ก 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องบดย่อยขนาดเล็ก โดยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ก.หัวหน้าศูนย์ชาติการควบคุมไฟป่า จำนวน 3 ท่าน ข.นักวิชาการพัฒนายานยนต์และวิศวกรเครื่องยนต์ ด้านละ 3 ท่าน โดยการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบถามประเมินค่า 5 ระดับและต้นแบบเครื่องบดย่อยที่พัฒนาใหม่ ผลวิจัยพบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้มีกำลังบดย่อยสูงโดยใช้มอเตอร์กระแสสลับ 1 แรงม้า รอบปั่น 1,450 รอบ/นาที ใบมีดแบบหมุนสลับเดือน มีน้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายสะดวก ประสิทธิภาพเครื่องบดย่อยด้านอุปกรณ์เพื่อควบคุมการบดและเคลื่อนที่ เหมาะสมระดับมาก ( $\bar{X}=4.23, S.D.=0.61$ ) และประโยชน์ใช้สอยในการย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสม เหมาะสมระดับมาก ( $\bar{X}=4.06, S.D.=0.56$ )

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงสะสม ไฟป่า บดย่อย เครื่องจักร

### Abstract

The research had two objectives: 1) to design a small-sized crusher, and 2) to assess the performance of the small-sized crusher. The population and sample groups were A) three managers from the Forest Control Research Center (FFRC), and B) three participants from both Vehicle Development Academics, and Automotive Engineers, collected by random sampling. The applied research tools were a 5-level evaluation questionnaire and a newly developed crusher prototype. Results were collected from the performance of a high powered crusher, equipped with a 1 horsepower (hp) AC motor, with a spinning torque of 1,450 rpm. The crusher used rotary blades which alternated with slicing shear. The machine was light-weight and therefore easily mobile. The crusher performance results for controlled grinding and mobility were very acceptable ( $\bar{X}=4.23, S.D.=0.61$ ), with increased benefits from the digestion of the accumulated fuel debris ( $\bar{X}=4.06, S.D.=0.56$ ).

**Keywords:** Accumulated Fuel Debris, Forest Fire, Crushing Machine

### บทนำ

สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงในปัจจุบันจะพบว่าพื้นที่ป่าของประเทศไทยจะมีอัตราการเกิดไฟป่าจำนวนมากถึง 3,372 ครั้ง มีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่า 31,831.59 ไร่ ในปี 2557 ซึ่งถือได้ว่าเป็นอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่าจำนวนมากในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายนของทุกปีจากสาเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดการ

สูญเสียพื้นที่ป่าธรรมชาติจำนวนมากขึ้นทุกปี จึงมีการเฝ้าระวังของเจ้าหน้าที่ดับไฟป่าเพื่อเตรียมการเข้าดับไฟป่า ซึ่งปัญหาการเข้าถึงพื้นที่และการนำพาอุปกรณ์ที่ใช้ในการดับไฟป่าจะต้องอาศัยกำลังแรงงานเจ้าหน้าที่ในการนำพาไปยังพื้นที่เกิดไฟป่าที่มีความสูงชันและรกของป่า ด้วยสภาพพื้นที่ป่าจะมีความแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมภาคต่างๆ เช่น พื้นที่

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520

<sup>1</sup> Assistant Professor, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkraban 10250

ป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีพื้นที่ป่าเต็งรังเป็นส่วนมาก ร่วมกับป่าเบญจพรรณที่กระจาย ซึ่งป่าเต็งรังจะมีการทับถมของใบไม้แห้งที่หล่นในช่วงเปลี่ยนฤดูแล้งและฤดูหนาวใบไม้แห้งช่วงนี้จะทับถมจำนวนมาก เมื่อเกิดไฟป่าขึ้นจะมีความรุนแรงของเปลวไฟมากกว่าปกติเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเพลิงสะสมมาก มีความรวดเร็วในการเผาไหม้สูง และจะปลิวตามกระแสลมโดยหัวไฟจะลามติดกันง่ายกว่าปกติ<sup>7</sup> ซึ่งช่วงนี้จะก่อให้เกิดไฟป่าขึ้นเป็นจำนวนมากทั้งจากสาเหตุการเผาป่าเพื่อหาของป่าและสาเหตุการเผาพื้นที่เกษตรกรรมของชาวบ้านแล้วลามเข้าพื้นที่ป่า หรือจากสาเหตุไฟป่าที่เกิดจากธรรมชาติ ซึ่งช่วงนี้เจ้าหน้าที่จะทำการสร้างแนวป้องกันไฟป่าตามแนวป่าและจัดชุดลาดตระเวนเป็นหน่วยขนาดเล็กจำนวนหน่วยละ 2 นาย ในการตรวจสอบไฟป่าที่เกิดจากฝีมือมนุษย์หรือจากธรรมชาติในพื้นที่ป่า



Figure 1 Land clearing using fire

จากปัญหาดังกล่าวเจ้าหน้าที่ควบคุมป่าจังหวัดกาญจนบุรีได้มีแนวคิดในการสร้างเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสมในพื้นที่ป่า เพื่อนำเศษเชื้อเพลิงสะสมในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่ย่อยแล้วออกจากพื้นที่ป่าด้วยเจ้าหน้าที่หน่วยลาดตระเวนไฟขนาดเล็กได้อย่างเหมาะสมและสามารถนำเศษเชื้อเพลิงสะสมที่เป็นเศษใบไม้แห้งออกจากพื้นที่ป่าในการนำมาใช้ประโยชน์เช่น ผลิตปุ๋ยหมักธรรมชาติ ผลิตถ่านอัดก้อนสำหรับใช้ในหน่วยงานและผลิตดินเทียม<sup>1</sup>

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

1. เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจเครื่องบดย่อยขนาดเล็กสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ

**วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา**

วิธีการศึกษาแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. การออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็ก สนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ ด้วยการนำข้อมูลผลการศึกษาระบวนการสร้างแนวป้องกันไฟป่าเจ้าหน้าที่หน่วยควบคุมไฟ

ป่า ในด้านการทำแนวกันไฟ (Firebreaks or Fuel breaks) ด้วยการสร้างแนวกีดขวางไฟป่าเพื่อหยุดยั้งหรือเป็นแนวตั้งรับโดยแนวกันไฟ ตามแนวที่ก่อให้เกิดไฟป่าออกไปจนถึงชั้นดินแท้ (Mineral Soil) มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยในการช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ควบคุมไฟป่าในการบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสม นำมาออกแบบเครื่องบดย่อยด้วย กระบวนการใช้งานมโนทัศน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์<sup>7</sup> ด้วยขั้นตอนดังนี้

- 1) ประสบปัญหาและแนวทางที่ต้องการจะแก้ไขหรือตอบสนอง
- 2) ประมวลและสร้างมโนทัศน์ระยะแรก “เริ่มการคิดอย่างสร้างสรรค์(ระดับที่ 1)”
- 3) กำหนดองค์ประกอบของข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม (แผนผังของความคิด)
- 4) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนด
- 5) ประมวลและสร้างมโนทัศน์ระยะที่สอง “คิดอย่างเป็นกระบวนการ (ระดับที่ 2)”
- 6) เชื่อมโยง “นามธรรม” สู่ “รูปธรรม”
- 7) ประเมินผลการคิดเชิงมโนทัศน์

โดยกำหนดองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องบดย่อยที่พัฒนาใหม่ คือ ถังสำหรับบดย่อยเศษเชื้อเพลิง, เครื่องต้นกำลังเพื่อสร้างการขับเคลื่อน, ใบมีดสำหรับการบดย่อย จากนั้นนำผลการออกแบบเครื่องบดย่อยที่พัฒนามาประเมินผลแบ่งจำนวน 3 ด้าน<sup>5</sup> คือ

1. การประเมินทางด้านบดย่อยและการใช้งานจริงในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ โดยกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ หัวหน้าศูนย์สถิติการควบคุมไฟป่าในพื้นที่ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 3 ท่าน ใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ด้วยการพิจารณาคุณสมบัติผู้ที่มีความรู้ด้านไฟป่าและการสร้างแนวป้องกันไฟป่า
2. การประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์และวิศวกรรม โดยกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นักวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์และวิศวกรรมที่มีประสบการณ์พัฒนายานยนต์อเนกประสงค์สนับสนุนภารกิจดับไฟป่าสำหรับส่วนควบคุมไฟป่า จำนวน 3 ท่าน ใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ด้วยการพิจารณาคุณสมบัติผู้ที่มีความรู้ทางการควบคุมไฟป่าและมีความรู้ทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมร่วมกัน
3. การประเมินความพึงพอใจเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสม ในด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความปลอดภัย ด้านความแข็งแรง ด้านความสะดวกสบาย ด้านความสวยงาม ด้านราคาและด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษา โดย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ทรงคุณวุฒิปฏิบัติการควบคุมไฟป่า (วิชาชีพ) หัวหน้าหน่วยควบคุมไฟป่าในพื้นที่ควบคุมไฟป่า จำนวน 3 ท่าน

ทั้ง 3 ด้านการประเมินผลใช้เครื่องมือการวิจัย คือ แบบสอบถามมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เกณฑ์ประเมินผล 5 ระดับตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยเพื่อออกแบบเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสม ได้แก่

ตัวแปรต้น คือ เครื่องบดย่อยสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟป่าที่พัฒนาใหม่

ตัวแปรตาม หมายถึง ระดับความคิดเห็นความพึงพอใจและประสิทธิภาพ 5 ด้าน คือ ประโยชน์ใช้สอย, สะดวกสบาย, ซ่อมบำรุง, แข็งแรงและเอกลักษณ์เฉพาะตัวของผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสมที่พัฒนาใหม่

### ผลการศึกษา

การควบคุมไฟป่านั้นเป็นเพียงหลักการที่อาศัยการพลิกแพลงกลยุทธ์ที่มีอยู่ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดภายใต้สถานการณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและบุคลากร<sup>๑</sup> ในการควบคุมไฟป่า ด้วยการรวบรวมข้อมูลจากศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการควบคุมไฟป่า จังหวัดนครราชสีมา และศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการควบคุมไฟป่า จังหวัดกาญจนบุรี โดยเน้นการสร้างองค์ความรู้ทางด้านการดับไฟป่าร่วมกับการพัฒนาอุปกรณ์สนับสนุนการควบคุมไฟป่า



Figure 2 Fuel Management for Product

การสัมภาษณ์คณะผู้บริหาร เขตพื้นที่อนุรักษ์ที่ 7 พบว่า เศษของใบไม้และกิ่งไม้ที่หล่นจากต้นมาทับถมบนพื้นดิน มักเป็นต้นเหตุไฟป่าในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้วิธีการกวาดมากองรวมกันแล้ว “ชิงเผา” ก่อนที่ไฟป่าจะเกิดแต่การชิงเผามักจะก่อให้เกิดความเสี่ยงในการควบคุมไฟ อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลภาวะหมอกควัน จึงเห็นว่าการพัฒนาเครื่องบดย่อยสามารถนำมาบดย่อยเศษเชื้อเพลิงที่สะสมในพื้นที่ป่า มาใช้ประโยชน์ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งเหล่านี้อีกทางหนึ่งสำหรับเจ้าหน้าที่ภายในศูนย์หรือเจ้าหน้าที่ควบคุมไฟป่า



Figure 3 Brian Storming : Forest Fire Control Division Nakhon Ratchasima

ผลการศึกษาลักษณะการใช้งานเพื่อย่อยเศษเหลือทิ้งพืชใบอ่อนและแห้งกรอบ โดย ปัญหาที่พบขณะการใช้งานคือ ใบมีดไม่สามารถบดสับได้ละเอียดเพียงพอและมักมีเศษใบหรือกากติดอยู่ตรงร่องใบมีด อีกทั้งระบบสายพานมีการหย่อนเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน



Figure 4 Study and Brian Storming

1. การออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ โดยสร้างข้อจำกัดการออกแบบ คือ ใช้เฟืองและสายพาน ในการขับเคลื่อนระบบใบมีดบดย่อย 2 ชุด ด้วยเฟืองดอกจอกและมอเตอร์ ในการปั่นย่อยพืชจำพวกกาบใบ ลำต้น มีความหนาไม่เกิน 3 ซม.<sup>๑</sup> ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า กระแสสลับรอบป้อนที่ 1,450 รอบ/นาที โดยใช้ใบมีดปั่นเพื่อการบดย่อย แบบหมุนสลับกันจำนวน 2 ชุดหมุนสลับในลักษณะเนื้อกัน ติดตั้งบนโครงสร้างท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว รองรับถึงป็น ขนาด 40 ซม. พร้อมถาดระบายเศษที่บดแล้วออก พร้อมล้อจำนวน 2 ชุด คือ ชุดล้อหน้า(ล้อตาย)และชุดล้อหลัง(ล้อเป็น) เพื่อการเคลื่อนที่ในพื้นที่แคบรัศมีวงเลี้ยวไม่เกิน 0.5 เมตร นำข้อคิดเบื้องต้นที่สรุปจากประเด็นปัญหาและแนวทางการแก้ไขเป็นประเด็นเพื่อเสนอแนวทาง Sketch Design ผ่านการระดมความคิด จำนวน 30 แบบ

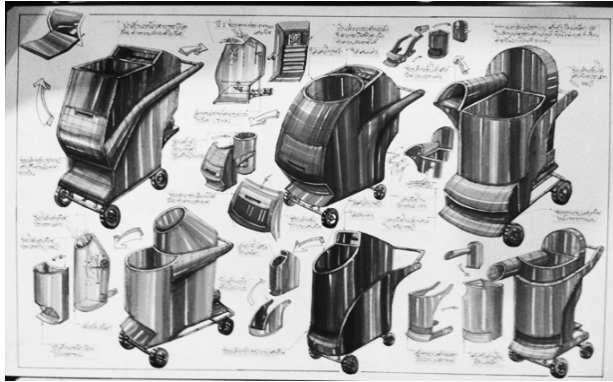


Figure 5 Design Development

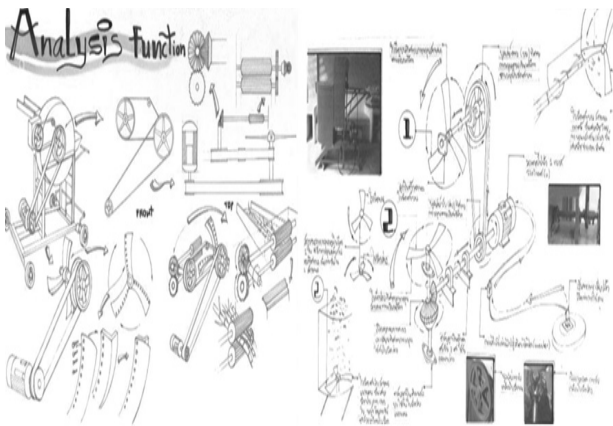


Figure 6 Analysis Design

ผลการพัฒนาระบบขับเคลื่อนด้วยการคำนวณความเร็วรอบของใบมีดต่อนาที โดยแบ่งออกเป็น 2 ใบมีด ซึ่งได้จากการคำนวณความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าไปสู่พูลเลย์ ล่างผ่านเฟืองดอกจอกสู่ใบมีดด้านล่าง และจากพูลเลย์ขับไปสู่พูลเลย์ตามในการหมุนของใบมีด โดยใช้สูตร rpm (Revolutions per minute) ระบุหน่วยเป็น rpm, RPM, r/min หรือ min-1 อัตราเร็วรอบต่อนาทีมอเตอร์ไฟฟ้า มีความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที โดยสรุปได้ว่า 1)ใบมีดบนที่ใช้ปั่นประเภทของลำต้น มีความเร็วรอบ 580 รอบต่อนาที 2) ใบมีดล่างที่ใช้ปั่นประเภทของใบ, หญ้า มีความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที มอเตอร์วางในรูปแบบแนวนอนและทอดแรงโดยเฟืองเนื่องจากการต้องการให้เครื่องบดมีขนาดเล็กจึงใช้ระบบเฟืองในการทอดแรง<sup>10</sup> แต่มักจะก่อให้เกิดเสียงดังขณะปั่นใช้งานจริง โดยรวบรวมองค์ความรู้และแก้ไขปัญหาด้วยกระบวนการระดมความคิด (Brain Storming)<sup>4</sup> จากกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ โดยนำรูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องบดย่อยที่ออกแบบในกระบวนการ Sketch Design จำนวน 3 แบบมาประเมินและคัดเลือกโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

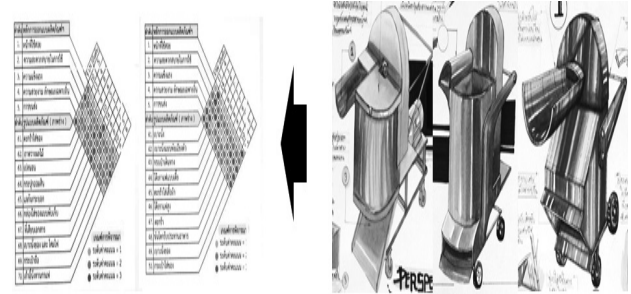


Figure 7 Implement Sketch Design

จากตารางที่ 1 ประเมินผลเชิงมโนทัศน์ โดยอาศัยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 6 คน พิจารณาในการคัดเลือกรูปแบบที่มีความสอดคล้องกับ 10 รายการประเมินผล ดังนี้

Table 1 Mean and Standard Deviation from Designer Professional

Section assessment	Design 1		Design 2		Design 3	
	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D
Usability	4.17	0.75	2.83	1.17	4.00	0.63
Convenient	4.17	0.75	3.17	0.75	4.00	0.89
Transport	3.67	1.03	2.67	0.82	3.33	0.82
Function	4.00	0.63	3.00	0.63	3.83	0.41
Maintenance	4.17	0.75	2.67	0.82	3.50	1.22
Beautiful	3.00	0.63	2.33	0.52	2.83	0.75
Technology	3.00	0.63	2.17	0.75	2.67	0.52
Material	4.17	0.41	3.33	0.82	3.67	0.82
Manufacturing	3.67	0.82	3.00	0.89	3.17	0.75
Strength	4.50	0.84	3.17	1.33	3.33	1.21
รวมค่าเฉลี่ย	3.88	0.40	2.82	0.62	3.45	0.58

พบว่าเครื่องบดย่อยอันดับที่ 1 คือรูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมระดับมาก ( $\bar{X}=3.88, S.D.=0.40$ ) และอันดับที่ 2 คือ รูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมระดับมาก ( $\bar{X}=3.45, S.D.=0.58$ ) อันดับที่ 3 คือ รูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมระดับปานกลาง ( $\bar{X}=2.82, S.D.=0.62$ ) ซึ่งสรุปได้ว่า รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมทางด้านความแข็งแรงและมีโครงสร้างที่เหมาะสมสอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยของเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสมพร้อมทั้งยังสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย

2. การประเมินผลการออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กแบบพกพาสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ : โดยนำรูปแบบที่ 1 มาพัฒนาในแบบ 3 มิติเพื่อเขียนแบบการผลิตต้นแบบ

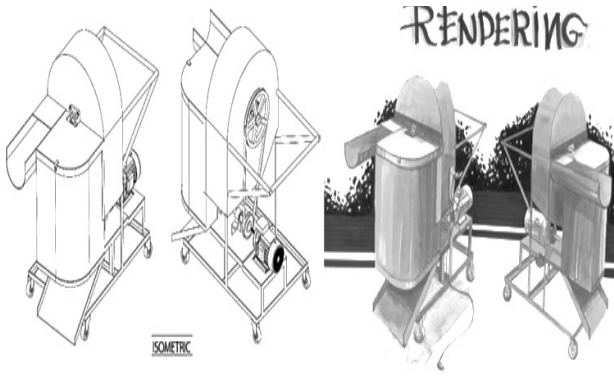


Figure 8 Isometric View

จากนั้นทำการผลิตต้นแบบเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสมในพื้นที่ป่า และนำต้นแบบไปประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ

Table 2 The opinions of the Automotive Engineers on crusher structure design (n = 3)

Evaluation Items	$\bar{x}$	S.D.	Interpretation
1. The pattern is easy for production	3.67	0.57	Very suitable
2. The pattern is easy for material selection	3.67	0.57	Very suitable
3. The structure is solid and strong	4.00	0.00	Very suitable
4. The simple structure promotes production	3.67	0.57	Very suitable
5. The machine performance is acceptable	4.00	1.00	Very suitable
6. The machined responds well during operation	3.67	0.57	Very suitable
7. Simple mechanism for crusher operation	3.67	0.57	Very suitable
8. Easy machine positioning	4.00	0.00	Very suitable
9. Practical mechanism for crusher operation	4.00	0.00	Very suitable
10. Resistance to movement and vibration	4.00	0.00	Very suitable
11. Proportional size and measurements	4.00	0.00	Very suitable
12. The crusher is very adaptable	3.67	0.57	Very suitable
13. Crusher construction material is appropriate	3.67	0.57	Very suitable
14. Machine operation is convenient and simple	4.00	0.00	Very suitable
15. Communication signage is clear	3.67	0.57	Very suitable
16. Maintenance is easy	4.00	0.00	Very suitable
Average Score	3.83	0.34	Very suitable

จากตารางพบว่าความคิดเห็นทางด้านการออกแบบมีระดับความพึงพอใจเหมาะสมมาก ( $\bar{x}$ = 3.83,S.D. = 0.34) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะควรเพิ่มภาคสำเร็จรูปรองรับเศษเชื้อเพลิงสะสมที่ป็นเสร็จ

3. ผลประเมินประสิทธิภาพเครื่องบดย่อยด้วยเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการควบคุมไฟฟ้า

Table 3 Performance evaluation of the crusher for fuel debris digestion in the National Forest Reserve Area

Details (n = 25)	$\bar{x}$	S.D.	Interpretation
1. Appearance and organization	3.90	0.77	Very suitable
2. Benefits and functions in controlling forest fires	4.06	0.56	Very suitable
3. Accessories (handle and mobile parts)	4.23	0.61	Very suitable
4. Strength and work endurance	4.00	0.68	Very suitable

จากตารางผลการศึกษา อันดับที่ 1)ด้านอุปกรณ์เสริม (ส่วนมือจับและการเคลื่อนที่) มีความเหมาะสมระดับมาก ( $\bar{x}$ =4.23, S.D.=0.61) และอันดับที่ 2) ด้านประโยชน์ใช้สอยและการควบคุมไฟฟ้า มีความเหมาะสมระดับมาก ( $\bar{x}$ =4.06, S.D.=0.56) ซึ่งสรุปได้ว่าผลการประเมินประสิทธิภาพคณะผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่าเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงมีความเหมาะสมในส่วนของอุปกรณ์ส่วนมือจับและการเคลื่อนที่ของเครื่องบดย่อยได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังมีประโยชน์ใช้สอยสอดคล้องกับการใช้งานปฏิบัติการควบคุมไฟฟ้าส่วนของการสร้างแนวป้องกันไฟฟ้า

4. ผลการประเมินความพึงพอใจกลุ่มนักวิชาการออกแบบและด้านวิศวกรรม

Table 4 Satisfaction from the Vehicle Development Academics in product design and engineering (n=3)

Efficiency Evaluation	$\bar{x}$	S.D.	Interpretation
Appearance Evaluation Criteria			
Suitable appearance for the job	4.20	0.57	Very suitable
Color compatible with the environmental conservation concept	4.20	0.57	Very suitable
Unique Evaluation Criteria			
Simplicity of crusher shape	4.00	0.00	Very suitable
There is a symbol which conveys the crusher product	4.60	0.57	Most suitable
Strength and Endurance Evaluation Criteria			

Structural strength and endurance	4.00	0.00	Very suitable
Work endurance during normal operating conditions	4.60	0.57	Most suitable
Simplicity in production process	4.00	0.00	Very suitable

จากตารางสรุปว่า นักวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์และวิศวกรรมเห็นว่า อันดับที่หนึ่ง คือ ลักษณะที่แสดงถึงความ เป็นผลิตภัณฑ์ใช้งานการบดย่อย และความทนทานการใช้งาน ในสภาพแวดล้อมปกติ มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.60, S.D. = 0.57$ ) อันดับที่สอง คือ สวยงามเหมาะสมกับ ลักษณะการใช้งานและสีสนเหมาะสมกับแนวคิดรักษ์สิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ( $\bar{X}= 4.20, S.D. = 0.57$ ) ซึ่งสรุปได้ว่า เครื่องบดย่อยมีโครงสร้างและมีความแข็งแรงทนทานในการใช้งานที่เหมาะสมกับการบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสมขนาด 2-3 เซนติเมตร อีกทั้งรูปทรงและสีสนมี ลักษณะที่สามารถบ่งบอกเอกลักษณ์ขององค์กรการควบคุม ไฟป่าและลักษณะการใช้งานได้อย่างเหมาะสมและสวยงาม

**Table 5** The satisfaction of the Managers from the Forest Fire Control Research Center (FFRC) (n = 3)

Satisfaction Evaluation among Managers from the Forest Fire Control Division	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation
Usability Evaluation Criteria			
The crusher has suitable functional control systems	4.40	0.57	Very much
Broken parts can be removed easily	4.20	0.57	Very much
The size of the rotating cylinder is suitable	4.40	0.57	Very much
Uniqueness Evaluation Criteria			
Simplicity in the shape	4.80	0.57	Most
The color reflects organization identity	4.80	0.57	Most
Multipurpose usage	4.60	0.57	Most
Strength and Endurance Evaluation Criteria			
Structural strength and endurance	4.00	0.00	Very much
Work endurance	4.00	0.00	Very much
User (s) safety	4.60	0.57	Most
Evaluation Criteria of Machine Operation			
The crushed pieces are small and uniform in size	4.80	0.57	Most
The conveyor belt for the crushed material is fast and safe	4.20	0.57	Very much
The motor which powers the rotating blade is suitable	4.20	0.57	Very much

สรุปว่า ผู้บริหารหน่วยงานศูนย์สถิติและพัฒนา การควบคุมไฟป่า มีความพึงพอใจ อันดับที่ 1 คือ ในด้านความ เรียบง่ายรูปทรง สีสนสื่อถึงเอกลักษณ์องค์กรและชิ้นส่วนบด ย่อยมีความละเอียดเหมาะสม ในระดับมากที่สุดที่ระดับ ( $\bar{X}=4.80, S.D.=0.57$ ) อันดับที่ 2 คือ เครื่องบดย่อยมีความ ปลอดภัยในการใช้งานและสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลาก หลาย ในระดับมากที่สุดที่ระดับ ( $\bar{X}=4.60, S.D.=0.57$ ) ซึ่งสรุป ได้ว่าเครื่องบดย่อยเศษเชื้อเพลิงสะสมมีความสามารถในการ บดย่อยเศษเชื้อเพลิงที่อยู่ตามแนวกันไฟป่าได้ตามขนาด 2-3 เซนติเมตรที่กำหนด อีกทั้งยังมีความปลอดภัยในการใช้งาน เนื่องจากมีส่วนป้องกันอันตรายที่เกิดจากใบมีดของเจ้าหน้าที่ ขณะใช้งาน อีกทั้งยังสามารถแสดงเอกลักษณ์ของหน่วยงานได้ อย่างเหมาะสม

ผู้วิจัยได้แถลงข่าวเพื่อนำเสนอผลงานการวิจัย ชุดเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2558 ณ โถงต้อนรับ ชั้น 1 ตึกอภิศการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เวลา 10.00 – 13.00 น. โดยนำเสนอต่อสื่อมวลชน ได้แก่ ช่อง 3 (ไทยทีวีสีช่อง 3) , ช่อง 11 (NBT) , ช่อง ONE (ทีวีสดีจิตอล) , หนังสือพิมพ์ ข่าวสด , หนังสือพิมพ์ NATION , ช่อง MONO 29

ผลการเปิดตัว 3 นวัตกรรมสนับสนุนภารกิจ ควบคุมไฟป่านั้นพบว่าสื่อมวลชนให้ความสนใจในด้านการ พัฒนาส่วนนวัตกรรมสำหรับการควบคุมไฟป่าเนื่องจากเป็น ช่วงที่เกิดเหตุการณ์ไฟป่าจำนวนมากในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ประเทศไทย จึงมีความสนใจและให้การสนับสนุนเพื่อการเผยแพร่องค์ความรู้ดังกล่าว



**Figure 9** Presentation to Mass Media

## อภิปรายผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีที่มีความสอดคล้องเข้ามารวม 2 กรอบแนวความคิด ดังนี้

ผลการวิจัยในวัตถุประสงค์ที่ 1 สอดคล้องแนวคิด ยุทธศาสตร์การสร้างแนวป้องกันไฟฟ้า คือ การสร้างแนว กีดขวางไฟฟ้าตามธรรมชาติ เพื่อหยุดยั้งไฟฟ้าหรือเป็นแนว ตั้งรับในการดับไฟฟ้า โดยจะเน้นการกำจัดเชื้อเพลิงที่อาจจะ ลุกไหม้ได้ออกไปจนถึงชั้นดินแท้ ซึ่งการนำเศษเชื้อเพลิงสะสม มาใช้งานให้เกิดประโยชน์ต่อเขตอนุรักษ์ ซึ่งนำข้อมูลที่ได้มา ใช้ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องกับ กระบวนการใช้งานในทัศนในการออกแบบผลิตภัณฑ์ 7 ขั้นตอนที่ ๑ ตามการสร้างแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการ พัฒนารูปแบบเครื่องบดย่อยนั้นผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นที่รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากในการนำมาพัฒนาเป็นต้นแบบ

ผลการวิจัยในวัตถุประสงค์ที่ 2 สอดคล้องแนวคิดทาง ด้านการออกแบบเครื่องจักรกลกับทฤษฎีระบบขับเคลื่อนและ ถ่ายทอดกำลัง<sup>2</sup> ระบบบังคับและควบคุม ระบบรองรับ ระบบ ไฟฟ้า ความปลอดภัยและการบริหารจัดการในอุตสาหกรรม โดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนระบบใบมีดแบบหมุนสลัด้วย เพื่อจะช่วยประหยัดพื้นที่ของเครื่องจักรแต่จะก่อให้เกิดเสียง ที่ดังในขณะที่ใช้งานจริงซึ่งจากผลการทดลองใช้งานจริงนั้นจะ เกิดเสียงดังจากชุดเฟืองขับเคลื่อนสอดคล้องตามหลักการที่ กำหนดข้อจำกัดของการทำงานเพื่อประเภทนี้<sup>11</sup> แต่เครื่องจักร ที่ได้จะมีขนาดที่เล็กกว่าการใช้ชุดขับเคลื่อนแบบสายพาน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สนับสนุน ทุนการวิจัยเงินรายได้ ประจำปีการศึกษา 2557 และเจ้าหน้าที่ ควบคุมไฟฟ้ารวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการ ควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช จ.กาญจนบุรี และ จ.นครราชสีมา

ขอขอบคุณสื่อมวลชน ช่อง 3 SD, ช่อง MONO 29, ช่อง NBT, ช่อง 3 ขาว 3 มิติ, หนังสือพิมพ์ข่าวสด, หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ, หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, ช่อง ONE, ช่อง MONO 23, สถานีวิทยุการศึกษา 92 MHz, และสถานีวิทยุ AM 1161 kHz ที่อนุเคราะห์เผยแพร่ข่าวสารการวิจัยของ โครงการนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. กฤษฎา สัมพันธ์ธำรงค์. พีซีไรท์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทย วัฒนาพานิช; 2531
2. จักร จักกะพาก. เครื่องจักรกลการเกษตร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล; 2545
3. ทรงวุฒิ เอกวุฒิจวงศา. หลักการคิดวิเคราะห์เพื่อการ ออกแบบผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มีน เซอร์วิซ ซับ พลาย ; 2557
4. นवलน้อย บุญวงศ์. หลักการออกแบบ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2539
5. บพิตร ตั้งวงศ์กิจ. อุปกรณ์และเครื่องจักรกลการเกษตร กรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2553.
6. วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. พฤติกรรมมนุษย์และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2549
7. ศิริ อัคระอัคร. การควบคุมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้; 2543
8. สถาบันวิจัยพีซีไรท์. พันธุ์พีซีไรท์. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ เกษตร; 2529
9. สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ. ออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2549
10. อุดร โกสยสุก. การปลูกพีซีไรท์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์; 2554
11. อุดมศักดิ์ สาริบุตร. ออกแบบอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: วินด์ เชียร์ เลเบล จำกัด; 2545



## การเพิ่มมูลค่าของข้าวโดยการแปรรูปเป็นข้าวแดง

### Increasing the Value of Rice by Transformation into Red Yeast Rice

รุ่งลักษณ์ ประทุมชัย,<sup>1</sup> วรนันต์ นาคบรรพต,<sup>2</sup> Majeti Narasimha Vara PRASAD<sup>3</sup>

Rungluksamee Pratoomchai,<sup>1</sup> Woranan Nakbanpote,<sup>2</sup> Majeti Narasimha Vara PRASAD<sup>3</sup>

Received: 5 February 2015 ; Accepted: 15 May 2015

#### บทคัดย่อ

ข้าวแดงเป็นข้าวที่เกิดจากการหมักโดยเชื้อราโมแนสคัส ผลิตภัณฑ์ข้าวแดงสามารถใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร สารสี และยาที่มีคุณภาพ จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าข้าวแดง มีสารเมแทบอไลต์หลายชนิด เช่นสารสีโมแนสคัส (แดง เหลือง และส้ม) และกลุ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารโมนาโคลิน เค สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (กาบา) และสารซิตรีนิน เป็นต้น ปริมาณของสารสีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อรา สภาพที่เหมาะสมในการหมัก เป็นต้น ดังนั้นการแปรรูปข้าวและปลายข้าวเป็นข้าวแดงสามารถเพิ่มมูลค่าของข้าวซึ่งเป็นผลผลิตหลักทางการเกษตรของประเทศไทย อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ข้าวแดงต้องมีคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณซิตรีนินเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

**คำสำคัญ:** โมแนสคัส โมนาโคลิน เค แกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด ซิตรีนิน

#### Abstract

Red yeast rice (RYR) is rice fermented with *Monascus*. RYR products can be used as food additives, coloring materials, and dietary supplements. Many researchers have reported valuable metabolites in RYR, such as *Monascus* pigments (red, yellow, and orange) and other bioactive metabolites, especially monacolin K,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), and citrinin, etc. The quantities of *Monascus* pigments and bioactive metabolites are dependent on the species of mold and optimum culture condition. Rice is a major agricultural product of Thailand. Transformation of whole rice and broken rice into RYR will provide added value to the rice. However, the quality of RYR products must be controlled, especially citrinin content, for consumer health protection.

**Keywords:** *Monascus*, monacolin K,  $\gamma$ -aminobutyric acid, citrinin

#### Introduction

Red Yeast Rice (RYR) is the fermented product of ordinary rice (*Oryza sativa*) with red mold (*Monascus* spp.). Red yeast rice is also called ang-kak, anka, hung-chu, hon-chi, and hong-qu in Chinese and Taiwan, hong-gug in Korean, red koji, benikoji, and akakoji in Japanese, and so on.<sup>1</sup> It has a long history as a flavoring, coloring and

preservative in food and a folk medicine in many Asian countries. The RYR product is referred to by different names according to the local languages. Metabolites of RYR are classified on two bases, including *Monascus* azaphilone pigments (red, yellow, and orange) and other bioactive metabolites, especially monacolin K,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), and citrinin (Figure 1).<sup>1-5</sup> The chemical

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150,

<sup>3</sup> Professor, Department of Plant Science, University of Hyderabad, Hyderabad, 500 046 [A.P] India.

<sup>1</sup> Master student, <sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, MahaSarakhm, 44150 Thailand,

<sup>3</sup> Professor, Department of Plant Science, University of Hyderabad, Hyderabad, 500 046 [A.P] India.

\* Corresponding author. E-mail: woranan.n @msu.ac.th.

structures of the main bioactive metabolites are shown in Figure 2. Application of RYR has been shown in foodstuffs, beverages, anti-microbial and human health supporting agents, and miscellaneous industries, e.g. textile industries, cosmetic, and pulp, etc.<sup>6</sup>

Monacolin K is a hypocholestromic agent that competitively inhibits the rat-limiting enzyme 3-hydroxy-3-methyl glutaryl coenzyme A (HMG-CoA) reductase, which catalyzes the reduction of HMG-CoA to mevalonate during cholesterol biosynthesis.<sup>7,8</sup> GABA is an amino acid transmitter that is present in the inhibitory neurons of the central nervous system. GABA has several antihypertensive and diabetic hyperglycemia prevention activities.<sup>4</sup> Therefore, food products with RYR extract added are claimed to have nutritional and pharmacological benefits. Nitrite and nitrate have been used in the preparation of cured meats for the purposes of anti-bacterial agent and antioxidant. Nitrite is reduced to nitric oxide and reacts with myoglobin to produce nitric oxide myoglobin, which contributes to the characteristic pink cured meat color. Nitrite can also be applied to preserve a desirable meaty flavor. The levels of nitrite and nitrate used in meat curing has arisen because of the possibility of nitrosamine, which is a carcinogen. The residual nitrate and nitrite in fermented meats may form *N*-nitrosamines in the gastrointestinal tract.<sup>9</sup> Therefore, the color enhancement and antioxidative properties make RYR a potent candidate to be applied in meat products. Figure 3 shows the addition of RYR powder in Thai traditional fermented pork (Nham) and northeastern style Thai sausage.<sup>10</sup>

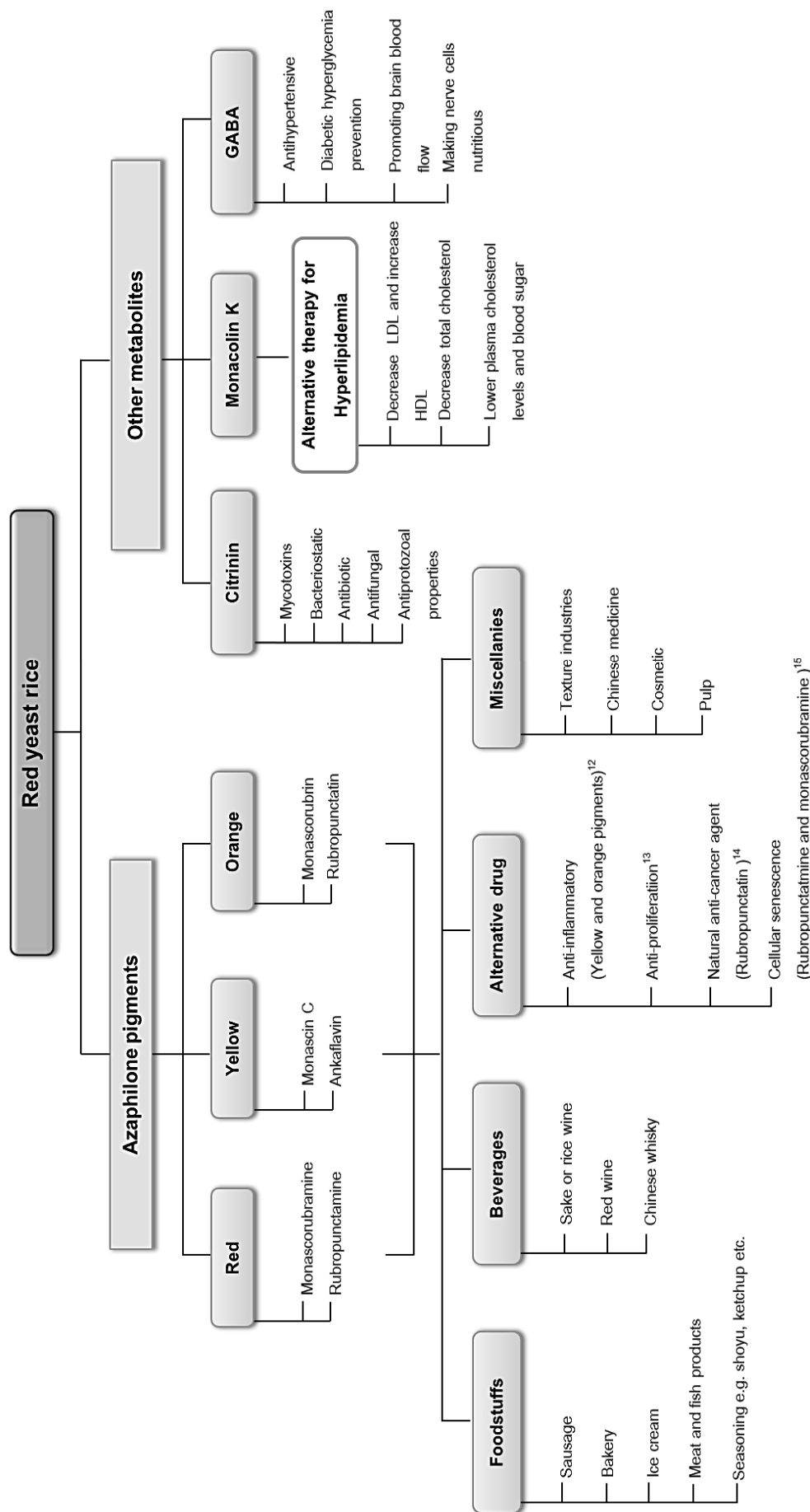
### Red yeast rice production

Rice is an important crop. Although Asia is the major rice producer and largest exporter of rice in the world, the price of rice in each year varies. The price of whole rice and broken rice is 30-35 baht (0.9-1.1 \$) per kilogram and 10-15 baht (0.3-0.5 \$) per kilogram, respectively. Whereas, RYR has a high price of 300-350 baht (9.4-10.9 \$) per kilogram, which depends upon its

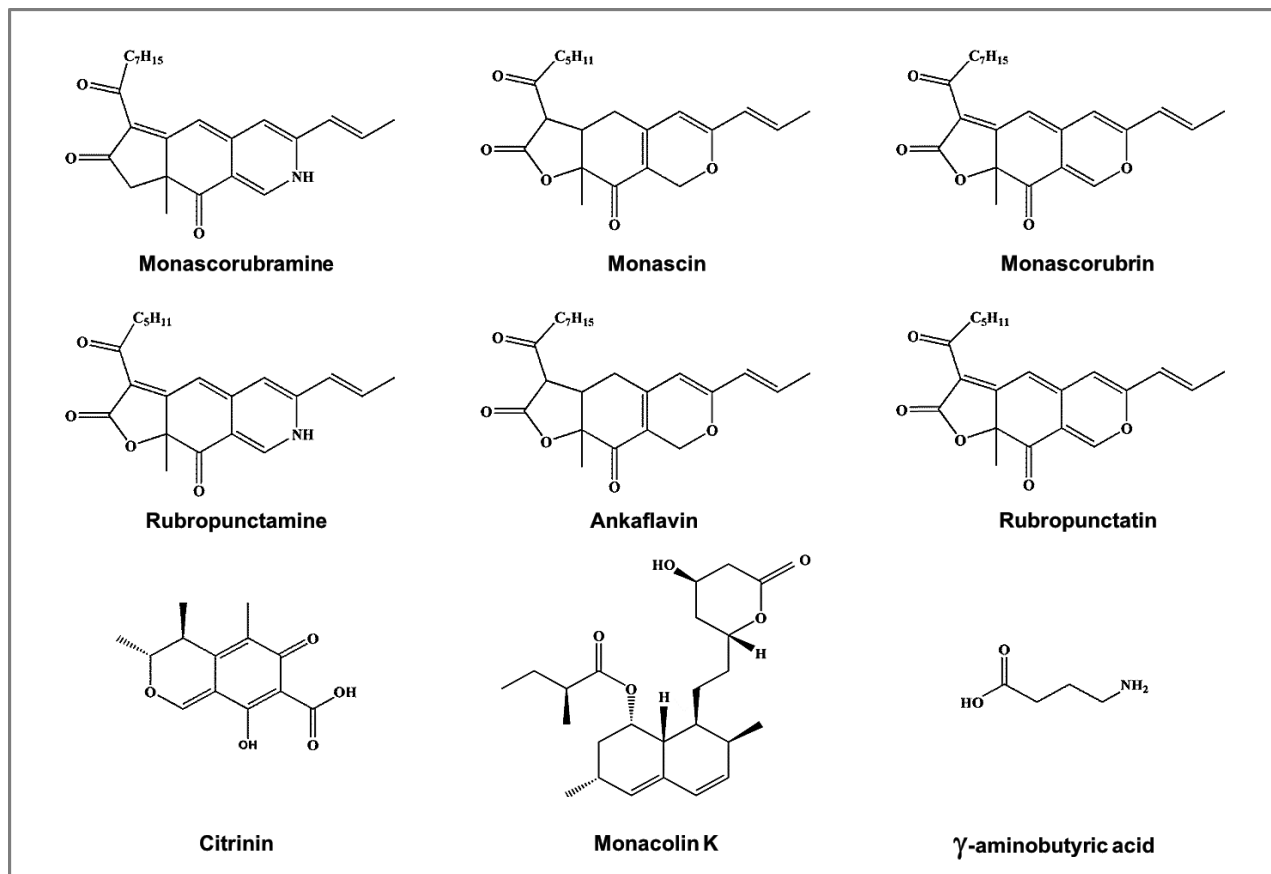
quality. Therefore, whole rice and broken rice could be served as the sustainable raw material for value-added products through fermentation with *Monascus* molds.

*Monascus* pigments are produced on commercial scales by many *Monascus* species, especially *M. anka*, *M. kaoliang*, *M. pilosus*, *M. purpureus*, and *M. ruber*. The genes responsible for citrinin synthesis (*pksCT*, *ctnA*, and *orf3*) are absent or significantly different in *M. pilosus* and *M. ruber*. The highly conserved *citrinin* gene cluster is in *M. kaoliang* and *M. purpureus*. *Monascus* strains for pigment production could be achieved by genetic engineering and metabolic engineering.<sup>6,11</sup>

RYR products have numerous bioactive metabolites and are completely safe when they are produced under optimal nutritional and environmental conditions to reduce the citrinin contamination (Table 1). Rice for RYR production should have a high content of amylose and low amylopectin. In solid state culture, bioactive compounds are released into rice grains. Figure 4 shows the changing color during solid state fermentation of broken rice at room temperature (30±2°C) for eight days.<sup>10</sup> The RYR could be achieved by the following fermentation steps: the rice is rinsed and soaked in water, drained, steamed, sterilized, fermented, and dried. The optimal cultivation temperature is in the range of 25-30°C for growth and pigment production for most species, while temperatures above 35°C inhibit monacolins production.<sup>6</sup> As for the initial pH, the ideal range for pigment production is 4.0-7.0. Metal ions, especially Zn<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>, greatly affect growth and pigment production of *Monascus* spp.<sup>1</sup> Good aeration provides a good yield of pigment and low citrinin production. *Monascus* spp. generally produce the maximum pigments in darkness and the minimum ones in white light.<sup>1,6</sup> Nitrogen sources, such as amino acids and ammonium salts, are used for good pigment yields, amino acids could be added to the fermentation processes as a precursor for various pigment colors depending on the content ratios of yellow, orange, and red.<sup>2</sup>



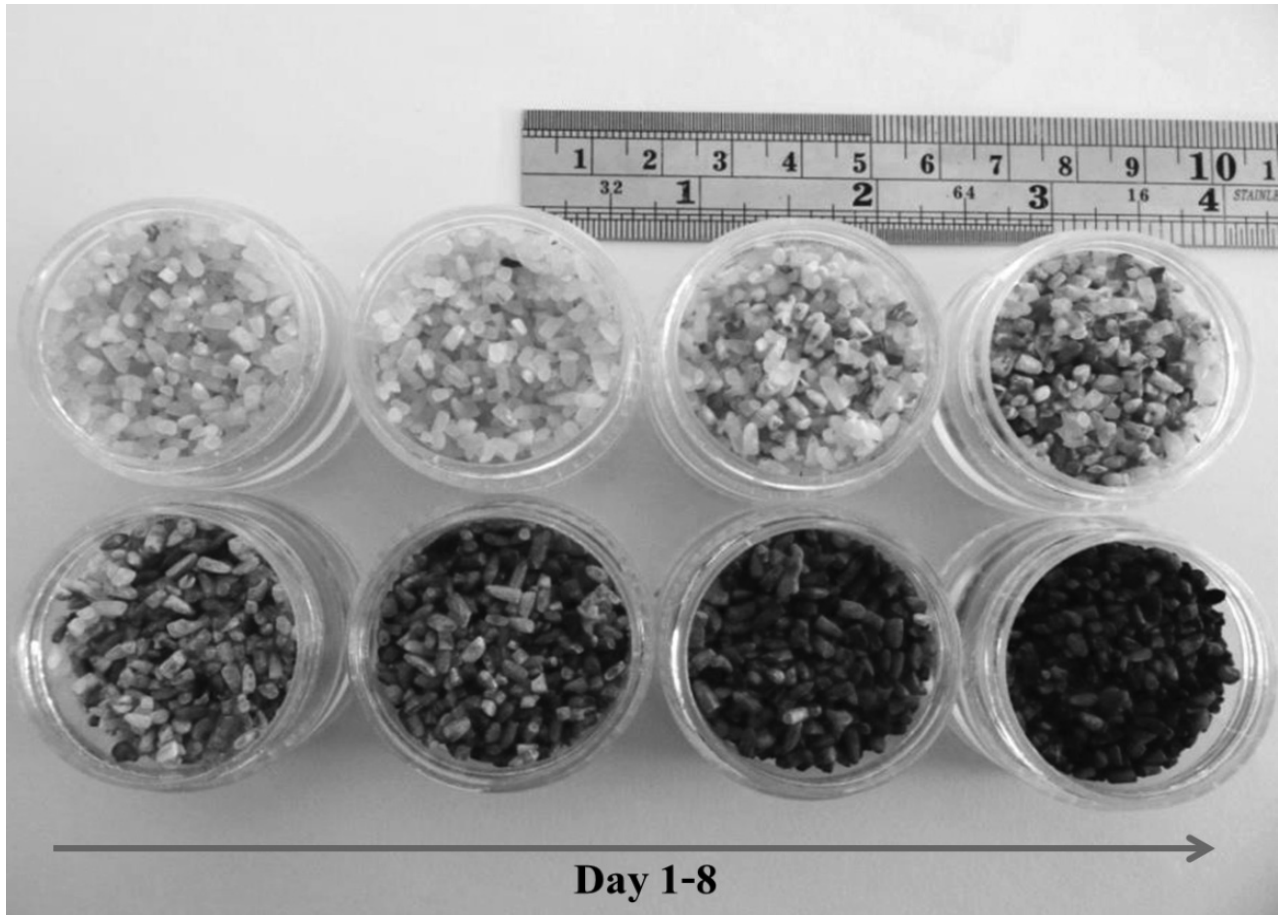
**Figure 1** Secondary metabolites of red yeast rice (RYR) are classified on two bases including main pigmented metabolite (red, yellow, and orange) and other bioactive metabolites, especially monacolin K, Azaphilones, g-aminobutyric acid (GABA), and citrinin. Applications of RYR are in foodstuffs, beverages, anti-microbial and human health supporting agents, and miscellaneous industries.<sup>1-5, 12-15</sup>



**Figure 2** Chemical structure of main bioactive metabolites in red yeast rice, pigmented metabolite (red, yellow, and orange), monacolin K, Azaphilones,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), and citrinin.<sup>2-5</sup>



**Figure 3** *Monascus* sp. on red yeast rice (RZR) (a), powder of RZR for food coloring (b), adding RZR powder in pork (c), comparison of color between meat and meat products with RZR (right) and without RZR (left) of (d) Thai traditional fermented pork (Nham), and (e) northeastern style Thai sausage.<sup>10</sup>



**Figure 4** Color Change of red yeast rice during solid state fermentation of broken rice at room temperature ( $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) for eight days.<sup>10</sup>

**Table 1.** Optimum conditions for fermented cultures in red yeast rice production.

Organism	Conditions	Product Qualities	References
<i>M. purpureus</i> ATCC 16392	<i>Fermentation condition:</i> 30°C for 10 days, water content 55%, aeration 20-30 ml/min	Monascin 2.93 mg/g	16
	<i>Drying process:</i> 60°C	Rubropunctatin 7.18 mg/g	
		Ankaflovin 1.18 mg/g	
		Monascorubrin 8.28 mg/g	
<i>M. purpureus</i>	<i>Fermentation condition:</i> 30°C for 14 days, rice bran 5%	Lovastratin (mevinolin and monacolin K) 102 mg/kg	17
	<i>Drying process:</i> 70°C	Red pigment (OD 500 nm) 3.574 AU	
<i>Monascus</i> sp. LPB 31	<i>Fermentation condition:</i> 32°C for 12 days, water content 53%, aeration 1 ml of air/g min (drum rotary fermenter)	Red pigment (OD 500 nm)	11
	<i>Drying process:</i> 40°C	500 AU/g dry fermentate	
		Lovastratin (mevinolin and monacolin K) 2.80 mg/g	
Coculture: <i>M. purpureus</i> MTCC 369 and <i>M. ruber</i> MTCC 1880	<i>Fermentation condition:</i> 29.46°C, pH 6.03 for 13.89 days, water content 55%, aeration 20-30 ml/min	Monakolin K 2.52 mg/g	19
	<i>Drying process:</i> 60°C	Citrinin 0.13 ng/g	
<i>M. purpureus</i> HD001	<i>Fermentation condition</i> 30 °C for 14 days	Monakolin K 7,000 mg/g	20
	<i>Drying process:</i> 50 °C		
<i>M. pilosus</i>	<i>Fermentation condition</i> 25±1 °C for 8 weeks (mixing with 40% (w/w) of chopped garlic)	Total phenolic 164.3±5.8 mg GAE/100 g	21
	<i>Drying process:</i> 60 °C	Total flavonoids 507.1±17.0 mg CE/100 g	

Note: AU = atomic unit, mg = milligram, g = gram, ml = milliliter, mg = microgram, kg = kilogram, mg GAE = milligram gallic acid equivalent, mg CE = milligram catechin equivalent

Table 1. Continued

Organism	Conditions	Product Qualities	References
<i>M. purpureus</i> CMU001	Fermentation condition: 30°C for 2 and 3 weeks Drying process: 65°C for 6 h (Substrate: <i>Oryza sativa</i> L. cv. RD6)	Monascin K 33.79 mg/g Compactin 21.98 mg/g	22
<i>Monascus</i> sp. KB9	Fermentation condition: 30°C for 15 days, moisture content of rice 38% (w/w) Drying process: 50°C	Monacolin K 13,536.61 mg/kg Glucosylase 189,685.66 Unit/g Glucosamine 4.438 mg/g Red pigment (OD 400 nm) 3,571.97 Unit/g (OD 500 nm) 2,697.71 Unit/g	23
<i>M. purpureus</i> (ATCC 16365, BCC 6131, DMKU, FTCMU) and <i>M. ruber</i> (TISTR 3006)	Fermentation condition: 32-35°C for 28 days, Drying process: 55°C for 3 days	Citrinin 0.26 mg/l Monacolin K 25.03 mg/l Red pigment (OD 500 nm) 3.43 AU	24
The wild type ( <i>M. kaoliang</i> KB9)	Fermentation condition: 28-30°C for 5 weeks, humidity 64% Drying process: -	Anti-cholesterol agent 17,892 mg/kg Red pigment (OD 400 nm) 4,834 Unit/g (OD 500 nm) 4,640 Unit/g	25
<i>M. purpureus</i> TISTR 3514	Fermentation condition: 30°C for 15 days, moisture content 40-42% Drying process: 50°C	Monacolin k 5,900 mg/kg Citrinin 0.26 mg/kg Yellower pigment 1,700 Unit/g	26

See previous page of Table 1

## Standard and Regulation on Red Yeast Rice

The Food and Drug Administration (FDA) issued a consumer warning to avoid RYR products because many of these products may contain citrinin.<sup>27</sup> Citrinin is a nephrotoxic in animals with a reported median lethal dose ( $LD_{50}$ ) of 35 mg/kg.<sup>28</sup> Citrinin in food colorants has been shown to be mutagenic at concentrations between 0.2 and 1.7  $\mu\text{g/g}$ .<sup>29</sup> Therefore, its concentration in supplements should be minimal. In Japan, the maximum allowed level of citrinin in RYR is 200 mg/kg.<sup>27</sup> In Taiwan, the regulatory limits of citrinin in RYR (raw material) and *Monascus* products are 5 mg/kg and 2 mg/kg, respectively.<sup>30</sup> The Chinese national standard (GB 4926-2008) for red kojic rice (powder) was enacted in 2008. This standard requested specific qualities from three aspects (sensory requirements, physicochemical indexes, and health requirements). However, this standard did not mention the limit index for citrinin, although it made a strict requirement on aflatoxin B1 (5 mg/kg).<sup>31</sup> RYR is classified by the Food and Drug Administration (FDA), Thailand as a red food coloring from a natural product, and regulation of citrinin in food products is controlled by legal food control operation. The regulation of the European Community (EC) No. 1881/2006, regards maximum levels as 2000 mg/kg of contaminant citrinin in food supplements based on rice fermented with red yeast *M. purpureus*.<sup>32</sup> Sensory evaluation of Thai traditional fermented pork sausage (Nham)<sup>33</sup>, northeastern style Thai sausage<sup>10</sup>, smoked sausage, and Chinese sausage<sup>34,35</sup> that had RYR added as a substitute for nitrite and nitrate indicated that panelists favored the RYR colored meat product. However, applying high RYR levels in products resulted in a darker red. In addition, high RYR may result in citrinin contamination in the food product<sup>32</sup>.

For citrinin to be analyzed in contaminated samples, it must be extracted and cleaned-up prior to thin-layer chromatography (TLC), high-performance liquid chromatography (HPLC), gas chromatography (GC), or immunoassay if reliable results are to be obtained.<sup>5</sup> In addition, monacolin K degrades during storage due to the temperature, water activity ( $a_w$ ) or moisture content, sunlight, and oxygen. The storage of RYR powder at

temperatures lower than 30°C under vacuum packaging could enhance retention of monacolin K.<sup>26</sup> Therefore, impurities or contaminant labelling, shelf-life, and packaging of RYR have to be managed and declared to produce trusted high quality products for consumers.

## Conclusion

RYR, a fermented product of rice by *Monascus* spp., has been used as a food additive. RYR metabolites provide nutritional and pharmacological benefits, such as monacolin K, GABA, and citrinin, etc. Therefore, whole rice and broken rice could serve as sustainable raw material for value-added products through fermentation with *Monascus* molds. However, RYR production has to be completely safe, such as when produced under optimal nutritional and environmental condition to reduce citrinin contamination. The standardization of metabolites should be provided for the quality control.

## Acknowledgement

W. Nakbanpote and R. Pratoomchai would like to thank National Metal and Materials Technology Center (MTEC) and Thailand Research Fund (RRI-MAG01/2556) for financial support, and appreciate Dr. Jolyon Dodgson for English proofreading.

## References

1. Feng Y, Shao Y, Chen F. *Monascus* pigment. Appl Microbiol Biotechnol 2012;96:1421-1440.
2. Jung H, Kim C, Kim K, Shin CS. Color Characteristics of *Monascus* pigments derived by fermentation with various amino acid. J Agr Food Chem 2003;51:1302-1306.
3. Ram Y, Gordon MD; Tod Cooperman, William Obermeyer, David J, Becker MD. Marked variability of monacolin levels in commercial red yeast rice products. AMA 2010;170(19):1722-1727.
4. Shi YC, Pan TM. Red mold, diabetes, and oxidative stress: a review. Appl Microbiol Biotechnol 2012;94:47-55.
5. Xu B, Jia X, Gu L, Sung C. Review on the qualitative and quantitative analysis of the mycotoxin citrinin.



- Food Contr 2006;17:271-285.
6. Eman Mostafa M, Saad Abbady M. Secondary metabolites and bioactivity of the *Monascus* pigments review article. Global J Biotechnol Biochem Res 2014;9(1):1-13.
  7. Li XM, Shen XH, Duan ZW, Guo SR. Advances on the Pharmacological effects of red yeast rice. Chin J Nat Med 2011;9(3):161-166.
  8. Journoud M, Jones PJH. Red yeast rice: a new hypolipidemic drug. Life Sci 2004;74:2675-2683.
  9. Honikel KO. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Sci 2008;78:68-76.
  10. Pratoomchai R, Nakbanpote W, Sangdee A. Production of Food Coloring from Broken-milled Rice in Small and Micro Community. Final report of Research and Researcher for Industry (RRi): MAG; 2015.
  11. Carvalho JC de, Pandey A, Oishi BO, Brand D, Rodriguez-Léon JA, Soccol CR. Relation between growth, respirometric analysis and biopigments production from *Monascus* by solid-state fermentation. Biochem Eng J 2006;29:262-269.
  12. Hsu LC, Liang YH, Hsu YW, Kuo YH, Pan TM. Anti-inflammatory properties of yellow and orange pigments from *Monascus purpureus* NTU 568. J Agr Food Chem 2013;61:2796-2802.
  13. Hsu YW, Hsu LC, Chang CL, Liang YH, Kuo YH, Pan TM. New anti-inflammatory and anti-proliferative constituents from fermented red mold rice *Monascus purpureus* NTU 568. Molecules 2010;15:7815-7824.
  14. Zheng YQ, Xin YW, Shi XA, Guo WH. Anti-cancer effect of rubropunctatin against human gastric carcinoma cells BGC-823. Appl Microbiol Biotechnol 2010;88:1169-1177.
  15. Wei Y, Popovich DG. Red azaphilone pigments extracted from red yeast rice induces cellular senescence and reduces viability in HepG2 cells. Biomed Prevent Nutr 2013;3:331-337.
  16. Rosenblitt A, Eduardo A, Javier D, Ricardo PC. Solid substrate fermentation of *Monascus purpureus*: growth, carbon balance, and consistency analysis. Biotechnol Prog 2000;16:152-162.
  17. Zubaidah E, Dewi AP. Effect addition of rice bran on fermentation process to increasing lovastatin and intensity of red pigment Angkak. Adv J Food Sci Technol 2014;6:56-59.
  18. Panda BP, Javed S, Ali M. Optimization of fermentation parameters for higher lovastatin production in red mold rice through Co-culture of *Monascus purpureus* and *Monascus ruber*. Food Bioprocess Tech 2010;3(3):373-378.
  19. Chen F, Hu X. Study on red yeast rice with high concentration of monacolin K and low concentration of citrinin. Int J Food Microbiol 2005;103:331-337.
  20. Sri P, Sophi D, Vienna S, Diah R, Marlia S. Theutilization of solid substrates on *Monascus* fermentation for anticholesterol agent production. Procedia Chem 2014;9:34-39.
  21. Park HJ, Kim IS. Antioxidant activities and anticancer effects of red yeast rice grown in the medium containing garlic. Food Sci Biotechnol 2011;20(20):297-302.
  22. Chairote E, Lumyoung S, Chairote G. Study on cholesterol lowering compounds in red yeast rice prepared from thai glutinous rice. As J Food Ag-Ind 2010;3(02):217-228.
  23. Subsaendee T, Kitpreechavanich V, Yongsmith B. Growth, Glucoamylase, Pigment and Monacolin K production on rice solid culture in flask and Koji chamber using *Monascus* sp. KB9. Chiang Mai J Sci 2014; 41(5.1):1044-1057.
  24. Patthanagul P, Pinthong R, Phianmongkhol A, Tharatha S. (2008) Mevinolin, Citrinin and pigments of adlay angkak fermented by *Monascus* sp. J Food Microbiol 126:20-23.
  25. Chayawat J, Jareonkitmongkol S, Songsasen A, Yongsmi B. Pigments and anti-cholesterol agent production by *Monascus kaoliang* KB9 and its color mutants in rice solid cultures. Kasersart J (Nat Sci) 2009;43:696-702.
  26. Jirasatid S, Nopharatana M, Kitsubun P, Tongta A. Degradation kinetics of monacolin K in red yeast rice powder using multiresapponse modeling approach. J Food Eng 2013;116:436-443.

27. Childress L, Gay A, Zarqar A, Ito MK. Review of red yeast rice content and current food and drug administration oversight. *Clin Lipidol* 2013;7:117-122.
28. Endo A, Kurodo M. Citrinin, an inhibitor of cholesterol synthesis. *J Antibiot (Tokyo)* 1976;29:841-843.
29. Sabater-vilar M, Maas RFM, Fink-Gremmels J. Mutagenicity of commercial *Monascus* fermentation products and the role of citrinin contamination. *Mutation Res* 1999;444:7-16.
30. Liao CD, Chen YC, Lin HY, Chiueh LC, Shih DYC. Incidence of citrinin in red yeast rice and various commercial *Monascus* product in Taiwan from 2009 to 2012. *Food Contr* 2014;38:178-183.
31. Srianta I, Ristiarinin S, Nugerahani I, Sen SK, Zhang BB, Xu GR, et al. Recent research and development of *Monascus* fermentation product. *IFRJ* 2014;21(1):1-12.
32. Official Journal of the European Union (2014) Commission regulation (EU) No 212/2014 of 6 March 2014 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of the contaminant citrinin in food supplements based on rice fermented with red yeast *Monascus purpureus* L 67/3-4.
33. Rojsuntornkitti K, Jittrepotch N, Kongbangkerd T, Kraboun K. Substitution of nitrite by Chinese red broken rice powder in Thai traditional fermented pork sausage (Nham). *Int Food Res J* 2010;17:153-161.
34. Inkioe S. Use of *Monascus* Pigment (Angkak) as an alternative to nitrate, nitrite in smoked sausage and Chinese sausage. Master's thesis. King Mongkut's institute of technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand; 2002
35. Liu R, Xu B. Optimization of extraction conditions of citrinin from red yeast rice by orthogonal design and quantification of citrinin by Hight-performance liquid chromatography. *Food Anal Meth* 2013;6(2):677-682.

## ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวต่อผลผลิตและความอุดมสมบูรณ์ดิน

### The Effects of Organic Fertilizer Utilization in Rice Fields to the Rice Yield and Soil Fertility

ยศนนท์ ศรีวิจารณ์,<sup>1</sup> กิตติ ศรีสะอาด,<sup>2</sup> พีระยศ แข็งขัน<sup>3</sup>

Yotsanon Sriwichan,<sup>1</sup> Kittti Srisa-ard,<sup>2</sup> Phirayot Khaengkhan<sup>3</sup>

Received: 4 March 2015 ; Accepted: 30 May 2015

#### บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อแก้ปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ในนาข้าว ปัจจุบันเกษตรกรใช้ที่ดินทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง แต่ขาดการปรับปรุงบำรุงดินทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ มีความจำเป็นต้องเร่งหาแนวทางแก้ไข แนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้และมีประสิทธิภาพที่ดี นั่นคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินที่สามารถปรับปรุงบำรุงดินให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด วัสดุอินทรีย์เหล่านี้สามารถหาได้ง่าย และมีความสำคัญต่อการปรับปรุงบำรุงดิน ให้ดินมีสมบัติดีขึ้นทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ โดยทางกายภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริมให้อุณหภูมิของดินจับตัวเป็นก้อน ทำให้ดินมีโครงสร้างที่ร่วนซุยและมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก การระบายน้ำดี ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ทางด้านเคมีของดิน ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน ทางด้านชีวภาพของดิน ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ดิน ช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืชได้ ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยปรับปรุงฟื้นฟูสภาพดินเสื่อมโทรมให้มีคุณภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช และสามารถใช้ทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยอินทรีย์ ดินเสื่อมคุณภาพ ข้าว

#### Abstract

This study considers the use of organic fertilizers to solve the lack of fertile soil in rice fields. At present, Agricultural land use and sustainable agriculture work together, but a deteriorating soil base causes a need to seek solutions that assure sustainability. One concept under consideration to help sustain soil conditions is advancing the use organic fertilizer. This type of fertilizer can increase soil organic matter and improve overall soil quality. Currently the most widely used organic fertilizer includes manure and compost, which are readily available. After application it has been shown that the soil has better physical, chemical and biological makeup. The fertilizer can improve soil aggregation, soil structure, soil aeration and soil drainage. It also improves the chemical properties of the soil, and it can increase the plant nutrients and buffer capacity of pH. The soil's overall biological properties show an increase of nutrients, energy absorption and an inhibition to the growth of disease.

**Keywords:** organic fertilizer, deteriorated soil, rice

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาเอก, <sup>2,3</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master degree studies, <sup>2,3</sup>Assistant Professor Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

## บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่รู้จักปัจจัยที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชน้อย โดยเฉพาะปัจจัยด้านดินและปุ๋ย อาจเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ แร่ธาตุ น้ำและอากาศ มีความสลับซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งที่อยู่ใต้ดินและบนดิน จึงสื่อสารและอธิบายให้เกษตรกรทั่วไปเข้าใจได้ยาก นอกจากนี้เกษตรกรยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่องปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ<sup>1</sup> จึงมีผลต่อการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรจำนวนมาก ส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวนั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นสารประกอบทางเคมีที่ทราบปริมาณธาตุอาหารที่แน่นอน และพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่มีปุ๋ยแล้วเจริญเติบโตและตอบสนองอย่างรวดเร็ว<sup>2</sup> แต่ถ้าหากการปลูกพืชแล้วใส่ปุ๋ยเคมีเป็นหลักเพียงอย่างเดียวและใช้ในปริมาณที่มากเกินไปก็จะเป็นการสิ้นเปลือง อีกทั้งยังจะส่งผลเสียต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว คือมีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ดินเสื่อมสภาพการใส่ปุ๋ยเคมีมากเกินไปจนความจำเป็นจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดการปนเปื้อน<sup>3</sup> โดยปกติแล้วดินที่ใช้เพาะปลูกจะมีกระบวนการ 2 ด้านเกิดขึ้นควบคู่กันเสมอ คือ กระบวนการที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของดิน มีผลทำให้ผลิตภาพดินลดลง และกระบวนการอนุรักษ์ดิน ซึ่งช่วยรักษาผลิตภาพดินเอาไว้หรือทำให้ดีขึ้น ถ้ากระบวนการที่นำไปสู่ความเสื่อมของดินเกิดรุนแรงมากกว่าย่อมทำให้ผลิตภาพดินลดลง แต่ถ้าการจัดการดินระบบการปลูกพืชมีกิจกรรมด้านการอนุรักษ์ ฟันฟู และแก้ไขปรับปรุงดินอย่างสม่ำเสมอ ผลิตภาพดินที่ดีอยู่แล้วก็จะดีต่อไปหรือมีแนวโน้มที่ดียิ่งขึ้น<sup>4</sup> ทั้งนี้ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตข้าวเป็นอย่างมาก ซึ่งสภาพและคุณสมบัติของดินในแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะดินสวนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำได้น้อย เมื่อเกิดฝนทิ้งช่วงจึงทำให้ข้าวเกิดการขาดน้ำ ส่งผลต่อผลผลิตของข้าวมีปริมาณที่ต่ำ<sup>5</sup> ดังนั้นความจำเป็นในการปรับปรุงดินเพื่อพัฒนาคุณภาพของดินให้ดีขึ้น จึงมีความจำเป็นและเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้ ณ ปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ทั้งภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญมากขึ้น คือ การนำปุ๋ยอินทรีย์มาปรับปรุงดิน โดยเป็นรูปแบบของการเพิ่มธาตุอาหารพืชกลับคืนสู่ระบบนิเวศในดินให้มีสมบัติที่ดีขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุกลับคืนสู่ดิน ทำให้ดินฟื้นคืนชีพขึ้นมาใหม่ ดังจะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีระบบการผลิตพืชที่เป็นการใช้วัสดุอินทรีย์ในการเพิ่มคุณภาพ

ของผลผลิตและรักษาสภาพของดินไว้ เช่น ระบบเกษตรธรรมชาติ เกษตรอินทรีย์ และเกษตรยั่งยืน เป็นต้น

ดังนั้นบทความฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการแก้ปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ในนาข้าว เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการที่จะนำไปส่งเสริมแก่เกษตรกรและรักษาสภาพของดินให้คงอยู่ได้อย่างถาวรต่อไป

## การใช้ปุ๋ยในนาข้าวของเกษตรกร

ปุ๋ยเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช แต่เดิมนั้นการทำเกษตรไม่ต้องใส่ปุ๋ยเคมีมากนัก เนื่องจากสภาพทรัพยากรดินมีความอุดมสมบูรณ์ จำนวนประชากรยังมีน้อยและการเพิ่มผลผลิตทำโดยการขยายพื้นที่ในการเพาะปลูก แต่ปัจจุบันมีการใช้ที่ดินอย่างเข้มข้นและติดต่อกันยาวนานโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินจึงทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้พืชในการเจริญเติบโต ซึ่งตามหลักวิชาการ การใช้ปุ๋ยเคมีต้องสอดคล้องกับสภาพดิน ชนิดพืชและระยะเวลาที่พืชต้องการ รวมทั้งวิธีการใส่ที่ถูกต้อง แต่ปรากฏว่ายังมีเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีไม่ถูกต้องตามหลักนั้น ประกอบกับปุ๋ยเคมีที่ขายในท้องตลาดเป็นปุ๋ยเคมีสำเร็จรูป จึงทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงเกินความจำเป็น โดยประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศปีละหลายล้านบาท แม้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตปุ๋ยบางส่วนได้เองก็ตาม ซึ่งจากสถิติที่รายงานโดยฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร<sup>6</sup> พบว่า ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2552-2556 มีปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ รวม 5,415,020 ตัน มูลค่า 66,103 ล้านบาท ซึ่งมีปริมาณการนำเข้าที่ลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องจาก ณ ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ให้ความสนใจการทำเกษตรแบบอินทรีย์ โดยยังได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนทั้งภาครัฐและเอกชนเพิ่มมากขึ้น คือ การนำปุ๋ยอินทรีย์มาปรับปรุงดิน ซึ่งอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ขึ้นอยู่กับราคาปุ๋ยเคมีและราคาผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ภาวะเศรษฐกิจภายในประเทศมีผลอย่างมากต่อการใช้ปุ๋ยเคมี ถึงแม้อัตรานำเข้าและการใช้ปุ๋ยเคมีจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก็ตาม แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยอัตราต่ำ ไม่ได้เพิ่มขึ้นมากเท่าที่ควร สิ่งที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงขึ้น คือ การละเลยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่ต่ำลงจนกระทั่งไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เลยในหลายพื้นที่ โดยเข้าใจผิดคิดว่าพืชใช้ธาตุอาหารเพียงอย่างเดียวเท่านั้นในการเจริญเติบโตและให้

ผลผลิต ซึ่งธาตุอาหารที่พืชต้องการนั้นได้จากปุ๋ยเคมีเป็นการเพียงพอแล้ว ทำให้อินทรีย์วัตถุซึ่งมีอยู่เดิมในดินค่อยๆ ลดน้อยลงไปจนกระทั่งในบางพื้นที่มีปัญหาในการปลูกพืช เนื่องจากดินมีสภาพแข็งและแน่นทึบ ถึงแม้จะมีการเพิ่มปริมาณปุ๋ยเคมีลงไป แต่อัตราก็สูงขึ้น ก็ไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเท่าที่ควร จนทำให้เกษตรกรเข้าใจว่าปุ๋ยเคมีเป็นตัวการทำให้ดินเสีย และมีเกษตรกรหลายกลุ่มหันกลับไปใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพเหมือนเดิม และเลิกใช้ปุ๋ยเคมีไปเลยก็มี<sup>7</sup> ซึ่ง XU Ming-gang *et al.*<sup>8</sup> ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตข้าวและความอุดมสมบูรณ์ของดินภายใต้ระบบการปลูกข้าวในระยะเวลาต่อเนื่อง 5 ปี โดยมีการวางหริทเมนต์ ดังนี้ (1) ใช้ปุ๋ยเคมี PK (2) ใช้ปุ๋ยเคมี NPK (3) ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (M) และ(4) ใช้ปุ๋ย NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (M) ซึ่งผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (M) อย่างต่อเนื่องในระยะเวลา 5 ปี มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น (Figure 1) และการใส่

ปุ๋ยในนาข้าวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์วัตถุในดิน (Figure 2) ซึ่งพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (M) ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 34.0 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม รองลงมาคือการใช้ปุ๋ย NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (M) มีอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 29.4 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมี PK และการใช้ปุ๋ยเคมี NPK ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (24.7 และ 26.4 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ) โดย Conacher J and Conacher A<sup>9</sup> กล่าวว่าอาจจะเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ดีที่ช่วยป้องกันสภาพแวดล้อมและการเพิ่มผลผลิตข้าวในภูมิภาคเอเชียได้อีกทางหนึ่ง ในขณะที่ Reganold<sup>10</sup> และ Conacher and Conacher<sup>9</sup> ยังได้กล่าวว่าการประยุกต์ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพดิน จะส่งผลผลิตได้กำไรเพิ่มมากขึ้น และสามารถป้องกันสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

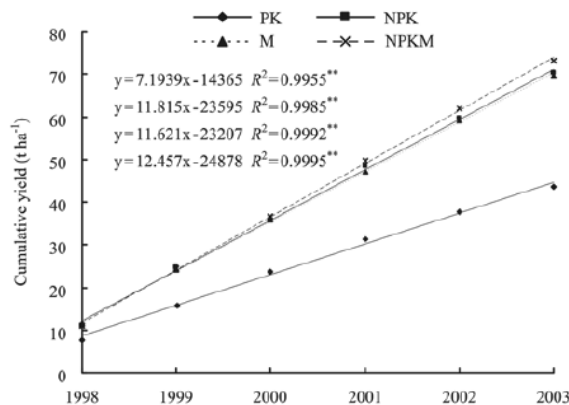


Figure 1 Regression of total yearly seed yield of rice with year (1998-2003) under different fertilization. \*\* indicates significant correlation at  $p < 0.01$ <sup>8</sup>

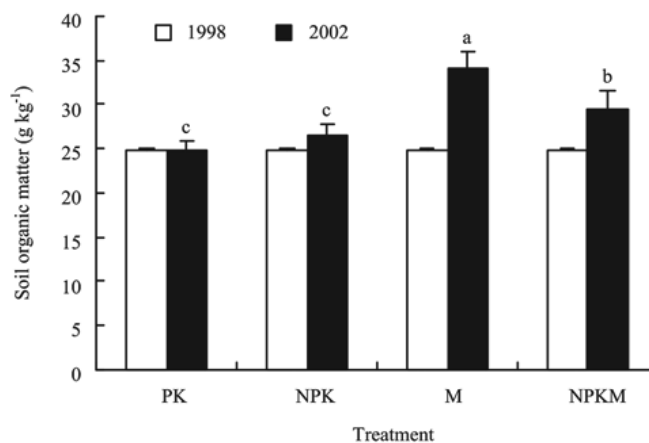


Figure 2 Change of soil organic matter under 5 years fertilization.<sup>8</sup>

### ความสำคัญของดิน

จากทฤษฎีเกี่ยวกับจำกัดความและส่วนประกอบของดิน ในด้านการเกษตรพบว่าดินเป็นแหล่งธรรมชาติแก่พืชที่ให้ทั้งแร่ธาตุและสารอาหาร แร่ธาตุเหล่านี้เกิดจากการสลายตัวของหินและอินทรีย์วัตถุในดิน พื้นที่บริเวณปาก่อนที่จะถูกทำลายเพื่อการเพาะปลูกมีธาตุอาหารอยู่อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น ดินหลังจากเปิดป่าใหม่ๆ จึงปลูกพืชได้งอกงาม และมีผลผลิตสูงโดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยเพราะพืชจะดูดตั้งธาตุอาหารในดิน ซึ่งมีอยู่อย่างเพียงพอขึ้นมาสร้างต้นและผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชออกจากไร่นาแต่ละครั้งจะเกิดการสูญเสียธาตุอาหารพืชหรือปุ๋ยธรรมชาติในดินออกไปด้วย<sup>11</sup>

การปลูกพืชและการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจากไร่นาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงมีผลทำให้ดินดึกดำบรรพ์กลายเป็นที่เสื่อมคุณภาพ ปลูกพืชไม่งอกงาม การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง การเปลี่ยนแปลงของดินจากสภาพดินดีไปเป็นดินเสื่อมสภาพ จะเกิดขึ้นได้เร็วช้าแตกต่างกันตามสภาพการใช้งานเพื่อการเกษตร และวิธีการอนุรักษ์ปรับปรุงบำรุงดินของเกษตรกร ถ้าเกษตรกรมีความรู้เข้าใจในความสำคัญของดิน ดินก็จะเสื่อมสภาพช้า ในทางตรงข้ามกันถ้าเกษตรกรไม่เข้าใจและไม่รู้จักความสำคัญของดิน การเสื่อมโทรมของดินก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว<sup>12</sup>

### ดินเสื่อมคุณภาพ

การเสื่อมสภาพของดิน มีลักษณะดังนี้ คือเป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำหรือมีระดับธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ไม่สมดุลกัน และไม่เหมาะสมต่อความต้องการพืชโดยดินเสื่อมคุณภาพประเภทนี้มีสมบัติทางกายภาพไม่ดี เช่น เป็นดินเหนียวแน่นทึบหรือเป็นดินทรายจัด เป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุหน้าดินสูญหายไปหมดสิ้นแล้ว เป็นดินที่มีชั้นดินดานอยู่ต้น เกิดขึ้นเนื่องจากการบดอัดแน่นจากรถแทรกเตอร์หนักๆ ที่ใช้ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องติดต่อกันเป็นเวลานาน ดินประเภทนี้ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้ดินมีความโปร่ง อากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวก ประเภทสุดท้าย

เป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ มีธาตุอาหารไม่สมดุลและยังมีสมบัติทางกายภาพเลว ดินประเภทนี้ต้องใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นการปรับสภาพดินทั้งทางด้านโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น และเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้สูงขึ้น<sup>11</sup>

ดังนั้น ดินเสื่อมคุณภาพสามารถแก้ไข ปรับปรุงบำรุงดินให้ดีขึ้น สามารถปลูกพืชต่อไปได้ และให้ผลผลิตต่อไร่สูง แต่ต้องใช้วิธีการต่างๆ หลายวิธีรวมกัน เช่น ต้องมีการเตรียมดินให้เหมาะสม ใช้พันธุ์พืชที่ดี การปฏิบัติดูแลรักษาที่ดี และที่สำคัญการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ในการปรับปรุงดินปัจจุบัน

### ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งได้มาจากซากพืช ซากสัตว์ เศษเหลือสารอินทรีย์ต่างๆ เซลล์จุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์จะเป็นประโยชน์เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดย กระบวนการของจุลินทรีย์เสียก่อน ปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ชนิดต่างๆ<sup>13</sup>

### ปุ๋ยคอก (Animal manure)

ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ โค กระบือ สุกร และไก่ โดยได้มีการนำมูลสัตว์เหล่านี้มาใช้ทางการเกษตรอย่างแพร่หลายเป็นเวลานานหลายปีมาแล้ว ปุ๋ยคอกไม่เพียงแต่จะให้อินทรีย์วัตถุธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่เม็ดดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย<sup>14</sup> ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกจากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ แสดงใน

Table 1

**Table 1** Analysis of the nutrients in the manure<sup>15</sup>

Type manure	Nutrients		
	N (%)	P (%)	K (%)
Cow dung	1.91	0.56	1.40
Buffalo dung	1.23	0.55	0.69
Chicken manure	3.77	1.89	1.76
Duck manure	2.15	1.13	1.15
Sheep manure	1.87	0.79	0.92
Horse manure	2.33	0.83	1.31
Swine	2.80	1.36	1.18
Bat droppings	1.05	14.82	1.84

**ปุ๋ยหมัก (Compost)**

ปุ๋ยพวกนี้เป็นปุ๋ยที่ได้จากการหมักเศษพืช เช่น หญ้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว โดยการหมักให้เกิดการย่อยสลายเน่าเปื่อยเสียก่อนจึงจะนำไปใส่ในดินเป็นปุ๋ยหมัก

**ปุ๋ยพืชสด (Green manure)**

เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการปลูกพืชปุ๋ยสด ได้แก่ พืชตระกูลถั่วต่างๆ แล้วทำการไถกลบเมื่อพืชเจริญเติบโตซึ่งอยู่ในช่วงที่กำลังออกดอก พืชตระกูลถั่วที่ควรใช้เป็นปุ๋ยพืชสดควรมีอายุสั้น มีระบบรากลึก ทนแล้ง โรคและแมลงได้ดี เป็นพืชที่ปลูกง่ายและมีเมล็ดมาก ตัวอย่างพืชเหล่านี้ ได้แก่ ถั่วพราง โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม ปอเทือง เป็นต้น

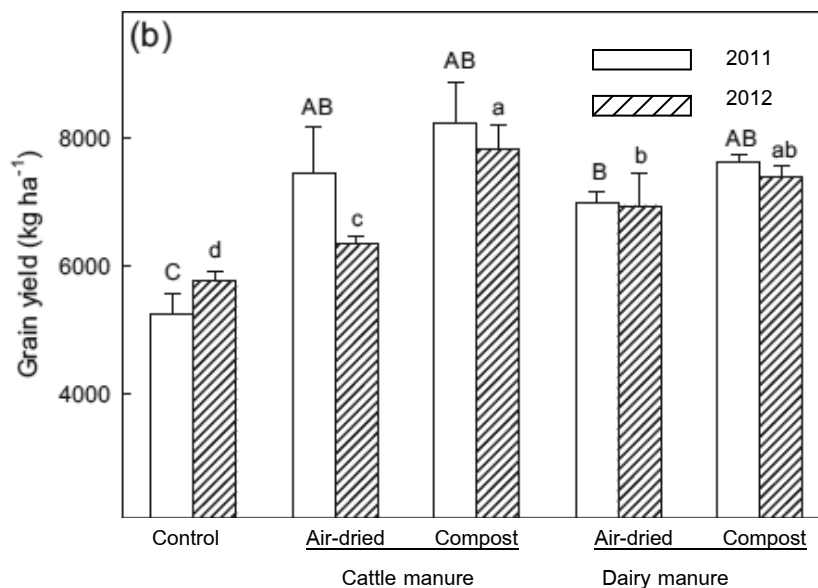
**ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดิน**

ปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อการปรับปรุงดินมาก เพราะเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุที่จะทำให้สภาพ ต่างๆ ของดินดีขึ้นช่วยส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดดิน ดินไม่อัดตัวกันแน่น มีการถ่ายเทอากาศดี การอุ้มน้ำ และการไหลซึมของน้ำในดินดีขึ้น รวมทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน<sup>16</sup> นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมน้อย แต่จะมีธาตุอาหารรองหรือจุลธาตุที่เพียงพอหรือเกือบพอเพียงตามความต้องการของพืช<sup>7</sup> ซึ่งในระยะแรกๆ

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อาจทำให้พืชมีผลผลิตไม่สูงมากนัก แต่ถ้าใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ แล้วผลผลิตพืชจะสูงมาก เนื่องจากคุณสมบัติของดินดีขึ้นเรื่อยๆ สอดคล้องกับ Gene *et al.*<sup>17</sup> พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่จะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงในปีที่ 2 ของการทดลอง โดยการใช้ปุ๋ยมูลไก่ปริมาณ 25 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตในนาข้าวและฝ้ายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีผลช่วยปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้ใกล้เคียงเป็นกลาง รวมทั้งช่วยดูดซับธาตุอาหารต่าง ๆ เอาไว้ไม่ให้สูญเสียไปจากดินได้โดยง่าย<sup>18</sup>

**การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว**

ปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวกันอย่างแพร่หลาย ปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และสภาพของดิน สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้มีทั้งปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แสดงให้เห็นผลผลิตข้าวที่ปลูกสูงขึ้นและคุณสมบัติของดินดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Sang Yoon Kim *et al.*<sup>19</sup> ได้ทำการศึกษาค่าการใส่ปุ๋ยคอกในการแก้ปัญหาดินในการปลูกข้าว พบว่าผลผลิตของข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในดิน (Figure 3) แม้ว่าการประยุกต์ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผลผลิตข้าวที่สูงขึ้นยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์จากมูลวัวในปีที่สองความแตกต่างระหว่างผลผลิตของปุ๋ยมูลวัวและปัจจัยปุ๋ยหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



**Figure 3** Grain yield in air-dried and composted manures applied soil during rice cultivation (different letters denote significant differences at  $p < 0.05$  level). Vertical bars represent standard deviations ( $n = 3$ ).<sup>19</sup>

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวนอกจากจะเป็นการช่วยเพิ่มธาตุอาหารแล้ว ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินที่ผ่านการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอันยาวนานให้ดีขึ้น<sup>20</sup> นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเช่นปุ๋ยคอก ซึ่งการใช้ปุ๋ยคอกยังมีผลต่อการปรับปรุงดินทั้งในด้านสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีววิทยาของดิน และในด้านการเพิ่มผลผลิต<sup>21</sup> ทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารตลอด เกิดการเปลี่ยนแปลงธาตุจากอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สาร ทำให้ได้ผลผลิตมากกว่าระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก<sup>22</sup> และยังชะลอการลดลงของอินทรีย์วัตถุในดินและการเสื่อมโทรมของดินที่ผ่านการทำการเกษตร และช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน<sup>23</sup> ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตต่อพืช *Polthanee*<sup>24</sup> ได้ศึกษาผลของการไถกลบตอซังข้าวและปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวอินทรีย์ โดยวางทริทเม้นท์ดังนี้ (1) ไถกลบตอซังข้าว (2) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ย

คอก (3) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ และ (4) ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพ ในการการวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในส่วนใบและลำต้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML) พบว่าในส่วนของใบข้าวปริมาณธาตุ N และ K ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าปริมาณธาตุ P ในใบข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.01$ ) โดยการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยคอก และการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีปริมาณธาตุ P ในใบข้าวมากที่สุด ขณะที่ในส่วนของลำต้นของข้าวพบว่า ทุก ทริทเม้นท์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.01$ ) โดยทริทเม้นท์ที่ใช้วิธีการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและทริทเม้นท์ที่ใช้วิธีการไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและชีวภาพ มีปริมาณธาตุอาหาร N, P และ K ที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (Table 2)



**Table 2** Nitrogen, phosphorus and potassium content in leaves and stems of KDML 105 as affected by application of rice straw, cattle manure and bio-extracted fertilizer at panicle initiation in 2009<sup>24</sup>

Treatments	Leaf			Stem		
	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Rice straw	1.614	0.165b	2.381	0.430b	0.193b	2.510b
Rice straw + cattle manure	1.580	0.219a	2.514	0.484a	0.267a	2.938a
Rice straw + bio-extracted fertilizer	1.603	0.176b	2.389	0.500a	0.208b	2.756ab
Rice straw + cattle manure+ bioextracted fertilizer	1.645	0.212a	2.548	0.535a	0.259a	2.859a
F-test	ns	**	ns	**	**	**
CV (%)	2.92	2.92	3.56	3.72	9.41	4.73

Means followed by the same letter at the same column were not significantly different by LSD \*\* significant at  $p < 0.01$  and NS not significant

ซึ่งในด้านปริมาณผลผลิตต่อไร่ Polthane<sup>24</sup> ยังพบว่าในแต่ละวิธีที่แสดงมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดย วิธีที่ที่ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและวิธีที่ที่ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพให้ผลผลิตในปริมาณมากที่สุด 611.24 และ 607.50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ วิธีที่ที่ไถกลบตอซังข้าวเพียงอย่างเดียว และวิธีที่ที่ไถกลบตอซังข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพให้ผลผลิตในปริมาณน้อยที่สุด คือ 496.50

และ 518.30 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3) แม้ว่าปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่ให้ผลได้รวดเร็วในการเพิ่มผลผลิตข้าว แต่ก็มีปัญหาสำหรับเกษตรกร คือ มีราคาแพงและหาซื้อยากในบางครั้ง อีกทั้งเมื่อใช้ติดต่อกันนาน ๆ หรือใช้ไม่ถูกวิธี อาจทำให้ pH ของดินลดลง และทำให้ดินแน่นขึ้นด้วย<sup>25</sup> ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลตอบแทนของการทำนาที่คุ้มค่าในระยะยาว จึงควรมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างหน้าที่หลายประการของดิน ซึ่งในที่สุดย่อมมีความสัมพันธ์กับผลผลิตพืช

**Table 3** Grain yield of KDML 105 as affected by application of rice straw, cattle manure and bio- extracted fertilizer in 2009<sup>24</sup>

Treatments	Grain yield (kg/ha <sup>-1</sup> )
Rice straw	496.50b
Rice straw + cattle manure	611.24a
Rice straw + bio-extracted fertilizer	518.30b
Rice straw + cattle manure+ bio-extracted fertilizer	607.50a
F-test	*
CV (%)	11.78

Means followed by the same letter at the same column were not significantly different by LSD \* significant at  $p < 0.05$  and NS not significant

### ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติของดิน

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสามารถประมวลผลต่าง ๆ ของปุ๋ยอินทรีย์ต่อคุณสมบัติของดินสามารถสรุปได้ ดังนี้

### ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นสารที่มีประสิทธิ ภาพสูงในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งรวมถึงความหนาแน่นหรือความพรุนของดิน ความร่วนซุย ความสามารถ

ในการอุ้มน้ำ และการถ่ายเทอากาศในดิน ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นปุ๋ยที่ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้มากกว่าปุ๋ยเคมี ซึ่งมักจะไม่มีสารที่จะให้อินทรีย์วัตถุในดินเลย เช่น การใช้ปุ๋ยคอก ต่อสมบัติทางกายภาพของดิน พบว่า การใช้ปุ๋ยคอกติดต่อกัน 5 ปี ทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยที่การใช้ ปุ๋ยหมักติดต่อกันมีผลทำให้ความหนาแน่นรวม และความแข็งของดินลดลงและทำให้ความพรุนของดิน การถ่ายเทอากาศ การเกิดเม็ดดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยวติดต่อกัน (Table 4)

**Table 4** The effect of manure 1,600 kg/ha<sup>-1</sup> for 5 years on soil physical<sup>26</sup>

Soil Properties	NPK	manure
Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	1.37	1.22
Porosity (%)	48.3	54.0
Ventilation (cm/sec)	0.27	0.41
The soil (%)	33.6	45.6

Jung and Yang (2000)

### ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางเคมีของดิน

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน โดยตรงถึงแม้จะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีแต่จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว ปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำจากวัสดุเศษพืชต่างๆ ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองครบถ้วนที่พืชจะใช้ในการเจริญเติบโต รวมถึงธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยที่สำคัญ เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม และอื่นๆ

ปุ๋ยอินทรีย์ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีส่วนให้ปุ๋ยเคมีที่มีอยู่ในรูปของแคตไอออนบางชนิดถูกดูดซับไม่สูญเสียไป และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีและเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารมาก เช่น การใส่ปุ๋ยหมักในดินกรดสามารถช่วยลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมและแมงกานีส ซึ่งช่วยดูดซับธาตุทั้งสองไว้ทำให้ละลายสารละลายดินลดลง และการใช้ปุ๋ยร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จะสามารถลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมและแมงกานีสได้ที่ดีที่สุด โดยเหตุที่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ต่ำ และละลายตัวให้อิออนที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงมักปรากฏผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินในลักษณะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยอินทรีย์ที่มีตำแหน่งของการแลกเปลี่ยน

แคตไอออนในปริมาณสูงมาก จึงช่วยเจือจางความเข้มข้นของไอออนที่อยู่บริเวณรอบๆ และควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในดินให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงไปมาอย่างฉับพลัน จึงช่วยให้พืชเจริญเติบโตสม่ำเสมอขึ้น<sup>27</sup>

### ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในดินเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดินทำให้จุลินทรีย์ดินเพิ่มปริมาณมากขึ้น และพบว่าการกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายสาร อินทรีย์ กระบวนการแปรสภาพของสารอินทรีย์จากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น การเปลี่ยนรูปอนุมูลแอมโมเนียม ซึ่งเป็นรูปที่พืชดูดน้ำไปใช้ได้ยากให้อยู่ในรูปไนเตรท ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่ายและกระบวนการตรึงไนโตรเจน เป็นต้น รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไมโครไรซาที่บริเวณรากพืชด้วย นอกจากนั้นยังพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน การใส่ปุ๋ยหมักทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น เช่น *Azotobacter* sp. จะมีในปริมาณมาก<sup>28</sup> การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย มีผลช่วยยับยั้งการเจริญและความสามารถในการก่อให้เกิด โรคพืชของเชื้อโรคโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้

รากพืชปุ๋ยหมักเป็นธาตุอาหารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อโรคนานาชนิดในดิน และทำให้พืชเกิดโรคน้อยลง นอกจากนี้แล้วจุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญเติบโตอยู่ สามารถขั้บสารปฏิชีวนะ รวมทั้งสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ได้หลายชนิด เป็นการลดการระบาดของและความรุนแรงของโรคพืชบางชนิดลงได้<sup>29</sup> การเจริญของจุลินทรีย์ดินทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งกรดอินทรีย์บางชนิดพืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง บางชนิดมีผลต่อการปลดปล่อยและเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกทีหนึ่ง นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอย (nematode) ในดินจากผลการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเพิ่มขึ้น จะทำให้มีปริมาณไส้เดือนฝอยในดินเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีพบว่าช่วยทำให้ปริมาณของไส้เดือนฝอยลดน้อยลง<sup>30</sup>

### สรุป

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าปัญหาสภาพการใช้ปุ๋ยและปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ในนาข้าว มีความสำคัญมาก และนับวันจะยิ่งมีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการแก้ไข และปรับปรุงการขาดความอุดมสมบูรณ์ดินโดย เร็วที่สุด แนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้และมีประสิทธิภาพที่ดี คือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาผลิตเป็นปุ๋ยชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด วัสดุอินทรีย์เหล่านี้สามารถหาได้ง่าย และมีความสำคัญต่อการปรับปรุงบำรุงดิน ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดินที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช อินทรีย์วัตถุทำให้ดินมีคุณภาพด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพดีขึ้น สามารถฟื้นฟูสภาพดินให้มีชีวิตใหม่ มีคุณภาพดี มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นเพื่อให้ทรัพยากรดินซึ่งเป็นสิ่งสำคัญและมีค่าสำหรับมนุษย์ การใช้ที่ดินจึงต้องมีการบำรุงรักษาควบคู่กันไปด้วยและต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุกลับคืนสู่ดินสามารถฟื้นฟูสภาพดินให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น แม้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะใช้ระยะเวลานานแต่ก็จะเกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดี และสามารถใช้ทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน

### เอกสารอ้างอิง

1. ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. โครงการปุ๋ยลดต้นทุน“จุดเปลี่ยน” การใช้ปุ๋ยเคมีในประเทศไทย. วารสารดินและปุ๋ย. 2554; 33(2):165-168.

2. คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะ เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2548; 547 น.
3. ทศนีย์ อัดตะนันท์. การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน. วารสารดินและปุ๋ย 2549; 28: 2-6.
4. ยงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. ปุ๋ยพืชการเกษตรยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม; 2551.
5. สุวัฒน์ เจียรคงมั้น. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพนาหน้าฝน และนาชลประทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; 2541.
6. ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมี. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร; 2558. [Cited May 8, 2015]. ได้มาจาก : [http://www.oae.go.th/ewt\\_news.php?nid=13029](http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13029).
7. วิระ ศรีธัญรัตน์. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์บางพระ (สุรินทร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์; 2544.
8. XU Ming-gang, LI Dong-chu, LI Ju-mei, QIN Dao-zhu, Kazuyuki Yagi and Yasukazu Hosen. Effects of Organic Manure Application with chemical fertilizers on Nutrient Absorption and Yield of Rice in Hunan of Southern China. Agricultural Sciences in China. 2008; 7(10): 1245-1252.
9. Conacher J and Conacher A. Organic farming and the environment, with particular reference to Australia. Biological Agriculture Horticulture. 1998,16: 145-171.
10. Reganold J P. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems. American Journal of Alternative Agriculture. 1995, 10: 36-45.
11. บัญชา รัตนีฑู. ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงดินเสื่อมคุณภาพ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 2555;4(2):155-127.
12. ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาก้าวไกล วิจัยวิชาการ. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย

- เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ; 2547.
13. ชงชัย มาลา. ปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยชีวภาพ. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม; 2546.
  14. สุพจน์ ชัยวิมล. ปุ๋ยคอก. 2550. [Cited May 16, 2015]. ได้มาจาก <http://agriqua.doe.go.th/organic/input/manure.doc>.
  15. กองวิเคราะห์ดิน. ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ; 2540.
  16. ภาควิชาพืชศาสตร์. ปุ๋ยอินทรีย์. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. ภาควิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา มหาวิทยาลัยนครราชสีมาชนครินทร์. นครราชสีมา; 2551.
  17. Gene Stevens, John Lory, Alan Sheckell, Keith Birmingham and Chris Moylan. Using Chicken Manure on Cut and Fill Areas of a Graded Field. Agricultural Electronic Bulletin Board. 2001.
  18. Whalen, K. J., C. Chang, and W.G. Clanyton. Cattle manure and lime amendment to improve crop production of acidic soil in northern Alberta. Can.Of Soil Sci. 2002; 82: 223-238.
  19. Sang Yoon Kim, Prabhat Pramanik, Jessie Gutierrez, Hyun Young Hwang and Pil Joo Kim. Comparison of methane emission characteristics in air-dried and composted cattle manure amended paddy soil during rice cultivation. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2014; 197: 60–67.
  20. นริลักษณ์ ชูรวเวช. ความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์. กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มปป.
  21. Fulhage, D. C. Land Application Consideration for Animal Manure. 2000. Available from <http://muextension.missouri.edu/xplor/envqual/egg0202>. [13 May 2015].
  22. Miller, J.J.,N.J. Sweetland, and C. Chang. Soil physical properties of a chemozemic clay loam after 24 years of beef cattle manure application. Can.Of Soil Sci. 2002; 82: 287-296.
  23. อานัฐ ตันโซ. การวิเคราะห์และประเมินผลสำเร็จของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินในประเทศไทย. 2549. ได้มาจาก: [http://www.dld.go.th/nutrition/exhibition/Resesrch/research\\_full/2531/](http://www.dld.go.th/nutrition/exhibition/Resesrch/research_full/2531/) [16 May 2558].
  24. Anan Polthanee. Growth and Yield of Organic Rice as Affected by Rice Straw and Organic Fertilizer. International Journal of Environmental and Rural Development . 2011; 2–1: 93-99
  25. Kanwar, J.S. Soil fertility-theory and practice. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research. 1976.
  26. Jung, K.Y. & Yang, J.E. Recycling technology of live stock wastes. In international Seminar on Issues in the Management of Agricultural Resources In Commemoration of FFTC 30th Anniversary, September 6-8, 2000. National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC. 2000.
  27. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ; 2544.
  28. Marchesini, A., Allievi, L., Comotti, E. & Ferrari, A. long-term effects of quality-compost treatment on soil. plant and Soil. 1986; 160: 253-261.
  29. Hoitink, H.A.J. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Ann. Rev. Phytopathol. 1986; 24: 93-114.
  30. กรมพัฒนาที่ดิน. การจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักงานเทคโนโลยีชีวภาพ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ; 2551.

## อิทธิพลของการเกษตรต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน

### Effects of Agricultural Practices on Growth, Yield, and Quality of Jerusalem Artichoke

บุญธรรม ศรีหล้า<sup>1</sup>, สกุนกันต์ สิมลา<sup>2\*</sup>, พรชัย หาระโคตร<sup>3</sup>

Boonthum Srilah<sup>1</sup>, Sakunkan Simla<sup>2\*</sup>, Bhornchai Harakotr<sup>3</sup>

Received: 2 March 2015 ; Accepted: 30 May 2015

#### บทคัดย่อ

แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) เป็นพืชหัวที่มีศักยภาพในด้านอาหารเพื่อสุขภาพ พืชพลังงานทางเลือกอาหารสัตว์ และเป็นแหล่งสำคัญของอินนูลิน แต่ข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์และการจัดการผลิตแก่นตะวันในประเทศไทยยังมีอย่างจำกัด จากการปลูกทดสอบในประเทศไทยแก่นตะวันให้ผลผลิตอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งการพัฒนาพันธุ์น่าจะเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้ และการจัดการผลิตบางประการก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวันได้ การปลูกแก่นตะวันสามารถใช้หัวพันธุ์ได้ทุกส่วน การใช้ส่วนไหลที่มี 2-3 ตาหรือหัวขนาดเล็กเพื่อขยายพันธุ์จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องหัวพันธุ์ได้ และการบ่มหัวพันธุ์ในแกลบาตาคีนก่อนนำไปปลูกก็จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก และความสม่ำเสมอของต้นกล้าเพิ่มขึ้นได้ ทำให้สะดวกต่อการจัดการผลิตและการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปการปลูกแก่นตะวันจะเริ่มในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันมากที่สุด และควรหลีกเลี่ยงการปลูกแก่นตะวันในฤดูหนาว (พฤศจิกายน-มกราคม) เนื่องจากต้นแก่นตะวันแสดงอาการแคระแกร็น นอกจากนี้การให้น้ำและปุ๋ยที่เหมาะสมยังสามารถเพิ่มผลผลิตแก่นตะวันได้เช่นเดียวกัน และยังพบว่าความยืดหยุ่นในการเลือกวันเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 75-105 วันหลังปลูก ไม่มีผลทำให้ผลผลิตของแก่นตะวันลดลงแต่อย่างใด

**คำสำคัญ:** อินนูลิน การจัดการผลิต องค์ประกอบผลผลิต

#### Abstract

Kaentawan (Jerusalem artichoke) is a tuber crop and has high potential as a functional food, alternative source of green energy production, animal feeds and important source of inulin. However, the knowledge about variety and cropping practices has not been intensively reported in Thailand. Preliminary yield trials revealed that tuber yield of this crop was very low under growing conditions in Thailand. The yield should be increased considerably through the use new high yielding varieties. Moreover, cropping practices can also increase growth, yield and quality of Kaentawan. Most parts of the stolon can be used. The seed tuber should be incubated in a plastic bin with burned rice hull prior to planting assuring a high germination percentage, uniformity of seedling in field conditions and convenient to harvesting. Jerusalem artichoke could be grown in all year round, but the most appropriate planting date is in March. The cool season (November to January) should be avoided because the plants showed severe stunting with this planting date. Moreover, irrigation and fertilization could also be increased the growth and yield of Jerusalem artichoke. Harvesting of Jerusalem artichoke might be carried out as early as 75-105 days after planting without significant yield loss.

**Keywords:** inulin, cropping practices, yield component

<sup>1</sup> ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรยโสธร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 กรมวิชาการเกษตร

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>3</sup> อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

<sup>1</sup> Director of Agricultural Research and Development Center Yasothorn, Office of Agricultural Research and Development Region 4, Department of Agriculture

<sup>2</sup> Asst. Prof., Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University

<sup>3</sup> Lecture, Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasart University

\* Corresponding Author: sakunkan.s@msu.ac.th, sakunkans@gmail.com

## บทนำ

แก่นตะวัน หรือ Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชอยู่ในสกุล *Helianthus* มีลักษณะคล้ายดอกทานตะวัน และบัวตอง แต่มีขนาดเล็กกว่า มีหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่งเพื่อเก็บสะสมอาหาร ซึ่งเป็นน้ำตาลอินนูลิน (Inulin) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตสต่อกันเป็นโมเลกุลยาว แก่นตะวันมีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่นแต่สามารถปลูกและปรับตัวได้ดีในสภาพเพาะปลูกของประเทศไทย จากรายงานการวิจัยของต่างประเทศ พบว่า อินนูลินในหัวของแก่นตะวันจะไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารส่วนบน แต่จะถูกย่อยโดยกระบวนการหมักในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ ซึ่งอินนูลินเป็นสารเยื่อใยอาหารที่ให้แคลอรีต่ำช่วยลดความอ้วน ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด จึงไม่เป็นปัญหาสำหรับผู้เป็นโรคเบาหวาน ช่วยลดคอเลสเตอรอลและระดับไขมันไม่ดีในเลือด (low density lipoprotein; LDL) ในร่างกาย จึงลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังพบว่า เป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* แต่ลดการทำงานของแบคทีเรียก่อโรค เช่น *Coliforms* และ *E. coli* จึงเป็นที่ยอมรับกันว่าแก่นตะวันเป็นอาหารเสริมสุขภาพ (prebiotic) ทำให้ภูมิคุ้มกันร่างกายดีขึ้น<sup>1,2,3</sup> นอกจากนี้ แก่นตะวันยังมีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาลความหวานสูง (high fructose syrup) รวมถึงใช้เป็นพืชพลังงานทางเลือกสำหรับการผลิตเอทานอล เนื่องจากแก่นตะวันมีผลผลิตสูง มีต้นทุนการผลิตต่ำ อายุสั้น (90-120 วัน) สามารถผลิตได้ 2-3 รอบต่อปี และให้ผลผลิตเอทานอลต่อหน่วยวัตถุดิบสูงกว่าพืชชนิดอื่นๆ<sup>2</sup> และในปัจจุบันแก่นตะวันได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากนักโภชนาการ เนื่องจากการใช้แก่นตะวันเป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์มีผลกระตุ้นการเจริญเติบโต ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร ยับยั้งเชื้อก่อโรค และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ นอกจากนี้การใช้แก่นตะวันเป็นอาหารเสริมสุขภาพสำหรับสัตว์ สามารถทดแทนการใช้ยาหรือสารปฏิชีวนะที่มีผลตกค้างในผลิตภัณฑ์สัตว์ และมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคด้วย<sup>4</sup>

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกา มีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่ประเทศแคนาดาในอเมริกาเหนือจนถึงอเมริกาใต้ ทำให้พืชชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ค่อนข้างแห้งแล้ง และปรับตัวเข้ากับสภาพการเพาะปลูกในเขตร้อนได้ดีเช่นเดียวกัน<sup>5</sup> แก่นตะวันได้เริ่มนำเข้ามา

ปลูกทดสอบในประเทศไทย และมีการส่งเสริมให้ผลิตเชิงการค้าแล้วในบางพื้นที่ แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตแก่นตะวันส่วนมากทำในเขตอบอุ่นซึ่งสภาพแวดล้อมแตกต่างจากประเทศไทย<sup>6</sup> การเกษตรกรรมต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น การให้ปุ๋ย<sup>7</sup> การให้น้ำ และระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม<sup>8</sup> จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้แก่นตะวัน แต่การจัดการผลิตที่ให้ผลผลิตดีในเขตอบอุ่น อาจจะทำให้ผลผลิตที่ไม่ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย อีกทั้งพันธุ์ของแก่นตะวันที่มีการปลูกในประเทศไทยในปัจจุบันให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 2.5-4.6 ตันต่อไร่<sup>2,9</sup> ซึ่งแตกต่างจากต่างประเทศที่ให้ผลผลิตมากกว่า 10 ตันต่อไร่ ถ้าหากมีการปรับปรุงพันธุ์ร่วมกับเทคโนโลยีการจัดการที่เหมาะสมภายใต้สภาพแวดล้อมของไทยน่าจะเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้<sup>7</sup> ดังนั้นรายงานนี้จึงเป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของการเกษตรต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเกษตรกรและนักวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อการผลิตแก่นตะวันให้มีผลผลิตสูง และคุณภาพดีต่อไป

## แก่นตะวัน ความสำคัญและผลต่อสุขภาพ

แก่นตะวัน หรือ Jerusalem artichoke มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L. จัดอยู่ในตระกูล Asteraceae ซึ่งพืชกลุ่มนี้ได้แก่ เบญจมาศ เก๊กฮวย และทานตะวัน แก่นตะวันมีถิ่นกำเนิดอยู่แถบอเมริกาเหนือ ในอดีตชาวอินเดียนแดงปลูกไว้เพื่อใช้หัวรับประทานเท่านั้น โดยเชื่อกันว่าหัวของแก่นตะวันมีส่วนช่วยในการเจริญอาหารได้ดี แต่ปัจจุบันกลายเป็นพืชที่รู้จักกันแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และหลายประเทศแถบยุโรป พืชชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาว แต่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพการเพาะปลูกในเขตร้อนได้ดีเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ค่อนข้างแห้งแล้ง เป็นพืชล้มลุกที่มีหัวสะสมอาหารซึ่งมีผิวไม่เรียบเป็นตะปุ่มตะป่ำเช่นเดียวกับขิงหรือข่า หัวจะมีสีขาวหรือเหลืองขึ้นอยู่กับพันธุ์ มีความยาวประมาณ 7.5-10.0 เซนติเมตร ลำต้นจะแตกกิ่งก้านที่มีลักษณะเรียวเล็ก มีขนคล้ายหนามกระจายทั่วลำต้น ลำต้นจะมีความสูงประมาณ 1.5-3.0 เมตร ใบเกิดแบบสลับบนลำต้น มีลักษณะเรียวยาวรูปไข่หรือวงรี ขอบใบหยักแบบฟันปลา พื้นผิวใบสากและมีขนเช่นเดียวกับลำต้น ส่วนดอกคล้ายดอกบัวตอง<sup>2</sup> (Figure 1) แก่นตะวันเป็นพืชที่มีศักยภาพในหลายๆ ด้าน ดังนี้



Figure 1 tuber (a), flower (b), leaf (c), and stem (d) of Kaentawan<sup>10</sup>

**แหล่งท่องเที่ยว** แก่นตะวันเป็นพืชวงศ์เดียวกับทานตะวัน และดอกมีลักษณะคล้ายดอกบัวตอง ซึ่งชาวญี่ปุ่นเรียกว่า “คิซุอิโหมะ (Kiku-imo) หรือมันเบญจมาศ เนื่องจากเป็นพืชตระกูลเดียวกันกับเบญจมาศ และมีส่วนหัวใต้ดินเป็นหัวมันกินได้คล้ายมันฝรั่ง หรือบางครั้งก็เรียกว่า “เจ้าหญิงทานตะวัน” (hime-mawari) เพราะมีดอกงดงามน่ารักที่สุดในจำนวนพืชสกุลทานตะวัน<sup>11</sup> การปลูกแก่นตะวันเป็นแปลงขนาดใหญ่จะมีความสวยงามคล้ายทุ่งทานตะวันหรือทุ่งดอกบัวตอง สามารถพัฒนาและส่งเสริมเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้ และปัจจุบันพบในหลายพื้นที่ของประเทศไทย เช่น อำเภอปากช่อง และอำเภอน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น

**วัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน** แก่นตะวันเป็นพืชหนึ่งที่หลายๆ ประเทศให้ความสนใจในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นเอทานอล เนื่องจากหัวแก่นตะวันมีการสะสมน้ำตาลสูงและมีแป้งต่ำ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตเอทานอล น้ำตาลฟรุคโตสที่พบในหัวแก่นตะวันเป็นสารที่ให้ความหวานเท่ากับน้ำตาลชนิดอื่นๆ และที่สำคัญน้ำตาลชนิดนี้สามารถละลายและแยกตัวได้ดีโดยใช้ความร้อน และจะตกตะกอนเมื่อได้รับความเย็นซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีต่อกระบวนการผลิตเอทานอล โดยหัวสดของแก่นตะวันน้ำหนัก 1 ตัน สามารถผลิตเป็นเอทานอลได้ประมาณ 80-100 ลิตร ในขณะที่ผลผลิตของเอทานอลจากอ้อย กากน้ำตาล และมันสำปะหลังเท่ากับ 70 260 และ 180 ลิตรต่อวัตถุดิบ 1 ตัน ตามลำดับ แต่เนื่องจากอ้อยและมันสำปะหลังเป็นพืชที่สำคัญที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทย คิดเป็นมูลค่าการส่งออกไม่ต่ำกว่า 60,000 ล้านบาทต่อปี หากนำพืชทั้งสองชนิดนี้มาผลิตเป็นเอทานอล จะพบว่าประเทศไทยจะมีการสูญเสียรายได้มากกว่า 6,000 ล้าน

บาท เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าการส่งออกและมูลค่าของเอทานอล ดังนั้นแก่นตะวันจึงเป็นพืชทางเลือกที่จะสามารถนำมาผลิตเอทานอลได้ เนื่องจากให้ผลผลิตสูง และต้นทุนการผลิตต่ำ อายุสั้นเพียง 90-120 วัน สามารถปลูกได้หลายรอบต่อปี<sup>12</sup> Gunnarsson *et al.*<sup>12</sup> พบว่าแก่นตะวันมีปริมาณเส้นใยเซลลูโลสต่อพื้นที่สูงกว่าต้นข้าวโพด ตอซังข้าว ชานอ้อย และตอซังข้าวฟ่างเกือบสองเท่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแก่นตะวันย่อมมีผลผลิตเอทานอลสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินนูลินที่มีมากกว่า 76 ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ แก่นตะวันยังมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่เพียงพอ (6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง) สำหรับกระบวนการนำชีวมวลมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิง

**วัตถุดิบในอาหารสัตว์** การไถยาหรือสารปฏิชีวนะเติมลงในอาหารสัตว์เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการผลิตนั้นมีการเพิ่มขึ้นในปริมาณมากและมีหลากหลายชนิด แต่ยาบางชนิดที่เติมในอาหารสัตว์ส่งผลตกค้างในผลผลิตภัณฑ์สัตว์ และมีผลกระทบต่อผู้บริโภค ทำให้ปัจจุบันมีการลดการใช้สารปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ลงอย่างชัดเจน และนำสารทดแทนสารปฏิชีวนะต่างๆ มาใช้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอาหารเสริมสุขภาพ (prebiotic) ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจากนักโภชนาการ เนื่องจากอาหารกลุ่มดังกล่าวช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ โดยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และลดจุลินทรีย์ที่มีโทษในระบบทางเดินอาหาร อาหารเสริมชีวนะในปัจจุบันที่นิยมนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในอาหารสัตว์มีมากมายหลายชนิด เช่น แก่นตะวันที่มีคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุคโตโอลิโกไซค์และอินนูลินเป็นองค์ประกอบ โดยการเติมแก่นตะวันผงที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ในอาหารลูกสุกรหย่านม หรือสุกรรุ่นขุน ทำให้มีน้ำหนักตัวเพิ่ม

สูงกว่ากลุ่มควบคุม และมีอัตราแลกเนื้อดีกว่าถึง 21.8 เปอร์เซ็นต์ การเสริมอินนูลินในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดคอเลสเตอรอลในไข่ และไข่แดงลงได้<sup>1</sup> ประโยชน์ต่อสุขภาพ ในประเทศไทยเริ่มมีการนำแก่นตะวันมาใช้เป็นอาหารเชิงสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลโดยรวมต่ำ จึงเหมาะกับการนำมาประกอบเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำ และควบคุมน้ำหนักได้ดี เมื่อรับประทานหัวแก่นตะวันจะรู้สึกอิ่ม กินอาหารน้อยลง ระบบขับถ่ายดี ไม่มีปัญหาท้องผูก และช่วยลดอาการจุกเสียดแน่นท้องได้ สามารถรับประทานสดได้ทั้งแบบปอกเปลือกหรือไม่ปอกเปลือก เนื่องจากส่วนของเส้นใยที่เป็นประโยชน์ไม่ได้อยู่ในส่วนของเปลือก<sup>13</sup> นอกจากนี้แก่นตะวันยังอุดมไปด้วยอินนูลิน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุกแทน จากการศึกษาของ Judprasong *et al.*<sup>14</sup> รายงานว่า สามารถพบอินนูลินในพืชหัวของไทยหลายชนิด

โดยกลุ่มที่มีปริมาณอินนูลินสูง ได้แก่ กระเทียมโทนหัวใหญ่ กระเทียมจีน กระเทียมไทย และแก่นตะวัน และยังพบว่าแก่นตะวันมีปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สูงเช่นเดียวกัน (Table 1) อินนูลินมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์หลายประการ ซึ่ง ศิริพร และคณะ<sup>3</sup> ได้รายงานว่าอินนูลินเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีคุณสมบัติมากกว่าใยอาหารทั่วไป มีพลังงานและค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อโรคอ้วนและเบาหวาน ลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอลในเลือด นอกจากนี้อินนูลินยังมีคุณสมบัติเป็นอาหารของจุลินทรีย์หรือพรีไบโอติก (prebiotic) ที่เป็นประโยชน์กับลำไส้มนุษย์ สามารถช่วยเสริมภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย และช่วยเพิ่มการดูดซึมของแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียม ดังนั้นการบริโภคแก่นตะวันที่มีส่วนประกอบของอินนูลินน่าจะส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค สามารถลดอัตราการเกิดหรือความรุนแรงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆ ได้

**Table 1** Inulin content and fructo-oligosaccharide of some crops in Thailand <sup>14</sup>

Crops	Moisture content <sup>1</sup>	Inulin content	FOS <sup>1,2</sup>
	(%)	(g/ 100 g fresh weight)	
Gallic	65.8±0.7	22.4±2.9	0.9±0.04
Chinese gallic	69.1±1.4	24.3±1.9	1.7±0.96
Elephant gallic	61.4±0.7	29.2±5.6	1.6±1.42
Kaentawan	73.4±0.3	19.4±1.4	5.2±0.04
Big shallot	86.2±0.5	3.6±1.0	3.1±0.54
Shallot	83.7±0.9	8.9±0.8	5.0±0.50

<sup>1</sup> data are expressed in mean ± standard deviation

<sup>2</sup> FOS is combined of GF2 = 1-ketose (1-ketotriose), GF3 = nystose (1,1-ketotetraose) and GF4 = 1F-β-fructofuranosylnystose (1,1,1-ketopentaose)

สำหรับหน่วยของอินนูลินที่ควรบริโภคต่อวันนั้นยังไม่ได้มีกำหนดปริมาณที่แนะนำสำหรับผู้บริโภค ซึ่งรายงานการศึกษาปริมาณอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้รับจากอาหารที่บริโภคของชาวอเมริกันมีค่าเฉลี่ยที่ 1-4 กรัมต่อวัน ในขณะที่ชาวยุโรปมีค่าเฉลี่ยมากถึง 11 กรัมต่อวัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาทางคลินิกพบว่า การได้รับปริมาณอินนูลินมากเกินไปอาจทำให้ถ่ายมากกว่าปกติหรือเกิดอาการท้องเสียได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความไวของแต่ละบุคคลด้วย<sup>3</sup> ดังนั้นเราควรรับประทานอาหารที่มีสารอินนูลินเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่เหมาะสม การบริโภคในปริมาณที่น้อยหรือมากเกินไปจะทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกายมากกว่าประโยชน์ที่เราควรจะได้รับ

### การปลูกแก่นตะวัน

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีความทนทานสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล ขนาดของหัวที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นส่วนขยายพันธุ์นั้นคือหัวที่มีขนาดเล็ก หนัก 50-60 กรัม แต่หัวพันธุ์ควรผ่านการเก็บรักษาในสภาพอากาศเย็นเพื่อทำลายการพักตัวและยังช่วยทำให้มีความงอกสม่ำเสมอขึ้น การเพาะกล้าแก่นตะวันเริ่มจากตัดหัวแก่นตะวันเป็นชิ้นขนาด 3-5 เซนติเมตร แล้วนำมาบ่มในแกลบดำขึ้นเพื่อชักนำให้เกิดต้นอ่อนประมาณ 1 สัปดาห์ นำต้นอ่อนมาปลูกให้ลึกประมาณ 1-2 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 50 × 50 เซนติเมตร อัตราปลูกที่เหมาะสมคือ 8-10 ต้นต่อตารางเมตร หรือใช้ระยะปลูกแคบลงเมื่อต้องการเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นหรือเมื่อมีปัญหาวัชพืชรบกวน ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแก่นตะวัน คือ ดินร่วนปนทราย ระบายน้ำดี



ขณะปลูกดินควรมีความชื้นสูง เมื่อต้นมีความสูงประมาณ 15 เซนติเมตร ควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ การกำจัดวัชพืชทำ 1-2 ครั้งตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวโดยใช้พลั่วขุดหรือถอนด้วยมือ ซึ่งแ่งตะวันมีผลผลิตหัวสดประมาณ 2-3 ตันต่อไร่ โดยขึ้นอยู่กับฤดูปลูก แ่งปลูก และการจัดการผลิต<sup>6</sup>

### ผลของพันธุ์แ่งตะวันต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพ

การปลูกแ่งตะวันเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ พันธุ์ สภาพแวดล้อม และการจัดการ ดังนั้นการเลือกปลูกแ่งตะวันพันธุ์ดี ร่วมกับการเกษตรกรรมที่เหมาะสมจึงนับเป็นหัวใจหลักสำหรับการผลิตแ่งตะวัน ในช่วงเริ่มต้นของการนำแ่งตะวันเข้ามาปลูกทดสอบในประเทศไทยนั้น ข้อมูลการทดสอบพันธุ์เพื่อหาพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับสภาพอากาศร้อนของประเทศไทยยังมีจำกัด Pimsaen *et al.*<sup>15</sup> จึงได้ทำการประเมินเชื้อพันธุกรรมแ่งตะวัน 14 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกจาก 118 สายพันธุ์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 9 แ่งปลูก พบว่า สภาพแวดล้อม สายพันธุ์ และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อน้ำหนักหัวสด จำนวนหัวต่อต้น และน้ำหนักต่อหัวของแ่งตะวัน โดยปริมาณผลผลิตสดมีค่าอยู่ระหว่าง 3.0-38.9 ตันต่อเฮกตาร์ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำสุดคือพันธุ์ JA 67 ภายใต้สภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยขอนแก่นในฤดูฝน ปี 2008 (3.0 ตันต่อเฮกตาร์) ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือพันธุ์ JA 102 ภายใต้สภาพแวดล้อมของจังหวัดชัยภูมิในฤดูแล้ง ปี 2007 และพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์มากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.5-18.9 ตันต่อเฮกตาร์ โดยการปลูกที่จังหวัดชัยภูมิ เป็นสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงถึง 30.3 ตันต่อเฮกตาร์ (Table 2) ซึ่งความแตกต่างของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม ทำให้สายพันธุ์มีความจำเพาะต่อสถานที่ที่ทำการศึกษ ดังนั้นเกษตรกรควรคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่การผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตของแ่งตะวัน นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกในพื้นที่สูงที่มีอุณหภูมิต่ำเหมาะสำหรับการผลิตแ่งตะวันเพื่อการค้า และควรหลีกเลี่ยงการปลูกในสภาพที่ฝนตกต่อเนื่อง โดยแ่งตะวันสายพันธุ์ JA 89 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีการปรับตัวดีต่อทุกสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สนั่น และคณะ<sup>6</sup> ที่ทำการเปรียบเทียบ

เทียบผลผลิตแ่งตะวันที่มีแหล่งกำเนิดแตกต่างกันจำนวน 14 สายพันธุ์ พบว่า การสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของแ่งตะวันทั้ง 14 สายพันธุ์ ตั้งแต่อายุ 0 สัปดาห์หลังปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยว (13 สัปดาห์หลังปลูก) ในแ่งตะวันแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหัวสดมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ บางพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักหัวสดเพิ่มขึ้นจนถึงเก็บเกี่ยว (HEL66 HEL335 และ KKKU Ac001) แต่บางพันธุ์น้ำหนักหัวสดลดลง (JA89 JA102 และ CN52867) เนื่องจากการเคลื่อนย้ายอาหารหรือคาร์โบไฮเดรตจากต้นสู่หัวแล้วอาหารที่สะสมในหัวจะสูญเสียไปในกระบวนการหายใจ ทำให้น้ำหนักหัวเมื่อเก็บเกี่ยวลดลง โดยพบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวพันธุ์ JA 89 มีน้ำหนักหัวสดสูงที่สุด (2,543 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือ JA102 (2,447 กิโลกรัมต่อไร่) HEL66 (2,108 กิโลกรัมต่อไร่) และ HEL335 (2,092 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid (brix)) ในแต่ละพันธุ์ที่อายุ 12 สัปดาห์หลังปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 19.9 ถึง 27.6 brix แต่ที่ระยะเก็บเกี่ยวปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

ในปี พ.ศ. 2549 รองศาสตราจารย์ ดร.สนั่น จอกลอย และคณะ ได้นำพันธุ์จากต่างประเทศเข้ามาปลูกทดสอบจำนวน 24 สายพันธุ์ และคัดเลือกสายพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า สายพันธุ์ KKKU Ac008 ให้ผลผลิตหัวสูง 2-3 ตันต่อไร่ ทั้งการปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้ง หัวมีขนาดใหญ่ มีแขนงน้อย รสชาติหวาน เหมาะที่จะรับประทานหัวสด และได้ให้ชื่อพันธุ์แ่งตะวันพันธุ์ใหม่นี้ว่า แ่งตะวันเบอร์ 1 นอกจากนี้ ยังมีแ่งตะวันอีก 2 พันธุ์ที่มีศักยภาพ คือ แ่งตะวันเบอร์ 2 (KKU Ac014) ที่ให้ผลผลิตสูง หัวมีขนาดใหญ่ มีแขนงน้อยมาก รสชาติหวาน มีความกรอบ เหมาะกับการใช้รับประทานสด และแ่งตะวันเบอร์ 3 มีลักษณะหัวเล็ก อายุสั้น หัวไม่มีแขนง รสชาติดี ซึ่งแ่งตะวันทั้ง 3 พันธุ์ได้แนะนำและส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จากการดำเนินการปรับปรุงพันธุ์แ่งตะวันมาอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2557 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำโดย รองศาสตราจารย์ ดร.สนั่น จอกลอย และคณะ ได้แนะนำแ่งตะวันพันธุ์ใหม่ “แ่งตะวัน 50-4” เป็นพันธุ์ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง โดยให้ผลผลิตสูงกว่าแ่งตะวันพันธุ์อื่นๆ โดยหัวจะมีขนาดใหญ่ แขนงน้อย รสชาติหวาน เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นอุตสาหกรรม โดยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วัน ให้ผลผลิตสูงถึง 4,164 กิโลกรัมต่อไร่<sup>9</sup>

**Table 2** Tuber fresh weight (t ha<sup>-1</sup>) of 15 Jerusalem artichoke clones grown at 9 environments during 2005-2008<sup>15</sup>

Genotype	Environment									Genotype mean
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
JA 37	14.10	18.40	26.20	16.40	13.50	16.40	31.60	12.70	12.50	18.00
JA 38	11.40	15.70	21.60	17.80	14.10	12.00	29.70	7.10	8.40	15.30
JA 67	7.50	6.20	21.50	7.20	5.00	7.40	26.20	3.00	11.00	10.50
JA 89	15.80	18.20	23.70	14.50	19.30	8.80	33.60	17.20	19.40	18.90
HEL 53	9.10	8.20	36.00	11.80	16.00	14.60	23.50	14.00	19.70	17.00
JA 102	8.50	7.90	23.10	7.80	16.60	12.10	38.90	9.30	14.20	15.40
HEL 335	8.60	7.30	27.50	5.60	15.30	6.70	31.10	7.80	14.50	14.20
HEL 231	11.70	14.80	27.50	9.20	22.30	13.70	27.60	14.90	15.30	17.40
HLE 69	11.60	5.50	29.40	8.80	14.70	11.60	31.10	7.20	21.80	15.80
HEL 61	10.60	8.10	26.40	11.40	13.50	10.70	30.40	10.10	20.20	15.70
HEL 65	21.30	19.70	25.60	8.20	15.40	10.20	31.00	5.60	13.50	16.70
HEL 68	12.60	8.60	30.60	9.60	11.30	11.60	30.60	9.20	21.10	16.10
HEL 66	7.90	9.00	28.40	9.60	16.60	13.70	30.30	9.20	15.70	15.60
CN 52867	17.90	22.80	26.00	14.40	14.10	26.30	26.10	10.10	11.80	18.80
KKU Ac 001	8.00	4.70	26.80	12.70	16.90	16.00	33.10	9.30	13.20	15.60
Environment mean	11.80	11.70	26.70	11.00	15.00	12.80	33.30	9.80	15.70	16.10
LSD	1.96	2.78	2.20	2.37	2.62	3.10	3.53	1.86	2.71	2.57

Environment identification: E1: KKU farm rainy season 2005, E2: KKU farm dry season 2006, E3: KKU farm dry season 2006, E4: KKU farm rainy season 2007, E5: KKU farm dry season 2007, E6: Udon Thani dry season 2007, E7: Chaiyaphum dry season 2007, E8: KKU farm rainy season 2008, E9: KKU farm dry season 2008

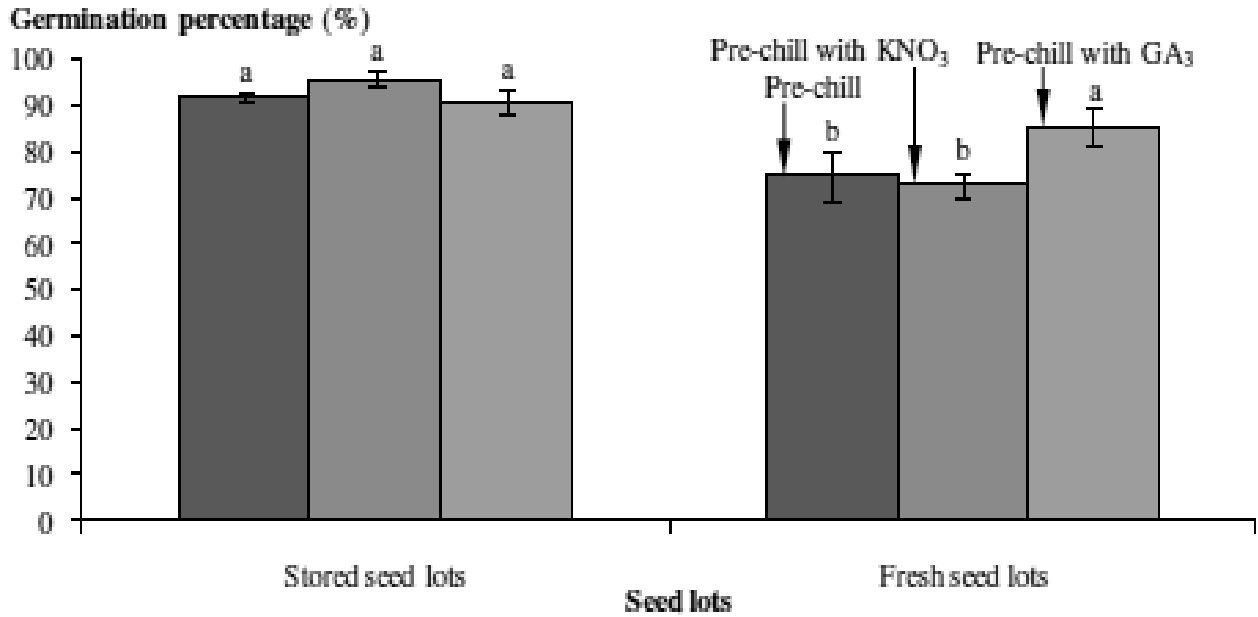
### ผลของส่วนขยายพันธุ์และวิธีการชักนำให้เกิดต้นอ่อนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน

การปลูกแก่นตะวันให้ได้ผลผลิตสูงนั้นจำเป็นต้องใช้ส่วนขยายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงและมีความสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่ที่เหมาะสม การขยายพันธุ์แก่นตะวันด้วยเมล็ดเกิดขึ้นได้น้อยมาก เพราะส่วนใหญ่ไม่ติดเมล็ด และที่สำคัญเมล็ดของแก่นตะวันมีการพักตัว โดยในสภาพธรรมชาติต้องใช้เวลา 1 ปีเป็นอย่างน้อยในการคลายการพักตัว จากการศึกษาของ Putha *et al.*<sup>16</sup> พบว่า เมล็ดแก่นตะวันที่ผ่านการแช่ด้วยกรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid) ความเข้มข้น 500 ppm ร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำ (pre-chilling) ที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นย้ายไปวางที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ทำให้เมล็ดแก่นตะวันงอกได้มากกว่า 85.3 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) ซึ่งผลจากการศึกษาดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขยายพันธุ์แก่นตะวันในโครงการปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น ยังมีข้อ

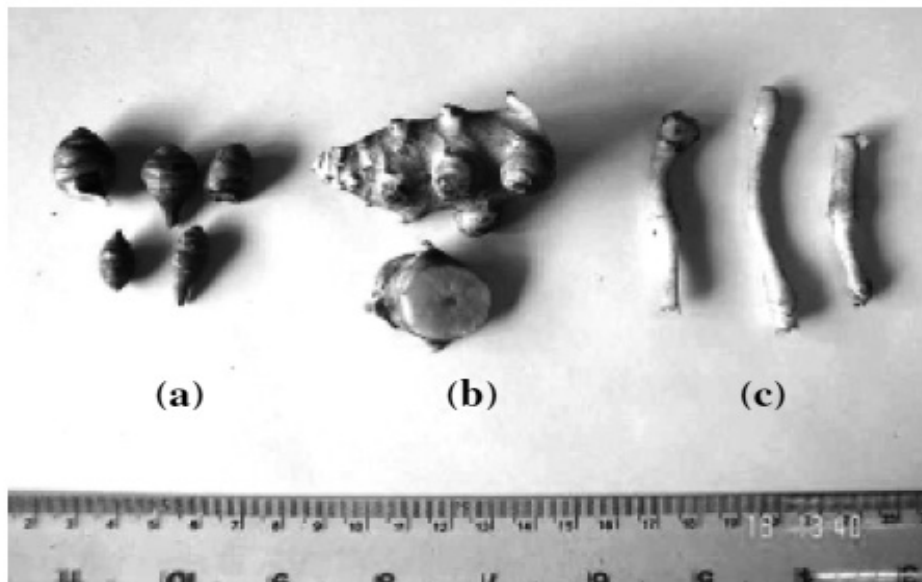
จำกัดในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับเกษตรกรหลายประการ ดังนั้นการใช้ส่วนหัวพันธุ์ในการขยายพันธุ์จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่การขยายพันธุ์โดยใช้หัวเป็นการสูญเสียวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรม เนื่องจากส่วนหัวเป็นส่วนเดียวของแก่นตะวันที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ สั้น และคณะ<sup>17</sup> จึงทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของชิ้นส่วนของหัวพันธุ์แก่นตะวันคือ หัวขนาดใหญ่ หัวขนาดเล็ก และส่วนของไหลซึ่งยังไม่ขยายเป็นหัว (Figure 3) พบว่า การเพาะโดยใช้ไหลส่วนปลายจะงอกต้นใหม่ได้อย่างรวดเร็ว โดยจะมีต้นงอก 50 เปอร์เซ็นต์ในช่วง 3-4 วัน ในขณะที่การใช้หัวพันธุ์ขนาดใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การงอกค่อนข้างช้า แต่มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่าการขยายพันธุ์ด้วยส่วนอื่นๆ (Table 3) เนื่องจากหัวขนาดใหญ่มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้เพื่อเป็นอาหารสำรองจึงมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่าชิ้นส่วนไหล ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของหัวที่การพัฒนายังไม่สมบูรณ์เต็มที่ นอกจากนี้ส่วนของหัวพันธุ์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความสูงต้นแก่นตะวันที่อายุ 85-99 วัน หลังปลูกแตกต่างกัน โดยวัดความสูงที่ 106 113 120 และ 127

วันหลังปลูก พบว่า การใช้หัวขนาดต่างๆ ไม่ทำให้ความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติ และส่วนของหัวที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ผลผลิตหัวสดแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าชิ้นส่วนหัวพันธุ์ขนาดใหญ่มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุด ผลจากการศึกษานี้

แสดงให้เห็นว่าการปลูกแทนตะวันสามารถใช้หัวพันธุ์ได้ทุกส่วน โดยการใช้ส่วนไหลหรือหัวขนาดเล็กสำหรับขยายพันธุ์จะช่วยลดการสูญเสียวัตถุดิบที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายค่าหัวพันธุ์ลงได้<sup>17</sup>



**Figure 2** Mean (n=4 for stored seed lots and n=6 for fresh seed lots) and standard error of germination percentage of Jerusalem artichoke in trial<sup>16</sup>



**Figure 3** Small tuber (a), big tuber (b), basal stolon, middle stolon and terminal stolon (c) (each has 2-3 buds)<sup>17</sup>

**Table 3** Percentage of emergence, plant height, and tuber fresh weight of Kaentawan planted with different tuber parts at 85, 92, 99, 106, 113, 120, and 127 days after planting<sup>17</sup>

Tuber parts	Percentage of emergence (%)	Plant height (cm) <sup>1</sup>							Yield (kg/rai)
		85 <sup>1</sup>	92	99	106	113	120	127	
small tuber	78.9	24.3 a	27.9	36.2 ab	43.3	45.4	45.6	45.8	518.66
big tuber	94.6	25.5 a	29.5	37.8 a	44.9	47.3	47.9	47.9	551.99
basal stolon	70.0	18.6 b	22.2	32.1 c	41.6	45.5	46.6	48.3	491.33
middle stolon	77.1	20.3 b	23.7	33.6 bc	43.0	47.3	48.0	46.7	469.33
terminal stolon	76.8	23.6 a	23.1	34.6 abc	49.3	47.5	48.7	48.8	516.66
F-test	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	22.80	9.23	8.39	7.70	8.32	7.14	7.49	7.44	23.04

<sup>1</sup> means with the same letter (s) are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT)

ns, \*, \*\* non-significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

การปลูกแก่ต้นด้วยให้ตัดหัวพันธุ์เป็นชิ้นเล็กๆ มีตาประมาณ 4-5 ตา แล้วนำหัวพันธุ์ไปปลูกลงแปลงโดยตรงนั้น พบว่าการงอกของหัวเป็นต้นอ่อนใช้เวลาแตกต่างกัน ซึ่งทำให้แก่ต้นมีอายุแตกต่างกัน การเลือกเฉพาะต้นที่งอกและมีขนาดเท่ากันที่เพาะชำในถุงพลาสติกนำไปปลูกเป็นวิธีการแก้ปัญหาข้างต้น แต่ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตอย่างมาก หากมีวิธีการกระตุ้นให้ต้นอ่อนงอกพร้อมๆ กัน ก่อนนำไปปลูกจะทำให้ได้ต้นอ่อนที่งอกสม่ำเสมอ และแก่ต้นมีอายุใกล้เคียงกัน จากการศึกษาของ สนั่น และคณะ<sup>18</sup> พบว่าการบ่มหัวพันธุ์แก่ต้นในถังพลาสติกที่ไม่ใส่แกลบดำขึ้น และการบ่มในถังพลาสติกใส่แกลบดำขึ้นทำให้แก่ต้นมีเปอร์เซ็นต์การงอก และความสม่ำเสมอของการงอกใกล้เคียงกัน ส่วนการเพาะหัวพันธุ์แก่ต้นในถุงพลาสติกที่ใส่แกลบดำไม่มีการงอกโดยเมื่อทำการประเมินที่อายุ 7 วันหลังเพาะ

และเมื่อปลูกทดสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าแก่ต้นในสภาพแปลงโดยทำการประเมินที่อายุ 7, 14 และ 21 วันหลังงอก พบว่า ชิ้นส่วนหัวพันธุ์แก่ต้นที่ผ่านการกระตุ้นการงอกแล้วและมีความยาว 1-3 เซนติเมตร (treatment 1) มีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าในแปลงสูงสุด รองลงมาคือชิ้นส่วนหัวแก่ต้นใหม่ที่ไม่ได้บ่มโดยให้ตาโผล่พื้นดิน 0-1 เซนติเมตร (treatment 2) และการปลูกหัวแก่ต้นที่ไม่ได้ผ่านการบ่มโดยวิธีฝังหัวลงในดินโดยตรงมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุดและมีอายุต่างกันมาก (Table 4) ดังนั้นเกษตรกรควรมีการชักนำให้เกิดต้นอ่อนโดยวิธีบ่มในแกลบดำขึ้นก่อนนำไปปลูกจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก ความสม่ำเสมอของต้นกล้า และทำให้ง่ายต่อการจัดการผลิตและการเก็บเกี่ยว อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

**Table 4** Percentage of field germination of Kaentawan tuber pieces with three methods evaluated at 7, 14 and 21 day after planting (DAP)<sup>18</sup>

Treatment <sup>1</sup>	Germination (%) <sup>2</sup>		
	7 DAP	14 DAP	21 DAP
1	100a	100a	100a
2	56b	64b	81a
3	5c	21c	30b
F-test	**	**	**
C.V. (%)	11.0	18.4	19.3

\*\* significant at 0.01 probability level

<sup>1</sup> 1. Germinating tuber pieces with bud length of 1-3 cm above soil surface, 2. Germinating tuber pieces with bud length of 0-1 cm above soil surface 3. Non-germinating tuber pieces with buds under soil surface.

<sup>2</sup> means with the same letter (s) in the same column are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT)

### ผลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน

เนื่องจากแก่นตะวันเป็นพืชวันสั้น การออกดอก การสะสมคาร์โบไฮเดรต และอายุเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับพันธุ์และความยาวของวันเป็นหลัก ดังนั้นอิทธิพลของวันปลูกถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพแก่นตะวัน Puangbut *et al.*<sup>19</sup> ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของวันปลูกและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารอินนูลินในแก่นตะวันจำนวน 3 พันธุ์ ระหว่างฤดูแล้งที่มีความแปรปรวนของสภาพอากาศสูง พบว่า การปลูกแก่นตะวันในช่วงอุณหภูมิต่ำ (10-16 องศาเซลเซียส) ทำให้น้ำหนักแห้งทั้งหมด ปริมาณอินนูลิน และผลผลิตอินนูลินลดลง แต่ลักษณะ

ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกแก่นตะวันในช่วงที่มีอากาศอบอุ่น (21-31 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถปลูกแก่นตะวันได้ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนมีนาคม แต่ช่วงวันปลูกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตแก่นตะวัน คือ เดือนมีนาคม และควรหลีกเลี่ยงการปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำและมีช่วงวันสั้น ทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตช้าลง แสดงอาการแคระแกร็น และให้ผลผลิตต่ำ (Table 5) ผลจากการศึกษานี้จะช่วยให้เกษตรกรวางแผนการผลิตแก่นตะวันในฤดูแล้งของเขตร้อนได้ และยังให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Puangbut *et al.*<sup>20</sup> ที่พบว่า อุณหภูมิอบอุ่นที่เหมาะสมจะช่วยให้การสะสมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (บรีกซ์) ในหัวแก่นตะวัน

**Table 5** Influence of planting dates and temperature sums on total dry weight, inulin content and inulin yield of three Jerusalem artichoke genotypes at seven planting dates during 2008/09<sup>19</sup>

Genotypes/ Planting dates	Temperature sums (°C)	Total dry weight (g/plant)	Inulin content (%)	Inulin yield (g/plant)
CN 52867				
20-Sep-08	2623	112.0±0.7	a	68.7±0.8
20-Oct-08	2409	58.9±1.4	d	66.8±1.0
20-Nov-08	2288	88.3±1.1	b	66.5±0.5
20-Dec-08	2759	41.6±0.4	e	64.1±0.4
20-Jan-09	3468	72.9±1.2	e	62.9±0.5
20-Feb-09	3697	62.3±0.5	cd	68.3±0.3
20-Mar-09	3511	60.3±1.1	cd	71.4±0.4
Mean	2965	70.9		67.0
JA 89				
20-Sep-08	2786	133.5±1.0	b	67.0±0.9
20-Oct-08	2506	62.5±0.6	d	66.7±0.7
20-Nov-08	2350	70.5±0.7	cd	63.2±0.8
20-Dec-08	2816	42.6±1.0	e	69.5±0.3
20-Jan-09	3385	67.8±0.9	cd	54.7±0.6
20-Feb-09	3783	79.4±0.2	c	62.5±0.6
20-Mar-09	3821	149.2±0.6	a	71.3±0.4
Mean	3064	86.5		65.0
HEL 65				
20-Sep-08	2786	128.5±1.0	a	64.5±0.6
20-Oct-08	2506	51.7±0.9	c	62.0±0.9
20-Nov-08	2673	67.0±0.9	b	59.4±0.7
20-Dec-08	2903	50.1±0.8	c	61.7±0.1
20-Jan-09	3385	63.3±1.0	b	60.0±0.4
20-Feb-09	3872	38.5±0.7	d	63.3±0.6
20-Mar-09	4242	68.0±0.5	b	67.1±0.2
Mean	3195	66.7		61.3

Data are presented as mean ± Standard error; Means in the same column with the same letters are not significantly different (at p < 0.05) by DMRT

### การจัดการน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน

แก่นตะวันเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่ของโลก และสามารถผลิตได้ในสภาพอากาศที่หลากหลาย ตั้งแต่พื้นที่อาศัยน้ำฝนรวมถึงพื้นที่ชลประทาน รวมไปถึงจนถึงภายใต้สภาพอากาศแห้ง เช่น ภูมิภาคแบบเมดิเตอร์เรเนียน<sup>21</sup> จากการศึกษาของ Montia et al.<sup>22</sup> พบว่า การให้น้ำนั้นไม่จำเป็นสำหรับการปลูกแก่นตะวันในพื้นที่ตอนเหนือของประเทศอิตาลี ซึ่งสอดคล้องกับ Dorrell and Shubey<sup>23</sup> ที่รายงานว่า การให้น้ำทำให้ปริมาณน้ำตาลในส่วนหัวแก่นตะวันลดลง แต่ผลผลิตไม่แตกต่างจากการปลูกโดยไม่มีระบบชลประทาน แต่ในการศึกษาของ Conde et al.<sup>24</sup> กลับพบว่าการให้น้ำมีความสำคัญต่อการผลิตแก่นตะวัน โดยเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตแก่นตะวันลดลง 20-22.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าแก่นตะวันมีการตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำรวดเร็วกว่าแหล่งของอินนูลินชนิดอื่นๆ เช่น sugar beet และ Chicory เป็นต้น เนื่องจากแก่นตะวันมีระบบรากที่แคบ ซึ่งลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Mastro et al.<sup>8</sup> ที่พบว่า การให้น้ำด้วยระบบพ่นฝอยเท่ากับความต้องการน้ำ (crop water requirements) ของแก่นตะวันทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 28.1-34.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแก่นตะวันที่ได้รับน้ำเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการน้ำ และการให้น้ำยังช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำตาลในส่วนหัวและรากของแก่นตะวันในระยะเก็บเกี่ยวได้ถึง 0.71 ตันต่อเฮคตาร์ ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นนี้มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหัวสด และการสะสมน้ำหนักแห้งด้วย จากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเขตรกรรรมช่วยเพิ่มผลผลิต และส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับแก่นตะวันได้

### การจัดการธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีความทนทานต่อดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้เป็นอย่างดี แต่การปลูกแก่นตะวันก็ควรใส่ปุ๋ยสูตร 6-12-6 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ถ้าหากดินมีความ

สมบูรณ์ต่ำก็ควรใส่ในอัตราที่สูงขึ้น และควรเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยการเติมอินทรีย์วัตถุหากมีการปลูกในพื้นที่ดินทราย<sup>7</sup> จากการศึกษาของ Rodrigues et al.<sup>21</sup> พบว่า แก่นตะวันเป็นพืชที่มีการตอบสนองต่อธาตุไนโตรเจนได้ดี โดยการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณ 100 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์ ทำให้แก่นตะวันมีผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 10,600 เป็น 15,000 กิโลกรัมต่อเฮคตาร์ และมีน้ำหนักต่อหัวเพิ่มขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไม่มีการเติมปุ๋ยไนโตรเจน อย่างไรก็ตามความต้องการธาตุอาหารของพืชนั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และแหล่งปลูก ดังนั้นจึงควรมีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารที่มีความจำเพาะเจาะจงสำหรับพันธุ์และแหล่งปลูกนั้นๆ และในปัจจุบันข้อมูลการจัดการผลิตแก่นตะวันอย่างเหมาะสมในประเทศไทยมีน้อยมาก การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวันสำหรับแหล่งปลูกต่างๆ จะใช้เป็นข้อมูลในการจัดการผลิตแก่นตะวันได้อย่างเหมาะสม สนั่น และคณะ<sup>25</sup> ทำการเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของแก่นตะวัน พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีที่อัตราต่างกันไม่ทำให้ความสูงต้นค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ค่าปริกซ์จำนวนหัวต่อต้น และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยที่ต่างกันมีผลให้น้ำหนักหัวสดต่อไร่ที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกแตกต่างกัน (Table 6) โดยที่ 60 วันหลังปลูก การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักหัวสดสูงที่สุด (1,209.25 และ 1,196.50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และที่ 90 วันหลังปลูก การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยคอก ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักสดสูงที่สุด (1,913.25 และ 1,896.75 กิโลกรัมต่อไร่) ดังนั้น การใช้ปุ๋ยคอกในอัตราดังกล่าวสามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีได้ เนื่องจากให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกัน อีกทั้งเป็นการลดต้นทุนให้กับเกษตรกร นอกจากนี้ หากมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมี ควรใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เพราะให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตรดังกล่าวในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย

**Table 6** Tuber fresh weight of Kaentawan as affected by different rate of cattle manure and chemical fertilizer at 60, 75 and 90 days after planting (DAP)<sup>25</sup>

Treatments	Tuber fresh weight (kg/rai) <sup>1</sup>		
	60 DAP	75 DAP	90 DAP
No fertilizer	758.00 b	978.50	1431.75 b
Cattle manure (1,000 kg/rai)	909.75 b	1161.25	1896.75 a
Fertilizer 12-24-12 (25 kg/rai)	1209.25 a	1260.50	1637.75 ab
Fertilizer 12-24-12 (50 kg/rai)	1196.50 a	1298.75	1913.25 a
F-test	*	ns	*
C.V. (%)	17.08	18.88	12.74

<sup>1</sup> means with the same letter (s) are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT)

ns, \* non-significant and significant at 0.05 probability levels

### ระยะเวลาเก็บเกี่ยวการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวัน

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรม การวางแผนการผลิตนั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกษตรกร ผู้รวบรวมวัตถุดิบ และอุตสาหกรรมที่ใช้แก่นตะวันเป็นวัตถุดิบสามารถวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับปริมาณที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลการวิจัยด้านการผลิตแก่นตะวันส่วนใหญ่อยู่ในเขตอบอุ่นที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากประเทศไทย เช่น ในเขตเมดิเตอร์เรเนียนได้แนะนำให้ปลูกแก่นตะวันในช่วงเดือนเมษายน และเก็บเกี่ยวในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม ซึ่งจะทำให้มีปริมาณผลผลิตหัวสด การสะสมน้ำหนักราก และปริมาณน้ำตาลต่อพื้นที่สูงกว่าการเก็บเกี่ยวในช่วงต้นเดือนตุลาคม เนื่องจากการเก็บเกี่ยวช้าทำให้น้ำตาลเคลื่อนที่จากส่วนลำต้นไปสะสมในหัวเพิ่มขึ้น<sup>8</sup> สำหรับภูมิอากาศเขตร้อน สนั่น และคณะ<sup>5</sup> ได้ทำการศึกษาระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการในแก่นตะวันพันธุ์ Kku Ac001 พบว่า เมื่อเก็บเกี่ยวแก่นตะวันที่ยอายุ 75 90 และ 105 วันหลังปลูก มีค่าพื้นที่ใบต่อต้นและดัชนีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการตายของใบบางส่วนในการเก็บเกี่ยวครั้งหลังๆ เมื่อใบมีอายุมากขึ้นทำให้เกิดการตายของใบ จึงทำให้มีดัชนีพื้นที่ใบลดลงเช่นเดียวกัน โดยในการทดลองนี้แก่นตะวันมีดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย

0.33 (Table 7) ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ โดยทั่วไปดัชนีพื้นที่ใบที่ 3.00 สามารถรับแสงได้ 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นของประชากรให้สูงขึ้นจะทำให้ดัชนีพื้นที่ใบสูงขึ้นและสามารถเพิ่มผลผลิตแก่นตะวันได้ ในการเก็บเกี่ยวแก่นตะวันที่ยอายุ 75 90 และ 105 วัน หลังปลูกพบว่า ลักษณะจำนวนหัวต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 9.87 หัวต่อต้น แต่เมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นจำนวนหัวต่อต้นกลับมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากหัวแก่นตะวันถูกเข้าทำลายโดยโรคโคนเน่าขาวภายใต้สภาพความชื้นและอุณหภูมิของแปลงทดลองสูง ในส่วนของลักษณะผลผลิตหัวสดและน้ำหนักแห้งของการเก็บเกี่ยวแก่นตะวันที่ยอายุ 75 90 และ 105 วันหลังปลูกพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน และไม่มีแนวโน้มลดลงด้วย แต่ทำให้น้ำหนักแห้งรากแตกต่างกัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนรากไปที่หัว และให้ผลเช่นเดียวกันในลักษณะดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ยอายุเก็บเกี่ยวต่างกันไม่ทำให้มีแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการลดลงของดัชนีพื้นที่ใบ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรสามารถยืดหยุ่นในการเลือกวันเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวแก่นตะวันได้ตั้งแต่อายุ 75 วันหลังปลูก และการชะลอการเก็บเกี่ยวจนถึงอายุ 105 วันหลังปลูก โดยที่ไม่ได้ทำให้ผลผลิตของแก่นตะวันลดลงแต่อย่างใด

**Table 7** Means for leaf area (LA), leaf area index (LAI), tuber number, fresh tuber weight, tuber dry matter, root dry matter, and harvest index (HI) of Kaentawan harvested at 75, 90, and 105 days after planting (DAP)<sup>5</sup>

Harvesting date	LA	LAI	Tuber number/ plant	Tuber fresh weight (Kg/rai)	Tuber dry matter (kg/rai)	Root dry matter (kg/rai)	HI
75	982.50	0.39	11.20	1,873.25	408.75	38.52 a	0.78
90	842.25	0.34	9.70	1,696.00	385.75	33.05 a	0.81
105	656.75	0.26	8.70	1,849.75	445.50	22.60 b	0.84
Mean	827.17	0.33	9.87	1,806.33	413.33	31.39	0.81
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
C.V. (%)	33.05	32.64	25.38	10.56	10.50	10.84	4.54

<sup>1</sup> means with the same letter (s) are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT)

ns, \*\* non-significant and significant at 0.01 probability levels, respectively

## สรุป

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีศักยภาพในหลายๆ ด้าน เช่น อาหารเพื่อสุขภาพ พืชพลังงานทางเลือก และอาหารเสริมชีวนะในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้แก่นตะวันยังเป็นพืชที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพที่ค่อนข้างแห้งแล้ง มีผลผลิตสูง ต้นทุนการผลิตต่ำ อายุสั้น และสามารถปลูกได้หลายรอบต่อปี ทำให้ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่พืชชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาและได้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมาไม่นาน ทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์และการจัดการผลิตแก่นตะวันในไทยยังมีอย่างจำกัด โดยข้อมูลส่วนใหญ่มาจากเขตอบอุ่นที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากประเทศไทย

จากการดำเนินการปรับปรุงพันธุ์แก่นตะวันมาอย่างต่อเนื่องทำให้ได้แก่นตะวันพันธุ์ใหม่ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพเขตร้อนได้ดีและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่าของพันธุ์เดิม และการจัดการผลิตบางประการยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแก่นตะวันได้

การปลูกแก่นตะวันสามารถใช้หัวพันธุ์ได้ทุกส่วน ซึ่งการใช้ส่วนไหลหรือหัวขนาดเล็กทำพันธุ์จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายค่าหัวพันธุ์ และควรบ่มหัวพันธุ์ในแอลกอฮอล์ก่อนนำไปปลูกจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก ความสม่ำเสมอของต้นกล้า ทำให้สะดวกต่อการจัดการผลิตและการเก็บเกี่ยว ช่วงเดือนมีนาคมเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันมากที่สุด และควรหลีกเลี่ยงการปลูกแก่นตะวันในฤดูหนาว

นอกจากนี้การให้น้ำและปุ๋ยยังสามารถเพิ่มผลผลิตแก่นตะวันได้เช่นเดียวกัน โดยการใช้ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และเกษตรกรยังสามารถ

ยืดหยุ่นในการเลือกวันเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ 75-105 วันหลังปลูก โดยไม่ได้ทำให้ผลผลิตของแก่นตะวันลดลงแต่อย่างใด

## เอกสารอ้างอิง

1. นิमित วรสุตร และสนั่น จอกลอย. อินนูลิน: สารสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน. แก่นเกษตร 2549;34(2):85-91.
2. สนั่น จอกลอย วีรยา ลาดบัวขาว และรัชนก มีแก้ว. แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.): พืชชนิดใหม่ใช้เป็นพลังงานทดแทน. แก่นเกษตร 2549;34(2):104-111.
3. ศิริพร ตันจอย ครรชิต จุดประสงค์ และประภาศรี ภูวเสถียร. อินนูลินและโอลิโกแซคคาไรด์เพื่อสุขภาพ. วารสารโภชนาการ 2553;45(2):2-13.
4. ยาวมาลย์ คำเจริญ ศรีสุตา ศิริเหล่าไพศาล และพัฒนาพงษ์ ธิสงค. บทบาทของแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) ในอาหารสัตว์. แก่นเกษตร 2549;34(2):92-103.
5. สนั่น จอกลอย รัชนก มีแก้ว ถวัลย์ เกษมาลา วิลาวรรณ ตูลา. ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวัน. แก่นเกษตร 2549;34(2):183-189.
6. สนั่น จอกลอย นิमित วรสุตร จิรยุทธ ดาระสา รัชนก มีแก้ว ถวัลย์ เกษมาลา และวิลาวรรณ ตูลา. ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวันพันธุ์ต่างๆ ในสภาพการเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. แก่นเกษตร 2549;34(2):139-150.
7. Schultheis JR. Growing Jerusalem artichoke. Available from <http://www.ces.ncsu.edu/hil/hil-1-a.html> Accessed October 1, 2014.
8. De Mastro G, Manolio G, Marzi V. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and Chicory (*Cicho-*



- rium intybus* L.): potential crops for inulin production in the Mediterranean area. Available from [www.lib.teiep.gr/images/stories/acta/.../629\\_47.pdf](http://www.lib.teiep.gr/images/stories/acta/.../629_47.pdf) Accessed October 1, 2014.
9. วารสารเคหการเกษตร. แก่นตะวันพันธุ์ใหม่ “50-4” หัวใหญ่ รสชาติดี คุณภาพเยี่ยม. ได้จาก <http://ns.kehaka-set.com/index.php/79-information/1414-50-4>
  10. แก่นตะวัน สรรพคุณและประโยชน์ของแก่นตะวัน 30 ข้อ. ได้จาก <http://frynn.com/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99/>
  11. พรทิพย์ วงศ์แก้ว. แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) ในประเทศไทยมีโอกาประสบภัยศัตรูพืชแบบไหนกัน. แก่นเกษตร 2549;34(2):112-123.
  12. Gunnarsson IB, Svensson SE, Johansson E, Karakashev D, Angelidaki I. Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as abiorefinery crop. *Ind Crop and Prod* 2014;56:231-240.
  13. ศิริพร ตันจ้อ ครรชิต จุดประสงค์ ชนัญชิตา ไชยโต และสนั่น จอกลอย. อินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันสายพันธุ์ต่างๆ. วารสารวิจัย มข 2555;17(21):25-34.
  14. Judprasong K, Tanjor S, Sungpuag P, Puwastien P. Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. *J Food Comp and Anal* 2011;24:642-649.
  15. Pimsaen W, Jogloy S, Suriharn B, Kesmala T, Pensuk V, Patanothai A. Genotype by environment (G × E) interactions for yield components of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Asian J Plant Sci* 2010;9(1):11-19.
  16. Puttha R, Goggi AS, Gleason ML, Jogloy S, Kesmala T, Vorasoot N, Banterng P, Patanothai A. Pre-chilling with gibberellic acid overcomes seed dormancy of Jerusalem artichoke. *Agron Sustain Dev* 2014; DOI 10.1007/s13593-014-0213-x
  17. สนั่น จอกลอย รัชณี พุทธิธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตูลา และถวัลย์ เกษมาลา. อิทธิพลของการใช้ส่วนขยายพันธุ์ต่อการงอก การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) 2549;34(2):151-156.
  18. สนั่น จอกลอย วิลาวรรณ ตูลา รัชนก มีแก้ว ถวัลย์ เกษมาลา. อิทธิพลของวิธีการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของหัวแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.). แก่นเกษตร 2549;34(2):157-163.
  19. Puangbut D, Jogloy S, Vorasoot N, Srijaranai S, Kesmala T, Holdbrook CC, Patanothai A. Influence of planting date and temperature on inulin content in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *AJCS* 2012;6(7):1159-1165.
  20. Puangbut D, Jogloy S, Srijaranai S, Vorasoot N, Kesmala T, Patanothai A. Rapid assessment of inulin content in *Helianthus tuberosus* L. tubers. *SABRAO J Breed Genet* 2011;43(2):188-200.
  21. Rodrigues MA, Sousa L, Cabanas JE, Arrobas M. Tuber yield and leaf mineral composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under different cropping practices. *Span J Agric Res* 2007;5(4):545-553.
  22. Monti A, Amaducci MT, Venturi G. Growth response and leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. *Eur J Agron* 2005;23:136-145.
  23. Dorrell DG, Chubby BB. Irrigation, fertilization, harvest date and storage effects on the reducing sugar and fructose concentrations of Jerusalem artichoke tubers. *Can J Plant Sci* 1977;57:591-597.
  24. Conde JR, Lenorio JL, Rodriguez-Maribona B, Ayerbet L. Tuber yield of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in relation to water stress. *Biomass Bioenerg* 1991;1(3):137-142.
  25. สนั่น จอกลอย รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตูลา ถวัลย์ เกษมาลา. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน. แก่นเกษตร 2549;34(2):170-182.

## รูปแบบการชักนำการเกิดแผลภายนอกร่างกายสัตว์ทดลอง: การทบทวนวรรณกรรม

### Induction of External Infection-models in Experimental Animals: A review

นิติมา ตติยอภิรดี<sup>1,2</sup>, วรัญญา จตุพรประเสริฐ<sup>2,3</sup>, กนกวรรณ จารุกำจร<sup>2,4\*</sup>

Nitima Tatiya-aphiradee<sup>1,2</sup>, Waranya Chatuphonprasert<sup>2,3</sup>, Kanokwan Jarukamjorn<sup>2,4\*</sup>

Received: February 2015 ; Accepted: May 2015

#### บทคัดย่อ

โรคติดเชื้อเป็นสาเหตุสำคัญหนึ่งของการสูญเสียชีวิต รวมไปถึงผลกระทบต่อภาวะทางเศรษฐกิจ การคิดค้นหรือพัฒนาใหม่เพื่อจัดการกับการติดเชื้อเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น การทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านเชื้อในหลอดทดลองสามารถบ่งบอกศักยภาพเบื้องต้นของสารทดสอบ แต่การยืนยันประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่แท้จริงจำเป็นต้องทำการศึกษาในสัตว์ทดลอง การทบทวนวรรณกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมวิธีการชักนำให้เกิดแผลที่ผิวหนังหรือภายนอกของสัตว์ทดลอง โดยแต่ละประเภทวิธีมีความแตกต่างกันตามหลักการการทำให้เกิดบาดแผล ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ทำให้เกิดแผล และลักษณะของบาดแผล ตลอดจนสายพันธุ์ของสัตว์ทดลองและเชื้อจุลชีพที่สนใจศึกษา โดยสามารถแบ่งได้ 5 ประเภทตามหลักการการชักนำการเกิดแผล ได้แก่ skin abrasion infection model, burn wound infection model, foreign body infection model, lacerated wound infection model และ excisional wound infection model ดังนั้น การเลือกใช้วิธีการชักนำการเกิดแผลจึงขึ้นอยู่กับพิจารณาของผู้ศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อให้สามารถนำข้อมูลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ได้จริงต่อไป

**คำสำคัญ:** การติดเชื้อภายนอก สัตว์ทดลองตัวแบบ การทดลองในสัตว์ทดลอง แผล

#### Abstract

Infection remains a leading cause of mortality and economic loss. Development of a new effective antimicrobial agent to combat infection is necessary. *In vitro* testing is investigated for basic potential, but it is insufficient to assure efficiency and efficacy of an antimicrobial agent. Hence, *in vivo* testing has been recognized as the essential study to provide reliable information and to support the *in vitro* data. This review aims to summarize models for the induction of external infections in experimental animals and categorize by the principles and equipment of the wound inductions, appearance of the wounds, and strains and species of animals, and microorganisms employed. The induction of external infection models in animals is divided into 5 categories including skin abrasion infection model, burn wound infection model, foreign body infection model, lacerated wound infection model and excisional wound infection model. Thus, the optimal wound induction model depends on the aim(s) of a study and consideration criteria of a researcher to gain the informative and applicable data.

**Keywords:** external infection, animal model, *in vivo*, wound

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

<sup>2</sup> กลุ่มวิจัยฤทธิ์ทางยาของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติโดยเทคโนโลยีชีวภาพทางเภสัชศาสตร์ (PANPB), คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>3</sup> อาจารย์, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ.มหาสารคาม 44150

<sup>4</sup> รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

\* Corresponding author : E-MAIL: kanok\_ja@kku.ac.th; Phone/Fax: +66 43 202 305/+66 43 202 379

<sup>1</sup> Candidate in Master degree of Sciences in Pharmaceutical Chemistry and Natural Products, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand

<sup>2</sup> Research Group for Pharmaceutical Activities of Natural Products using Pharmaceutical Biotechnology (PANPB), Faculty of Pharmaceutical Sciences, National Research University-Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand

<sup>3</sup> Lecturer, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150 Thailand

<sup>4</sup> Associate Professor, Division of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University 40002 Thailand

## Introduction

Despite intensive research over past decades, infection remains a leading cause of illness and disease.<sup>1</sup> From then to the present, researchers have done many investigations to seek an effective antimicrobial agent against infection. Using only *in vitro* testing is insufficient to confirm the effectiveness and efficacy of an antimicrobial agent. *In vivo* testing has become to be recognized as the essential study to provide reliable information and to support the *in vitro* data. The host-pathogen relationship and the complexity of the immune response to infection remain to be learned in order to develop a new therapy. Animal models have become standard tools for the study of external wound infections.<sup>2</sup> An experimental animal model is an important tool to assess the efficiency of an antimicrobial agent before the extensive studies are further performed in the clinical trial. Herewith, several methods to induce external infections in animals are critically reviewed. The animal infection models can be divided into 5 categories including 1) skin abrasion infection model, 2) burn wound infection model, 3) foreign body infection model, 4) lacerated wound infection model, and 5) excisional wound infection model. Five categories are divided by appearance or characteristics of the wounds. The review is informative and useful for a researcher in the related field to apply the appropriate or optimal method to induce the external infection in an animal correlated to the aim(s) of the study.

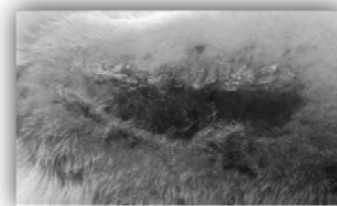
## Skin abrasion infection model

Skin abrasion is a wound that bruised or scratched off skin which can occur on any part of body. The wound is often contaminated from the environment and can develop into a severe lesion. Skin abrasion is the most common infection occur in the superficial skin including epidermis and upper layer of dermis. This model compiles 5 methods depending on the types of instruments to introduce the abraded wound including 1) tape stripping model, 2) needle scratch model, 3) blade scratch model, 4) sand surface model, and 5) dermatome model as follows.

## Tape stripping model

Fur is stripped from an anesthetized adult female BALB/c mouse by an elastic adhesive bandage (Tensoplast®) in the area of 2 cm<sup>2</sup> for 7-10 times until the skin becomes red and glisten. Regular bleeding was not observed. The method results in removal of most of the epidermis. Some basal epidermal cells remain. The skin was measured for transepidermal water loss (TEWL) by a DermaLab TEWL probe (Cortex Technology, Hadsund, Denmark) to reach approx. 70 g/m<sup>2</sup>h before applying a 5- $\mu$ l bacterial suspension (10<sup>7</sup> cells of *Staphylococcus aureus* FDA846) onto the skin. For analysis, a 2 cm<sup>2</sup>-wound was excised and homogenized in PBS (phosphate-buffered saline), and then the homogenates were plated in agar to evaluate the bacterial numbers (CFU) after the inoculation for 4 h.<sup>3</sup>

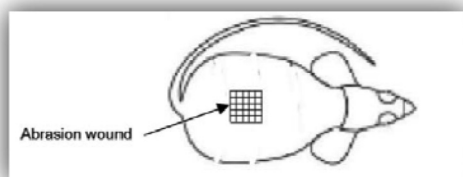
In the study of Pastagia et al.<sup>4</sup> the tape stripping infection was performed according to the approach of Kugelberg et al.<sup>3</sup> with some modifications. An anesthetized adult female BALB/c mouse was shaved with an electric razor on the 2 cm<sup>2</sup>-dorsum. Autoclave tape was used to strip the shaved area for approx. 15-20 times in succession and using a fresh piece of tape each time. The stripped skin visually shows reddening because of epidermis removal (Figure 1). TEWL was measured to standardize degree of irritation using VapoMeter instrument (Delfin Technologies, Kuopio, Finland). The result of shaved and tape-stripped skin was 75 g/m<sup>2</sup>h, on average. To grade the degree of inflammation, H&E stained skin section was prepared. A 5  $\mu$ l-bacterial suspension containing 10<sup>7</sup> cells of *S. aureus* was applied on the tape-stripped skin. After 4 h of the infection, the infected area was excised and homogenized for colony-counting.



**Figure 1** Tape-stripped area<sup>4</sup>

### Needle scratch model<sup>5</sup>

An adult female BALB/c mouse was administered two doses of cyclophosphamide to reduce peripheral blood neutrophils to less than 100/ml blood for fostering a more vulnerable environment in the mouse to infection. The first dose at 150 mg/kg was intraperitoneally injected at 4 d before the infection and the second dose at 100 mg/kg was done at 1 d before the infection. The mouse was anesthetized before making skin abrasion wounds by 28-gauge needles. The 6×6 crossed scratch lines within a defined 1×1 cm<sup>2</sup>-area were created on the dorsal surfaces (Figure 2). The stratum corneum and upper layer of the epidermis are damaged but not the dermis. An aliquot of 50 µl-bacterial suspension containing 10<sup>8</sup> CFU methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) was exposed to the wound. The skin photograph was taken by bioluminescence images after the inoculation using an ICCD photon-counting camera.

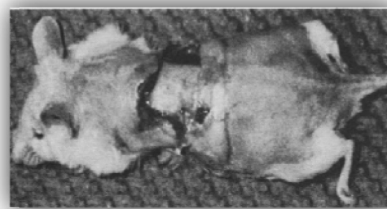


**Figure 2** Appearance of needle scratch diagram<sup>5</sup>

### Blade scratch model

An adult male CF-1 mouse was used for superficial cutaneous bacterial infections by blade scraping.<sup>6</sup> Four days before challenging microorganism, the mouse was intraperitoneally injected with cyclophosphamide at doses ranged from 0 to 150 mg/kg for immunosuppression. The mouse was anesthetized with pentobarbital sodium at a dose of 75 mg/kg before the infection. Fur was shaved and the remaining hair depilated using hair removal cream. On the following day, the mouse is anesthetized again before superficial wounding. The skin is shaved by scraping with a no. 24-scalpel blade until the skin become reddening. One drop (0.02 ml) of bacterial suspension containing 10<sup>5</sup> CFU (*S. aureus*, *S. saprophyticus*, *S. epidermidis*, or *Micrococcus luteus*) was applied to the wound. The wound site (approx. 10 mm<sup>2</sup>) was covered with

a sterile plastic film (15-mm<sup>2</sup>) and secured with a surgical tape to limit removal of the occlusive dressing. The dressing was removed at the indicated day to examine white-gray abscesses (Figure 3). Semi-quantitative bacterial analysis of the wound site was done by the modified technique of Leyden et al.<sup>7</sup> In brief, the trypticase soy agar is used to aerobically incubate for 48 h at 37°C. Bacterial counts were expressed as CFU per site. Eighty-nine percent of the mice developed large abscesses (15 mm-diameters) at the dose of 50 mg/kg cyclophosphamide and the inoculum of 10<sup>5</sup> CFU.



**Figure 3** Abscess formation at day 6 of after *S. aureus* Mi271 inoculation<sup>6</sup>

### Sand surface model

After anesthetization, the hairless SKH1 was prepared to perform a partial-thickness wound. The rotary tool with a sterile sanding attachment was repeatedly touching the back.<sup>8</sup> The skin and tissue become red and glistening (Figure 4).



**Figure 4** Photograph at dorsal of the back after wounding<sup>8</sup>

After wounding, the skin was cleaned tenderly. Bacterial suspension ( $2 \times 10^7$  CFU) of MRSA strain ATCC 33592 was inoculated on the wound. Moistened bandage with saline was dressed to maintain a moist wound. After 24 h, the wound-surface was visibly changed (Figure 5).

The nature of the infection was examined by quantitative microscopy and microbiology. The wound biopsy samples were performed. Bacterial counts were at 4 h after the inoculation.



**Figure 5** Wound surface at 24 hours after MRSA inoculated with MRSA for<sup>8</sup>

### Burn wound infection model

The burn wound infection is categorized by a different heating source including gas flame, ethanol burn, boiling water, preheated single metal bar, and preheated double brass block. The wound location is usually located on the shaved back. To induce infection, bacterial suspension is topically applied on the wound or subcutaneously injected.

### Gas flame burn model

Pathogenesis of MRSA<sup>9</sup> or *Enterococcus faecalis* translocation<sup>10</sup> in immunodeficient mice with thermal injury was performed using a gas flame burn model. Seven to eight weeks old SCIDbg mouse (Severe combined immunodeficiency beige mouse) is anesthetized and the back is shaved from groin to axilla. An insulated mold (with a 2.5×3.5 cm<sup>2</sup>-window) was pressed firmly on the skin. The opening area was exposed to the gas flame for 9 s by a Bunsen burner. The 15% total body surface area burned by this procedure was in the third degree. After the thermal injury, a 1 ml-saline was intraperitoneally injected for fluid resuscitation. The MRSA (2×10<sup>3</sup> CFU/mouse) was applied on the wound at the day 2 after being injured. The mean survival time in days and the survival percentage at 7 d after the infection were the criteria to evaluate the infection.

### Ethanol burn model

This model was employed to study the pathogenesis of *P. aeruginosa*<sup>11,12</sup> and *Klebsiella pneumoniae*,<sup>13</sup> including the local delivery of polyclonal immunoglobulin against the burn infection.<sup>14</sup> An adult female CF1 mouse was anesthetized and the back is shaved. An asbestos board with an opening 30% of total body surface area

was pressed onto the skin. Ethanol was spread on the exposed skin and ignited, then leaved for 10 s to allow burning. The inoculum (100 CFU of *P. aeruginosa*) was subcutaneously injected to the burned area which exposed with ethanol. After 20 h of the infection, the mouse appears moribund.

### Boiling water burn model

Rumbaugh et al.<sup>15</sup> and McVay et al.<sup>16</sup> performed the modified burned mouse model of Steritz and Holder.<sup>11</sup> An adult female ND4 Swiss Webster mouse was anesthetized. The back is shaved and uncovered by placing into the template with an opening 4.5×1.8 cm<sup>2</sup>. About 15% total body surface area of the mouse was exposed to 90°C water for 10 s through a template to injure the full-thickness skin. This injury was nonlethal. A 0.8 ml of 0.9% NaCl solution is subcutaneously injected to the burn as fluid replacement therapy. A 100 µl of bacteria suspension (2-3×10<sup>2</sup> CFU of *P. aeruginosa*) is subcutaneously injected directly under the burn skin or a 100 µl of sterile PBS for the control mouse. Mortality of the mouse is monitored for 4-5 d after the inoculation. The mouse was killed at 96 h-post-infection and the internal organs are weighed and homogenized.

### Preheated single metal bar burn model

Orenstein et al.<sup>17</sup> developed a preheated single metal bar burn model. A guinea pig was anesthetized and the back is shaved and depilated. A copper plate of 1×1×3 cm<sup>3</sup> equipped with a handle was heated to 150°C. The heated plate is placed on the skin for 10 s. This procedure results in the third degree burn. After the burning for 15 min, a 1 ml-*S. aureus* suspension (containing 10<sup>8</sup> cells/ml) is smeared on the wound. The burned surface was wrapped by a gauze pad. After the infection for 24 h, the bacterial count in the untreated burns was reached 2×10<sup>9</sup> CFU/g eschar.

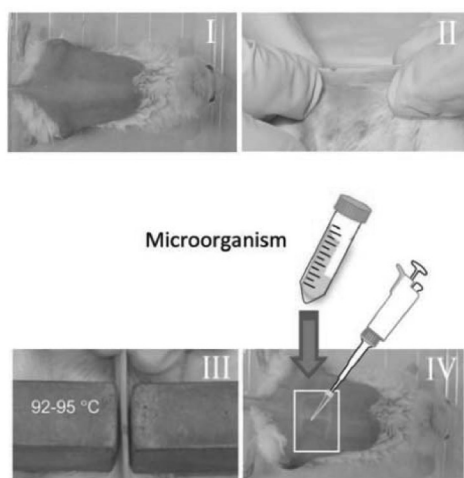
### Preheated double brass block burn model

Stevens<sup>18</sup> performed a preheated double brass block. An adult CD1 mouse was anesthetized and shaved on the back. The two pre-heated brass blocks (92–95°C)

are applied to the opposing sides of the elevated skin folder on the back for 5 s, corresponding to 5% total body surface area. After the burning, *P. aeruginosa* ( $10\text{--}10^6$  CFU) was intradermally injected to the wound (Figure 6). Ten days after the inoculation, the survival rate was 60%. This model was employed with some modifications in order to assess the potency of antimicrobial photodynamic therapy (PDT) and chitosan acetate bandage for the burn infection.<sup>20,21,22</sup>

### Foreign body infection model

The foreign body infection model was divided into 5 methods according to the different types of the foreign bodies induced infections, including 1) suture, 2) catheter, 3) filter paper, 4) microcarrier beads, and 5) sand. The wound is made from superficial site down to muscle.



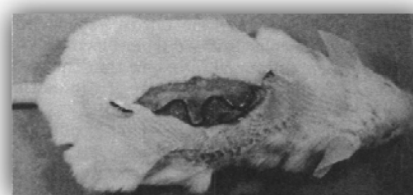
**Figure 6** Preheated double brass block burn procedure. I = the back of mouse was shaved, II = elevate skin folder on the back, III = preheated double brass block were press down on the skin folder, IV = bacterial suspension is applied to the burn surface<sup>19</sup>

### Suture infection model

This model was developed by McRipley and Whitney<sup>23</sup> by creating superficial surgical incision on the back of a mouse. A female CF-1 mouse was anesthetized and the back was shaved. The thread was cut into a 5

cm-segmented and put into boiling water for 5 min. The segmented thread was allowed to cool down and removed excess water by absorbing with a sterile paper. The segmented thread was placed into bacterial suspension (*S. aureus* or *P. aeruginosa*) and mixed on a vortex mixer for 10 s. The segmented was allowed to soak in the inoculum for 30 min. Approx.  $10^3$  cells were adsorbed on each segment of thread during this period. The segment was removed from the bacterial suspension and dried before using. The superficial longitudinal midline incision,  $2.3\pm 0.2$  cm in length, was produced extending down to the panniculus carnosus. The other side of the incision was retracted. The contaminated suture inserted through the to produce infection by a suturing needle. The end of the suture was fixed with rubber cement. The wound was eventually covered approx. 6% total body surface area of the mouse (Figure 7). Tissue bacterial count was done by homogenizing the biopsy sample from the infected wound.

In 2007 Yarboro et al.<sup>24</sup> used a gauge stainless-steel suture to promote infection. An adult female Sprague-Dawley rat was anesthetized. The lateral aspect of the right thigh was shaved and cleaned with povidone iodine before being incised with scissors to open a 10 mm-longitudinal. The blunt dissection was done to form the pocket  $2\times 2$  cm<sup>2</sup> in the quadriceps muscle down to the femur. To promote the infection, a 32-gauge stainless-steel suture was placed inside the wound around the femur. Gentamicin-sensitive *S. aureus* suspension ( $8.0\times 10^5$  CFU) is pipetted into the pocket. The incision is superficially closed with skin clips. The specimen from the wound is obtained for quantitative culture. High mortality is observed (6 of 9).



**Figure 7** Superficial incision suture model<sup>23</sup>

### Catheter infection model

The foreign body infection using a catheter was performed by Espersen et al.<sup>25</sup> An adult female CF-1 mouse is anesthetized. The silicone catheter with a 2.8 mm-internal diameter and a 4.9 mm-external diameter was cut into 1.5 cm. The segmented catheter was contained 2 ml of beef broth supplemented with 20% (v/v) citrated human blood and incubated at 37°C for 3 d. On the day of infection, the mouse was incised for 1 cm on the lateral abdomen under sterile technique. The catheter was left in the peritoneal cavity and closed. After the operation for 18 h, the suture was removed. At approximately 1 h after the operation, the infection is produced by intraperitoneal injection of 1 ml-*S. aureus* E2371 at various concentrations ( $2.1 \times 10^3$  to  $2.5 \times 10^9$  CFU) into the lateral abdominal wall opposite the catheter operated wound. A challenge dose greater than  $1 \times 10^5$  CFU gives nearly 100% infection rate, while an inoculum of greater than  $5 \times 10^8$  CFU results in mortality. The infection persists at least 30 d, an intra-abdominal abscess surrounding the catheter is observed. Microscopy was done; smears were made from the catheter washing and aspirates. The light microscopy is established for quantitative assessment.

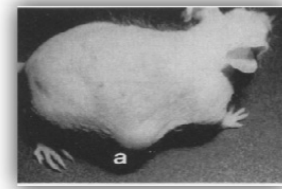
### Filter paper infection model

In 1982, Actor and Grappel<sup>26</sup> performed the infection in a mouse using a filter paper disc as a foreign body. The albino Webster-derived CD-1 mouse was anesthetized. The incision was created in the midline of ventral abdomen. The infection was made by soaking filter paper disc (6.35 mm-diameter) with 10% sterile carrageenan solution mixed with microorganisms (*Bacteroides fragilis* and *Escherichia coli* of  $10^5$ - $10^8$  CFU) and placed in the underlying subcutaneous tissue. The organisms spread from the local site and lethality was reported.

### Microcarrier beads infection model

Another foreign body model was reported by Ford et al.,<sup>27</sup> Bunce et al.,<sup>28</sup> and Engleberg et al.<sup>29</sup> using organism mix with microcarrier beads (Cytodex-I®). Microcarriers act as the abscess promoter in the formation of subcutaneous abscess. Dextran or gelatin microbeads

are mixed with *S. aureus* ( $2 \times 10^6$  CFU) and subcutaneously injected into the CF-1.<sup>27</sup> The abscess that developed with microcarriers was attained a diameter of up to 1.5 cm and persisted for several days (Figure 8).

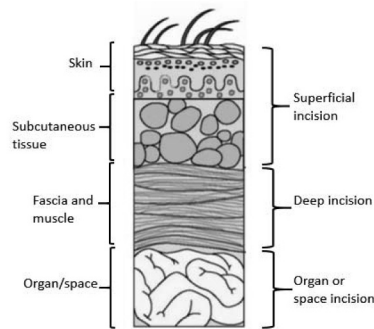


**Figure 8** Microbeads mixed with inoculum induced abscess at the day 12 after the infection<sup>28</sup>

### Sand induced infection model<sup>30</sup>

A male SD rat was anesthetized and kept warm during the surgery on a heating pad. Hair on the back was clipped. The skin is incised through the back skin, parallel to the vertebral column (5 mm-lateral and 4 cm in length). The 1 cm-depth-incision underlies into paraspinous muscle. To promote the infection, sterile sand (100 mg) was placed in the wound and inoculated with 100  $\mu$ l of MRSA suspension ( $5.0 \times 10^7$  CFU). The wound was closed with surgical staples. Three days after the infection, lethality was observed. On the third day of the post-infection, the survival animal was re-anesthetized. The paraspinous incision was examined for clinical evidence of the infection. Presence of an abscess or frank pus within the wound is defined.

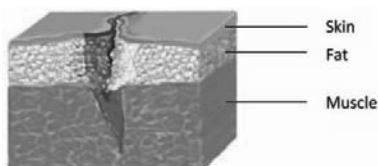
The depth of the surgical infection-site (Figure 9) with the foreign body was classified into superficial, deep, and organ or space incisions. The superficial incisions were reported by McRipley and Whitney,<sup>23</sup> Espersen et al.,<sup>25</sup> Actor and Grappel,<sup>26</sup> and Ford et al.<sup>27</sup> The deep incision was described by Fallon et al.<sup>30</sup> and the organ or space incision was reported by Yarboro et al.<sup>24</sup> For deep and organ incision, it requires a larger animal than a small rodent because the size of a small rodent is not sufficient to perform the lesion.



**Figure 9** The depth of incision is classified as superficial, deep, and organ or space incision<sup>19</sup>

### Lacerated wound infection model

A lacerated wound results from a blunt trauma involving separation of skin or other tissue, i.e., tendon, ligament, muscle, blood vessel, or bone (Figure 10). This model has been developed in a rat and a guinea pig. The wound is performed by making incisions in various lengths and depths. This model is divided into 2 methods depending on appearance of the lesion including non-crushed and crushed lacerated wounds.



**Figure 10** Schematic depiction of laceration wound<sup>19</sup>

### Non-crushed lacerated wound infection

The first lacerated wound infection in an animal was examined by Edlich et al.<sup>31</sup> An albino guinea pig was employed. The hair on the back was depilated and cleaned. Two to three cm-incisions were made parallel and equidistant from the vertebral column through the subcutaneous tissue down to the fascia using a modified non-crushing intestinal clamp and a surgical blade. After the incision for 5 min, 10 µl of bacterial suspension containing  $10^7$  CFU of *S. aureus* was introduced to the wound. At the end of the experiment, purulent exudate was observed.

### Crushed lacerated wound infection

A guinea pig was used to design an animal bite wound model by inoculation of three species of organisms on the crushed incision.<sup>32</sup> An adult albino guinea pig was anesthetized. The dorsal hair was clipped and removed with a hair remover agent. The skin was cleaned with 70% ethanol and povidone-iodine solution. The dorsum was cut by four paravertebral lacerations (2 cm-long and 2 cm-apart) using a no. 15-scalpel. The hemostat was clamped along the wound edge for 1.5 cm-length of the epidermal/dermal junction to make the crush for 5 s. The inoculum was prepared by mixing various bacteria strains including *S. aureus*, *B. fragilis* and *Pasteurella multocida* ( $4-6 \times 10^8$  CFU/ml) before a 0.4 ml-aliquot of inoculum was loaded into the wound. Each wound was covered with a transparent dressing. Erythema, induration, and purulence were observed at day 6 of the bacterial inoculation. The tissue specimen was weighed immediately after the excision followed by performing microbiology laboratory for quantitative bacteriologic analysis.

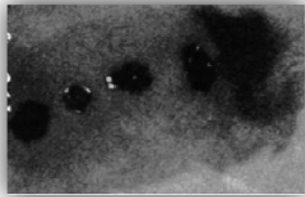
### Excisional wound infection model

Excisional wound infection was performed by removing the target tissue by excisional surgery. The shape of the wound was either square or round. Most of excisional wounds are produced by removal of only the full-thickness skin, but not injured underlying muscle.

An adult male BALB/c mouse was anesthetized.<sup>33</sup> The back was shaved and depilated. The four full thickness excisional wounds were made along the dorsal surface using surgical scissors and forceps. The size of wound is approx.  $8 \times 12.5$  mm<sup>2</sup> and each wound had at least a 5 mm-unbroken skin. The base of the wound was panniculus carnosus. The microorganism ( $5 \times 10^6$  cells of mid-log phase bioluminescent *E. coli*) in a 50 µl-PBS was applied to the wound. The infected wound in the living mouse showed only a slight loss of bacterial luminescence over a period of 4 h (Figure 11).



A punch biopsy instrument makes an excisional wound. An adult female mutant diabetic mouse was used. The hair on the dorsum is clipped gently. The excisional wound was prepared on the shaved back using a punch biopsy instrument (3 mm-diameter). Each wound was inoculated by a 30  $\mu$ l bacterial suspension ( $1 \times 10^5$  CFU of MRSA in PBS) and covered with a sterilized transparent dressing. The wound was stained with hematoxylin and eosin (H&E) to follow up the infection. Gram staining of the MRSA-infected wound shows numerous gram-positive cocci.<sup>34</sup>



**Figure 11** Bioluminescence images of four excisional wounds at the 24 hours post-infection<sup>33</sup>

In another study, an adult Lewis or Sprague Dawley rat was anesthetized and sheared dorsally. The incision was made to the skin, dorsolaterally just anterior to the pelvis approx. 1 inch<sup>2</sup> under sterile technique. The depth of the incision extended through the full thickness of skin, but it does not injure the panniculus carnosus or underlying muscle. The anteromedial corner of the incised skin was lifted with a toothed forceps and carefully dissected away from the panniculus using the index finger wrapped in a gauze pad (Figure 12). *P. aeruginosa* ( $10^7$  CFU) was pipetted to the wound above the panniculus carnosus.<sup>35</sup> Quantitative extraction of bacteria from the surface wounds was done.



**Figure 12** Removal technique of the full thickness skin flap<sup>35</sup>

## Conclusions

Animal models have become a standard tool for the study of a wide array of external wound infection. The models are different in species of animals, strains and concentration of microorganisms, the wound types, including the depth and location of the wound. The animals usually employed include mouse, rat, rabbit, and guinea pig. The strains of microorganisms commonly investigated are aerobic bacteria, i.e., *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, and *P. aeruginosa*.

The skin abrasion model was classified into 5 methods. Either dorsal or abdominal surface was abraded by different instruments including elastic bandage, needle, blade, sand surface material, and dermatome, which are commonly available. The procedure was not complicated, except the dermatome model. The animal was injured at the superficial level and can survive for a long period of the investigation.

The burn wound infection was divided by sources of heating or burning, including gas flame, burning ethanol bath, boiling water, pre-heated single metal bar, and pre-heated double brass block. The skin was burned in the range of 5 – 30% total body surface area. The infection was induced by applying the organism on the burned surface. The survival rate was recorded and the lesion was homogenized for microbiological investigation. The mortality rate was observed. However, this model was not suitable for a long term-study.

The foreign body infection models were reported with several materials including segmented suture, segmented catheter, filter paper disc, microcarrier beads, and sand. The depth of the wound was classified into three layers, e.g., superficial (down to the muscle), deep (1-2 cm into the muscle), and organ or space incision. The surgical site was made in different locations such as abdomen, back, thigh, and flank. The assessment was commonly done by quantitative determination of bacteria in the homogenized tissue.

Table 1. Induction of external wound infection in experimental animals.

Models	Procedure	Remark
<b>Skin abrasion infection model</b>		
Mouse-BALB/C, CF-1, SKH1	The animal is anesthetized and shaved on the target skin. The instrument (elastic bandage, needle, blade, sand surface equipment, and electro-dermatome) is used to make skin-abrasion. The inoculum is applied on the wound to promote the infection.	The animal is injured only the superficial level and can survive for a long period.
<b>Burn wound infection</b>		
Mouse-SCIDbg, CD-1, ND4 Swiss Webster Guinea pig	The animal is anesthetized and shaved on the target skin. Gas flame, boiling water, ethanol, preheated metal bar, or brass block is used as a heating source to make eschar on the skin. The normal saline may use for resuscitation. The bacterial suspension is applied on the burn skin or injected subcutaneously.	The size of burn range from 5%-30% total body surface area. The mortality rate is observed.
<b>Foreign body infection model</b>		
Mouse-CF-1, Albino Webster-derived CD-1 Rat-Sprague-Dawley	The animal is anesthetized and shaved on the target skin. Thread suture, stainless steel suture, segmented catheter, filter paper disc, microcarrier beads, or sterile sand is placed in the incision to introduce the infection. The organism is applied to the wound or injected subcutaneously.	The depth of this model is classified into superficial, deep and organ/space infection.
<b>Lacerated wound infection model</b>		
Guinea pig	The animal is anesthetized and shaved on the target skin. The incision is made down to the fascia and the bacterial suspension is applied to the wound. The hemostat is used for clamp along the wound edge before the infection in the crushed-lacerated wound.	Deep laceration with devitalized tissue is more prone to infection.
<b>Excisional infection model</b>		
Mouse-BALB/C Rat-Sprague-Dawley	The animal is anesthetized and shaved on the target skin. Full thickness wound is prepared on the skin in various sites using scissors, punch biopsy instrument, or scalpel. The wound is inoculated with bacterial suspension.	The excisional wound is produced by removing the full thickness skin but no injury to the underlying muscle and resulting in prolong healing.

## References

1. Cheadle WG, Turina M. Infection and organ failure in the surgical patient: a tribute to seminal contributions by Hiram C. Polk, Jr, MD. *Am J Surg* 2005;190:173-7.
2. Zak O, O' Reilly T. Animal models in the evaluation of antimicrobial agents. *Antimicrob Agents Chemother* 1991;35:1527-31.
3. Kugelberg E, Norström T, Petersen TK, Duvold T, Andersson DI, Hughes D. Establishment of a superficial skin infection model in mice by using *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. *Antimicrob Agents Chemother* 2005;49:3435-41.
4. Pastagia M, Euler C, Chahales P, Fuentes-Duculan J, Krueger JG, Fischetti VA. A Novel chimeric lysin shows superiority to mupirocin for skin decolonization of methicillin-resistant and sensitive *Staphylococcus aureus* strains. *Antimicrob Agents Chemother* 2001;55:738-44.
5. Dai T, Tegos GP, Zhiyentayev T, Mylonakis E, Hamblin MR. Photodynamic therapy for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in a mouse skin abrasion model. *Laser Surg Med* 2010;42:38-44.
6. Kraft WG, Johnson PT, David BC, Morgan DR. Cutaneous infection in normal and immunocompromised mice. *Infect Immun* 1986;52:707-13.
7. Leyden JJ, Stewart R, Kligman AM. Experimental infections with group A streptococci in humans. *J Invest Dermatol* 1980;75:196-201.
8. Roche ED, Renick PJ, Tetens SP, Carson DL. A model for evaluating topical antimicrobial efficacy against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* biofilms in superficial murine wounds. *Antimicrob Agents Chemother* 2012;56:4508-10.
9. Katakura T, Yoshida T, Kobayashi M, Herndon DN, Suzuki F. Immunological control of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) infection in an immunodeficient murine model of thermal injuries. *Clin Exp Immunol* 2005;142:419-25.
10. Shigematsu K, Asai A, Kobayashi M, Herndon DN, Suzuki F. *Enterococcus faecalis* translocation in mice with severe burn injury: a pathogenic role of CCL2 and alternatively activated macrophages (M2aM $\Phi$  and M2cM $\Phi$ ). *J Leukoc Biol* 2009;86:999-1005.
11. Steritz DD, Holder IA. Experimental studies of the pathogenesis of infections due to *Pseudomonas aeruginosa*: description of a burned mouse model. *J Infect Dis* 1975;131:688-91.
12. Cryz SJ, Furer E, Germanier R. Prevention of fatal experimental burn-wound sepsis due to *Klebsiella pneumoniae* KP1-O by immunization with homologous capsular polysaccharide. *J Infect Dis* 1984;150:817-22.
13. Cryz SJ, Furer E, Germanier R. Experimental *Klebsiella pneumoniae* burn wound sepsis: role of capsular polysaccharide. *Infect Immun* 1984;43:440-1.
14. Felts AG, Giridhar G, Grainger DW, Slunt JB. Efficacy of locally delivered polyclonal immunoglobulin against *Pseudomonas aeruginosa* infection in a murine burn wound model. *Burns* 1999;25:415-23.
15. Rumbaugh KP, Griswold JA, Iglewski BH, Hamood AN. Contribution of quorum sensing to the virulence of *Pseudomonas aeruginosa* in burn wound infections. *Infect Immun* 1999;67:5854-62.
16. McVay CS, Velásquez M, Fralick JA. Phage therapy of *Pseudomonas aeruginosa* infection in a mouse burn wound model. *Antimicrob Agents Chemother* 2007;51:1934-8.
17. Orenstein A, Klein D, Kopolovic J, Winkler E, Malik Z, Keller N, et al. The use of porphyrins for eradication of *Staphylococcus aureus* in burn wound infections. *FEMS Immunol Med Microbiol* 1997;19:307-14.
18. Stevens EJ, Ryan CM, Friedberg JS, Barnhill RL, Yarmush ML, Tompkins RG. A quantitative model of invasive *Pseudomonas* infection in burn injury. *J Burn Care Res* 1994;15:232-5.
19. Dai T, Kharkwal GB, Tanaka M, Huang YY, Bil de Arce VJB, Hamblin MR. Animal models of external traumatic wound infections. *Virulence* 2011;2:296-315.
20. Dai T, Tegos GP, Lu Z, Huang L, Zhiyentayev T, Franklin MJ, et al. Photodynamic therapy for *Acinetobacter baumannii* burn infections in mice. *Antimicrob Agents Chemother* 2000;53:3929-34.

21. Dai T, Tegos GP, Burkatovskaya M, Castano AP, Hamblin MR. Chitosan acetate bandage as a topical antimicrobial dressing for infected burns. *Antimicrob Agents Chemother* 2009;53:393-400.
22. Ragàs X, Sánchez-García D, Ruiz-González R, Dai T, Agut M, Hamblin MR, Nonell S. Cationic porphycenes as potential photosensitizers for antimicrobial photodynamic therapy. *J Med Chem* 2010;53:7796-803.
23. McRipley RJ, Whitney RR. Characterization and quantitation of experimental surgical-wound infections used to evaluate topical antibacterial agents. *Antimicrob Agents Chemother* 1976;10:38-44.
24. Yarboro SR, Baum EJ, Dahners LE. Locally administered antibiotics for prophylaxis against surgical wound infection. *J Bone Joint Surg* 2007;89:929-33.
25. Espersen F, Frimodt-Møller N, Corneliussen L, Riber U, Rosdahl VT, Skinhøj P. Effect of treatment with methicillin and gentamicin in a new experimental mouse model of foreign body infection. *Antimicrob Agents Chemother* 1994;38:2047-53.
26. Actor P, Grappel SF. Efficacy of ceftizoxime and related compounds in animal models of infection. *J Antimicrob Chemother* 1982;10:81-9.
27. Ford CW, Hamel JC, Stapert D, Yancey, RJ. Establishment of an experimental model of a *Staphylococcus aureus* abscess in mice by use of dextran and gelatin microcarriers. *J Med Microbiol* 1989;28:259-66.
28. Bunce C, Wheeler L, Reed G, Musser J, Barg N. Murine model of cutaneous infection with gram-positive cocci. *Infect Immun* 1992;60:2636-40.
29. Engleberg NC, Heath A, Miller A, Rivera C, DiRita VJ. Spontaneous mutations in the CsrRS two-component regulatory system of *Streptococcus pyogenes* result in enhanced virulence in a murine model of skin and soft tissue infection. *J Infect Dis* 2001;183:1043-54.
30. Fallon MT, Shafer W, Jacob E. Use of cefazolin microspheres to treat localized methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in rats. *J Surg Res* 1999;86:97-102.
31. Edlich RF, Tsung MS, Rogers W, Rogers P, Wangensteen OH. Studies in management of the contaminated wound: I. Technique of closure of such wounds together with a note on a reproducible experimental model. *J Surg Res* 1968;8:585-92.
32. Lammers R, Henry C, Howell J. Bacterial counts in experimental, contaminated crush wounds irrigated with various concentrations of cefazolin and penicillin. *Am J Emerg Med* 2001;19:1-5.
33. Hamblin MR, O'Donnell DA, Murthy N, Contag CH, Hasan T. Rapid control of wound infections by targeted photodynamic therapy monitored by *in vivo* bioluminescence imaging. *Photochem Photobiol* 2002;75:51-7.
34. Shi CM, Nakao H, Yamazaki M, Tsuboi R, Ogawa H. Mixture of sugar and povidone-iodine stimulates healing of MRSA-infected skin ulcers on db/db mice. *Arch Dermatol Res* 2007;299:449-56.
35. Saymen DG, Nathan P, Holder IA, Hill EO, Macmillan BG. Infected surface wound: an experimental model and a method for the quantitation of bacteria in infected tissues. *Appl Microbiol* 1972;23:509-14.

## คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาผลงานพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและนำไปอ้างอิงได้

### การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับความตรวจสอบที่ถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน
2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์ ระยะห่างระหว่างบรรทัดในภาษาที่ใช้ double space ภาษาอังกฤษล้วนให้เป็น single space
3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร Browallia New ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา
4. การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้เสนองานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง ได้แก่ ".doc" (MS Word) หรือ ".rtf" (Rich Text)
5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง
6. จำนวนเอกสารอ้างอิงไม่เกิน 20 หน้า
7. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

### บทความรายงานผลวิจัย ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

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

**ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)]** และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงอรรถของหน้าแรก เพื่อกองบรรณาธิการสามารถติดต่อได้

**บทคัดย่อ (Abstract)** เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเดิม ความยาวไม่เกิน 250 คำ หรือไม่เกิน 10 บรรทัด และไม่ควรใช้คำย่อ

**คำสำคัญ (Keyword)** ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาประมาณ 4-5 คำสั้น ๆ

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

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods)** ให้ระบุรายละเอียด วัน เดือน ปีที่ทำทดลอง วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งที่น่าสนใจ จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปลผล

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

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาดตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

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

**กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยได้รับงานสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

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

### 1. การอ้างอิงหนังสือ

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

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

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

### 2. การอ้างอิงจากวารสาร

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

**ตัวอย่าง:**

ก. วารสารไม่เรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

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

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นักบริหาร 2547;24(2): 31-6

ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

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

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นักบริหาร 2547;24(2): 31-6

### 3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

**รูปแบบ :** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา เดือน (ย่อ 3 ตัว) วันที่; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. P.1561-5

**ตัวอย่าง:** Bengtsson S, solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical infomatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.

พิทักษ์ พุทธวรชัย, กิตติ บุญเลิศรินทร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้นการสุกของพริก. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15. สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ; 2541. หน้า 142-9

#### 4. การอ้างอิงจากพจนานุกรม

**รูปแบบ:** ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

**ตัวอย่าง:** Stedmin's medical dictionary. 26<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

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

#### 5. การอ้างอิงจากหนังสือพิมพ์

**รูปแบบ:** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ ปี เดือน วัน; Sect.: sohk 15.

**ตัวอย่าง:** Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. The Washington Post 1996 Jun 21; Sect. A: 3(col.5).

พรรณี รุ่งรัตน์ สทศ ตั้งทีมพัฒนาข้อสอบระดับชาติมันใจคุณภาพ. เดลินิวส์ 12 พฤษภาคม 2548.

#### 6. อ้างอิงจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

**รูปแบบ:** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสารอิเล็กทรอนิกส์ [หรือ serial online] ปีที่พิมพ์เอกสาร ถ้าจำเป็นระบุเดือนด้วย; Vol no (ฉบับที่): [จำนวนหน้าจากการสืบค้น]. ได้จาก: URL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> วันที่ เดือน ปีที่ทำการสืบค้น (เขียนเต็ม)

**ตัวอย่าง:** More SS. Factors in the emergence of infectious disease, Emerh Infect Dis [serial online] 1995 Jan-Mar; (1): [24 screene]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ตุลาคม-ธันวาคม (17): 2542 ได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html> May 13 2005.

## Instruction for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December)

### Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. Papers should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" or ".rtf" (Rich Text) on standard size paper, A4 or 8.5x11 inches, and arranged in two columns: single space for English, double space for Thai language.

3. Browallia font type is required with font size as follows:

Title the article: 18 pt. Bold

Name(s) of the authors: 16 pt.

Main Heading: 16 pt. Bold

Sub-heading: 14 pt. Bold

Body of the text: 14 pt

Footnotes for authors and their affiliations: 12pt.

4. The number of pages to 15, including references, tables, graphs, or pictures.

5. Types of manuscripts accepted: research articles and review articles.

6. Organization of research articles.

**Title:** denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters.

Name(s): of the author(s) and their affiliation must be given in both Thai and English.

**Abstract:** This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important findings in the text. Authors should attempt to restrict the abstract to no more than 250 words.

**Keywords:** Give at least 4-5 concise words.

The body of the text comprises the following headings:

**Introduction:** A summary of who is doing what, why where, and when?

**Materials and Methods:** A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation.

**Results:** Present the output. If the information is complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

**Discussion and Conclusion:** Discuss how the results are relevant to the objectives or former findings, why? Finally state what recommendations could be drawn.



**Tables, figures, diagrams, pictures:** should be screened for those important to support the findings, and separated from the text. Captions should be placed above the tables but under the figures.

**Acknowledgement:** the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

**References:** listed and referred to in vancouver style.  
(<http://www.library.uq.edu.au/training/citation/vancouv.html>)

7. Authors of review articles should follow the typical format style. This includes an introduction, the body of content, conclusion, and references.

### **Submission of manuscripts**

Manuscripts can be submitted to the Editorial Board, Department of Research Support and Development, Mahasarakham University, Khamriang Subdistrict, Kantarawichai District, Maha Sarakham Province, 44150. Tel: 0-43754416 or 0-43754416 ext. 1339. Fax: 0-43754416.  
The author should submit the original paper and one copy together with a written disc.

### **Review of manuscripts:**

1. The editorial board will review all manuscripts for format compliance. Manuscripts formatted incorrectly will be returned to the author for correction.
2. Following submission of the corrected manuscript, the Peer Review Committee will review and offer comments
3. Manuscripts receiving the approval of the Peer Review Committee may be returned to the author for revision as advised by the Committee. Manuscripts failing to adopt the Committee's suggestions will not be published.



ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-นามสกุล .....

ที่อยู่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... แขวง/ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

หน่วยงาน.....

ถนน..... แขวง/ตำบล..... อำเภอ.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

- สมัครเป็นสมาชิกหนึ่งปี      ค่าสมัคร 400 บาท
- สมัครเป็นสมาชิกสองปีติดต่อกัน      ค่าสมัคร 800 บาท

ท่านสามารถส่งจ่ายธนาคณ์หรือตัวแลกเงิน สั่งจ่าย ปณ.ทำxonนยง ในนาม:

นางฉวีวรรณ อังครคคะเศรษฐ์ กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 00033



## Membership Application Form

### Journal of Science and Technology Mahasarakham University

Date.....

Name (Last).....(First).....

Mailing Address.....

.....

Sub-district..... District.....

Province (City/state)..... Country.....

Postal Code..... E-mail Address.....

Telephone No..... Fax No.....

- One-Year membership (400 Baht)
- Two Year Membership (800 Baht)

Please send your personal check or money order to the following address:

Mrs.Chaweewan Akkasesthang, Division of Research Supprt and Development, Boromarachakumaree  
Building, Khamriang Sub-district, Kantharawichai District, Maha Sarakham Province 00033