



Volume 35 Number 5 September - October 2016

ISSN : 1686-9664

Journal of

SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY

www.journal.msu.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 35 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2559

Journal of SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY Volume 35 Number 5 September - October 2016



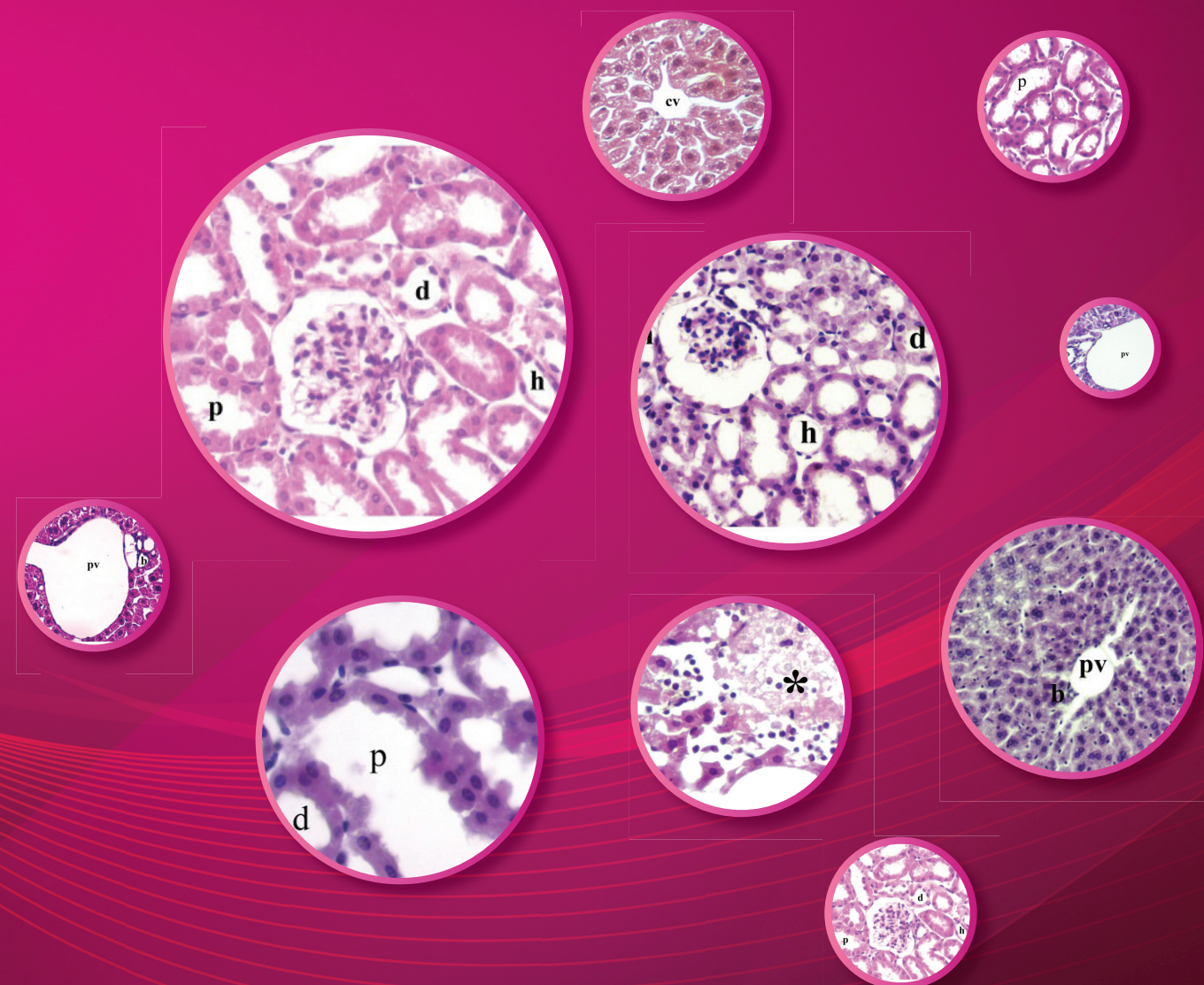
ปีที่ 35 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2559

ISSN : 1686-9664

วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

www.journal.msu.ac.th



Journal of Science and Technology Mahasarakham University

were listed Thai-Journal Citation Index Centre. (Group 1)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพและวิศวกรรมศาสตร์ บทความและบทความวิจัยที่นำมาตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล

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 ไข่มไ้ม
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ละอศรี เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิณี พรหมเทศ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ ฤทธิเดช
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์นิวัฬ เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจารพ 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 บุญยงสิทธิ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมณดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิวงษ์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนนแก้ว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.เย็น ภู่วรรณ
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.สุภัตรา ปรสุพัฒนา
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
อาจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
อาจารย์ ดร.รักษ์จินดา วัฒนาลัย
มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Mr.Paul Dulfer
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
นางฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขานุการ

นางพิชยา โชติวรรณกุล

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางจิรารัตน์ ภูสีฤทธิ์
นางพักตร์วิไล รุ่งวิสัย

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

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนกองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทยการจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

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
Maharakham University

Assistant Editors

Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich
Maharakham University

Editorial Board

Professor Dr. Thaweesakdi Boonkerd
Chulalongkorn University
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang
Khon Kaen University
Professor Dr.Supannee Promthet
Khon Kaen University
Professor Dr. Pranee Anprung
Chulalongkorn University
Professor Dr.Sampan Ritthidech
Maharakham University
Professor Dr.Niwat Sonoamuang
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Natchaporn Pichainong
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.Boonchong Chawsithiwong
National Institute of Development Administration
Associate Professor Dr.Pomtep Tanonkeo
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Narumon Sangpradud
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Yuen Poovarawan
Kasetsart 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 Puangpronpitag
Maharakham University
Paul Dulfer
Maharakham University
Chaweewan Akkasesthang
Maharakham University

Secretary

Pichaya Chowtivanakul

Assistant secretary

Jirat Puseerit
Phakwilai Rungwisai

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

The articles and opinions expressed in the Journal of Science and Technology are those of the authors. Readers are invited to make argumentative comments to any article appearing in the journal. All articles in the Journal of Science and Technology are protected by the copyright laws of Thailand, and publishing or dissemination of any article requires written permission of approval from the editorial board.

บทบรรณาธิการ

ปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจและใส่ใจกับสุขภาพมากกว่าในอดีต เมื่อเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและสามารถตรวจวัดทางชีวภาพได้มากขึ้น ก็มีการค้นคว้าในเชิงลึกเพื่อหาสารออกฤทธิ์สำคัญที่มีผลดีต่อสุขภาพและยืนยันผลของสารต่างๆที่พบในธรรมชาติเหล่านี้ ซึ่งมีความหลากหลายและเป็นองค์ประกอบทั้งในอาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพด้านอื่น เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและสุขภาพของประชาชนทั้งทางด้านสุขภาพจิต การช้ยาและด้านสุขอนามัย เป็นต้น สำหรับวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 35 ฉบับที่ 5 มีบทความวิจัยทางด้านสุขภาพ และผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีสารออกฤทธิ์ดีต่อสุขภาพ ที่มีความหลากหลายและมีประโยชน์โดยตรงต่อผู้อ่านโดยทั่วไป

นอกจากนี้วารสารยังมีบทความวิจัยทางด้านสารสนเทศที่ใช้ประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรน้ำ ความปลอดภัยของระบบธนาคาร เป็นต้น กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านและช่วยสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการแก่สังคมโดยรวม

รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร. วรพล เองวานิช

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

คำอธิบายภาพปก : ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญต่อเนื้อเยื่อวิทยาของตับและไตในหนูที่ได้รับสารเดกซาเมทาโซน
อย่างต่อเนื่อง

ภาพปก : สมจินตนา ทวีทิพย์ และคณะ. 2559, 486-501.

สารบัญ

- ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญต่อเนื้อเยื่อวิทยาของตับและไต
ในหนูที่ได้รับสารเดกซาเมทาโซนอย่างต่อเนื่อง 486
**Effect of Okra (*Abelmoschus esculentus* Linn.) Extracted on Liver and Kidney Morphology
in Chronic Dexamethasone Treated-mice**
สมจินตนา ท้วทิกพย, วลัยพร ทองเจริญบัวงาม, ลดาชาติ แต่พงษ์ไสรัด, อาศิรา ศรีคุณ,
พรรณนิดา สินสวัสดิ์ และ สุทธิลักษณ์ อุดมธนะทรัพย์
Somjintana Tourtip, Walaiporn Tongjaroenbuangam, Ladachart Taepongsorat, Akira Srikhun,
Pannida Sinsawat and Suttikul Udomthanacap
- ผลของสารสกัดพิกัดตรีพิษจักรต่อหนูเบาหวาน 502
Effects of Pikudtripitjuk Extract on Diabetic Rats
อรทัย สารกุล, ชุศรี ตลับมูข, ไฉน น้อยแสง, สุพรรณ โพธิ์ศรี และ นพรัตน์ พุทธกาล
Orathai Sarakul, Chusri Talubmook, Chanai Noisang, Suphan Posri and Nopparat Buddhakala
- ผลของระยะเวลาสุกของผลต่อสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของไวน์แดงจากเม่าหลวง 510
**Effect of Fruits Differential Maturity on Phytochemicals and Bioactivity of Maoluang
(*Antidesma bunius* L.) Red Wine**
ลือชัย บุตคูป
Luchai Butkhup
- ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอนไนเซชันของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ 519
Charcoal and Wood Vinegar from Carbonization of Barks and Fruit Peels
ปริญญา นูวบุด, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และ เจริญพร เลิศสถิตชนกร
Parinya Nuwaboot, Jindaporn Jamradloedluk and Charoenporn Lertsatitthanakorn
- ผลของการบริโภคข้าวเหนียวตัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาล และข้าวเหนียวปกติ
ต่อการระดับน้ำตาลในเลือดของวัยผู้ใหญ่ไทย 525
**Blood Sugar Level Between Modified (Reduced Glycemic Index : GI)
Sticky Rice and Non Modified Sticky Rice Consumption in Thai Adults**
อุดมศักดิ์ มหาวีรวัฒน์, อัศวิน อมรสิน, ศิรินาถ ตงศิริ, กัญณภัส ตลับไธสง,
รุ่งทิวาภรณ์ พลวงษ์ษา และ สมฤดี สิงห์คำป้อง
Udomsak Mahaweerawat, Aswin Amonsin, Sirinat Tongsir, Khannaphas Tlapthaisong,
Rungthiwaphon Ponwongsa and Somridi Singkhampong6

สารบัญ

- วัยรุ่นกับภาวะซึมเศร้า: การประเมินภาวะซึมเศร้าในกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดนนทบุรี 530
- Youths and Depression: Depressive Evaluation among Senior High School Students, Nonthaburi Province**
- วิศิษฐ์ ฉวีพจน์กำจร, ณัฐจาพร พิชัยณรงค์, วรณัน อรรถแสงศรี,
ปรารธนา สติติวิภาวี และ ชฎาภา ประเสริฐทรง
Wisit Chaveepojnkamjorn, Natchaporn Pichainarong, Voranan Adthasangsri,
Pratana Satitvipawee and Chadapa Prasertsong
- คุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดในจังหวัดระยอง ประเทศไทย 538
- Quality of Bottled Drinking Water Distributed in Rayong Province, Thailand**
- สุบัณฑิต นิมรัตน์, กิตติชัช สุพรรณพันธุ์ และ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย
Subuntith Nimrat, Kittitach Supannapan and Verapong Vuthiphandchai
- แนวทางในการป้องกันการแพ้ซ้ำในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอำเภออมลาลาย
จังหวัดกาฬสินธุ์ 548
- Guidance for Preventing Repeated Drug Allergy in Sub-district Health Promoting Hospitals,
Kamalasai District, Kalasin Province**
- อรยา ปัญญา และ สุรศักดิ์ ไชยสงค์
Oraya Panya and Surasak Chaiyasong
- ปัจจัยทางสังคมกับภาวะซึมเศร้าในกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 559
- Social Determinants and Depression among Senior High School Students**
- วิศิษฐ์ ฉวีพจน์กำจร, ณัฐจาพร พิชัยณรงค์, วรณัน อรรถแสงศรี,
ปรารธนา สติติวิภาวี และ ชฎาภา ประเสริฐทรง
Wisit Chaveepojnkamjorn, Natchaporn Pichainarong, Voranan Adthasangsri,
Pratana Satitvipawee and Chadapa Prasertsong
- การศึกษาการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย
ในการทำงานระดับหัวหน้างานในสถานประกอบการ : กรณีศึกษา จังหวัดอุบลราชธานี 568
- A Study of Occupational Health and Safety Performance among Head Safety Supervisors in Factories:
Case Study of Ubon Ratchathani Province**
- นิภาพร คำหลอม
Nipaporn Khamhlom

สารบัญ

- การประเมินผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ
จังหวัดอุบลราชธานี 581
**Health Impact Assessment of Communities Near The Landfill Site of Warinchamrab Municipality,
Ubonratchathani Province**
จิราภรณ์ หลาบคำ, ชุฬีพร เทพแสง และ จิตติมา วันทอง
Chiraporn Lapkham, Chuleeporn Thepsaeng and Thitima Wonthong
- แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำมูลตอนล่าง 587
Artificial Neural Network Models for Flood Forecasting in Lower Mun Catchment
ทวี ชัยพิมลผลิน และ ทวีศักดิ์ วังไพศาล
TaweChaipimonplin and ThaveesakVangpaisal
- การศึกษาเปรียบเทียบด้านความปลอดภัยของระบบธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ต
ระหว่างประเทศกัมพูชาและประเทศไทย 596
A Comparative Study on the Safety of Internet Banking Systems between Cambodia and Thailand
รัชนา สุข และ สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
Rachana Sok and Somnuk Puangpronpitag
- การแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะสำหรับลายมือชื่อดิจิทัล 609
Solving the Problem of Public Key Distribution for Digital Signature
สมนึก พ่วงพรพิทักษ์ และ ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์
Somnuk Puangpronpitag and Nattavut Sriwiboon

ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญต่อเนื้อเยื่อวิทยาของตับและไตในหนูที่ได้รับสารเดกซาเมทาโซนอย่างต่อเนื่อง

Effect of Okra (*Abelmoschus esculentus* Linn.) Extracted on Liver and Kidney Morphology in Chronic Dexamethasone Treated-mice

สมจินตนา ท้าวทิพย์¹, วลัยพร ทองเจริญบัวงาม¹, ลดาชาติ แต่พงษ์โสรัถ¹, อาศิรา ศรีคุณ², พรรณิศา สินสวัสดิ์³, สุทธิลักษณ์ อุดมธนะทรัพย์³

Somjintana Tourtip¹, Walaiporn Tongjaroenbuangam¹, Ladachart Taepongsorat¹, Akira Srikhun², Pannida Sinsawat³, Suttuluk Udomthanacap³

Received: 29 November 2015; Accepted: 6 February 2016

บทคัดย่อ

Oxidative stress เป็นผลมาจากความไม่สมดุลระหว่างอนุมูลอิสระและระบบสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเซลล์ นำไปสู่การเกิดโรคและมีผลต่อการทำงานของตับและไต การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญ สารต้านอนุมูลอิสระ rutin และ quercetin ต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับและไตในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะเครียดโดยการฉีด dexamethasone เข้าทางช่องท้องเป็นเวลา 21 วัน โดยป้องกันสารสกัดกระเจี๊ยบมอญ rutin และ quercetin ให้หนูทางปาก 3 ชั่วโมง ก่อนการฉีด dexamethasone จำนวน 60 mg/kg เมื่อครบกำหนดวันทำการไล่เลือดออกจากสัตว์ทดลอง (perfusion) ด้วย phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4) และตรึงสภาพเนื้อเยื่อด้วย 4% paraformaldehyde และตามด้วยกระบวนการทางเนื้อเยื่อวิทยา ย้อมเนื้อเยื่อด้วย hematoxylin และ eosin ผลการทดลองพบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของ ตับ และไตในหนูทดลองทุกกลุ่ม ความเป็นพิษต่อตับและไตพบได้ในหนูที่ได้รับ dexamethasone นอกจากนี้พบการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตในหนูกลุ่มที่ได้รับสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญกว้างขึ้น ซึ่งอาจมาจากคุณสมบัติในการขับน้ำปัสสาวะของสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญ ยังพบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเนื้อเยื่อตับในทุกกลุ่มการทดลอง ซึ่งตับมีหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกำจัดสารพิษ ดังนั้นผลการทดลองที่พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเนื้อเยื่อตับ (เช่น การสะสมไขมันในเซลล์ตับ) ในทุกกลุ่มอาจเนื่องมาจากการตอบสนองของเนื้อเยื่อตับในการกำจัดสารพิษ อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับกลไกทางสรีรวิทยาการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญต่อการทำงานของไตและตับต่อไป

คำสำคัญ: okra (*Abelmoschus esculentus* Linn), histology, liver, kidney, dexamethasone

Abstract

Oxidative stress is involved in many human diseases including kidney and liver diseases. The present study using mice as models, evaluated the efficacy of okra extract, as well as rutin and quercetin, to protect against oxidative stress-induced histological changes in the kidney and liver. Stress was induced by treating mice with dexamethasone (DEX) 60 mg/kg (i.p.) for 21 days. Okra extract (Okr) and quercetin (Que) (60 mg/kg, p.o.) were administered 3 hr prior to treatment with DEX. Thereafter, the mice were perfused with phosphate-buffered saline (PBS, pH 7.4) and

¹ อาจารย์, หน่วยวิจัยชีวเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000, E-mail: stourtip@gmail.com

² อาจารย์ผู้ช่วยสอน, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

³ นิสิตแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

¹ Lecturer, Biomedical Research Centre, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44000

² Teaching Assistant Lecturer, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44000

³ Student in Major of Applied Thai Traditional Medicine, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000

fixed with 4% paraformaldehyde. Following perfusion, histological studies were performed on paraffin sections of the liver and kidney. Histological alterations of the kidneys and livers were found in all groups. In the DEX-treated mice, liver and kidney toxicity was detected. In the okra-treated group, alteration of renal tubule diameter was detected, perhaps due to its diuretic activity. Hepatic architecture changes were also found in all groups. Since the liver plays a key role in most metabolic processes, especially detoxification, data presented here indicates that histological changes in the liver; fatty change etc., may be due to a liver detoxification system. However, elucidation of the definite physiological mechanism of the action of okra extract in the kidney and liver requires further study.

Keywords: okra (*Abelmoschus esculentus* Linn), histology, liver, kidney, dexamethasone

บทนำ

ภาวะความเครียด (Stress) ก่อให้เกิดการหลั่งฮอร์โมน glucocorticosteroids (GCs) เพิ่มมากขึ้น การได้รับ GCs ในปริมาณสูงเป็นระยะเวลาสั้น ส่งผลให้เกิดภาวะเครียดของร่างกายเรื้อรัง กดภูมิคุ้มกัน และมีปริมาณอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดพยาธิสภาพต่อเนื้อเยื่อสมอง ตับ ไต และหัวใจ^{1,2} GCs ที่ทำให้เกิด oxidative stress จะชักนำให้เกิดการสะสมของ excitation amino acid (EAA) ภายนอกเซลล์ใน hippocampus ซึ่งมีรายงานพบว่า EAA มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิด neurodegenerative disease ร่วมกับภาวะ cognitive dysfunction^{3,4} ในทำนองเดียวกันพบว่า การให้ dexamethasone (DEX) ซึ่งเป็น synthetic GC receptor agonist จะชักนำให้เกิดโรค mood disorder และ psychosis^{5,6} และพบว่าหนูทดลองเมื่อได้รับ dexamethasone ในระยะเวลานานจะทำให้เกิดการตายของเซลล์ประสาทใน hippocampus และยังทำให้เกิด necrotic death ของ C6 glioma cells ด้วย^{6,7} นอกจากนี้ dexamethasone ยังทำให้เกิดการสะสมของ glutamate นอกเซลล์โดยเพิ่มการหลั่ง glutamate และลดการเก็บกลับของ glutamate และเกิด up-regulation ของ glutamate receptor มากขึ้น ซึ่งภาวะนี้ทำให้เกิดการตายของเซลล์เพิ่มมากขึ้น dexamethasone จะถูกขนส่งเข้าเซลล์โดย P-glycoprotein ผ่านทาง ATP-dependent transporter และจะถูกนำออกจากเซลล์ด้วย สารกลุ่ม alkaloids, colchicine, antibiotics และ anthracyclines จากงานวิจัยได้มีการทดลองฉีด dexamethasone ขนาด 1 mg/kg เป็นเวลา 4 วัน พบว่าปริมาณของ P-glycoprotein ที่ไตน้อยกว่าค่าควบคุม (100%) อย่างมีนัยสำคัญ อวัยวะที่พบปริมาณของ P-glycoprotein มากกว่าค่าควบคุมอย่างมีนัยสำคัญคือ ตับ และปอด⁸ และพบว่าหนูที่ได้รับ dexamethasone ขนาด 25 mg/kg เป็นเวลา 4 วัน มีปริมาณของ P-glycoprotein เพิ่มขึ้น ร่วมกับพบการเกิด microvascular steatosis และ hepatomegaly ในตับ⁹ มีรายงานว่า Dexamethasone ยังมีผลต่อการเกิด oxidative phosphorylation ของ mitochondria ในเซลล์ตับ¹⁰ นอกจากนี้เมื่อฉีด dexamethasone ในหนูแรกเกิด

พบว่านำไปสู่การเป็นโรคไตชนิดร้ายแรงในหนูที่รอดชีวิตที่อายุ 50 สัปดาห์ และหนูที่ได้รับ dexamethasone แรกเกิด มีโอกาสรอดเพียง 83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาของไต หนูที่รอดชีวิตพบว่า มี glomerulosclerosis เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 32 สัปดาห์ มีการขยายของระบบท่อไต พบ lymphocytes และ macrophages เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 14 วัน และ 32 สัปดาห์^{11,12}

การเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระในร่างกาย เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ เซลล์เกิดภาวะเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative stress) เกิดการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรม ทำลายเอนไซม์ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative enzyme) และการทำงานของไมโทคอนเดรีย ทำให้เกิดการตายของเซลล์¹³ และปัจจุบันการศึกษาผลของ antioxidants ที่สกัดได้จากพืช ผัก ผลไม้ เช่น carotenoids, lycopene, flavonoids และ vitamin มีประโยชน์ในการลดอันตรายของเซลล์ต่ออนุมูลอิสระ ดังนั้นการนำสารสกัดสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ที่ได้จาก แป๊ะก๊วย, เปลือกต้นสน, เมล็ดองุ่น และชาเขียว มาใช้ในป้องกันอันตรายที่เกิดจาก oxidative stress จากอนุมูลอิสระจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่นิยมกันมากขึ้น¹⁴ นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามค้นหาสารใหม่เพื่อนำมาเป็นสารที่ทดแทนยาหรือการค้นหาสารที่ออกฤทธิ์ตัวใหม่ที่จะนำมาใช้ทางการแพทย์ และอื่นๆ เช่น ใช้ในการรักษาโรคเมเร็ง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดแข็งตัว โรคอาการเสื่อมของเซลล์ประสาท (neurodegenerative disease) ได้แก่ โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) และ โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) เป็นต้น

กระเจี๊ยบมอญ (Okra) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench หรือ *Hibiscus esculentus* L. เป็นพืชในวงศ์ Malvaceae จีนัส *Abelmoschus* มีชื่อเรียกอื่นๆ ว่า กระเจี๊ยบเขียว มะเขือควาย มะเขือมอญ (ภาคกลาง) มะเขือพม่า มะเขือมัน มะเขือมอญ มะเขือละโว้ (ภาคเหนือ) กระเจี๊ยบมอญ มีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซีสูง ให้ประโยชน์ที่สำคัญคือ มีสารขับพยาธิตัวจิ๋ว และช่วยบำรุงสมอง รักษาความดันโลหิตทั้งยังเป็นยาระบาย โดยเฉพาะเมื่อกเหนียวลื่น

ในผักกระเจี๊ยบยังมีคุณสมบัติพิเศษในการเคลือบและบรรเทาอาการระคายเคืองเนื้อเยื่อที่อักเสบ¹⁵ ดังนั้นกระเจี๊ยบมอญจึงช่วยบรรเทาอาการปวดท้องโรคกระเพาะหรือลำไส้อักเสบได้ องค์ประกอบทางเคมีของกระเจี๊ยบมอญ ประกอบไปด้วยสารในกลุ่ม flavonoid glycosides¹⁶ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ^{17,18} มีรายงานว่าพืชในวงศ์ Malvaceae จีนัส *Abelmoschus* นี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรจีนในการต้านการอักเสบ^{19, 20, 21} นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาขององค์ประกอบทางเคมีของ *Abelmoschus* ประกอบไปด้วยสารกลุ่ม flavonoid ชื่อว่า myricetin (3,5,7,3',4',5'-hexahydroxyflavone), gossypetin-3'-O- β -glucoside, isoquercetin, hyperoside และ quercetin-3'-glucoside^{22,23,24} สาร myricetin (3,5,7,3',4',5'-hexahydroxyflavone) มีคุณสมบัติเป็น antioxidant และ cytoprotective ต่อเซลล์มากกว่านั้นสารสกัดจาก *Abelmoschus* ยังมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางด้วย¹⁹ มีรายงานการใช้ myricetin ในการรักษาโรค depression และ anxiety²⁵ โรคหลอดเลือดและหัวใจ ตลอดจนลดระดับน้ำตาลในเลือด^{26,27} นอกจากนี้ยังพบว่า polysaccharide ที่พบในกระเจี๊ยบมอญ (Okra fruit rhamnogalacturonans) มีผลเพิ่มการเจริญและงอกใหม่ของเซลล์ซึ่งสามารถนำมาใช้รักษาโรคทางผิวหนัง แผลที่เกิดการหลุดลอกของ epithelial membranes ได้²⁸ ดังนั้นจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลกระเจี๊ยบมอญ ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มของสารกลุ่ม flavonoid glycosides¹⁶ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ¹⁸ จึงน่าจะมีส่วนช่วยในการลดอันตรายของเซลล์จากอนุมูลอิสระ และภาวะ cytotoxicity ของเซลล์ได้

จากรายงานการทดลองที่ผ่านมาพบว่า กระเจี๊ยบมอญประกอบไปด้วยสารกลุ่ม flavonoids ได้แก่ quercetin, (-)-epigallo-catechin, catechin, eipicatechin, rutin, procyanidin B1 และ B2 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ¹⁷ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญสามารถช่วยลดและป้องกันการสูญเสียเซลล์ประสาทในสมองส่วน hippocampus ชั้น CA3 และส่วน prefrontal cortex ช่วยเพิ่มการเรียนรู้และการจดจำ ตลอดจนมีส่วนช่วยในการป้องกันการเสียหายต่อการงอกใหม่ของเซลล์ประสาท ในหนูที่ทำให้เกิดความเครียดโดยการฉีด dexamethasone ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว เข้าทางช่องท้องเป็นเวลา 21 วันได้²⁹ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ผ่านมา กล่าวได้ว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญช่วยป้องกันและฟื้นฟูเซลล์ประสาทจากการถูกทำลายโดย dexamethasone ได้ และจากการได้รับ dexamethasone ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว เข้าทางช่องท้องเป็นเวลา 21 วัน อาจส่งผลกระทบต่อตับ และไตในหนูทดลอง ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงต้องการทดสอบคุณสมบัติของ Crude extract จาก

กระเจี๊ยบมอญต่อลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับ และไตในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดโดยการฉีด dexamethasone ในขนาด และระยะเวลาดังกล่าว จึงน่าจะเป็นประโยชน์และเป็นความรู้พื้นฐานในการประยุกต์ใช้กระเจี๊ยบมอญเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและสมุนไพรเพื่อสุขภาพต่อไปในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ใช้หนูเมาส์ (mouse) เพศผู้ สายพันธุ์ ICR น้ำหนัก 25-30 กรัม จำนวน 40 ตัว จากสำนักสัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างสัตว์ทดลองออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว โดยผู้วิจัยได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในสัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เลขที่รับรอง: 0010/2558

การเตรียมสัตว์ทดลอง

หนูเมาส์เพศผู้ สายพันธุ์ ICR จากสำนักสัตว์ทดลองแห่งชาติมหาวิทยาลัยมหิดล นำสัตว์ทดลองมาพักเป็นเวลา 7 วันเพื่อให้สัตว์ทดลองคลายเครียดและปรับสภาพให้คุ้นเคยกับสิ่งแวดล้อมในห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ได้รับแสงสว่างและความมืดอย่างละ 12 ชั่วโมง โดยให้หนูทดลองอยู่ในกรงพลาสติกกว้าง 14.5 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร ลึก 11.5 เซนติเมตร กรงละ 1 ตัว ปูรองพื้นด้วยขี้เลื่อยที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ และให้หนูได้รับน้ำและอาหารที่ต้องการอยู่ตลอดเวลา

การเหนี่ยวนำให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียด

ทำการเหนี่ยวนำให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียดโดยฉีด Dexamethasone ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว²⁹ เข้าทางช่องท้องในเวลา 13:00 น. ทุกวันติดต่อกันเป็นเวลา 21 วัน และสารที่ให้โดยการป้อน มี 3 ชนิด คือ quercetin, rutin และสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญ ขนาด 60 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยละลายใน Propylene glycol ป้อนทางปากเวลา 10:00 น. เป็นเวลา 21 วัน

การดำเนินการทดลอง แบ่งหนูทดลองออกเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (control) จำนวน 5 ตัว ให้ propylene glycol ขนาด 1 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด normal saline ขนาด 1 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 2 กลุ่ม dexamethasone (DEX) จำนวน 5 ตัว ให้ propylene glycol ขนาด 1 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดย

ป้อนทางช่องปาก และฉีด dexamethasone ขนาด 60 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 3 กลุ่ม RD จำนวน 5 ตัว ให้ rutin ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด dexamethasone ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 4 กลุ่ม QD จำนวน 5 ตัว ให้ quercetin ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด dexamethasone ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 5 กลุ่ม KD จำนวน 5 ตัว ให้สารสกัดกระเจียบมอญ ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด dexamethasone ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 6 กลุ่ม RS จำนวน 5 ตัว ให้ rutin ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด normal saline ขนาด 60 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 7 กลุ่ม QS จำนวน 5 ตัว ให้ quercetin ขนาด 60 mg/kg โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด normal saline ขนาด 60 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน

กลุ่มที่ 8 กลุ่ม KS จำนวน 5 ตัว ให้สารสกัดกระเจียบมอญ ขนาด 60 mg/kg ของน้ำหนักตัว โดยป้อนทางช่องปาก และฉีด normal saline ขนาด 60 ml/kg ของน้ำหนักตัว โดยฉีดเข้าทางช่องท้อง เป็นเวลา 21 วัน เมื่อฉีด dexamethasone และป้อนสารสกัดครบ 21 วัน หนูทดลองในแต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งเพื่อศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาในตับ และไต

วิธีการศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับและไต

ขั้นตอนการเตรียมเนื้อเยื่อสำหรับศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โดยทำการไล่เลือดออกจากสัตว์ทดลองแล้วฉีด 4% paraformaldehyde ที่ทำละลายใน phosphate-buffered saline (PBS, pH 7.4) เข้าไปในเนื้อเยื่อหนูทดลองตามระบบไหลเวียนเลือด ผ่านขบวนการคงสภาพเนื้อเยื่อตัดชิ้นเนื้อในพาราฟินความหนา 3-5 μm การย้อมสีเนื้อเยื่อด้วย hematoxylin และ eosin นำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง บันทึกผล และสรุปผลการทดลอง

นำสไลด์แก้วของเนื้อเยื่อตับ มาศึกษาและถ่ายภาพแบบสุ่ม ตัวอย่างละ 20 ตำแหน่ง โดยเลือกถ่ายภาพ hepatic lobule ที่มี central vein ตรงกลาง บริเวณรอบๆ central vein และ portal triad ในหลอดเลือดไซนัสชอยด์

สำหรับการศึกษาเนื้อเยื่อไต เลือกถ่ายภาพบริเวณเนื้อเยื่อไตชั้นนอก (cortex) และ ชั้นใน (medulla) ที่เป็น Juxtaglomerular apparatus คือมีทั้ง glomerulus, Bowman's capsule, renal tubule พร้อมทั้งวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตแบบสุ่ม (systematic random sampling techniques) ตัวอย่างละ 20 ตำแหน่ง โดยใช้โปรแกรมถ่ายภาพ digital Axio Cam ICC3 analysis system (Carl Zeiss, Germany)

สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical analysis)

เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไตโดยใช้ Oneway Analysis of Variance (ANOVA) ตามด้วยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้ Post Hoc Duncan's multiple range tests ผลการทดลองแสดงเป็นค่า means \pm S.E.M.

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาเนื้อเยื่อไตของหนูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง ด้วยวิธีการย้อม hematoxylin & eosin (H&E) (Figure 1-3)

กลุ่มควบคุม (Control; Cont) glomerulus มีเยื่อบุผิวชนิด simple squamous ในทุกท่อไตมี vacuole ใน cytoplasm โดยเฉพาะท่อไตส่วนต้นพื้นผิวด้านบนพบ brush border ยื่นขึ้นมากคล้ายนิ้วมือ (finger-like surface)

กลุ่ม Dexamethasone (DEX) glomerulus มีเยื่อบุผิวชนิด simple squamous และบางบริเวณเปลี่ยนเป็น simple cuboidal epithelium ในช่วงท้ายที่จะเปิดเข้าสู่ท่อไตส่วนต้น เยื่อบุผิวของท่อไตส่วนต้นพื้นผิวด้านบนยื่นขึ้นมากคล้ายนิ้วมือ (finger-like surface) เมื่อศึกษาเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ พบว่ามีการกระจายของการติดสีที่ไม่สม่ำเสมอ และติดสีค่อนข้างจาง เมื่อใช้กำลังขยายสูงขึ้น พบว่า หลอดเลือดขนาดเล็กทั่วไปมีการคั่งของเม็ดเลือดแดง มีการเปลี่ยนแปลงของ brush border กลายเป็นพื้นผิวยื่นยาว ออกมาคล้ายนิ้ว (finger-like) ด้านนอกติดสีเข้มกว่าด้านใน เนื่องจากมีการคั่งของเลือดที่ cortex มากกว่า medulla ส่วนของท่อไตส่วนปลายจะติดสีจางลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และ ผนังด้านบนของเยื่อบุผิวของท่อไตส่วน collecting tube มีการนูนออกมาคล้ายถุง (bleb) cytoplasm ติดสีแดงมากกว่าเซลล์

กลุ่ม Okra และ Saline (KS) (Figure 1C) พบ glomerulus มีเยื่อบุผิวชนิด simple squamous และบางบริเวณเปลี่ยนเป็นชนิด simple cuboidal ตั้งแต่ผนังที่ชิดขอบด้านข้าง tubule เยื่อหุ้ม Bowman's capsule มีขนาดโตขึ้นจน

เป็น simple cuboidal epithelium ครบวง ในบาง Juxtaglomerular apparatus (JGA) เซลล์บุท่อไตเกือบทุกส่วนมีการเปลี่ยนแปลง พบมากที่สุดคือ ท่อไตส่วนต้น ไม่พบ brush border, cytoplasm ตืดสีแดงเข้มและจาง ไม่สม่ำเสมอ เยื่อบุผิวของท่อส่วนต้นเป็น finger-like surface หลอดเลือดแดงขนาดเล็กขยายตัว พบถุงน้ำ ทางด้านบนของเซลล์ บางเซลล์บุท่อไตส่วนต้น ส่วนปลาย และ Henle's loop โดยรวมเซลล์บุท่อไตมีการเปลี่ยนแปลงของการตืดสีที่เข้มและจางไม่สม่ำเสมอ ผนังเซลล์ด้านบนมีการยื่นคล้ายถุงน้ำ

กลุ่ม Okra และ Dexamethasone (KD) (Figure 1D) glomerulus มีเยื่อบุผิวชนิด simple cuboid Bowman's capsule บางบริเวณเปลี่ยนชนิดเยื่อบุผิวเป็น simple cuboidal ในช่วงท้ายที่จะเปิดเข้าสู่ท่อไตส่วนต้น และเยื่อบุผิวของท่อส่วนต้นเป็น finger-like surface เซลล์ท่อไตส่วนมากตืดสีแดงมากกว่ากลุ่มอื่น เนื้อเยื่อโดยรวมตืดสีไม่เท่ากันของท่อไตส่วนต้น เซลล์ที่ตืดสีแดงเข้มจะพบได้น้อยกว่าเซลล์ที่ตืดสีจางในท่อระนาบเดียวกันและอยู่เป็นกลุ่ม (Cluster) เซลล์ด้านบนยังคงพบ brush border แต่น้อยลง พื้นผิวด้านบนยื่นขึ้นมาคล้ายนิ้วมือ (finger-like surface), ท่อไตส่วนปลาย, collecting tube, Henle's loop เซลล์ตืดสีจางลงตามลำดับ และยังพบ vacuole ในไซโตพลาสซึมของเซลล์บุท่อไต ท่อไตทุกส่วนมีลักษณะปกติ ท่อไตส่วนต้น ขอบเขตเซลล์ของ ท่อไตส่วนปลาย ไม่ชัดเจน นิวเคลียสตืดสีน้ำเงินเข้ม

กลุ่ม Quercetin และ Saline (QS) (Figure 1E) พบ Bowman's capsule หนาผิดปกติในส่วนปลายที่ต่อกับท่อไตส่วนต้น และยังมีการบวมคล้ายถุงน้ำของเซลล์บุท่อไต เซลล์มีการตืดสีไม่สม่ำเสมอ เมื่อใช้กำลังขยายสูงขึ้นพบว่าบริเวณที่ตืดสีเข้มมีการเน่าตายของเซลล์ (necrosis) นิวเคลียสโปร่ง

ตืดสีจาง ไม่พบ nucleous condensation ภายในไซโตพลาสซึม ตืดสีแดงเข้ม ขอบเขตเซลล์ไม่ชัดเจน บางเซลล์หลุดเข้ามาในช่องว่าง ร่วมกับพบ พลาสมา cell ด้วย โดยทั่วไปเซลล์บุท่อไตมีรูปร่างเรียวยาว ค่อนข้างสวย แสดงการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการอักเสบ

กลุ่ม Quercetin และ Dexamethasone (QD) (Figure 1F) พบการย้อมตืดสีของ lipofuscin pigment ในหลอดเลือดแดงและดำ ร่วมกับใน glomerulus เนื่องจากมีการแตกของเม็ดเลือดแดง และในเซลล์บุท่อไตส่วนต้น เซลล์ตืดสีแดงเข้มคล้ายเซลล์ปกติ แต่ไม่พบ brush border บริเวณ collecting tube มีเซลล์บวมตืดสีแดงเข้ม cytoplasm ของท่อไตส่วนต้นพบการสะสมของสารเหลวใน vacuole มากกว่าบริเวณอื่น ขอบเขตของเซลล์บุท่อไตไม่ชัดเจน และเซลล์บุท่อไตของ Henle's loop บวม

กลุ่ม Rutin และ Saline (RS) (Figure 1G) พบว่า Bowman's capsule หนาผิดปกติในส่วนปลายที่ต่อกับท่อไตส่วนต้น และมีพื้นผิวด้านบนยื่นยาว พบเลือดคั่งที่หลอดเลือดแดงขนาดเล็ก การตืดสีของทุกเซลล์บุผิวน้อยกว่าทุกกลุ่ม การทดลอง ท่อไตส่วนต้นมีการเปลี่ยนแปลงพบ brush border ลดลงและเปลี่ยนไปเป็น finger-like พบการบวมของเซลล์บุท่อไตเกือบทั้งหมด

กลุ่ม Rutin และ Dexamethasone (RD) (Figure 1H) พบการบวมของเซลล์โดยทั่วไป ท่อไตส่วนต้นไม่พบ brush border และตืดสีแดงเข้ม collecting tube มีเซลล์บวมและหลุดเข้ามาใน lumen และที่ collecting duct พบ bleb ด้านบนของเซลล์มากกว่าท่อไตส่วนอื่นๆ

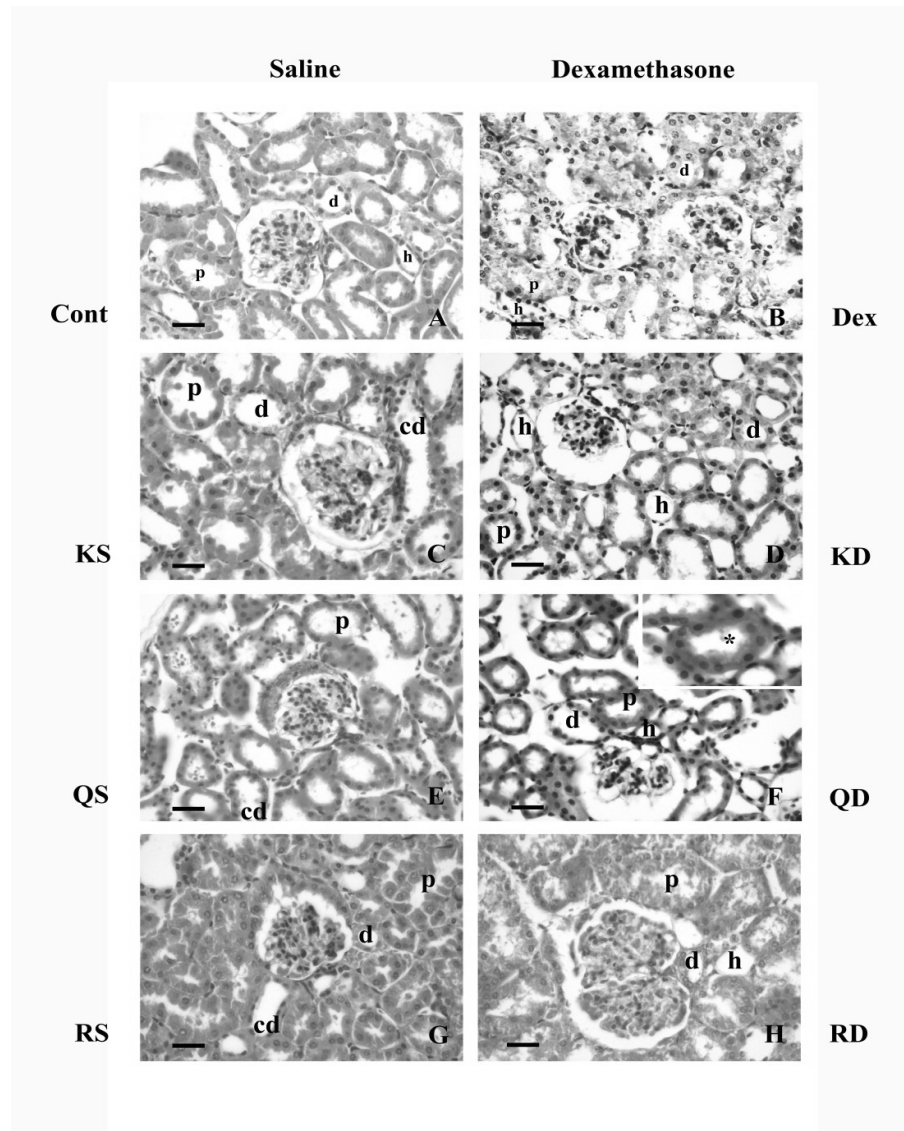


Figure 1 Micrographs comparing H&E-stained sections (3-5 μm thick) of mice kidneys treated with normal sterile saline (left) and dexamethasone (right). (A) Control mice, bar 20 μm ; (B) DEX mice showing tissue damage (*), bar 50 μm ; (C) KS mice, bar 20 μm ; (D) KD mice; (E) QS mice, bar 20 μm ; (F) QD mice showing, bar 20 μm ; (G) RS mice, bar 20 μm ; (H) RD mice, bar 20 μm (c: collecting tubule; cd: collecting duct; Cont: Control; d: distal tubule; DEX: Dexamethasone; h: Henle's loop; KS: Okra+saline; p: proximal tubule; QS: Quercetin+Saline; RS: Rutin+Saline; QD: Quercetin+Dexamethasone; RD: Rutin+Dexamethasone; KD: Okra+Dexamethasone).

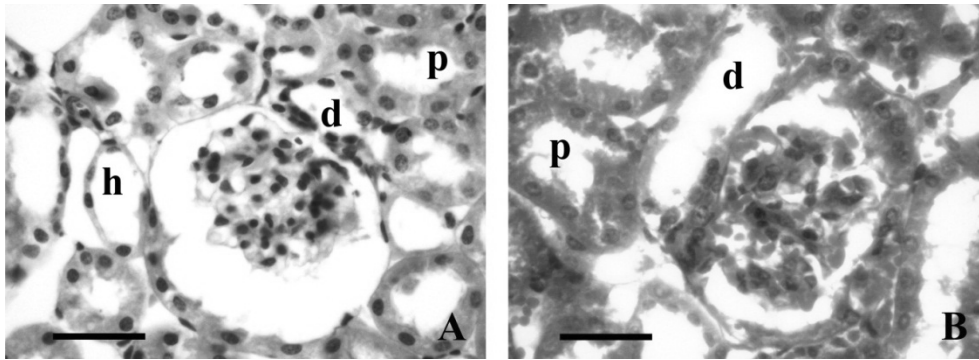


Figure 2 Micrographs comparing H&E-stained sections (3-5 μm thick) of specimens from KD and DEX mice. (A) KD mice, bar 20 μm (B) DEX mice, bar 50 μm (c: collecting tubule; d: distal tubule; h: Henle's loop; p: proximal tubule).

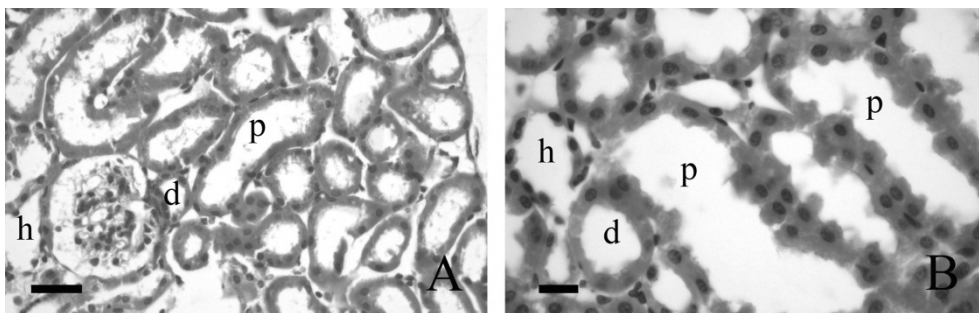


Figure 3 Micrographs comparing H&E-stained sections (3-5 μm thick) of specimens from Control and KS mice. (A) Control mice; (B) KS mice (d: distal tubule; p: proximal tubule, bar 20 μm).

2. ผลการเปลี่ยนแปลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตของหนูภายหลังจากได้รับ dexamethasone และ/หรือ quercetin, rutin และสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญ (okra) (Table 1)

ขนาดของท่อไตส่วนต้น diameter (μm) หนูกลุ่ม QS และ RS มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนต้นไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุม ในขณะที่หนูกลุ่มที่ได้รับ Okra เพียงอย่างเดียว (KS) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนต้นมากกว่ากลุ่ม Control, QS และ RS อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ในขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนต้นของหนูกลุ่ม Dex ไม่มีความแตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุม, QD, RD และ KD สังเกตว่าท่อไตส่วนต้น diameter ของหนูกลุ่มที่ได้รับ Okra เพียงอย่างเดียวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนต้นมากขึ้น ในขณะที่กลุ่มอื่นๆขนาดของท่อไตส่วนต้นไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 4) ขนาดของท่อไตส่วนปลาย diameter (μm) หนูกลุ่ม QS และ RS มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุม หนูกลุ่ม KS มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายมากกว่ากลุ่มควบคุม, QS, RS อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ในขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายของหนูกลุ่ม Dex ไม่มีความแตกต่างจากหนูกลุ่ม Cont, QD, RD และ KD โดยที่ระหว่างกลุ่ม QD, RD และ KD ไม่มีความแตกต่าง ส่วนกลุ่ม RD มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายมากกว่ากลุ่ม okra ร่วมกับ dexamethasone (KD) อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายของ QD มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายมากกว่ากลุ่ม QS อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายของ RD มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายมากกว่ากลุ่ม RS อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายของ KD มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายน้อยกว่ากลุ่ม KS อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

หนูกลุ่ม KS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากหนูกลุ่มที่ได้รับ dexamethasone และกลุ่มที่ได้รับ quercetin หรือ rutin ร่วมกับ dexamethasone (Dex, QD และ RD) โดยสังเกตว่าท่อไตส่วนปลาย diameter ของหนูกลุ่ม Dex, KS, QD และ RD มีแนวโน้มกว้างขึ้น กลุ่ม QS มีขนาดความกว้าง

ของท่อไตส่วนที่สั้นที่สุดในขณะที่กลุ่มอื่นๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วนปลายไม่มีความแตกต่างกัน

ขนาดของ Henle's loop diameter (µm) หนูกลุ่ม QS, RS, KS และ D มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Henle's loop ไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุม และระหว่างกลุ่มก็ไม่มีมีความแตกต่างกัน และพบว่ากลุ่ม QD เพียงกลุ่มเดียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Henle's loop มากกว่ากลุ่ม QS อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

หนูกลุ่มที่ได้รับ quercetin เพียงอย่างเดียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วน Henle's loop น้อยที่สุด สังเกตว่ากลุ่ม QS มีขนาดความกว้างของท่อไตส่วนที่สั้นที่สุด และแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับ dexamethasone (Dex) และในหนูกลุ่มที่ได้รับ quercetin ร่วมกับ dexamethasone (QD) ในขณะที่กลุ่มอื่นๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Henle's loop ไม่มีความแตกต่างกัน

ขนาดของ collecting duct diameter (µm) หนูกลุ่ม QS, RS และ D มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ collecting duct ไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุม หนูกลุ่ม KS มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ collecting duct มากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ระหว่างกลุ่ม QS และ QD ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่กลุ่ม RD และ KD มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ collecting duct มากกว่ากลุ่ม RS และ KS ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

หนูกลุ่มที่ได้รับ rutin เพียงอย่างเดียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไตส่วน collecting duct น้อยที่สุด และแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับ dexamethasone (DEX) และในหนูกลุ่มที่ได้รับ rutin ร่วมกับ dexamethasone (RD) อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ในขณะที่กลุ่มอื่นๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ collecting duct ไม่มีความแตกต่างกัน

Table 1 The diameter of the renal tubules of mice kidneys in different groups.

Mice	Cont	DEX	KS	QS	RS	QD	RD	KD
Proximal tubule	15.60±0.71	16.89±1.24	18.88±0.62	15.63±0.48	13.93±0.78	16.44±0.80	16.58±0.72	16.02±0.62
Distal tubule	14.26±0.84	15.13±0.68	17.37±0.90	11.99±0.84	14.04±1.06	15.97±0.54	16.52±0.60	13.53±0.65
Henle's loop	13.39±1.08	18.04±3.08	15.91±0.70	12.09±1.18	13.78±0.87	18.59±1.20	17.18±1.12	14.05±0.95
Collecting duct	16.62±1.12	17.16±1.24	18.52±0.64	15.38±0.84	13.83±0.82	14.95±0.83	17.24±0.88	14.79±0.86

3. การศึกษาเนื้อเยื่อตับของหนูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ด้วยวิธีการย้อม hematoxilin & eosin (H&E) (Figure 4-7)

กลุ่ม Control เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ propylene glycol และ 0.9% saline พบว่าเซลล์ตับมีรูปร่างหลายเหลี่ยม บวม พบ 1-2 nuclei/เซลล์ตับ ใน nucleus ยังพบ nucleolus เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว (single cord) บาง cytoplasm ของเซลล์มี ถุงเล็ก ๆ ภายในเซลล์ มีการสะสมของสารในรูปของ vacuole และ ไชนัสซอียด มีช่องว่าง พบ kupffer cells ไม่พบการเน่าตายของเซลล์ ไชโตพลาสติดสีแดงมากกว่าปกติ และ ไชนัสซอียดตีบแคบ

กลุ่ม Okra และ Saline (KS) เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ okra ที่ละลายใน propylene glycol และ 0.9% saline พบว่าเซลล์ตับบริเวณรอบ central vein และ portal triad มีการติดสีน้อย และมี vacuole ใน cytoplasm เซลล์รูปร่างยาวเรียวย มีการสะสมของเม็ดเลือดขาวเป็นกลุ่ม (lymphocyte aggrega-

tion) บางเซลล์เปลี่ยนรูปร่างยาวรี (fusiform) ไชโตพลาสติดสีน้ำเงินจาง (basophilic)

กลุ่ม Rutin และ Saline (RS) เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ rutin ที่ละลายใน propylene glycol และ 0.9% saline พบว่าเซลล์ตับส่วนมากมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็ก (cuboidal shape) หลุดจากเยื่อฐานเซลล์ ใน cytoplasm มีการสะสมของของเหลวในถุง ขนาดของ ไชนัสซอียดกว้างประมาณ แต่มีเม็ดเลือดแดงสะสมอยู่ทั่วไป สังเกตเห็น Kupffer cell และ lymphocyte อยู่ในเนื้อเยื่อตับ มีการติดสีไม่สม่ำเสมอ รอบๆ central vein พบว่าติดสีแดงมากกว่าที่อื่น และเซลล์มี vacuole มากกว่าที่อื่น ไชโตพลาสติดสีแดง และพบถุงขนาดเล็กกระจายทั่วไป เซลล์ตับไม่เรียงตัวเป็น single cord

กลุ่ม Quercetin และ Saline (QS) เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ quercetin ที่ละลายใน propylene glycol และ 0.9% saline พบเซลล์ตับรูปร่างหลายเหลี่ยม หลุดจากเยื่อฐานเซลล์ เซลล์ตับมีการติดสีสม่ำเสมอ บางกลุ่มของเซลล์ตีบ

มีขนาดเล็กติดสีเข้ม พบมี vacuole ใน cytoplasm เล็กน้อย เซลล์เรียงกระจายทั่วไป ไฮโดพลาสมาติดสีแดงมาก ไซโทซอइटไม่ชัดเจน

กลุ่ม Dexamethasone (Dex) เป็นกลุ่มหนูที่ได้ รับ propylene glycol และ dexamethasone พบว่าการเรียงตัวของเซลล์ตั้งเป็นแบบ single cord บางพื้นที่พบเซลล์อัดแน่นมากเบียด ไซโทซอइटตั้งแคบลง พบว่ามี 1-2 nuclei บางเซลล์เกิด vacuole เบียดจนขีดนิวเคลียส บริเวณรอบ central vein (pericentral zone) มีการเปลี่ยนแปลงของ endothelial cell มีขนาดใหญ่ขึ้นคล้าย fibroblast เซลล์ตั้งบวม มีถุงขนาดเล็กภายในเซลล์มารอบ central vein รูปร่างของเซลล์มีขนาดแตกต่างกันมาก ไฮโดพลาสมาติดสีแดงมากเป็นบางกลุ่ม

กลุ่ม Okra และ Dexamethasone (KD) เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ okra ที่ละลายใน propylene glycol และ dexamethasone พบว่าเซลล์ตั้งใกล้ central vein เปลี่ยนรูปร่างเป็นยาวรี (fusiform) เรียงตัวเป็น single cord พบ vacuole ใน cytoplasm ส่วนช่องว่างของ central vein แคบลง กลุ่มเซลล์ตั้งที่ห่างออกไปจะมีถุงขนาดเล็กภายในเซลล์มากกว่า เซลล์ตั้งที่ใกล้ central vein ไฮโดพลาสมาติดสีน้ำเงินจาง (basophilic)

กลุ่ม Rutin และ Dexamethasone (RD) เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ rutin ที่ละลายใน propylene glycol และ dexamethasone พบว่าเซลล์ตั้งมีรูปร่างหลายเหลี่ยมบวม หลุดจากเยื่อฐานเซลล์ ไซโทซอइटตั้งแคบ รอบ portal triad มี fibroblast มาก ไฮโดพลาสมาติดสีแดงมาก และพบถุงขนาดเล็กกระจายทั่วไป ไซโทซอइटไม่ชัดเจน

กลุ่ม Quercetin และ Dexamethasone (QD) เป็นกลุ่มหนูที่ได้รับ quercetin ที่ละลายใน propylene glycol และ dexamethasone พบว่าเซลล์ตั้งมีรูปร่างหลายเหลี่ยม หลุดจากเยื่อฐานเซลล์ ไซโทซอइटตั้งแคบ รอบ portal triad มี fibroblast มากกว่าที่อื่น ไฮโดพลาสมาติดสีแดง และพบถุงขนาดเล็กกระจายทั่วไป ไซโทซอइटไม่ชัดเจน

วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการทดลองพบว่า หนูทุกกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับ และไต การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการได้รับสารต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ซึ่งตับ และไต ทำหน้าที่ในการขับสารต่างๆ ที่ร่างกายดูดซึมเข้าไป จากการศึกษานี้พบว่าปริมาณออกฤทธิ์ หรือชีวประสิทธิผล (bioavailability) ของ quercetin และ rutin ในหนู rats พบว่า quercetin จะถูกดูดซึมได้เร็วและดีกว่า rutin ที่ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ภายหลังจากการให้ rutin เข้าไป 12-24 ชั่วโมง

rutin จะถูกเติมน้ำแล้วเปลี่ยนเป็น quercetin และดูดซึมในลำไส้ใหญ่ (cecum)³⁰ เมื่อ quercetin metabolite แล้วจะจับกับ albumin ใน พลาสมา ซึ่งจะถูกขับออกจากร่างกายช้าลง จึงทำให้ quercetin สามารถอยู่ในพลาสมา ได้นานถึง 24 ชั่วโมง quercetin และ rutin จะถูกขับออกจากร่างกายทาง bile และทาง urine^{31,32} นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาเมแทบอลิซึมของสารกลุ่ม flavonoids อาศัยการทำงานของเนื้อเยื่อของลำไส้เล็ก ตับ และไต โดย flavonoid ที่ไม่ดูดซึมในลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมแล้วจะถูกขับออกทาง bile แล้วส่งต่อไปยังลำไส้ใหญ่เพื่อขับออกต่อไป และที่ไตจะมีเอนไซม์ ที่สามารถเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้าง (biotransformation) โดยตรวจพบ flavonoids ในรูปแบบ conjugate form³²

Dexamethasone มีผลต่อการทำงานของท่อไตส่วน medullary thick ascending limb of the loop of Henle, distal convoluted tubule, cortical และ medullary collecting tubule³³ โดยพบว่ามี Corticosteroid-binding proteins receptors ในไต ประกอบด้วย mineralocorticoid-specific (Type I), glucocorticoid-specific (Type II), และ corticosterone-specific (Type III) site ซึ่ง receptors นี้มีหน้าที่กระตุ้น renal Na-K-ATPase³⁴ และเมื่อให้ dexamethasone ในระยะสั้นแก่หนูที่ตั้งท้องพบว่า ภายหลังคลอดลูกหนูมีความดันเลือดเพิ่มขึ้น และพบว่ามีการทำลายของไต โดยมีจำนวนของ glomerular ลดลงถึงร้อยละ 20 เมื่อให้ dexamethasone แก่หนูในวันที่ 15 ของการตั้งท้อง³⁵ และนอกจากนี้หากแม่หนูได้รับ dexamethasone ตลอดระยะเวลาของการตั้งครรภ์ พบว่าลูกที่คลอดออกมาเมื่อมีอายุ 60 วัน มีภาวะความดันโลหิตตัวบนสูงขึ้น ร่วมกับจำนวนของ nephron ลดลงถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม³⁵ ยิ่งไปกว่านั้นยังมีรายงานพบว่า glucocorticoid ทำลายการเจริญของไตส่วนนอกของเมตัสลา และกระตุ้นให้ loop of Henle แบ่งตัวเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของปัสสาวะในหนู rat³⁶ และเมื่อให้ dexamethasone ในหนูแรกเกิด ทำให้เกิดการอักเสบในไต กระตุ้นให้เกิด persistent pro-fibrotic process จึงทำให้หนูมีอาการไตวายจากเนื้อไตได้รับภัยอันตราย ทำให้ตายในเวลาต่อมา³⁷ มีรายงานการศึกษาในหนู mice ที่ได้รับ dexamethasone (0.5 mg/kg) ป้อนทางปากเป็นระยะเวลา 23 วัน ทำให้เกิดมีโปรตีนในปัสสาวะและมีลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของไต ดังนี้คือ mild mesangial expansion, segmental or global hyalinosis/sclerosis ในชั้น deep cortical glomeruli มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะที่ของท่อไต โดยพบช่องว่างในเซลล์ท่อไต³⁸ ดังนั้นการที่หนูได้รับ dexamethasone เป็นระยะเวลาสั้นจะเพิ่มการอักเสบของเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของเซลล์บุผิวของ

ท่อไตส่วนต้นมีผนังด้านบนยื่นคล้ายนิ้วและมีถุงน้ำในไซโตพลาสซึม เนื่องจากค่าของ osmotic nephrosis ที่ต่างกันภายในท่อไตฝอยและเซลล์บุท่อไต ส่งผลให้เกิดการสร้างถุงน้ำ (vacuolization) ในเซลล์บุผิวท่อไตมากขึ้น จากการสังเกตพบว่ามีการขยายตัวของหลอดเลือด (congestion) ในกลุ่มทดลองที่ได้รับ Dexamethasone มากกว่ากลุ่มอื่น และจากข้อมูลเปรียบเทียบขนาดของท่อไตส่วนต้น สรุปว่าขนาดของท่อไตในกลุ่ม Dex, QD, RD, KD และ KD มีแนวโน้มจะกว้างขึ้นกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการปริมาณเลือดเข้าสู่ไต (Blood flow) (Table 1)

จากการศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาพบว่า ความกว้างของท่อไตส่วนต้นและส่วนปลายกว้างขึ้น แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเกิดจากการลดการดูดกลับของปัสสาวะหรือมีฤทธิ์ในการขับปัสสาวะเป็นเวลานานได้^{39, 40} กระเจี๊ยบมอญมี anthocyanidin, procyanidin B1, B2, quercetin และ rutin เป็นองค์ประกอบ⁴¹ ซึ่ง cyanidin มีความสามารถในการดูดกลับของ Na^+ , Cl^- และน้ำ โดยทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้ง ACE (angiotensin converting enzyme)⁴¹ จึงทำให้มีการดูดกลับของ Na^+ และน้ำได้น้อย การขับออกของน้ำปัสสาวะที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้มีการขยายของท่อไตส่วนต้นและส่วนปลายได้ และยังพบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญนั้นอาจมีฤทธิ์ในการขับปัสสาวะได้เช่นเดียวกับกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Memispermaceae เช่นเดียวกัน⁴³ นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยพบว่า quercetin และ rutin สามารถลดความดันเลือดได้ และมีฤทธิ์ขับปัสสาวะ⁴⁴ ดังนั้นการได้รับ quercetin, rutin (ซึ่งเปลี่ยนเป็น quercetin ในเวลาต่อมา) และ สารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญ จึงอาจส่งผลต่อการทำงานของไต โดยพบเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไต และลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยา โดยผลการทดลองของหนูกลุ่มที่ได้รับ Okra พบว่าเซลล์บุผิวของท่อไตส่วนต้นเปลี่ยนแปลง แต่ที่พบมากที่สุดคือหนูกลุ่ม KS ในขณะที่ความกว้างของท่อไตมีขนาดใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะการขับสาร quercetin และ rutin จะถูกขับออกจากร่างกายทางน้ำดีและน้ำปัสสาวะ^{31, 32} ซึ่งสารทั้งสองพบในสารสกัดจากกระเจี๊ยบมอญ ส่งผลให้เกิดการปรับตัวของเซลล์ต่อความเข้มข้นสารกลุ่มนี้ที่ท่อไตส่วนต้นมากกว่าเซลล์บุท่อไตส่วนอื่น แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของ Okra อย่างละเอียดในประเด็นนี้ ทางผู้วิจัยเห็นว่าควรทำการศึกษาต่อไป

มีรายงานว่า การได้รับ Endogenous substances เช่น glucocorticoids และ exogenous substances เช่น xenobiotics จะกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงของกลุ่ม P450 (CYP) เอนไซม์ ในตับ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์ตับ เกิด hepatic toxicity และ necrosis⁴⁵ และ

dexamethasone ยังมีผลต่อการเกิด oxidative phosphorylation ของ mitochondria ในเซลล์ตับ¹⁰ นอกจากนี้มีรายงานว่า quercetin ทำให้ hepatocytoma cell line (HepG2) เกิด apoptosis โดยกระตุ้น caspase 3, caspase 9, ลด Bcl-2 family และผลข้างเคียงของการได้รับสารสกัดจากพืชสมุนไพรเป็นพิษต่อร่างกายมีความสัมพันธ์กับปริมาณที่ใช้ และระยะเวลาที่ให้⁴⁶ ดังนั้นจากผลการศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับจึงเห็นการเปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่ม โดยเฉพาะหนูกลุ่ม KS พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ตับที่สะสมสารน้ำเป็นถุง (vacuolization) ในไซโตพลาสซึม รอบ central vein และการย้อมสีจะชัดจางกว่าบริเวณอื่นอย่างชัดเจน ส่วนเซลล์ตับรอบ portal triad เซลล์เปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์รูปร่างเรียวยาวจากการตอบสนองต่อการได้รับบาดเจ็บของเซลล์ (cell injury) และมีการสร้างถุงน้ำในไซโตพลาสซึมเช่นกัน จากการที่เซลล์ตับรอบ central vein มีการทำลายสารพิษต่างๆ มากกว่าเซลล์บริเวณอื่น ซึ่งอาจเป็นเพราะเซลล์ตับบริเวณนี้ ทำหน้าที่กำจัดสารและเก็บไว้ในรูปสารละลายในน้ำได้มากกว่ากลุ่มเซลล์ที่อยู่รอบ portal triad นอกจากนี้มีรายงานการวิจัยพบว่า สารสกัดจากเมล็ดของกระเจี๊ยบมอญมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี^{47, 48} ซึ่งเมื่อป้อนสารสกัดในปริมาณ 200 mg/kg ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 7 วัน สามารถฟื้นฟูการเรียนรู้และจดจำในหนูทดลองที่ได้รับ scoporamine ได้⁴⁷ และสามารถป้องกันภาวะ oxidative stress ของ hepatocyte จากการได้รับ carbon tetrachloride ได้⁴⁸ นอกจากนี้ในการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากเมล็ดกระเจี๊ยบมอญพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณการป้อนของสารสกัดจากเมล็ดกระเจี๊ยบมอญให้หนูในปริมาณ 2000 mg/kg ของน้ำหนักตัว ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของตับ ความเป็นพิษ และไม่ทำให้หนูตาย⁴⁷ ตลอดจนไม่พบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ตับจากการเพาะเนื้อเยื่อตับหนูด้วย⁴⁸ แต่ผลที่ตับต้องทำหน้าที่ในการกำจัดพิษของสารนี้ โดยทำยังต้องศึกษาเพิ่มเติมในการตรวจระดับเอนไซม์ต่างๆ ของตับต่อไป จากข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้มีเพียงข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางลักษณะเนื้อเยื่อวิทยาของไต และ ตับ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการทำงานของตับ และไตในเชิงของสรีรวิทยาในครั้งต่อไป เพื่อนำสมุนไพรมาใช้ด้วยความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ทุนส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่ จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และทุนส่งเสริมและพัฒนางานวิจัยของบุคคลากรและนิสิต หน่วยวิจัยชีวเวชศาสตร์ จากคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

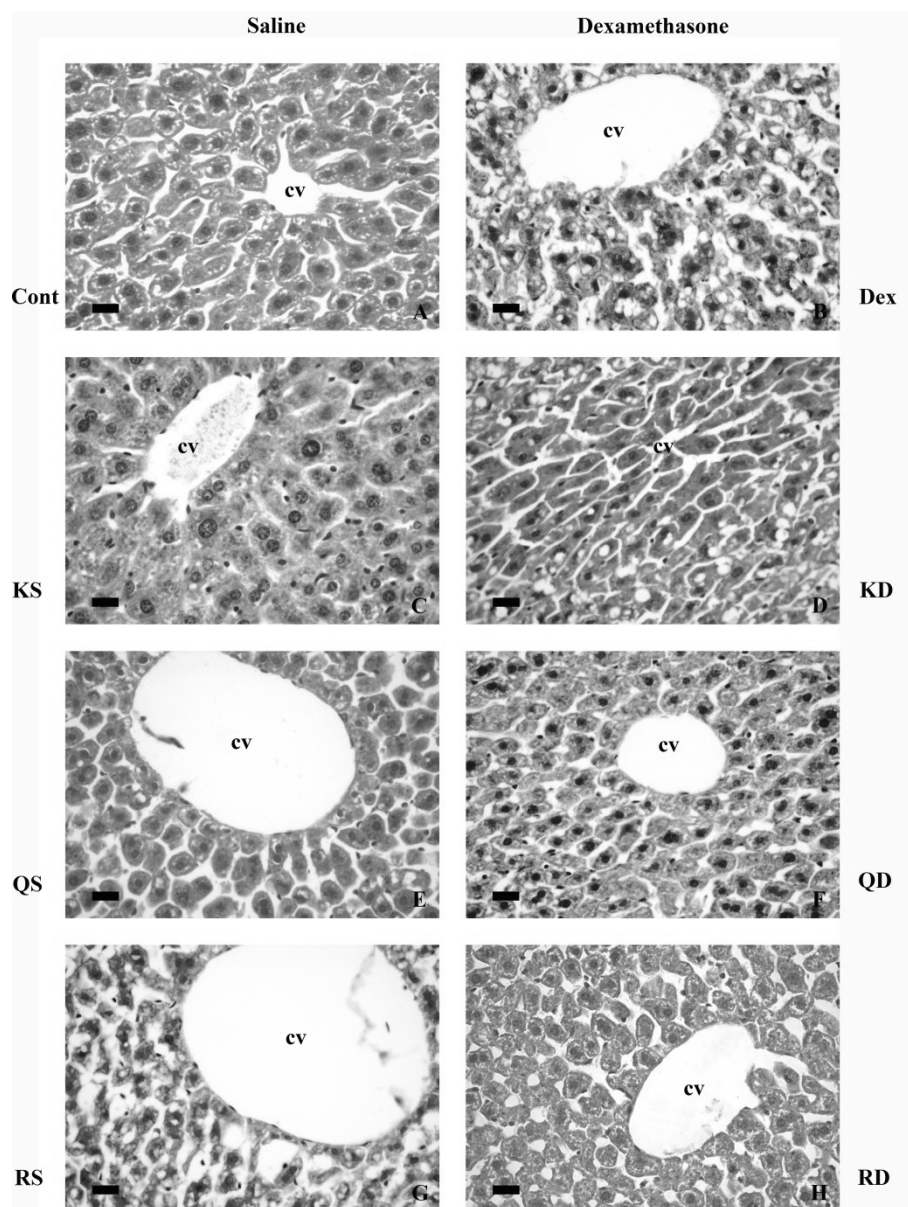


Figure 4 Micrographs comparing H&E-stained sections (3-5 μm thick) of the central vein of mice livers treated with normal sterile saline (left) and dexamethasone (right). (A) Control mice; (B) Dex mice showing the macrovascular body in a hepatocyte surrounding the central vein; (C) KS mice showing fusiform hepatocytes; (D) KD mice showing narrowing of the central vein and fusiform hepatocytes; (E) QS mice showing damage to the basement membrane and acidophilic cytoplasm; (F) QD mice showing the damage to the hepatocyte and acidophilic cytoplasm; (G) RS mice showing damage of the hepatocytes, acidophilic cytoplasm and hepatocyte bleb; (H) RD mice showing hepatocyte bleb, edema, pv: portal vein cytoplasm; also the sinusoid is not clear. (Cont: Control; cv: central vein; Dex: Dexamethasone; KD: Okra+Dexamethasone; KS: Okra+Saline; QD: Quercetin+Dexamethasone; QS: Quercetin+Saline; RD: Rutin+Dexamethasone; RS: Rutin+Saline; bar 20 μm).

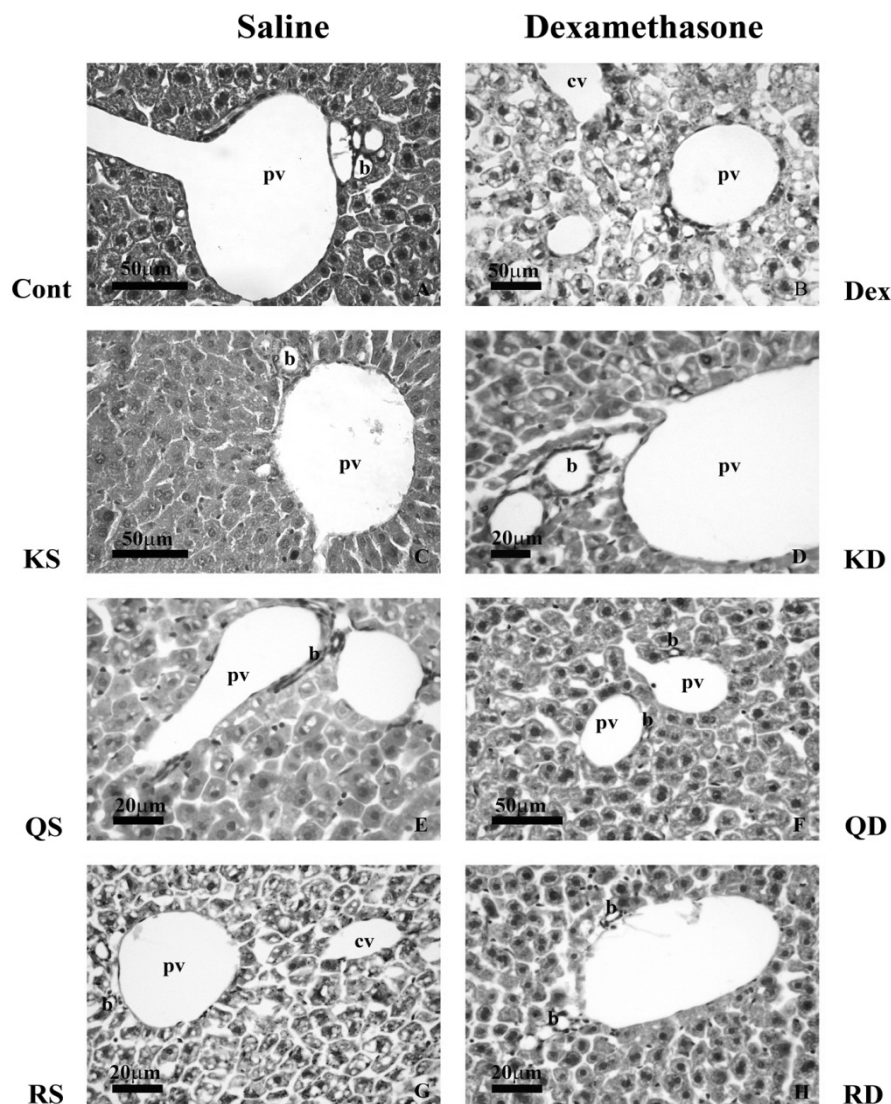


Figure 5 Micrographs comparing H&E-stained sections (3-5 μm thick) of the portal vein of mice livers treated with normal sterile saline (left) and dexamethasone (right). (A) Control mice, bar 50 μm ; (B) Dex mice, hepatocyte showing bleb, irregular shape, dark nucleus, pale cytoplasm and cell edema, bar 50 μm ; (C) KS mice, hepatocyte showing fusiform shape and acidophilic cytoplasm, bar 50 μm ; (D) KD mice, hepatocyte showing fusiform shape and pale basophilic cytoplasm, bar 20 μm ; (E) QS mice, hepatocyte was removed from the basement membrane, acidophilic cytoplasm, bar 20 μm ; (F) QD mice, hepatocyte was removed from the basement membrane, bleb formation, acidophilic cytoplasm and narrow sinusoid, bar 50 μm ; (G) RS mice, small hepatocytes throughout sample, loss of the hepatocytes from basement membrane, disappearance of a single cord, bar 20 μm ; (H) RD mice, showing edema, acidophilic cytoplasm, also the sinusoid is not clear, bar 20 μm . (Cont: Control; cv: central vein; b: bile duct; Dex: Dexamethasone; KD: Okra+Dexamethasone; KS: Okra+Saline; pv: portal vein; QD: Quercetin+Dexamethasone; QS: Quercetin+Saline; RD: Rutin+Dexamethasone; RS: Rutin+Saline).

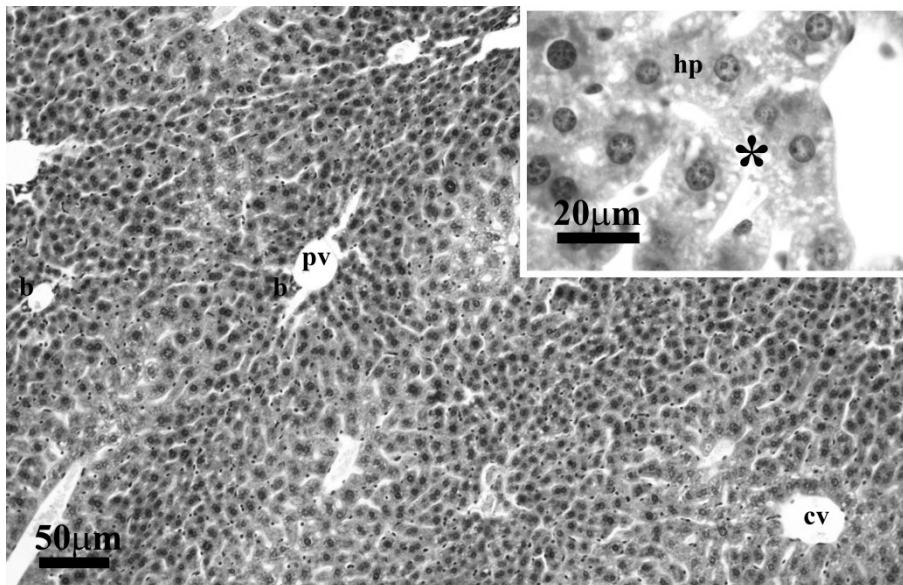


Figure 6 Micrograph of sectioned (3-5 μm thick) and H&E stained tissue surrounding the portal vein of mice livers (KS), bar 100 μm . The hepatocytes have many small vacuoles in their cytoplasm. The hepatic cord and sinusoid (*) are labeled, bar 50 μm . (b: bile duct; hp: hepatocyte; pv: portal vein).

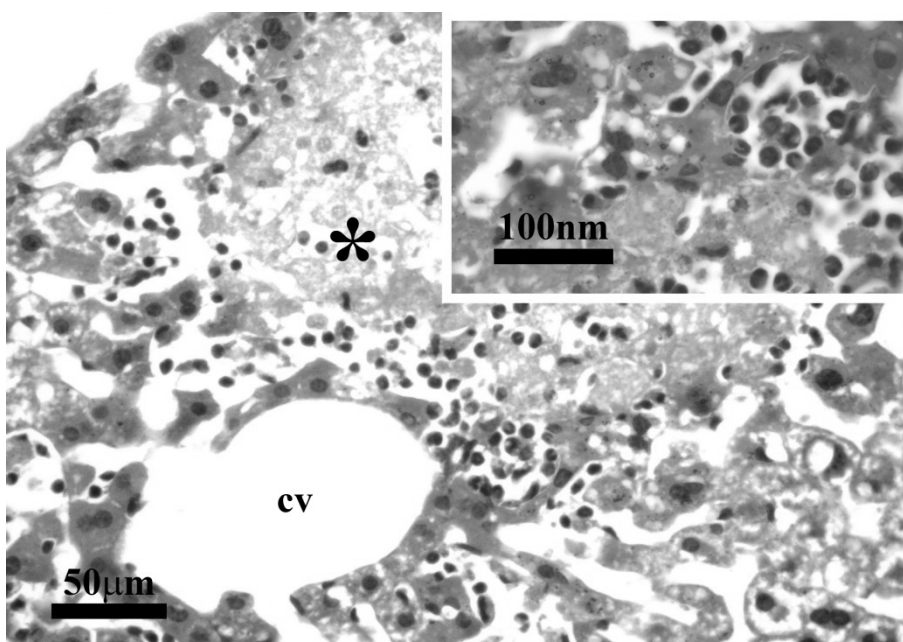


Figure 7 Micrograph of sectioned (3-5 μm thick) and H&E stained liver tissue surrounding the central vein of Dex mice, bar 50 μm . Tissue necrosis (*) and white blood cells (insert) including eosinophils and lymphocytes were observed, bar 100 nm. (cv: central vein).

เอกสารอ้างอิง

1. Martins JP, Monteiro JC and Paixao AD. Renal function in adult rats subjected to prenatal dexamethasone. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2003;30:32-37.
2. Costantini D, Marasco V, Moller AP. A meta-analysis of glucocorticoids as modulators of oxidative stress in vertebrates. *J Comp Physiol B* 2011;181:447-456.
3. Fonnum F, Myhrer T, Paulsen RE, Wangen K, Oksengard AR. Role of glutamate and glutamate receptors in memory function and Alzheimer's disease. *Ann N Y Acad Sci* 1995;757:475-486.
4. Estupina C, Abarca J, Arancibia S, Belmar J. N-methyl-D-aspartate receptor involvement in dexamethasone and stress-induced hypothalamic

- somatostatin release in rats. *Neurosci Lett* 1996;219: 203-206.
5. Ismail K, Wessely S. Psychiatric complications of corticosteroid therapy. *Br J Hosp Med* 1995;53: 495-499.
 6. Kiraly SJ, Ancill RJ, Dimitrova G. The relationship of endogenous cortisol to psychiatric disorder: a review. *Can J Psychiatry* 1997;42:415-420.
 5. Morita K, Ishimura K, Tsuruo Y, Wong DL. Dexamethasone enhances serum deprivation-induced necrotic death of rat C6 glioma cells through activation of glucocorticoid receptors. *Brain Res* 1999;816: 309-316.
 6. Demeule M, Jodoin J, Beaulieu E, Brossard M, Beliveau R. Dexamethasone modulation of multidrug transporters in normal tissues. *FEBS Lett* 1999;442, 208-214.
 7. Micuda S, Fuksa L, Mundlova L, Osterreicher J, Mokry J, Cermanova J, Brckova E, Staud F, Pokorna P, Martinkova J. Morphological and functional changes in p-glycoprotein during dexamethasone-induced hepatomegaly. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2007;34:296-303.
 8. Roussel D, Dumas JF, Simard G, Malthiery Y, Ritz P. Kinetics and control of oxidative phosphorylation in rat liver mitochondria after dexamethasone treatment. *Biochem J* 2004;382, 491-499.
 9. Liu Y, van Goor H, Havinga R, Baller JF, Bloks VW, van der Leij FR, Sauer PJ, Kuipers F, Navis G, de Borst MH. Neonatal dexamethasone administration causes progressive renal damage due to induction of an early inflammatory response. *Am J Physiol Renal Physiol* 2008;294:768-776.
 10. de Vries WB, van den Borne P, Goldschmeding R, de Weger RA, Bal MP, van Bel F, van Oosterhout MF. Neonatal dexamethasone treatment in the rat leads to kidney damage in adulthood. *Pediatr Res* 2010;67: 72-76.
 11. Moller P, Lohr M, Folkmann JK, Mikkelsen L, Loft S. Aging and oxidatively damaged nuclear DNA in animal organs. *Free Radic Biol Med* 2010;48: 1275-1285.
 12. Firuzi O, Miri R, Tavakkoli M, Saso L. Antioxidant therapy: current status and future prospects. *Curr Med Chem* 2011;18:3871-3888.
 13. Lengsfeld C, Titgemeyer F, Faller G, Hensel A. Glycosylated compounds from okra inhibit adhesion of *Helicobacter pylori* to human gastric mucosa. *J Agric Food Chem* 2004;52:1495-1503.
 14. Hedin PA, Lamar PL, Thompson AC, Minyard JP. Isolation and structural determination of 13 flavonoid glycosides in *Hibiscus esculentus* (okra). *Am J Bot* 1968;55:431-437.
 15. Shui G, Peng LL. An improved method for the analysis of major antioxidants of *Hibiscus esculentus* Linn. *J Chromatogr A* 2004;1048:17-24.
 16. Ansari NM, Houlihan L, Hussain B, Pieroni A. Antioxidant activity of five vegetables traditionally consumed by South-Asian migrants in Bradford, Yorkshire, UK. *Phytother Res* 2005;19:907-911.
 17. Gao Y, Chen ZW. Protective effect of *Abelmoschus manihot* L. medic against cerebral ischemia-reperfusion injury. *Chin Pharmacol Bull* 2002;18:692-695.
 18. Cheng XP, Qin S, Dong LY, Zhou JN. Inhibitory effect of total flavone of *Abelmoschus manihot* L. Medic on NMDA receptor-mediated current in cultured rat hippocampal neurons. *Neurosci Res* 2006;55: 142-145.
 19. Wang L, Tu YC, Lian TW, Hung JT, Yen JH, Wu MJ. Distinctive Antioxidant and Antiinflammatory Effects of Flavonols. *J Agric Food Chem* 2006;54:9798-9804.
 20. Mira L, Fernandez MT, Santos M, Rocha R, Florencio MH, Jennings KR. Interactions of flavonoids with iron and copper ions: a mechanism for their antioxidant activity. *Free Radic Res* 2002;36:1199-1208.
 21. Dajas F, Rivera-Megret F, Blasina F, Arredondo F, Abin-Carriquiry JA, Costa G, Echeverry C, Lafon L, Heizen H, Ferreira M, Morquio A. Neuroprotection by flavonoids. *Braz J Med Biol Res* 2003;36:1613-1620.
 22. Wang SP, Huang KJ. Determination of flavonoids by high-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis. *J Chromatogr A* 2004;1032:273-279.
 23. Liu IM, Liou SS, Cheng JT. Mediation of beta-endorphin by myricetin to lower plasma glucose in strep-

- tozotocin-induced diabetic rats. *J Ethnopharmacol* 2006;104:199-206.
24. Ong KC, Khoo HE. Biological effects of myricetin. *Gen Pharmacol* 1997;29:121-126.
25. Knekt P, Kumpulainen J, Jarvinen R, Rissanen H, Heliovaara M, Reunanen A, Hakulinen T, Aromaa A. Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *Am J Clin Nutr* 2002;76:560-568.
26. Deters AM, Lengsfeld C, Hensel A. Oligo- and polysaccharides exhibit a structure-dependent bioactivity on human keratinocytes in vitro. *J Ethnopharmacol* 2005;102:391-399.
27. Tongjaroenbuangam W, Ruksee N, Chantiratikul P, Pakdeenarong N, Kongbuntad W, Govitrapong P. Neuroprotective effects of quercetin, rutin and okra (*Abelmoschus esculentus* Linn.) in dexamethasone-treated mice. *Neurochem Int* 2011;59:677-685.
28. Manach C, Morand C, Demigne C, Texier O, Regerat F, Remesy C. Bioavailability of rutin and quercetin in rats. *FEBS Lett* 1997;409:12-16.
29. Manach C, Texier O, Morand C, Crespy V, Regerat F, Demigne C, Remesy C. Comparison of the bioavailability of quercetin and catechin in rats. *Free Radic Biol Med* 1999;27:1259-1266.
30. Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C, Jimenez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 2004;79:727-747.
31. Malhi H, Guicciardi ME, Gores GJ. Hepatocyte Death: A Clear and Present Danger. *Physiol Rev* 2010;90:1165-1194.
32. Marver D. Evidence of corticosteroid action along the nephron. *Am J of Physiol Renal Physiol* 1984;246:111-123.
33. Ortiz LA, Quan A, Zarzar F, Weinberg A, Baum M. Prenatal dexamethasone programs hypertension and renal injury in the rat. *Hypertension* 2003;41:328-334.
34. Jane S, Madsen K, Nielsen FT, Skøtt O, Jensen BL. Glucocorticoid impairs growth of kidney outer medulla and accelerates loop of Henle differentiation and urinary concentrating capacity in rat kidney development. *Am J Physiol Renal Physiol* 2006;291:812-822.
35. Liu Y, van Goor H, Havinga R, Baller JF, Bloks VW, van der Leij FR, Sauer PJ, Kuipers F, Navis G, de Borst MH. Neonatal dexamethasone administration causes progressive renal damage due to induction of an early inflammatory response. *Am J Physiol Renal Physiol* 2008;294:768-776.
36. Chen A, Sheu LF, Ho YS, Lin YF, Chou WY, Wang JY, Lee WH. Administration of dexamethasone induces proteinuria of glomerular origin in mice. *Am J of Kidney Dis* 1998;31(3):443-452.
37. Woodhall PB, Craig TC. Response of the distal tubule and cortical collecting duct of vasopressin in the rat. *J of Clin Invest* 1973;52:3095-3108.
38. Weinstein AM, Weinbaum S, Duan Y, Du Z, Yan Q, Wang T. Flow-dependent transport in a mathematical model of rat proximal tubule. *Am J Physiol Renal Physiol* 2007;292(4):1164-1181.
39. Khomsug P, Tongjaroenbuangam W, Pakdeenarong N, Suttajit M, Chantiratikul P. Antioxidative activities and phenolic content of extracts from Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Res J Biol Sci* 2010;5:310-313.
40. Parichatikanond W, Pinthong D, Mangmool S. Blockade of the renin-angiotensin system with delphinidin, cyanin, and quercetin. *Planta Med* 2012;78(15):1626-1632.
41. Ojeda D, Jiménez-Ferrer E, Zamilpa A, Herrera-Arellano A, Tortoriello J, Alvarez L. Inhibition of angiotensin convertin enzyme (ACE) activity by the anthocyanins delphinidin- and cyanidin-3-O-sambubiosides from *Hibiscus sabdariffa*. *J Ethnopharmacol* 2010;127(1):7-10.
42. Larson AJ, Symons JD, Jalili T. Therapeutic potential of quercetin to decrease blood pressure: review of efficacy and mechanisms. *Adv Nutr* 2012;3:39-46.
43. Maronpot RR, Yoshizawa K, Nyska A, Harada T, Flake G, Mueller G, Singh B, Ward JM. Hepatic enzyme induction: histopathology. *Toxicol Pathol* 2010;38:776-795.
44. Chen X-W, Serag ES, Sneed KB, Zhou S-F. Herbal bioactivation, molecular targets and the toxicity relevance. *Chemico-Biological Interactions* 2011;192:161-176.

45. Doreddula SK, Bonam SR, Gaddam DP, Rao Desu BS, Ramarao N, Pandey V. Phytochemical analysis, antioxidant, antistress, and nootropic activity of aqueous and methanolic seed extracts of ladies finger (*Abelmoschus esculentus* L.) in mice. *Scientific World J* 2014:1-14.
46. Hu L, Yu W, Li Y, Prasad N, Tang Z. Antioxidant activity of extract and its major constituents from okra seed on rat hepatocytes injured by carbon tetrachloride. *Bio Med Res Inter* 2014:1-9.

ผลของสารสกัดพิกัดตรีพิษจักรต่อหนูเบาหวาน

Effects of Pikudtripitjuk Extract on Diabetic Rats

อรทัย สารกุล,¹ ชุศรี ตลับมูข,² ไฉน น้อยแสง,³ สุพรรณ โพธิ์ศรี,⁴ นพรัตน์ พุทธกาล,⁴
Orathai Sarakul,¹ Chusri Talubmook,² Chanai Noisang,³ Suphan Posri,⁴ Nopparat Buddhakala,⁴
Received: 2 May 2016; Accepted: 27 July 2016

บทคัดย่อ

พิกัดตรีพิษจักร เป็นตำรับที่มีส่วนผสมของเครื่องยา 3 ชนิด คือ ดอกกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry.) ลูกจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) และลูกผักชีล้อม (*Foeniculum vulgare* Mill.) ในอัตราส่วน 1:1:1 วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพิกัดตรีพิษจักรด้วยเทคนิค GC-MS และศึกษาประสิทธิภาพในการลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด โดยทำการเหนี่ยวนำหนูขาวสายพันธุ์วีสตาร์เพศผู้ให้เป็นเบาหวานด้วยการฉีด Streptozotocin ขนาด 65 mg/kg b.w. เข้าช่องท้อง การทดลองนี้แบ่งหนูเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว ที่ 1 หนูปกติควบคุมที่ได้รับ Tween 80 (0.5%) กลุ่มที่ 2 หนูปกติที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร 250 mg/kg b.w. กลุ่มที่ 3 หนูเบาหวานควบคุมที่ได้รับ Tween 80 (0.5%) กลุ่มที่ 4 หนูเบาหวานที่ได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ 0.25 mg/kg b.w. และกลุ่มที่ 5 หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร 250 mg/kg b.w. ทำการป้อนสารสกัดแก่หนูทุกวันตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า องค์ประกอบทางเคมีหลักของสารสกัด ได้แก่ *p*-Eugenol (67.02%), Osthole (4.28%) และ Safrene (2.32%) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สารสกัดสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวของหนูเบาหวานได้ โดยทำให้เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวหนูเบาหวานเพิ่มขึ้น 15.81±4.71% เมื่อเปรียบเทียบกับหนูเบาหวานควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานที่ได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ 15.88±1.67% สารสกัดดังกล่าวลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูเบาหวานได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลลดลง 36.09±2.40% ซึ่งมีมากกว่าหนูเบาหวานที่ได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ 5.80±6.85% และไม่ทำให้ค่าทางโลหิตวิทยาเปลี่ยนแปลง สารสกัดไม่มีผลต่อการทำงานของไตและตับในหนูเบาหวาน เพราะค่าเคมีโลหิตที่บ่งบอกการทำงานของไตคือ BUN และ CREA และค่าเคมีโลหิตที่บ่งบอกการทำงานของตับคือ ALP, ALB, AST และ GLOB ไม่แตกต่างกับหนูปกติควบคุม นอกจากนี้ สารสกัดยังสามารถลด TG ในหนูเบาหวานได้ดีเท่ากับยาไกลเบนคลาไมด์ ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่า สารสกัดพิกัดตรีพิษจักร ขนาด 250 mg/kg b.w. มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด และไตรกลีเซอไรด์ในหนูเบาหวานได้

คำสำคัญ: ระดับน้ำตาลในเลือด สารสกัดพิกัดตรีพิษจักร หนูเบาหวาน

Abstract

Pikudtripitjuk formula was composed of 3 medicinal plants; *Syzygium aromaticum* Merr. et Perry., flowers, *Myristica fragrans* (Houtt.) fruits, and *Foeniculum vulgare* Mill., fruits in a ratio of 1:1:1. This study aimed to detect the main components of Pikudtripitjuk extract by GC-MS to investigate hypoglycemic activities. Male Wistar rats were induced with diabetes mellitus (DM) by a single intra-peritoneal injection of 65 mg/kg streptozotocin then. The rats were

¹ นักศึกษาปริญญาโท, ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12111

² รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต. ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

³ อาจารย์ สาขาการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130,

⁴ Master of Science Student, Program in Biology, 4 Assist. Prof. Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi District, Distrivt, Pathumthani 12111, Thailand.

² Assoc. Prof, Faculty of Science, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44150, Thailand

³ Lecturer, Thai Traditional Medicine Collage, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi District, Pathumthani 12130, Thailand

provided with a 2% sucrose solution for 48 h to alleviate the discomfort after initiating the hypoglycemic phase. The experimental rats were equally divided into 5 groups, group I (normal controls were given 0.5% Tween 80), group II (normal rats were given 250 mg/kg.bw of the extract), group III (diabetic controls were given 0.5% Tween 80), group IV (diabetics rats were treated with glibenclamide 0.25 mg/kg.bw and group V (diabetics rats were treated with 250 mg/kg.bw of the extracts). The extract was given orally and daily to the normal and diabetic rats for six weeks. The results revealed that the main compounds found in the extract were p-Eugenol (67.02%), Osthole (4.28%), and Safrene (2.32%). The extract significantly ($p < 0.05$) increased the body weight of the diabetic treated rats, but significantly ($p < 0.05$) less than glibenclamide. On the other hand, administration of the extract significantly ($p < 0.05$) lowered the blood glucose levels in the diabetic treated rats more than glibenclamide. Moreover, the extract had no effect on hematological values as the levels were not different. The extract also exhibited no effect on renal and hepatic functions, since there was no significant alteration in the blood chemistry of BUN and CREA, and ALP, ALB, AST and GLOB in the diabetic treated rats, diabetic controls and normal controls. Furthermore, the extract significantly ($p < 0.05$) reduced TG in the diabetic treated rats more than glibenclamide. The results in this study indicate that the extract from Pikuttripitjuk (250 mg/kg.bw) produce hypoglycemic and hypotriglyceridemic effects in the diabetic rats.

Keywords: Blood glucose level, Pikudtripitjak extract, Diabetic rats

บทนำ

โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus) เป็นภาวะที่ร่างกายไม่สามารถนำน้ำตาลที่ได้จากการรับประทานอาหารเข้าสู่เซลล์เพื่อสลายให้เกิดพลังงานได้ มีสาเหตุมาจากความผิดปกติของการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin) ซึ่งสร้างขึ้นจากเซลล์บีตา (β -cell) ของเนื้อเยื่อ Islets of Langerhans ภายในตับอ่อนในการทำหน้าที่นำน้ำตาลกลูโคสจากกระแสเลือดเข้าสู่เซลล์ของร่างกาย¹ เบาหวานมี 2 ชนิด ได้แก่ เบาหวานชนิดที่ 1 เป็นเบาหวานชนิดพึ่งอินซูลิน (Insulin dependent diabetes type 1) ผู้ป่วยมักขาดอินซูลินอย่างสมบูรณ์ และเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน (Non-insulin dependent diabetes type II) อุบัติการณ์โรคเบาหวาน พบว่าผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 พบมากกว่าชนิดที่ 1 และมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปี พ.ศ. 2550 พบผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลก 246 ล้านคน จากข้อมูลรายงานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกเพิ่มมากขึ้นในปี พ.ศ. 2568 ประมาณ 380 ล้านคน² ผู้ป่วยเบาหวานเรื้อรังมักพบโรคแทรกซ้อนที่มีสาเหตุจากตัวผู้ป่วยขาดการป้องกันและดูแลรักษาร่างกาย การเป็นเบาหวานเรื้อรังทำให้ร่างกายขาดอินซูลินหรือประสิทธิภาพในการทำงานของอินซูลินลดลง จึงส่งผลกระทบต่อระบบเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเกิดการสูญเสียหน้าที่ เช่น โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา จอประสาทตาลอก ต้อหิน ต้อกระจก³ โรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเส้นเลือดสูง ภาวะหลอดเลือดแข็งตัวง่าย ขาบริเวณปลายมือปลายเท้า ไตทำงานผิดปกติ เนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าระดับปกติทำให้

มีการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนเลือดที่ไตและทำให้มีการเปลี่ยนแปลงที่เนื้อไตโดยตรงจึงเกิดพยาธิสภาพที่ไตโดยตรงเมื่อนำปัสสาวะไปตรวจจึงพบโปรตีนในปัสสาวะ ถ้าผู้ป่วยไม่ได้รับการรักษาอาจทำให้ไตวาย⁴ ปัจจุบันมียารักษาเบาหวาน 2 ชนิด คือ ชนิดที่เสริมการออกฤทธิ์ของอินซูลิน และชนิดที่เพิ่มการหลั่งอินซูลินของตับอ่อน ทั้งนี้ผู้ป่วยต้องควบคุมอาหารและออกกำลังกายควบคู่กันไป และรายงานวิจัยในปัจจุบันพบสมุนไพรหลายชนิดมีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด⁵ เช่น ชิง (*Zingiber officinale Roscoe.*)⁶ เบญจรงค์ (*Asystasia Qangetica* (L.) T. Anders.)⁷ ฮว่านง็อก (*Pseuderanthemum palatiferub* (Nees) Radlk.)⁸ และใบช่อยดำ (*Clerodendrum disparifolium* Blume.)⁹ เป็นต้น การพัฒนาายาสสมุนไพรรักษาโรคเพื่อนำมาทดแทนยาแผนปัจจุบัน จะช่วยลดมูลค่าการนำเข้ายาจากต่างประเทศ รวมทั้งทำให้ประเทศพึ่งพาตนเองด้านสาธารณสุขได้ และยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยต่อการซื้อยาแผนปัจจุบัน¹⁰ ตั้งแต่อดีตมีการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural products) จากสมุนไพรมานำมาใช้เป็นยารักษาเบาหวาน ประมาณ 656 สปีชีส์ 437 สายพันธุ์ 111 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ถั่ว (Leguminosae), วงศ์กะเพรา (Lamiaceae), วงศ์ลิลลี่ (Liliaceae), วงศ์แตง (Cucurbitaceae), วงศ์ทานตะวัน (Asteraceae), วงศ์ขมิ้น (Moraceae), วงศ์กุหลาบ (Rosaceae) วงศ์ยางพารา (Euphobiaceae) และวงศ์เล็บครุฑ (Araliaceae)¹¹ สมุนไพรที่มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด ได้แก่ กระถิน (*Leucaena glauca* Benth.), บอระเพ็ด (*Tinospora crispa* (L.) Miers ex Hook.f. & Thomson.), ตำลึง (*Coccinia grandis* (L.) Voigt., หม่อน (*Morus alba* Linn.), อินทนิลน้ำ (*Lager-*

stroemia speciose (L.) Pers.), ทองกวาว (*Butea monosperma* (Lam.) Taub.), ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), มะม่วง (*Mangifera indica* Linn.), และหว่า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels.)⁵ พืชยาตรีพิษจักรเป็นตำรับยาตามตำราเภสัชกรรมไทยที่มีน้ำหนักของเครื่องยาทั้ง 3 ชนิดที่เท่ากัน ประกอบด้วย กานพลู (*Syzygium aromaticum* Merr. et Perry.) 1 ส่วน ลูกจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) 1 ส่วน และ ลูกผักชีล้อม (*Foeniculum vulgare* Mill.) 1 ส่วน ซึ่งมีสรรพคุณในการแก้ปวด บำรุงโลหิต แก้เหน็บชา แก้บิด¹² มีรายงานว่าสารสกัดพืชรพิษจักรไม่ก่อให้เกิดอาการความเป็นพิษและไม่ทำให้หนูทดลองตาย โดยมีค่า LD₅₀ > 4,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม¹³ ส่วนดอกกานพลูซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของพืชรพิษจักรนั้นผู้วิจัยได้ทำปัญหาพิเศษเพื่อศึกษาสารสกัดดอกกานพลูที่มีฤทธิ์ต่อความทนทานระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย STZ พบว่าหนูเบาหวานได้รับสารสกัดดอกกานพลู 250 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดลดลง 75% เมื่อเปรียบเทียบกับหนูเบาหวานได้รับไกลเบนคลาไมด์ 0.25 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม 61.68% สรุปได้ว่าสารสกัดดอกกานพลูมีความทนทานต่อระดับน้ำตาลในเลือดสูง

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ตำรับพืชรพิษจักรเพราะเครื่องยาทั้ง 3 ชนิดพบในตำรับยาสามัญประจำบ้านแผนโบราณหลายตำรับ อีกทั้งเครื่องยาบางชนิดยังนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น ลูกผักชีล้อม และลูกจันทน์เทศ ผู้วิจัยสนใจผลของสารสกัดพืชรพิษจักรต่อหนูเบาหวาน โดยติดตามผลการลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด ค่าโลหิตวิทยา และค่าเคมีโลหิตในหนูขาวสายพันธุ์วิสตา

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษารายละเอียดของสารสกัดพืชรพิษจักร และฤทธิ์ต้านเบาหวานของสารสกัดพืชรพิษจักรในหนูเบาหวาน

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสารสกัดพืชรพิษจักร (Pikudtripitjuk extract; PTPE)

นำเครื่องยาสมุนไพร 3 ชนิด ตามพืชรพิษจักร ได้แก่ ดอกกานพลู ลูกจันทน์เทศ และลูกผักชีล้อม ไปบดหยาบและนำมาผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 แล้วนำไปสกัดโดยการหมักแช่ใน เอทานอล 95% อัตราส่วนผงยาพืชรพิษจักร 100 กรัม : เอทานอล 95% ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน กรองเอากากผงยาออก นำ

สารสกัดที่ได้ไประเหยโดยใช้เครื่องระเหยตัวทำละลายแบบสุญญากาศ (Rotary evaporator) จนได้สารสกัดหยาบ (Crude extract) มีลักษณะเหนียว สีน้ำตาล และแบ่งสารสกัดส่วนหนึ่งไปทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพืชรพิษจักรด้วยเครื่องวิเคราะห์ GC-MS (Gas Chromatograph – Mass Spectrometer) อีกส่วนหนึ่งนำไปทดสอบฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้หนูขาวเพศผู้สายพันธุ์วิสตา (Male albino Wistar rats) น้ำหนักตัวเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 150-250 กรัม โดยสั่งซื้อจากศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล ทำการพักหนูก่อนทดลอง 1 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพหนูทดลองต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55-60% ได้รับแสงสว่างวันละ 12 ชั่วโมง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับสัตว์ฟันแทะที่มีโปรตีนประมาณ 44% และน้ำดื่มอย่างเพียงพอตลอดการทดลอง (Ad libitum) การศึกษาครั้งนี้ปฏิบัติตามกฎของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในสัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ RMUTT.SCI.2015.R001

3. วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 การเหนี่ยวนำหนูให้เป็นเบาหวาน

ภายหลังจากการพักหนูทดลอง 1 สัปดาห์ ทำการอดอาหารหนูก่อนทดลองเป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง จากนั้นเหนี่ยวนำหนูให้เป็นเบาหวานด้วย Streptozotocin (STZ) ขนาด 65 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ที่ละลายใน 20 mM Citrate buffer ที่ pH 4.5 โดยการฉีดเข้าช่องท้อง (Intra-peritoneal injection) หลังจากฉีด STZ แล้วจึงให้หนูดื่มสารละลายซูโครส 2% แทนน้ำดื่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ¹⁴ หลังจากฉีด STZ แล้วเป็นเวลา 3 วัน ทำการตรวจวัดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดในภาวะอดอาหาร (Fasting blood glucose) โดยทำการเจาะเลือดที่ปลายหางหนู แล้ววัดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดด้วยเครื่อง Glucometer เลือกหนูที่มีระดับน้ำตาลในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 126 กิโลกรัมต่อเดซิลิตร แสดงว่าหนูเป็นเบาหวานและนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 การศึกษาผลของสารสกัดต่อหนูเบาหวาน

ทำการทดลองโดย แบ่งหนูทดลองเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 หนูปกติควบคุมได้รับ 0.5% Tween 80

กลุ่มที่ 2 หนูปกติ ได้รับสารสกัดพืชรพิษจักรขนาด 250 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 3 หนูเบาหวานควบคุมได้รับ 0.5% Tween 80
 กลุ่มที่ 4 หนูเบาหวาน ได้รับไกลเบนคลาไมด์
 ขนาด 0.25 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 5 หนูเบาหวานได้รับสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร
 250 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ทำการป้อนสารแต่ละกลุ่มทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง เวลา
 09.00 น. ทำการชั่งน้ำหนักตัวหนูและวัดระดับน้ำตาลกลูโคส
 ในเลือดของหนูทดลองทุกตัว สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และเมื่อสิ้นสุด
 การทดลอง ทำการศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา และค่าเคมีโลหิต
 ของหนูทดลอง

3.2.1 การวัดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด
 ทำการอดอาหารหนูก่อนการตรวจวัดระดับน้ำตาลกลูโคสใน
 เลือด (Fasting blood glucose) เป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง แล้ว
 เจาะเลือดที่ปลายหางหนูหยดเลือดลงบนแผ่นทดสอบ (Glu-
 cose test strip) แล้วนำไปอ่านค่า ด้วยเครื่องวัดระดับน้ำตาล
 กลูโคสในเลือด ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

3.2.2 การหาค่าโลหิตวิทยาและค่าเคมี
 โลหิต

เมื่อครบ 6 สัปดาห์ หนูทดลอง
 ตายโดยไม่ทรมาน (Euthanasia) โดยการเคลื่อนกระดูกคอ
 (Cervical dislocation technique) แล้วทำการเปิดช่องอกของ
 หนูเพื่อตัดเลือดออกจากหัวใจใส่ลงใน Blood Collection Tube
 เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์หาค่าทางโลหิตวิทยา ได้แก่ WBC,

RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC และ PLT และหาค่า
 เคมีโลหิต ได้แก่ ALP, ALB, BUN, CHOL, CREA, ALT, AST,
 TG, และ GLOB โดยส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการศูนย์สัตว์ทดลอง
 แห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่
 ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย และทำการทดสอบ
 สมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-
 way analysis of variance) โดยใช้สถิติ F-test จากนั้นเปรียบ
 เทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ตามวิธีของ Duncan's
 New Multiple Range Test กำหนดค่าความเชื่อมั่นทางสถิติ
 ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

ผลการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด
 พิกัดตรีพิษจักรด้วยเทคนิค GC-MS สารที่พบในปริมาณสูง
 10 ชนิด ได้แก่ *p*-Eugenol 67.02 %, Osthole 4.28 %, Beta-
 caryophyllene 2.94 %, Oleic acid 2.68 % Safrene 2.32
 %, Phenol 1.92 %, Ethyl palmitate 1.71 %, Caryophyllene
 oxide 1.56 %, Tetradecanoic acid (CAS) 1.49 % และ
 Tetracyclo 1.26 % (Table 1) และองค์ประกอบทางเคมีของ
 สารที่พบมีปริมาณน้อยอีก 37 ชนิด

Table 1 Components of Pikudtripitjuk extract by GC-MS

Text name	R.T	% of total
Safrene	18.41	2.32
<i>p</i> -Eugenol	20.27	67.02
beta-caryophyllene	21.95	2.94
Phenol	24.23	1.92
Caryophyllene oxide	25.93	1.56
Tetracyclo	27.2	1.26
Tetradecanoic acid (CAS)	29.99	1.49
Ethyl palmitate	34.56	1.71
Osthole	37.01	4.28
Oleic acid	37.75	2.68

เปอร์เซ็นต์การเพิ่มน้ำหนักตัวของหนูทดลอง
 จาก (Table 2) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักหนู
 ปกติควบคุมและหนูปกติที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร ตั้งแต่
 สัปดาห์ที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเพิ่มขึ้นไม่
 แตกต่างกันเท่ากับ 13.54±1.41 % และ 13.54±1.41 % และ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัด
 พิกัดตรีพิษจักร ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-6 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์
 ของน้ำหนักเพิ่มขึ้น 15.81±4.71 % ซึ่งสูงกว่าหนูเบาหวาน
 ควบคุม 10.83±0.80 % แต่เพิ่มได้น้อยกว่าหนูเบาหวานที่ได้
 รับยาไกลเบนคลาไมด์ 15.88±1.67 %

Table 2 Percentage increasing in the body weight of male Wistar rats

Group	Body weight (%)						$\bar{X} \pm SD$
	week 1	weeks 2	weeks 3	weeks 4	weeks 5	Weeks 6	
1. Normal control	3.58±2.15 ^a	5.43±3.77 ^a	12.22±3.30 ^a	16.55±0.54 ^b	19.96±0.69 ^b	22.55±0.80 ^c	13.54±1.41 ^a
2. Normal + PTPE	4.46±2.58 ^a	3.97±4.23 ^a	17.77±0.35 ^b	13.20±1.15 ^b	20.40±0.67 ^b	23.50±0.57 ^c	14.21±0.58 ^a
3. DM control	5.29±2.39 ^a	11.86±2.07 ^b	11.92±3.02 ^a	11.58±3.95 ^a	11.14±4.29 ^a	10.22±4.06 ^a	10.83±0.80 ^b
4. DM + GB	5.86±3.40 ^a	10.16±5.87 ^b	11.84±6.84 ^a	21.85±12.61 ^c	19.27±11.13 ^b	22.30±8.99 ^c	15.88±1.67 ^a
5. DM + PTPE	10.72±6.19 ^b	16.60±9.59 ^c	16.83±9.72 ^b	14.37±8.30 ^b	14.32±8.27 ^a	17.05±9.84 ^b	15.81±4.71 ^b

Mean values in the same column with the different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

เปอร์เซ็นต์การลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด
จาก (Table 3) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูปกติควบคุมและหนูปกติที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีฟิซจัน ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด 3.83 ± 7.72 %

และ -0.42 ± 8.21 % และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 - 6 ในหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีฟิซจัน 36.09 ± 2.40 % ซึ่งลดได้น้อยกว่าหนูเบาหวานที่ได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ 5.80 ± 6.85 %

Table 3 Percentage reduction in blood sugar levels of the male Wistar rats

Group	Percent reduction in blood sugar levels (%)						$\bar{X} \pm SD$
	week1	weeks 2	weeks 3	weeks 4	weeks 5	weeks 6	
1. Normal control	2.93±0.10 ^a	2.96±1.00 ^b	5.86±1.96 ^b	2.95±1.15 ^b	5.11±1.79 ^b	3.21±0.65 ^b	3.83±7.72 ^a
2. Normal + PTPE	0.04±1.40 ^a	0.32±0.46 ^a	-0.98±0.79 ^a	-0.98±0.79 ^a	-0.32±0.45 ^a	-0.64±0.91 ^a	-0.42±8.21 ^a
3. DM control	0±0.00 ^a	1.65±0.56 ^a	0.25±0.12 ^a	1.48±0.47 ^a	0.1±0.07 ^a	0±0.00 ^a	0.58±2.54 ^a
4. DM + GB	8.67±5.08 ^b	4.43±2.72 ^b	6.11±4.47 ^b	5.16±3.78 ^b	7.15±5.23 ^b	3.32±2.43 ^b	5.80±6.85 ^b
5. DM + PTPE	25.8±18.32 ^c	26.65±20.97 ^c	20.55±22.93 ^c	34.21±18.09 ^c	29.88±19.91 ^c	29.25±18.89 ^c	36.09±2.40 ^c

Mean values in the same column with the different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

ค่าทางโลหิตวิทยา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าโลหิตวิทยาของหนูทดลอง ได้แก่ ค่า WBC, RBC, HGB, MCV, MCH, HCT, MCHC และ PLT ในหนูทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน (Table 4)

ค่าเคมีโลหิต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าเคมีโลหิตของหนูทดลอง (Table 5)

1. การทำงานของไต (Renal function)

ค่าเคมีโลหิตที่แสดงการทำงานของไตในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ค่า BUN, CREA ของหนูทดลองทั้ง 5 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

2. การทำงานของตับ (Hepatic function)

ค่าเคมีโลหิตที่แสดงการทำงานของตับ ในการ

ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ค่า ALP, ALB และ GLOB ของหนูปกติควบคุมหนูเบาหวานได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ และหนูเบาหวานได้รับสารสกัดพิกัดตรีฟิซจัน พบว่า ค่า ALP, ALB, AST และ GLOB ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น หนูปกติที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีฟิซจันกับหนูเบาหวานควบคุม มีค่า ALP สูงขึ้น

3. ปริมาณไขมันในเลือด (Lipid profile)

ค่าไขมัน ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ค่า CHOL และ TG พบว่า ค่า CHOL ของหนูทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า TG ของหนูปกติควบคุม หนูเบาหวานได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ และหนูเบาหวานได้รับสารสกัดพิกัดตรีฟิซจันไม่แตกต่างกัน ยกเว้นหนูปกติได้รับสารสกัดพิกัดตรีฟิซจัน และหนูเบาหวานควบคุมมีค่า TG สูงกว่า

Table 4 Hematological of the male Wistar rats

Group	Hematological values							
	WBC ($\times 10^3$ cell/ mm ³)	RBC ($\times 10^6$ cell/ mm ³)	HGB (g/dl)	HCT (%)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (g/dl)	PLT ($\times 10^3$ μ l)
1. Normal control	4.67 \pm 1.16	8.67 \pm 0.26	16.02 \pm 0.54	44.36 \pm 0.89	51.08 \pm 1.54	18.50 \pm 0.52	36.12 \pm 0.71	651.12 \pm 12.23
2. Normal + PTPE	2.76 \pm 1.59	8.38 \pm 0.41	15.88 \pm 0.57	44.12 \pm 1.83	52.64 \pm 0.89	18.96 \pm 0.29	36.02 \pm 0.51	899.00 \pm 21.28
3. DM control	2.12 \pm 0.11	8.62 \pm 0.16	17.85 \pm 0.28	51.17 \pm 0.79	53.31 \pm 0.75	17.65 \pm 0.16	33.09 \pm 0.24	628.88 \pm 33.66
4. DM + GB	3.13 \pm 1.45	8.15 \pm 0.31	15.78 \pm 0.91	43.00 \pm 2.28	52.74 \pm 1.53	19.34 \pm 0.59	36.68 \pm 0.49	902.20 \pm 24.36
5. DM + PTPE	4.37 \pm 1.76	8.66 \pm 0.29	16.48 \pm 0.60	45.16 \pm 2.23	52.10 \pm 1.52	19.02 \pm 0.51	36.50 \pm 0.55	917.60 \pm 27.19

Mean values in the same column with the different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

WBC= White Blood Cell Count; ค่าปกติ = 6.63 \pm 3.33 ($\times 10^3$ cell/mm³), RBC = Red Blood Cell Count; ค่าปกติ = 8.16 \pm 0.37 ($\times 10^6$ cell/mm³), HGB= Hemoglobin; ค่าปกติ = 16.26 \pm 0.71 (g/dl), HCT= Hematocrit; ค่าปกติ = 43.67 \pm 2.01 (%) , MCV= mean corpuscular volume; ค่าปกติ = 53.56 \pm 0.22 (fl), MCH= mean corpuscular hemoglobin; ค่าปกติ = 19.97 \pm 0.59 (pg), MCHC= mean corpuscular hemoglobin concentration; ค่าปกติ = 37.26 \pm 1.24 (g/dl), PLT= Platelet; ค่าปกติ = 953 \pm 73.42 ($\times 10^3$ μ l)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร ซึ่งประกอบด้วยดอกกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry.) 1 ส่วน ลูกจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) 1 ส่วน และ ลูกผักชีล้อม (*Foeniculum vulgare* Mill.) 1 ส่วน พบองค์ประกอบทางเคมีหลักที่พบในสารสกัดพิกัดตรีพิษจักร ได้แก่ สาร Eugenol ที่สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ นพมาศ ซึ่งพบสาร Eugenol ในดอกกานพลู¹⁵ ส่วนสาร Osthole มีผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่รายงานว่าเป็นสารที่พบในลูกผักชีล้อม¹⁶ และสาร Safrene สอดคล้องกับงานวิจัยของ Somani and Singhai ที่พบสาร Safrene ในลูกจันทน์เทศ¹⁷

สารสกัดพิกัดตรีพิษจักรมีผลทำให้น้ำหนักตัวของหนูเบาหวานเพิ่มขึ้น โดยทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดพิกัดตรีพิษจักรตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 15.81 \pm 4.71% แต่น้อยกว่าหนูเบาหวานได้รับยาไกลเบนคลาไมด์ จากการศึกษาของนักวิจัยที่ใช้สารสกัดจากสมุนไพรลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด เช่น ไบฟริง และพบว่ามีส่วนทำให้น้ำหนักหนูเบาหวานเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารสกัดมีฤทธิ์กระตุ้นให้หนูเบาหวานสามารถนำน้ำตาลกลูโคสในเลือดเข้าสู่เซลล์ และนำไปสลายเป็นพลังงานได้ จึงไม่ต้องสลายโปรตีน และไขมันจากร่างกายมาเป็นพลังงานแทน¹⁸ จึงทำให้มีการเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าหนูเบาหวานควบคุมที่ไม่ได้รับสารสกัด เนื่องจากหนูเบาหวานไม่สามารถนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ตามปกติได้ จึงส่งผล

ต่อระบบเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน ทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเกิดการสูญเสียหน้าที่ ทำให้น้ำหนักตัวลดลง และน้ำหนักตัวลดลง¹⁹⁻²¹

สารสกัดพิกัดตรีพิษจักรสามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูเบาหวานได้ โดยทำให้มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูเบาหวานได้รับสารสกัดพิกัดตรีพิษจักรเป็น 36.09 \pm 2.40% การที่สารสกัดพิกัดตรีพิษจักรสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฤทธิ์ของกานพลูและลูกจันทน์เทศต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง²² จากการศึกษาวิจัย พบว่าสารสกัดลูกจันทน์เทศมีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดหนูเบาหวานที่เหนี่ยวนำด้วย Alloxan ซึ่งเป็นผลมาจากสารสกัดไปกระตุ้นบีต้าเซลล์ (β -cells) ให้มีการหลั่งสารอินซูลินเพิ่มขึ้น²³

สารสกัดพิกัดตรีพิษจักร ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยทางโลหิตวิทยาของหนูทดลอง ได้แก่ ค่า WBC, RBC, HGB, MCV, MCH, HCT, MCHC และ PLT มีการเปลี่ยนแปลง และยังมีค่าเฉลี่ยทางโลหิตวิทยาเป็นปกติ ถือว่าสารสกัดไม่มีผลกระทบการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยาของหนูทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดพิกัดตรีพิษจักรซึ่งประกอบด้วยเครื่องยาแต่ละชนิดที่มีฤทธิ์บำรุงโลหิต คือ สารในผักชีล้อมมีตัวยาสาคัญเป็นสาร Osthole, Imperetorin, Xanthotoxol และ Isopimpinellin ส่วนสารสกัดจากดอกกานพลูพบสารสำคัญ คือ Eugenol 72-90% มีคุณสมบัติเป็นยาชาเฉพาะที่ (Local anesthetic) ช่วยขยับน้ำดีลดการจุกเสียดที่เกิดจากการย่อยอาหารที่ไม่สมบูรณ์ ลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร กระตุ้นให้มีการหลั่งเมือก และรักษาแผลอักเสบ²⁴

สารสกัดพิกัดตรีพีษจักรไม่มีผลต่อการทำงานของไตในหนูเบาหวาน เพราะค่าเฉลี่ยเคมีโลหิต BUN และ CREA ไม่แตกต่างกับหนูปกติควบคุม และค่าเฉลี่ยเคมีโลหิต ALP, ALB, AST และ GLOB ก็ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม ซึ่งให้เห็นว่า สารสกัดไม่มีผลต่อการทำงานของตับ สารสกัดพิกัดตรีพีษจักรมีเอนไซม์ไปช่วยลดการทำงานของตับ ปกป้องตับ และสารสกัดพิกัดตรีพีษจักรไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลแต่สามารถลดไตรกลีเซอไรด์ในหนูเบาหวานได้ เนื่องจากในสารสกัดพิกัดตรีพีษจักรมีสาร Osthole ที่พบในลูกผักชีล้อม ซึ่งมี

ฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือด และฤทธิ์ในการป้องกันการสะสมไขมันที่ตับ นอกจากนี้ยังพบสารกลุ่ม Coumarins โดยเฉพาะ Osthole มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ²⁵

ดังนั้น ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถนำสารสกัดพิกัดตรีพีษจักรขนาด 250 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มาใช้เป็นทางเลือกสำหรับยารักษาผู้ป่วยเบาหวานและบำรุงโลหิตได้ดีใกล้เคียงกับยาไกลเบนคลาไมด์ ควบคู่กับการปฏิบัติตัวด้วยการควบคุมอาหาร และการออกกำลังกายติดต่อกันอย่างสม่ำเสมอ

Table 5 Blood chemistry value of the male Wistar rats

Group	Blood chemical value								
	ALP (μ /L)	ALB (g/dl)	BUN (mg/dl)	CHOL (mg/dl)	CREA (mg/dl)	ALT (μ /L)	AST (μ /l)	TG (mg/dl)	GLOB (g/dl)
1. Normal control	67.60 \pm 13.93 ^a	5.82 \pm 0.23 ^c	15.52 \pm 1.46	65.33 \pm 9.75	0.42 \pm 0.04	49.00 \pm 5.34	132.00 \pm 11.61	118.5 \pm 30.53 ^b	1.08 \pm 0.15 ^b
2. Normal + PTPE	104.60 \pm 7.2 ^b	4.74 \pm 0.47 ^b	21.74 \pm 8.97	67.83 \pm 6.27	0.32 \pm 0.08	44.60 \pm 15.58	104.00 \pm 18.93	81.67 \pm 31.33 ^a	0.64 \pm 0.27 ^a
3. DM control	103.00 \pm 6.52 ^b	3.85 \pm 0.33 ^a	23.93 \pm 0.82	71.00 \pm 7.28	0.60 \pm 0.10	86.36 \pm 2.13	114.10 \pm 3.60	324.50 \pm 39.97 ^c	2.45 \pm 1.87 ^c
4. DM + GB	61.20 \pm 14.32 ^a	5.64 \pm 0.18 ^c	19.14 \pm 2.72	90.50 \pm 16.57	0.42 \pm 0.08	41.00 \pm 5.05	114.60 \pm 21.74	129.83 \pm 28.89 ^b	0.98 \pm 0.08 ^a
5. DM + PTPE	70.80 \pm 12.67 ^a	6.08 \pm 0.62 ^{bc}	19.90 \pm 4.48	70.50 \pm 31.07	0.36 \pm 0.05	42.00 \pm 9.51	112.40 \pm 22.80	105.00 \pm 54.15 ^b	1.18 \pm 0.24 ^{bc}

Mean values in the same column with the different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

ALP=Alkaline phosphatase; ค่าปกติ = 30-120 IU/l , ALB=Albumin; ค่าปกติ = 3.5-5.3 g/dl, BUN = Blood urea nitrogen; ค่าปกติ = 20.5 \pm 4.3 mg/dl, CHOL = Cholesterol; ค่าปกติ = 98 \pm 11 mg/dl, CREA = Creatinine; ค่าปกติ = 0.3 \pm 0.1 mg/dl, ALT = Alamine aminotransferase; ค่าปกติ = 9-40 IU/l, AST = Aspartate transaminase; ค่าปกติ = 10-35 U/l, TG = Triglyceride; ค่าปกติ = 98 \pm 34 mg/dl, GLOB = Globulin; ค่าปกติ = 1.4 \pm 0.2 g/dl

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หองปฏิบัติกรวิจัย วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

- บุญทิพย์ สิริธรรังสี. ผู้ป่วยเบาหวาน (การดูแลองค์รวม). พิมพ์ครั้งที่ 3. นครปฐม: ศูนย์อาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล; 2539.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. แผนควบคุมปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ.; 2550.
- ฉันทชนก สิงห์เสนา. ความเป็นพิษ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดดอกทองกวาวในหนูเบาหวาน.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต

- สาขาชีววิทยาศึกษามหาวิทยาลัย มหาสารคาม; 2555.
- สุมาลี นิยมมานิตย์.โรคเบาหวานกับไต. สืบค้นจาก Siriraj E-public Library: SIRIRAJ ONLINE. 11/10/2553 11:38:36.
- ชูศรี ตลับมุข. พืชสมุนไพรตอนสมุนไพรไทยลดภัยเบาหวาน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา; 2556
- นพรัตน์ พุทธกาล, ชูศรี ตลับมุข, สุพรรณ โปธิศรี และเสาวนีย์ บัวโตน. ผลของสารสกัดขิงในการรักษาหนูเบาหวาน. วารสารวิชาการและวิจัย, มทร.พระนคร ฉบับพิเศษการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, 2556;300-311.
- ธีรพร กทีศาสตร์ และสุรพงษ์ รัตนะ.ผลการลดระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ของสารสกัดจากใบเบญจรงค์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 9 2556;760-767.
- ภาวนา พนมเขต และสุรศักดิ์ แวนรัมย์.ฤทธิ์ของสารสกัดฮว่านง็อกในหนูเบาหวาน. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 2554;7(2): 22-28.

9. ชูศรี ตลับมุข และจตุพร เผ่าพงษ์ไทย. ระดับน้ำตาลในเลือดและค่าทางโลหิตวิทยาในหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดใบช่อดำ. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 2553;6(1): 77-84.
10. สอนง จอมเกาะ และชูศรี ตลับมุข. ผลของสารสกัดจากใบหม่อนและใบน้อยหน่าต่อค่าทางโลหิตวิทยาในหนูเบาหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2550 26(2);167-173.
11. Guasch L, Sala E, Mulero M, Valls C, Salvado J, Pujadas G et al. Identification of PPAR-gamma partial agonists of natural origin (II): in silico prediction in natural extracts with known antidiabetic activity. PMID [serial online] 2013; Feb; 6: [10 screens]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0055889>.
12. มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมาฯ โรงเรียนอายุรเวท (ชีวโกมารภักจ). ตำราเภสัชกรรมไทย.กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 2548.
13. อรทัย สารกุล, ชูศรี ตลับมุข, สุพรรณ โปธิศรี, ไฉน น้อยแสง และนพรัตน์ พุทธกาล. ผลของสารสกัดตรีฟัลเจอร์ต่อความเป็นพิษในหนูขาวสายพันธุ์วิสตา. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 4 2559; 653-659.
14. Talubmook C, Forrest A, Parsons M. Streptozotocin-induced diabetes modulates presynaptic and postsynaptic function in the rat brain, Eur J Pharmacol 2003;469:153-158,
15. นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. วิเคราะห์วิจัย คุณภาพยา-ไทย. กรุงเทพฯ: คอนเซ็ปท์ เมดิคัล; 2551.
16. Zhang Q, Qin L, He W, Van Puyvelde L, Maes D, Adams A, Zheng H et al. Coumarins from *Cnidium monnieri* and their antiosteoporotic activity. Planta Med 2007;73(1):13-9.
17. Somani R, Kasture S, Singhai K. Hypoglycaemic and antidiabetic activities of seeds of *Myristica fragrans* in normoglycaemic and alloxan-induced diabetic rats Asian J. Exp. Sci. 2008;22(1):95-102.
18. ปัญจพร ทิพย์วงศ์. องค์ประกอบทางเคมี ความเป็นพิษฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเบาหวานของสารสกัดใบฝรั่ง. วิทยุวิทยุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.2555.
19. ศรีจิตรา บุนนาค. โรคเบาหวานและการรักษาเล่ม 1. กรุงเทพฯ: พิกัดการพิมพ์; 2526.
20. อนุสรณ์ ลังกาพันธ์. ผลกระทบของการเกิดอนุมูลอิสระจากโรคเบาหวานต่อการทำงานของไต. วารสารลำปาง 2552; 80-81.
21. พัชรี พูลศิลป์. องค์ประกอบทางเคมี ความเป็นพิษและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบกะเพราในหนูเบาหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2555.
22. Prasad RC, Herzog B, Boon B, Sims L, Walthner-Law M. An extract of *Syzygium aromaticum* represses genes encoding hepatic gluconeogenic enzymes. J Ethnopharmacol 2005;96(1-2):295-301.
23. Benencia F, Courreges MC. Antiviral activity of sandalwood oil against herpes simplex viruses-1 and -2 Phytomed 1999;6(2):119-23.
24. พร้อมจิต ศรีลัมภ์ และรุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล. รสยาสมุนไพรกับสารเคมี : ความเหมือนที่แตกต่าง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สามลดา; 2556.
25. Yang LL, Wang MC, Chen LG, Wang CC. Cytotoxic activity of coumarins from the fruits of *Cnidium monnieri* on leukemia cell lines. Planta Med 2003; 69(12):1091-5.

ผลของระยะการสุกของผลต่อสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของไวน์แดงจากเม่าหลวง Effect of Fruits Differential Maturity on Phytochemicals and Bioactivity of Maoluang (*Antidesma bunius* L.) Red Wine

ลือชัย บุตุคูป¹

Luchai Butkhup¹

Received: 18 October 2015; Accepted: 24 February 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการหมักไวน์เม่าหลวงโดยใช้ผลที่มีระยะสุกแตกต่างกัน และผลของเทคนิคการหมักไวน์ต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ กรดฟีโนลิก แอนโทไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าระยะการสุกของผลและระยะเวลาในการหมักทั้งเปลือกมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ไวน์เม่าหลวงที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกมีปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด quercetin, (-)-epicatechin และผลรวมฟลาโวนอยด์สูงสุดเท่ากับ 17.52 mg GAE/L, 800 mg CE/L, 19.69, 381.06 และ 460.87 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณกรดฟีโนลิกชนิด gallic acid, protocatechuic acid และ chlorogenic acid ก็ยังพบสูงสุดในไวน์เม่าหลวงที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกเช่นกันเท่ากับ 6.03, 6.81 และ 2.51 mg/L ตามลำดับ cyanidin-3-rutinoside และ malvidin-3,5-diglucoside เป็นแอนโทไซยานินที่พบหลักในไวน์เม่าหลวง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS พบฤทธิ์สูงสุดในไวน์เม่าหลวงที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือก (90.90%, 177.13 mg Fe(II)/L และ 28.40 mg TE/L ตามลำดับ) การศึกษาชี้ให้เห็นว่าการผลิตไวน์แดงจากเม่าหลวงด้วยวิธีการที่เหมาะสมจะช่วยให้ไวน์ที่ได้มีปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

คำสำคัญ: เม่าหลวง เทคนิคการหมักไวน์ สารประกอบฟีโนลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The aim of this research was to investigate the influence different stages of fruit ripening and winemaking techniques have on the flavonoid, phenolic acid, anthocyanin content and antioxidant potential of Maoluang red wines. Results indicated that the ripening stage of fruit and a longer period of skin contact fermentation positively influence the phytochemicals and antioxidant activity of Maoluang wines. Maoluang wines obtained by ripe fruit and skin contact fermentation (RSF) presented the highest concentration of total phenolic content, total flavonoid content, quercetin, (-)-epicatechin and total of flavonoid content with values of 17.52 mg GAE/L, 800 mg CE/L, 19.69, 381.06 and 460.87 mg/L, respectively. In addition, the highest contents of gallic acid, protocatechuic acid and chlorogenic acid were also observed in Maoluang wines made from RSF with values of 6.03, 6.81 and 2.51 mg/L, respectively. In all wines, the dominant anthocyanins were cyanidin-3-rutinoside and malvidin-3,5-diglucoside. The antioxidant potential, assayed by DPPH, FRAP and ABTS were highest in RSF (90.90%, 177.13 mg Fe(II)/L and 28.40 mg TE/L, respectively). This study could contribute to the establishment of optimal conditions for producing Maoluang red wines which contain more beneficial phenolic compounds and antioxidant properties.

Keywords: Maoluang, Winemaking techniques, Phenolic compounds, antioxidant capacity

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Assistant Professor, Department of Biotechnology, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

บทนำ

สารในกลุ่ม polyphenolics, thiols, carotenoids, tocopherols และน้ำตาลกลูโคสซึ่งปกติพบในผักผลไม้และธัญพืชเป็นสารที่ช่วยในการป้องกันสภาวะออกซิเดชันในร่างกายและช่วยรักษาสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ^{1,2} ในกรณีนี้ที่ร่างกายเกิดความไม่สมดุลจากการมีอนุมูลอิสระมากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะออกซิเดชันเป็นผลให้ดีเอ็นเอและโปรตีนถูกทำลายซึ่งนำไปสู่ความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคความผิดปกติทางยีนเช่นโรคมะเร็งเป็นต้น^{3,4} สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) จะทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับกับอนุมูลอิสระและลดการเกิดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติ เช่น ascorbic acid, tocopherols, carotenoids, steroids, ubiquinones, thiols, inosine, taurine, pyruvate, gallic acid, flavonoid, trolox, และ polyphenols มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดอนุมูลอิสระ tocopherol, phenolic acid และ flavonoids ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในผลไม้ที่มีสีต่างๆ เช่นองุ่นและแอปเปิลเป็นต้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ตระกูลเบอร์รี่นอกจากนี้ยังมีสารอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์มากคือแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติในการป้องกันโรคหัวใจและโรคเส้นเลือดอุดตันในสมองได้⁵

เม่าหลวง (*Antidesma bunius* Linn.) เป็นผลไม้ท้องถิ่นที่พบมากทั่วทุกภาคของไทย ภาคกลางเรียกว่า “มะเม่าแดง” ภาคเหนือเรียกว่า “มักเม่าฤๅษี” ภาคตะวันออกเรียกว่า “แมงเม่า” และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า “เม่าหลวง”⁶ ผลผลิตเม่าหลวงสูงในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้จากการเพาะปลูก ผลห่ามจะมีสีแดงและมีรสเปรี้ยว ขณะที่ผลสุกจะมีสีน้ำตาลอมเปรี้ยวและฝาด น้ำคั้นที่ได้จากผลสุกมีสีม่วงแดงเข้มซึ่งเกิดจากรงค์วัตถุกลุ่มแอนโทไซยานิน ในปัจจุบันเม่าหลวงเป็นผลไม้ที่เป็นที่นิยมจากผู้บริโภคมากไม่ว่าผลสด หรือทำผลิตภัณฑ์เช่น แยม เยลลี่น้ำผลไม้และไวน์แดง เป็นต้น คุณภาพของไวน์แดงจากผลเม่าหลวงจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลเม่าหลวง การใช้วัตถุติดผลเม่าหลวงสุกล้วนหรือมีส่วนผสมของเม่าหลวงห่ามที่มีผลสีแดงจะให้คุณภาพของไวน์แดงแตกต่างกัน อีกทั้งยังมีผลต่อสารสำคัญแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาและตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการเกี่ยวกับอิทธิพลดังกล่าวของไวน์แดงจากเม่าหลวง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ทั้งชนิดและปริมาณสารสำคัญได้แก่ สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดฟีนอลิก (phenolic acid) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไวน์เม่าหลวงที่ได้จากการหมักโดยใช้ผลเม่าหลวงที่มีระยะการสุกแตกต่างกันซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์แดงจากเม่าหลวง

ในเชิงพาณิชย์และเป็นข้อมูลด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์หรืออาหารเสริมสุขภาพจากเม่าหลวงได้

วิธีการทดลอง

การหมักไวน์แดง

ตัวอย่างเม่าหลวงในระยะผลสุกและผลห่ามได้มาจากสวนลุงทองเว เพ็ชรภายลูนอ.ภูพาน จ.สกลนคร เก็บตัวอย่างผลจากต้นในช่วงเช้าใส่ถุงพลาสติกที่สะอาดโดยแยกผลสุก (ผลมีสีน้ำตาล) และผลห่าม (ผลมีสีแดง) ออกจากกันคนละถุงนำมาแยกกึ่งกัน

การหมักไวน์แดงจะแบ่งรูปแบบการหมักออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การหมักไวน์จากผลห่ามโดยแยกเปลือก 2) การหมักไวน์จากผลห่ามโดยไม่แยกเปลือก 3) การหมักไวน์จากผลสุกโดยแยกเปลือก 4) การหมักไวน์จากผลสุกโดยไม่แยกเปลือกใช้สัดส่วนผลเม่าหลวงต่อน้ำเท่ากันทุกรูปแบบการหมักที่ 1:2 (w/v) และปรับปริมาณความหวานเริ่มต้นเท่ากันที่ 20°Brixโดยใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* strain Ruby. ferm (Chr Hansen, Denmark) ในปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น (starter culture) 5% (v/v) ที่เตรียมนาน 24 ชั่วโมง หมักที่อุณหภูมิ 25±2°C ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งหมักทั้งสิ้น 15 วัน โดยมีการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟีนอลิกที่สำคัญได้แก่ กรดฟีนอลิกฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน และตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP, ABTS และ DPPH

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างไวน์ตรวจวัดโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu assay⁷ ตัวอย่างไวน์ 12.5 µl เติมน้ำกลั่น 12.5 µl และสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (ที่ผ่านการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 เท่า) ปริมาตร 12.5 µl บนหลุมไมโครเพลตผสมให้เข้ากันและปล่อยให้เกิดปฏิกิริยา 6 นาที ก่อนเติม 7% sodium carbonate (Na₂CO₃) ปริมาตร 125 µl เพื่อหยุดปฏิกิริยา และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 µl ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 90 นาที ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 โดยใช้เครื่อง microplate reader spectrophotometers (Synergy HT, Biotek instruments, USA) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ปริมาณโดยเทียบกับสารมาตรฐานคือกรดแกลลิกซึ่งเตรียมที่ความเข้มข้น 20–600 mg/L ในเมทานอลแสดงผลในหน่วย mg GAE/L

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่าง

ไวน์ทำตามวิธีการของ Dewanto และคณะ^๑ นำตัวอย่างไวน์มา 25µl เติมสารละลาย NaNO₂ (7%) ปริมาณ 7.5 µl และน้ำกลั่น ปริมาณ 12.5 µl บนหลุมไมโครเพลตผสมให้เข้ากันและปล่อยให้ เกิดปฏิกิริยาในที่มืดนาน 5 นาทีก่อนนำมาเติม AlCl₃ (10%) ปริมาณ 15 µl จากนั้นเก็บในที่มืดอีก 5 นาทีแล้วเติม สารละลาย 1 MNaOH ปริมาณ 50 µl และน้ำกลั่น 27.5 µl จากนั้นเก็บในที่มืดอีก 5 นาทีจากนั้นนำไปตรวจวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 510 nm โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank วิเคราะห์ ปริมาณโดยเทียบกับสารมาตรฐานคือ (+)-catechin ซึ่งเตรียม ที่ความเข้มข้น 0–400 mg/L ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งแสดงผล ในหน่วย mg CE/L

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์

วิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ 8 ชนิด ได้แก่ (+)-catechin, (-)-epicatechin, rutin, myricetin, luteolin, quercetin, naringenin และ kaempferol ด้วยเครื่อง HPLC^๑ (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) ใช้คอลัมน์ชนิด C-18(250 x 4.6 mm) อุณหภูมิคอลัมน์ 40°C ตัวตรวจวัดชนิด Diode Array Detector (DAD) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 254 nm ด้วยอัตราการไหล 0.6 ml/min ปริมาตรฉีด 20 µL เฟสเคลื่อนที่สำหรับวิเคราะห์ ได้แก่ สารละลาย A (97.8% H₂O + 2% CH₃CN + 0.2 % H₂PO₄) และสารละลาย B (97.8% CH₃CN + 2% H₂O + 0.2 % H₂PO₄) โดยใช้โปรแกรมระบบเบเรเดียนท์ ดังนี้ 0-9 นาที อัตราการไหลลดลงจาก 0.6 เป็น 0.4 มิลลิลิตรต่อ นาที และ 9-13 นาที อัตราการไหลเพิ่มขึ้นจาก 0.4 เป็น 0.6 มิลลิลิตรต่อ นาที และ 13-55 นาที ให้อัตราการไหลคงที่ที่ 0.6 มิลลิลิตรต่อ นาที สำหรับความเข้มข้นของสารละลาย B คือ 0-30 นาที 20-50%, 30-35 นาที 50-60%, 35-40 นาที 60-20%, 40-55 นาที 20% วิเคราะห์ปริมาณโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ สารประกอบฟลาโวนอยด์แต่ละชนิด

การวิเคราะห์ปริมาณกรดฟีนอลิก

วิเคราะห์ปริมาณกรดฟีนอลิก 10 ชนิด ได้แก่ gallic acid, dihydroxybenzoic acid, 4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, vanilic acid, caffeic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid และ sinapinic acid ด้วยเครื่อง HPLC¹⁰ (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) ใช้คอลัมน์ชนิด C-18 (250 x 4.6 mm) อุณหภูมิคอลัมน์ 38°C ตัวตรวจวัดชนิด Diode Array Detector (DAD) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 280 nm ด้วยอัตราการไหล 0.8 ml/min ปริมาตรฉีด 20 µL เฟส

เคลื่อนที่สำหรับวิเคราะห์ได้แก่สารละลาย A (1% Phosphoric acid (pH 2.58))และสารละลาย B (Acetonitrile) โดยใช้โปรแกรมระบบเบเรเดียนท์ดังนี้ความเข้มข้นของสารละลาย B คือ 0-5 นาที 5-9 %, 5-15 นาที 9%, 15-22 นาที 9-11%, 22-38 นาที 11-18%,38-43 นาที 18-23%, 43-45 นาที 23-30%, 45-46 นาที 30-80%,46-55 นาที 80%, 55-60 นาที 80-5%,60-65 นาที 5%

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน 7 ชนิด ได้แก่ kuromanin, keracyanidin, malvin, dephinidin, cyanidin, pelargonidin, malvidin ด้วยเครื่อง HPLC¹¹ (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) ใช้คอลัมน์ชนิด C-18 (250 x 4.6 mm) อุณหภูมิ คอลัมน์ 40°C ตัวตรวจวัดชนิด Diode Array Detector (DAD) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 520 nm ด้วยอัตราการไหล 1.0 ml/min ปริมาตรฉีด 20 µL เฟสเคลื่อนที่สำหรับวิเคราะห์ได้แก่ สารละลาย C (Acetonitrile)และสารละลาย D (4% Phosphoric acid) โดยใช้โปรแกรมระบบเบเรเดียนท์ ดังนี้ความเข้มข้นของสารละลาย D ที่ 0-55 นาที 94-75%, 55-65 นาที 75%, 65-70 นาที 75-94%

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การวิเคราะห์ฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH ดัดแปลง จากวิธีการของ Nagai และคณะ¹²ตัวอย่าง 50µl ผสมกับ สารละลาย 0.2 mM DPPH ปริมาตร 100 µl ให้เข้ากันในไมโครเพลตนาน 1 นาทีจากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm ด้วยเครื่อง วัดค่าการดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลตใช้ ascorbic acid เป็น ตัวควบคุมบวก (positive control) คำนวณเปอร์เซ็นต์การ กำจัดอนุมูล DPPH จากสมการเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH = $\frac{A_{\text{ควบคุม}} - A_{\text{ทดสอบ}}}{A_{\text{ควบคุม}}} \times 100$ เมื่อ $A_{\text{ควบคุม}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของส่วนควบคุมที่เติมเมธานอลลงไปแทนตัวอย่าง (Blank) $A_{\text{ทดสอบ}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างโดยการใช้ออนุมูลอิสระเสถียร 2,4,6-tri (2-pyridyl)-tri-azine (TPTZ)¹³เปรียบเทียบกับ FeSO₄·7H₂O ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานโดยเตรียมสารอนุมูลอิสระเสถียร FRAP ให้มีความเข้มข้น 0.1 µg/ml โดยใช้ น้ำเป็นตัวทำละลายตัวอย่าง

ปริมาตร 30 µl ผสมกับสารละลาย FRAP270 µl ในหลอดไมโครเพลทใช้ Acetate buffer เป็น blank เติมลงไปแทนสารละลาย FRAP ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งคำนวณประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน แสดงผลในหน่วย mg. สมมูลของ FeSO₄ (mg Fe(II)/L)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS assay

เตรียมสารละลาย ABTS (2,2-azino-bis(3-ethylbenzene-thiazoline-6-sulfonic acid), diamonium salt เข้มข้น 7 mM ในน้ำ 10 ml ผสมกับสารละลาย Potassium persulphate 2.45 mM ในน้ำ 12 ml อัตราส่วน 2:3 ml เก็บในที่มืดและเย็นเป็นเวลานาน 16-18 ชั่วโมงและนำไปเจือจางใน Ethanol ด้วยอัตราส่วน 1:2 ml ก่อนนำไปใช้ตัวอย่าง 10 µl ผสมสารละลาย ABTS 190 µl บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมงวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590nm¹⁴ โดยใช้เครื่อง microplate reader spectrophotometers (Synergy HT, BiotTek instruments, USA) คำนวณโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox แสดงผลในรูป mg Trolox/L

ผลและอภิปรายผลการทดลอง

การดื่มไวน์ในปริมาณที่พอเหมาะ คือ 250-300 มิลลิลิตรต่อวัน จะทำให้อัตราการเกิดโรคเบาหวานช้าลง ความดันโลหิตเพิ่มขึ้นลดอัตราเสี่ยงในการติดเชื้อและการเกิดมะเร็งลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ¹⁵ เนื่องจากไวน์ประกอบด้วยสารกลุ่มฟีนอลิก เช่น quercetin, anthocyanin, flavonols, flavones, catechins, flavanones และ resveratrol สารเหล่านี้

ช่วยสร้างสาร cyclooxygenase ที่ก่อให้เกิดการจับตัวกันของเกล็ดเลือดช่วยลดการเกิดหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด¹⁶ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแต่ละรูปแบบในระหว่างการหมักไวน์เม่าหลวง พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปในแต่ละระยะของการหมักมีค่าเฉลี่ยของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลง เมื่อสิ้นสุดของการหมักไวน์เม่าหลวง พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในรูปแบบที่เป็นผลสุกที่หมักแบบแยกเปลือกและไม่แยกเปลือกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเหลืออยู่สูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบที่เป็นผลห่ามที่หมักแบบแยกเปลือกและไม่แยกเปลือก โดยไวน์เม่าหลวงที่หมักด้วยผลสุกที่หมักทั้งเปลือกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเหลืออยู่สูงที่สุดเท่ากับ 17.52 mg GAE/L (Figure 1)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในไวน์เม่าหลวงทั้ง 4 รูปแบบ ในระหว่างการหมักมีทิศทางเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะไวน์เม่าหลวงที่มีการหมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่ารูปแบบอื่น โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 733.35mg CE/L (วันที่ 0) อยู่ในช่วง 800 mg CE/L (วันที่ 15) ในขณะที่การหมักไวน์เม่าหลวงอีก 3 รูปแบบมีปริมาณฟลาโวนอยด์โดยรวมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอยู่ในช่วง 587.89-683.23 mg CE/L (Figure 1) จากผลการทดลองจะสังเกตเห็นว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจะค่อยเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมักแสดงให้เห็นว่าการหมักไวน์ด้วยผลเม่าหลวงทั้งเปลือกเมื่อยีสต์สร้างแอลกอฮอล์มากขึ้นมีการสกัดสารฟีนอลิกกลุ่มฟลาโวนอยด์ออกมาจากเปลือกเม่าหลวงมากขึ้นจึงทำให้มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก ซึ่งเมื่อเทียบกับการหมักแบบแยกเปลือกการหมักแบบทั้งเปลือกจะมีปริมาณสูงกว่า

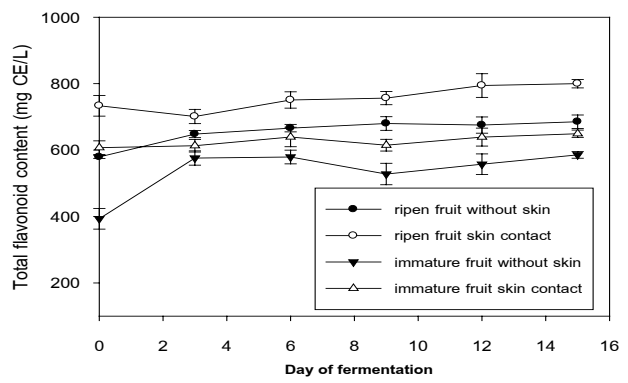
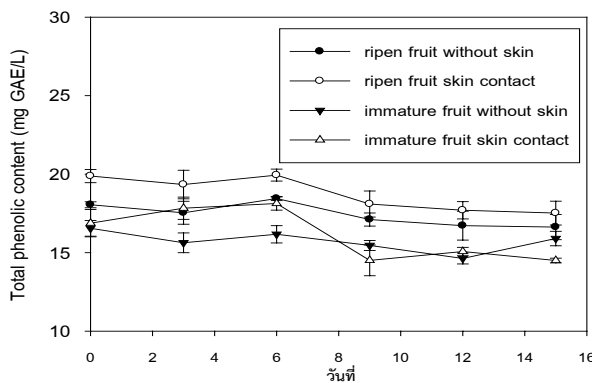


Figure 1 Change of total phenolic content and total flavonoid content during Maoluang wine fermentation

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ในระหว่าง การหมักไวน์เม่าหลวง

(Table 1) แสดงปริมาณฟลาโวนอยด์ในไวน์ที่หมักด้วยรูปแบบต่างๆ ฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ ได้แก่ flavonols 3 ชนิด คือ quercetin, quercetin-3-O-rutinoside, myricetin กลุ่ม flavan-3-ols 2 ชนิด คือ (+)-catechin และ (-)-epicatechin นอกจากนี้ยังพบ Flavanone ชนิด naringenin และ Stilbene ชนิด *trans-resveratrol* เมื่อสิ้นสุดการหมักพบ quercetin มากที่สุดในไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือก (19.69 mg/L) รองลงมาคือไวน์ที่หมักด้วยผลห่ามไม่แยกเปลือก (10.27 mg/L) จึงทำให้ผลรวมฟลาโวนอยด์ในกลุ่ม flavonols สูงตามไปด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 24.41 และ 14.34mg/L สำหรับไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือก และไวน์ที่หมักด้วยผลห่ามไม่แยกเปลือก ตามลำดับ ฟลาโวนอยด์กลุ่ม flavan-3-ols พบว่า (-)-epicatechin ซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์ในกลุ่ม flavan-3-ols ที่พบมากที่สุด โดยพบอยู่ในช่วง 18.64-187.40mg/L สำหรับน้ำเม่าหลวงที่ยังไม่หมัก (must) และ 115.76-381.06mg/L สำหรับไวน์ ซึ่งพบสูงที่สุดในไวน์ที่หมักด้วยผลห่ามไม่แยกเปลือก (381.06mg/L) รองลงมาคือไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือก (329.70mg/L) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในผลห่ามจะมีสารกลุ่มแทนนินซึ่งมีรสฝาดอยู่สูงบริเวณเปลือก ดังนั้นเมื่อหมักทั้งเปลือกจึงทำให้สกัดสารกลุ่มนี้ออกมาได้ดี และเมื่อโครงสร้างของแทนนินสลายหรือแตกออกในระหว่างกระบวนการหมัก ก็จะได้ฟลาโวนอยด์ในกลุ่ม flavan-3-ols คือ (-)-epicatechin และ (+)-catechin เนื่องจากฟลาโวนอยด์ทั้งสองชนิดนี้เป็นโมโนเมอร์ของแทนนิน ผลรวมฟลาโวนอยด์ในกลุ่ม flavan-3-ols พบสูงที่สุดในไวน์ที่

หมักด้วยผลห่ามไม่แยกเปลือก และไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกเท่ากับ 433.62 และ 433.33mg/L ตามลำดับ ผลรวมปริมาณฟลาโวนอยด์พบว่า ไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 460.87mg/L รองลงมาคือไวน์ที่หมักด้วยผลห่ามไม่แยกเปลือกเท่ากับ 452.25mg/L เมื่อเปรียบเทียบผลทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการหมักไวน์ไม่แยกเปลือกสามารถเพิ่มปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้สูงขึ้น เมื่อเทียบกับการหมักโดยแยกเปลือก นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการหมักทั้งแบบแยกและไม่แยกเปลือกมีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการหมักที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการสลายของสารฟีนอลิกโครงสร้างใหญ่โดยเอนไซม์ กรด และแอลกอฮอล์ที่ยีสต์สร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก และสารเหล่านี้ที่ยีสต์สร้างขึ้นยังสามารถช่วยสกัดสารฟีนอลิกจากเปลือกและเนื้อของเม่าหลวงในรูปแบบที่หมักแบบไม่แยกเปลือก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดฟีนอลิกในตัวอย่าง ไวน์เม่าหลวงระหว่างการหมัก

ระดับการสุกของผลไม้ก็มีอิทธิพลต่อระดับของกรดฟีนอลิกในผลไม้ ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะการสุก¹⁷ กรดฟีนอลิกถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไวน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเปรี้ยวและกลิ่นหอมของไวน์ส่วนหนึ่งมาจากสารในกลุ่มกรดฟีนอลิก ดังนั้นปริมาณกรดฟีนอลิกที่มีในผลไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักไวน์จะส่งผลต่อคุณภาพของไวน์และปริมาณกรดฟีนอลิกที่อยู่ในไวน์

Table 1 Flavonoid composition (mg/L) of Maoluang wine made within and without skin contact fermentation

Flavonoid compounds	Immature fruit skin contact		Immature fruit without skin		ripen fruit skin contact		ripen fruit without skin	
	must	wine	must	wine	must	wine	must	wine
<i>Flavonols</i>								
quercetin	5.81±0.12	10.27±0.51	5.69±0.44	4.31±0.18	6.40±0.36	19.59±1.14	0.90±0.05	9.83±0.78
quercetin-3-O-rutinoside	2.41±0.54	3.07±0.36	2.56±0.17	2.21±0.06	1.30±0.05	3.74±0.28	0.34±0.04	3.50±0.19
myricetin	0.76±0.03	1.00±0.02	0.62±0.04	0.56±0.06	0.56±0.13	1.08±0.05	0.58±0.09	0.91±0.08
total flavonols	8.71±1.01	14.34±1.50	8.87±0.51	7.08±0.62	8.26±0.30	24.41±2.12	1.82±0.13	14.24±1.59
<i>Flavan-3-ols</i>								
(+)-catechin	21.94±2.33	52.56±6.19	1.12±0.03	20.25±2.17	4.93±0.31	103.63±31.17	5.07±0.06	61.40±3.16
(-)-epicatechin	158.98±10.15	381.06±15.17	18.64±2.17	115.76±15.19	187.40±23.32	329.70±27.18	154.50±19.43	163.57±17.54
total flavan-3-ols	180.92±13.29	433.62±18.19	19.76±2.98	136.01±22.76	192.33±13.15	433.33±34.77	159.57±18.16	224.97±24.19
<i>Flavanone</i>								
naringenin	0.39±0.05	1.33±0.11	ND	8.41±0.31	ND	0.08±0.01	ND	ND
<i>Stilbene</i>								
<i>trans-resveratrol</i>	3.05±0.18	2.96±0.24	2.55±0.15	ND	3.16±0.18	3.05±0.11	3.18±0.09	2.55±0.05
Total HPLC flavonoids	193.07±14.33	452.25±27.16	31.18±2.19	151.5±17.15	203.75±18.19	460.87±32.14	164.57±17.49	241.76±28.15

ND: not detected

ก็มีผลต่อคุณภาพของไวน์รวมทั้งมีผลต่อผู้บริโภคด้วยจากผลการทดลองใน (Table 2) แสดงปริมาณกรดฟีนอลิก (mg/L) ในตัวอย่างไวน์ที่หมักด้วยผลสุกเปรียบเทียบกับ การหมักด้วยผลห่าม โดยใช้การหมักทั้งเปลือกและแยกเปลือก กรดฟีนอลิกที่พบสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ hydroxybenzoic acid และ hydroxycinnamic acid ซึ่งทั้งกลุ่มนี้จะมีปริมาณต่างกันไปในแต่ละรูปแบบการหมัก กรดฟีนอลิกกลุ่ม hydroxybenzoic acid จะพบ gallic acid และ protocatechuic acid ในเกือบทุกรูปแบบของการหมัก ส่วน hydroxycinnamic acid จะพบสาร chlorogenic acid และ vanillic acid ซึ่งจะมีปริมาณแตกต่างกันไปของไวน์แต่ละรูปแบบของการหมัก ไวน์ที่หมักไม่แยกเปลือกมีปริมาณ gallic acid มากที่สุดเท่ากับ 6.03 mg/L สูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำเม่าหลวงที่ยังไม่หมักขณะที่ กรดฟีนอลิกชนิด protocatechuic acid ก็มีปริมาณลดลงตลอดระยะเวลาการหมักเช่นกัน โดยไวน์ที่หมักด้วยผลห่ามไม่แยกเปลือกยังคงมีปริมาณ protocatechuic acid มากที่สุดเท่ากับ 6.81 mg/L กรดฟีนอลิกชนิด chlorogenic acid เพิ่มขึ้นในระหว่างการหมักโดยไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกยังคงมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 2.51 mg/L ผลรวมกรดฟีนอลิกกลุ่ม hydroxybenzoic acid และ hydroxycinnamic acid ในไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ

27.73 mg/L และ 15.78 mg/L ตามลำดับจะเห็นได้ว่าปริมาณ กรดฟีนอลิกโดยรวมจะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลา การหมัก และในรูปแบบที่หมักโดยไม่แยกเปลือกจะมีปริมาณ มากกว่ารูปแบบที่หมักแบบแยกเปลือก ซึ่งการหมักด้วย เม่าหลวงผลสุกจะมีปริมาณกรดฟีนอลิกมากกว่าผลห่าม

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินใน ตัวอย่างไวน์เม่าหลวงระหว่างการหมัก

แอนโธไซยานินเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันในร่างกาย เนื่องจากใน โครงสร้างมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก แอนโธไซยานินพบ ทั่วไปในผลไม้ที่มีสีเข้ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เช่น บิลเบอร์รี่และบลูเบอร์รี่ เป็นต้น^{18,19} แอนโธไซยานินเป็น สารกลุ่มสำคัญที่ให้สีแก่พืช จากการศึกษาพบว่าแอนโธไซยานินมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด และมี จำนวนมากที่สุดในบรรดาสารประกอบฟลาโวนอยด์ ซึ่งมี ประมาณ 150 ชนิด จากประมาณ 4,000 ชนิด cyanidin เป็น ตัวอย่างสารในกลุ่มแอนโธไซยานินที่พบมากในผลไม้¹⁹ ในช่วง หลายปีที่ผ่านมามีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ทดลอง กับสัตว์ทดลองด้วย cyanidin พบว่าสามารถป้องกันการเกิด

Table 2 Phenolic acid composition (mg/L) of Maoluangwine made within and without skin contact fermentation

Treatment	Hydroxybenzoic acid				Hydroxycinnamic acids					Total
	GA	PA	GTA	THBA	CHA	VA	CA	PCA	THCA	
Immature fruit skin contactmust	1.99±0.04	2.27±0.14	ND	4.26±0.15	1.73±0.06	ND	0.92±0.01	ND	2.65±0.04	6.91±0.80
wine	1.69±0.12	6.81±0.32	1.94±0.08	10.44±0.84	1.12±0.03	1.28±0.06	1.07±0.02	ND	3.47±0.15	13.91±1.46
Immature fruit without skinmust	0.31±0.06	ND	ND	0.31±0.06	0.70±0.04	ND	1.66±0.04	0.59±0.07	2.95±0.08	3.26±0.27
wine	0.28±0.02	1.30±0.06	ND	1.58±0.03	2.49±0.13	ND	ND	ND	2.49±0.05	4.07±0.34
Ripen fruit skin contactmust	9.20±0.54	8.92±0.17	4.44±0.10	22.56±1.05	0.81±0.05	ND	ND	ND	0.81±0.06	23.37±1.59
wine	6.03±0.41	1.66±0.03	20.04±1.61	27.73±1.47	2.51±0.20	6.90±0.11	ND	6.37±0.18	15.78±1.49	43.51±2.87
Ripen fruit without skinmust	5.78±0.09	7.30±0.15	ND	13.08±1.39	ND	1.35±0.03	1.12±0.01	0.54±0.06	3.01±0.07	16.09±1.48
wine	5.49±0.48	1.52±0.07	ND	7.01±0.95	4.02±0.15	8.44±0.17	ND	ND	12.46±0.81	19.47±1.96

ND: not detected, GA: gallic acid, PA: protocatechuic acid, GTA: gentistic acid, THBA: total hydroxybenzoic acid, CHA: chlorogenic acid, VA: vanillic acid, CA: caffeic acid, SA: syringic acid, PCA: p-coumaric acid, FA: ferulic acid, THCA: total hydroxycinnamic acids, Total: sum of phenolic acid

Table 3 Anthocyanin composition (mg/L) of Maoluangwine made within and without skin contact fermentation

Treatment	Cyanidin				Malvidin			Pel	Del	Total
	C-3-G	C-3-R	CY	TCY	M-3,5-D	Mal	TM			
Immature fruit skin contactmust	1.52±0.05	2.36±0.08	ND	3.88±0.06	0.47±0.07	2.47±0.05	2.94±0.41	0.51±0.03	ND	7.33±0.28
wine	1.59±0.02	4.82±0.15	ND	6.41±0.08	2.21±0.08	2.45±0.08	4.66±0.12	ND	ND	11.07±0.64
Immature fruit without skinmust	1.02±0.01	1.22±0.07	ND	2.24±0.05	0.50±0.03	ND	0.50±0.01	ND	1.02±0.02	3.76±0.15
wine	1.01±0.02	1.24±0.09	ND	2.25±0.03	0.68±0.11	ND	0.68±0.07	0.51±0.04	ND	3.43±0.21
Ripen fruit skin contactmust	2.98±0.07	2.87±0.03	ND	5.85±0.07	5.25±0.05	ND	5.25±0.13	0.52±0.02	ND	11.62±1.05
wine	1.20±0.06	19.18±1.28	1.02±0.01	21.40±1.40	4.03±0.03	ND	4.03±0.05	0.68±0.07	1.02±0.05	27.13±1.87
Ripen fruit without skinmust	0.96±0.03	8.71±0.61	ND	9.67±0.12	1.27±0.07	ND	1.27±0.02	0.51±0.06	ND	11.45±1.15
wine	2.54±0.14	1.92±0.07	ND	4.46±0.06	5.16±0.04	ND	5.16±0.06	0.51±0.03	0.79±0.14	10.92±1.48

ND: not detected, C-3-G: cyanidin-3-o-glucoside, C-3-R: cyanidin-3-rutinoside, CY: cyanidin, TCY: Total cyanidin, M-3,5-D: malvidin-3,5-diglucoside, Mal: malvidin, TM: total malvidin, Pel: pelargonidin, Del: delphinidin, Total: sum of anthocyanin

ออกซิเดชันในร่างกายได้ โดยป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์จากการเกิดออกซิเดชันของสารที่เป็นอันตราย²⁰ นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า cyanidin สามารถต้านการเกิดออกซิเดชันได้มากกว่าวิตามินอีถึง 4 เท่า²¹แอนโธไซยานินอีกชนิดหนึ่งคือ pelargonidin สามารถป้องกันกรดอะมิโนชนิดโรโรซินจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปอร์ออกไซด์ในไตรที่ได้²² และยังพบว่าอนุพันธ์ของแอนโธไซยานินชนิด delphinidin ในมะเขือม่วงที่เรียกว่า nasunin สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นอันตรายในร่างกายได้²³ นอกจากนี้แอนโธไซยานินยังมีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ สามารถป้องกันเส้นเลือดใหญ่และเส้นเลือดฝอยจากการทำลายจากสภาวะต่างๆ จากน้ำตาลในกระแสโลหิตในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน²⁴

ปริมาณแอนโธไซยานินในผลเม่าหลวงจะแปรผันตามระยะการสุกของผล และปริมาณแอนโธไซยานินยังมีผลโดยตรงต่อสีของไวน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโธไซยานินชนิดต่างๆ เมื่อหมักไวน์โดยใช้ระยะการสุกต่างกันคือ ผลสุก และผลห่ามได้ผลการทดลองดังแสดงใน (Table 3) พบว่าในไวน์ที่หมักในทุกรูปแบบตรวจพบแอนโธไซยานิน 3 ชนิด ได้แก่ cyanidin-3-O-glucoside, cyanidin-3-rutinoside

และ malvidin-3,5-diglucoside ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันไป โดย cyanidin-3-rutinoside ซึ่งเป็นแอนโธไซยานินกลุ่ม cyanidin พบมากที่สุดในไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกเท่ากับ 19.18 mg/L จึงทำให้มีผลรวมปริมาณแอนโธไซยานินกลุ่ม cyanidin มากที่สุดเท่ากับ 21.40 mg/L สาร malvidin-3,5-diglucoside เป็นแอนโธไซยานินกลุ่ม malvidin พบมากที่สุดในไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือก (5.25 mg/L) รองลงมาคือไวน์ที่หมักด้วยผลสุกแบบแยกเปลือกเท่ากับ 5.16 mg/L ผลรวมปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดในไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 27.13 mg/L แสดงให้เห็นว่ามีการสกัดแอนโธไซยานินจากเปลือกเม่าหลวงในระหว่างการหมักจึงทำให้รูปแบบที่หมักทั้งเปลือกมีปริมาณสูงขึ้น

การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไวน์เม่าหลวงในระหว่างการหมัก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH ของไวน์ที่หมักรูปแบบต่างๆ แสดงใน (Figure 2) แสดงผลในหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูลอิสระ

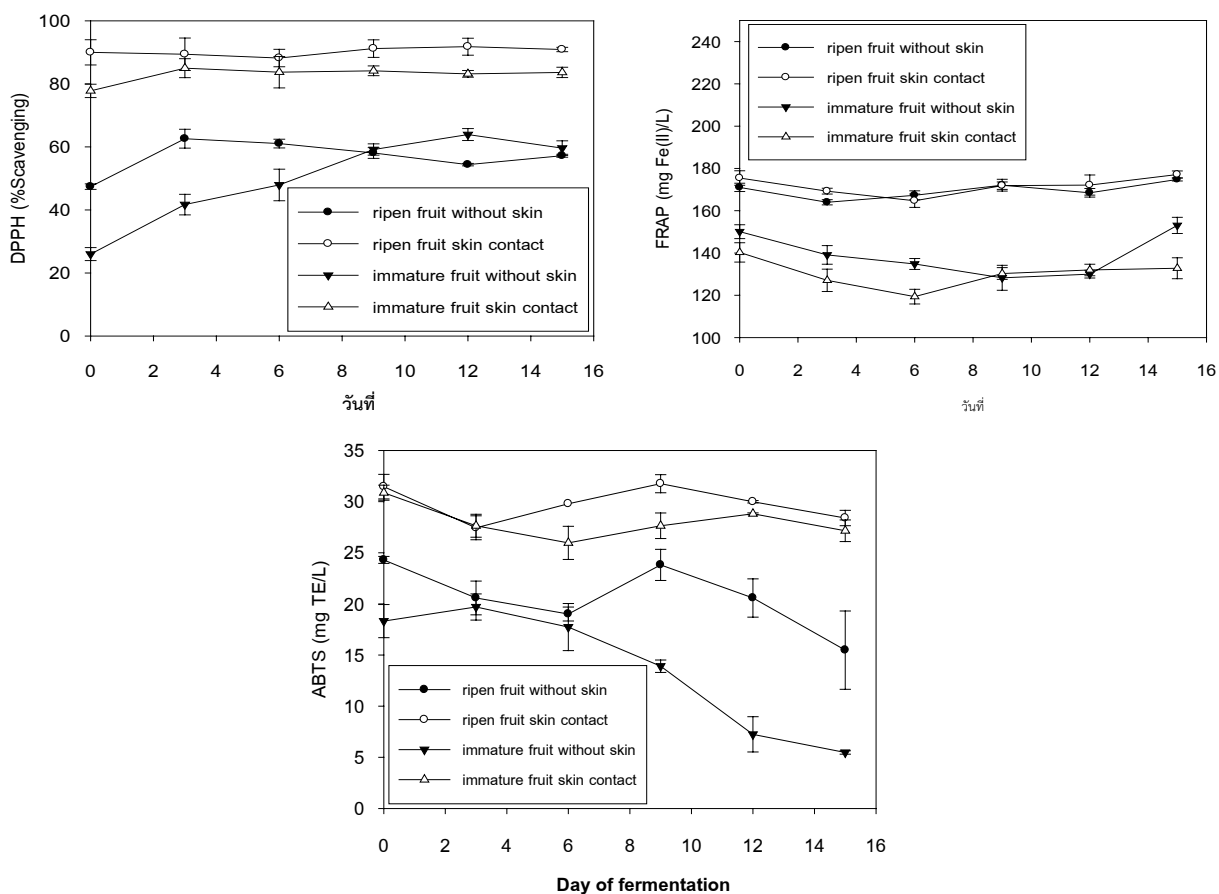


Figure 2 Change of antioxidant activity during Maoluang wine fermentation

จะเห็นได้ว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของไวน์แต่ละรูปแบบให้ผลแตกต่างกัน โดยจะเห็นอย่างชัดเจนว่าไวน์ที่หมักทั้งเปลือกทั้งผลหุ้มและผลสุกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าไวน์ที่หมักแยกเปลือกโดยไวน์ที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ (90.90%) ขณะที่ไวน์ที่หมักด้วยผลหุ้มทั้งเปลือกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH รองลงมา (83.63%) เนื่องจากความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมาจากสารกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ กรดฟีนอลิก แอนโทไซยานินและฟลาโวนอยด์ ซึ่งไวน์ที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกมีปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกสูงกว่าไวน์เม่าหลวงชนิดอื่นๆ

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี FRAP ของไวน์ที่หมักรูปแบบต่างๆ แสดงผลใน (Figure 2) ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของไวน์ทั้ง 4 ชนิด จะเห็นว่าไวน์ที่หมักด้วยผลสุกทั้งแบบแยกเปลือกและไม่แยกเปลือกมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กใกล้เคียงกันเท่ากับ 174.78 และ 177.13 mg Fe(II)/L ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าไวน์ที่หมักด้วยผลหุ้มทั้งแบบแยกเปลือก และไม่แยกเปลือก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 153.06 และ 132.80 mg Fe(II)/L และเมื่อสังเกตจากเส้นกราฟจะพบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในระหว่างการหมัก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี ABTS แสดงใน (Figure 2) พบว่าตัวอย่างไวน์ที่หมักแยกเปลือกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจะลดลงเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มต้นหมัก ขณะที่ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของไวน์ที่หมักทั้งเปลือกทั้งผลหุ้มและผลสุกลดลงน้อยกว่าไวน์ที่หมักแยกเปลือก โดยไวน์ที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ (28.40 mg TE/L) รองลงมาคือไวน์ที่หมักด้วยผลหุ้มทั้งเปลือก (27.15 mg TE/L)

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาวิธีการหมักไวน์แดงจากเม่าหลวง โดยศึกษาผลของระยะเวลาสุกของผลและรูปแบบการหมักที่มีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ กรดฟีนอลิกฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานินและมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมักโดยเฉพาะอย่างยิ่งไวน์ที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 17.52 mg GAE/L และ 800 mg CE/L ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าการหมักทั้งเปลือกเมื่อยีสต์สร้างแอลกอฮอล์มากขึ้นมีการสกัดสารฟีนอลิกออกมาจากเปลือกเม่าหลวงได้มากขึ้นซึ่งจะมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับการหมักแบบแยกเปลือกนอกจากนี้ยังพบ

quercetin,(-)-epicatechin และผลรวมฟลาโวนอยด์สูงที่สุดในไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกเท่ากับ 19.69, 381.06 และ 460.87mg/L ตามลำดับปริมาณกรดฟีนอลิกเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการหมัก ไวน์ที่หมักด้วยผลสุกไม่แยกเปลือกมีปริมาณ gallic acid,protocatechuic acid,chlorogenic acid มากที่สุดเท่ากับ 6.03, 6.81 และ 2.51 mg/L ตามลำดับ ขณะที่ cyanidin-3-O-glucoside, cyanidin-3-rutinoside และ malvidin-3,5-diglucoside เป็นสารในกลุ่มแอนโทไซยานินหลักที่พบในตัวอย่างไวน์ที่หมักทุกรูปแบบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS ของไวน์ที่หมักด้วยผลสุกทั้งเปลือกมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 90.90%, 177.13 mg Fe(II)/L และ 28.40 mg TE/L ตามลำดับ การศึกษาชี้ให้เห็นว่าการหมักไวน์แดงจากเม่าหลวงด้วยวิธีการหมักด้วยผลสุก ล้วนและหมักโดยไม่ต้องแยกเปลือกจะช่วยให้ไวน์ที่ได้มีปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณลุงทองเว เพียรภายลุนที่ได้อนุเคราะห์ตัวอย่างเม่าหลวงเพื่อนำมาใช้ในการศึกษานี้ และศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนรองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย สมบัติโตที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทุกอย่างจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. Adom KK, Liu RH. Antioxidant activity of grains. J Agric Food Chem 2002;9:6182-87.
2. Wolfe K, Wu X, Liu RH. Antioxidant activity of apple peels. 2003;51:6009-14.
3. Moller P, Loft S. Interventions with antioxidants and nutrients in relation to oxidative DNA damage and repair. Mutat Res 2004;551:79-89.
4. Sander CS, Chang H, Hamm F, Elsner P, Thiele JJ. Role of oxidative stress and the antioxidant network in cutaneous carcinogenesis. Int J Dermatol 2004;43:326-35.
5. Sonia de P-T, Diego AM, Cristina G-V. Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: A review of current evidence. Int J Mol Sci 2010; 11:1679-703.
6. เต็ม สมิตินันท์. ชื่อพันธุ์ไม้แห่งประเทศไทย : ชื่อพฤษศาสตร์ ชื่อพื้นเมือง. กรุงเทพฯ : หอพันธุ์ไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2523.

7. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965;16:144–58.
8. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 2002;50:3010–4.
9. Butkhup L, Samappito W, Samappito S. Phenolic composition and antioxidant activity of white mulberry (*Morus alba* L.) fruits. *Int J Food Sci Technol* 2013; 48:934–40.
10. Kubola J, Siriamornpun S, Meeso N. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chem* 2011;126:972–81.
11. Jorjong S, Butkhup L, Samappito S. Phytochemicals and antioxidant capacities of Mao-Luang (*Antidesma buxifolia* L.) cultivars from Northeastern Thailand. *Food Chem* 2015;181:248–55.
12. Nagai T, Myoda T, Nagashima T. Antioxidative activities of water extract and ethanol extract from field horsetail (tsukushi) *Equisetum arvense* L. *Food Chem* 2005;91:389–94.
13. Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem* 1996;239:70–6.
14. Seeram NP, Henning SM, Lee R, Niu Y, Scheuller HS, Heber D. Catechin and caffeine contents of green tea dietary supplements and correlation with antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 2006;54:1599–603.
15. Knekt P, Jarvinen R, Seppanen R, Heliovaara M, Teppo L, Pukkala E, Aromaa A. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. *American J Epidemiol* 1997;146:223–30.
16. Murias M, Handler N, Erker T. Resveratrol analogues as selective cyclooxygenase-2 inhibitors: synthesis and structure-activity relationship. *Bioorg Med Chem* 2004;12:5571–5578.
17. Mahmood T, Anwar F, Abbas M, Saari N. Effect of maturity on phenolics (phenolic acids and flavonoids) profile of strawberry cultivars and mulberry species from Pakistan. *Int J Mol Sci* 2012;13:4591–607.
18. Bornsek SM, Ziberna L, Polak T, Vanzo A, Ulrich NP, Abram V, Tramer F, Passamonti S. Bilberry and blueberry anthocyanins act as powerful intracellular antioxidants in mammalian cells. *Food Chem* 2012; 134:1878–84.
19. Skrovankova S, Sumczynski D, Mlcek J, Jurikova T, Sochor J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *Int J Mol Sci* 2015;16:24673–706.
20. Noda Y, Matsumoto H, Umaoka Y. Involvement of superoxide radicals in the mouse 2-cell block. *Mol Reprod Dev* 1991; 28:356–60.
21. Rice-Evans C, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol Med* 1996;20: 933–56.
22. Tsuda T. Dietary cyanidin 3-O-beta-D-glucoside increases *ex vivo* oxidative resistance of serum in rats. *Lipids* 1998;33:583–8.
23. Gallo M, Naviglio D, Ferrara L. Nasunin, an antioxidant anthocyanin from eggplant peels, as a natural dye to avoid food allergies and intolerances. *European Sci J* 2014;10:1–11.
24. Tsuda T. The role of anthocyanins as an antioxidant under oxidative stress in rats. *Biofactors* 2000;13: 133–9.

ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอนในเซชันของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ Charcoal and Wood Vinegar from Carbonization of Barks and Fruit Peels

ปริญญา นูวบุตร¹, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์,^{2*} เจริญพร เลิศสถิตธนกร³

Parinya Nuwaboot,¹ Jindaporn Jamradloedluk,^{2*} Charoenporn Lertsatitthanakorn³

Received: 22 December 2015; Accepted: 6 March 2016

บทคัดย่อ

เนื่องจากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มีความชื้นที่สูงและค่าความร้อนที่ต่ำ ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งานเป็นเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการทางเคมี-ความร้อน การคาร์บอนในเซชันผ่านกระบวนการไพโรไลซิสช้าถือเป็นหนึ่งวิธีที่สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติเบื้องต้นของชีวมวลเหล่านี้ได้และยังให้น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้อีกด้วย งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอดิบโดยกระบวนการคาร์บอนในเซชันในเตาเผา 200 ลิตรชนิดแนวตั้ง โดยได้ทำการศึกษาปริมาณผลได้และสมบัติของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้ จากผลการทดลอง พบว่า หลังผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชัน ร้อยละของคาร์บอนเสถียรของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 157, 272 และ 280 ตามลำดับ โดยการคาร์บอนในเซชันของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจะให้ปริมาณผลได้ของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่มากกว่าการคาร์บอนในเซชันของเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอ ปริมาณผลได้เฉลี่ยของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20.89-24.0 และ 8.36-9.26 ตามลำดับ ในแง่ของสมบัติด้านค่าความร้อนพบว่า มีเพียงถ่านจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นที่มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) อย่างไรก็ตามสมบัติของน้ำส้มควันไม้กลิ่นที่ได้จากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ทุกชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ทั้งหมด

คำหลัก: คาร์บอนในเซชัน ถ่าน น้ำส้มควันไม้ เปลือกไม้และเปลือกผลไม้

Abstract

Due to their high moisture contents and low calorific values, barks and fruit peels have not been widely used as feeding fuels for any thermo-chemical process. Carbonization via slow pyrolysis is a simple and low-cost method for improving their basic properties with a byproduct (wood vinegar). This research work aims to prepare charcoal and wood vinegar from eucalyptus barks, pineapple peels and raw papaya peels by a carbonization in a 200 L-vertical drum kiln. Yields and properties of the charcoals and the wood vinegar were determined. The experimental results indicated that percentages of fixed carbon of the eucalyptus barks, pineapple peels and papaya peels were increased by 157%, 272% and 280% respectively, after the carbonization process. Carbonization of eucalyptus barks provided the charcoal and the wood vinegar with the higher yield than carbonization of pineapple and papaya peels. Average yields of the charcoal and the wood vinegar derived from the barks and fruit peels were in the ranges of 20.89-24.06% and 8.36-9.26%, respectively. Only the charcoal derived from eucalyptus barks had the calorific value that was in

¹ นิสิตระดับปริญญาโท, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

² อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

³ อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

¹ Master degree Student, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kham Rieng, Kantharawichai, Maha Sarakham 44150

² Lecturer, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kham Rieng Kantharawichai, Maha Sarakham 44150

³ Lecturer, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bang Mod, Thung Khru, Bangkok, 10140

* Corresponding author: jindaporn.msu@gmail.com, Tel: 043-754316 Fax: 043-754316

accordance with the requirement of the wood charcoal standard (community product standard no. 657/2547). Whilst properties of the distilled wood vinegar derived from all barks and fruit peels met the requirement of the wood vinegar standard (community product standard no. 659/2553).

Keywords: Carbonization, charcoal, wood vinegar, barks and fruit peels

บทนำ

พลังงานถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนรวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยจำเป็นต้องพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศซึ่งทำให้ต้องสูญเสียเงินตราและเสถียรภาพด้านพลังงาน ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายการส่งเสริมและกำหนดเป้าหมายการพัฒนาและใช้พลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2565 มีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวลเพิ่มขึ้นเป็น 1,933 ktoe คิดเป็นร้อยละ 8 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและมุ่งหวังให้การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย แม้ว่าการส่งเสริมการใช้ชีวมวลจะเป็นการช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชีวมวลซึ่งมีอยู่ในปริมาณมากและยังเป็นการสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้ภาคอุตสาหกรรมและชุมชน¹ แต่เนื่องจากชีวมวลส่วนใหญ่มีความชื้นที่สูงและค่าความร้อนที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแข็งประเภทฟอสซิล ดังนั้นการนำชีวมวลมาใช้โดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำ หนึ่งในวิธีที่จะปรับปรุงคุณภาพของชีวมวล คือ การนำไปแปรรูปให้เป็นถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยเปลวไฟในสภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจนที่เป็นตัวทำให้เกิดการเผาไหม้ การลुकติดไฟ ไม้ที่ไม่ได้รับความร้อนจนความชื้นและสารสำคัญ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส รวมถึงสารเฉพาะตัวต่างๆ เกิดการระเหยและสลายตัวออกไปจากเนื้อไม้ โดยสารที่สามารถควบแน่นได้จะออกมาในรูปของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลอมดำ มีกลิ่นควันไฟและมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งนับเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่าน ดังนั้นเมื่อสารอินทรีย์ต่างๆ ได้ระเหยออกจากเนื้อไม้แล้ว จะเหลือแต่ส่วนที่เป็นคาร์บอน ไม้จึงเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งเก็บไว้ใช้ได้นานไม่มีปัญหาจากปลวกและมอดมากินไม้ เนื่องจากอาหารของปลวกถูกสลายไป สามารถใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในด้านต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ไม้ที่นิยมนำมาทำเป็นถ่านโดยทั่วไปนั้นมีมากมายหลายชนิด เช่น ไม้โกงกาง ไม้มะขาม แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัสซึ่งเป็นไม้โตเร็วหาได้ง่าย และนิยมปลูกกันทั่วทุกภาคของประเทศ

ยูคาลิปตัสถือเป็นไม้เศรษฐกิจประเภทหนึ่ง จากการสำรวจ พบว่า มีพื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัสทั้งหมด 2,408,708 ไร่ ซึ่งไม้ยูคาลิปตัสที่ผลิตได้ในประเทศส่วนใหญ่ร้อยละ 70-80 ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ส่วนที่เหลือมักนำไปใช้ผลิตถ่านร้อยละ 10-15 และใช้ในงานก่อสร้างร้อยละ 5 ส่วนเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือจากการใช้ประโยชน์นำมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยและใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความร้อน 3,400 แคลอรีต่อกรัมและจากการใช้ไม้ยูคาลิปตัสจะมีเปลือกไม้เหลืออยู่ในสัดส่วนร้อยละ 20 ของไม้สด หรือ 4.3 ล้านตัน/ปี สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบได้ 1,120 ktoe³

เปลือกมะละกอและเปลือกสับปะรดนั้นมียูคาลิปตัสตามตลาดในชุมชนและบ้านเรือน เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการบริโภคเนื้อผลไม้ไปแล้ว ส่วนใหญ่นิยมนำไปทำเป็นอาหารสัตว์และหมักทำปุ๋ย ที่ผ่านมามีการศึกษาการผลิตถ่านจากชีวมวลอยู่หลายชนิด เช่น แกลบ⁴ กะลามะพร้าว⁵ และเปลือกมังคุด⁶ อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการศึกษาการนำเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอดิบมาผลิตถ่าน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำเปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ รวมถึงเปลือกยูคาลิปตัสมาผลิตเป็นถ่าน โดยได้ทำการศึกษาปริมาณผลได้รวมถึงสมบัติต่างๆ ของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้

วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบและการผลิตถ่าน

เปลือกไม้ยูคาลิปตัสได้มาจากโรงงานศรีบ้านไผ่ อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ส่วนเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอได้มาจากตลาดในเขตชุมชน เมื่อได้วัตถุดิบทั้งหมดมาแล้วนำมาตากแดดจนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่า 10% d.b. (Figure 1) แล้วจึงนำไปเข้าสู่กระบวนการคาร์บอนไนเซชันหรือกระบวนการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบแนวตั้ง โดยติดตั้งระบบควบแน่น (A) เพิ่มเติมสำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้ (Figure 2)



(a) (b) (c)
Figure 1 Sun-dried (a) eucalyptus barks, (b) pineapple peels and (c) raw papaya peels

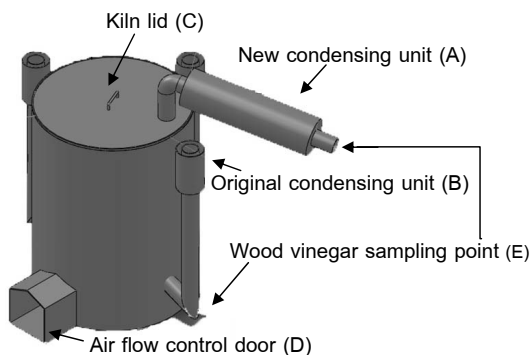


Figure 2 The 200 L-vertical drum kiln used for carbonization process of barks and fruit peels

ในกระบวนการคาร์บอนไนเซชันนั้นเริ่มจากซึ่งนำหนักของชีวมวลแล้วนำไปใส่ลงในเตา ปิดฝาเตา (C) ให้สนิท หลังจากนั้นจึงจุดไฟที่บริเวณช่องควบคุมปริมาณอากาศ (D) เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง จะสังเกตเห็นควันสีเหลืองเข้มมีกลิ่นฉุนมาก (ควันป่า) กระบวนการเผาถ่านจะดำเนินไปจนกระทั่ง 20 นาทีต่อมาจึงจะได้น้ำส้มควันไม้ออกมา ให้นำบีกเกอร์โปร่งที่ได้บริเวณจุดเก็บน้ำส้มควันไม้ (E) เพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ จากนั้นอีกประมาณ 1 ชั่วโมงหรือสังเกตว่าสีของควันไฟจางลงมากให้ทำการปิดปล่องเตา (B) ให้สนิท ทิ้งไว้ให้ถ่านเย็นตัวแล้วจึงค่อยเปิดฝาเตา เมื่อได้ถ่านที่ต้องการแล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติอื่นๆต่อไป โดยกระบวนการคาร์บอนไนเซชันของชีวมวลแต่ละประเภทจะดำเนินการทำซ้ำ 2 ครั้ง

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและค่าความร้อนของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้และถ่านจากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้

นำเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีการประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM E1756-01⁷ สารระเหยตามมาตรฐาน ASTM E872-82⁸ และเถ้าตามมาตรฐาน ASTM E1755-01⁹ ในส่วนของถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่

ปริมาณความชื้น สารระเหย และเถ้า ตามมาตรฐาน ASTM MD1762-84¹⁰, ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวใช้วิธีการคำนวณจากส่วนต่าง และได้ทำการทดสอบหาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Model 1341, Parr instrument company, USA) และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ (Ultimate analysis) ซึ่งได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุ CHNS Analyzer (ThermoQuest Flash EA1112, BioSurplus, USA)

3. น้ำส้มควันไม้และการวิเคราะห์คุณสมบัติ

น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตถ่าน ซึ่งเกิดจากการควบแน่นควันที่เกิดขึ้นในช่วงที่ไม่ (ชีวมวล) กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านที่อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิที่ปล่องประมาณ 120-150 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ ประมาณ 85% กรดอินทรีย์ ประมาณ 3% และสารอินทรีย์อื่นๆอีกประมาณ 12% มีค่า pH ประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.024 โดยจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้¹¹ โดยในส่วนของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ให้ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 45 วัน เพื่อให้ตกตะกอนเมื่อน้ำส้มควันไม้ตกตะกอนแล้วจึงนำเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวใสด้านบนเทลงบนกระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 1) ในชุดกรวยกรองที่ต่อเข้ากับเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อทำการกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ หลังจากนั้นจึงนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotavapor R210/215, Buchi, Canada) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสภายใต้แรงดัน 200 มิลลิบาร์ หลังจากนั้นจึงนำส่วนที่กลั่นได้ไปวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดกรด-ด่าง (HI-98128, Hanna instruments, UK) และค่าความหนาแน่นโดยใช้พิคนอมิเตอร์ (Pycnometer) โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้

เมื่อนำเปลือกยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอที่ผ่านการตากแห้งแล้ว มาหาองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณค่า องค์ประกอบธาตุ และค่าความร้อน ได้ผลดังแสดงใน (Table 1) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกยูคาลิปตัสค่อนข้างที่จะแตกต่างจากเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของปริมาณธาตุคาร์บอนและปริมาณคาร์บอนเสถียรซึ่งส่งผลกระทบในเชิงบวกต่อค่าความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกไม้มีปริมาณ

คาร์บอนซึ่งอยู่ในรูปของลิกนินที่มากกว่าเปลือกผลไม้ที่ตนเอง โดยสมบัติทางเคมีและทางความร้อนของเปลือกยูคาลิปตัส ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา ¹²

Table 1 Chemical compositions and calorific values of eucalyptus barks and fruits peels

Proximate analysis (%)	Eucalyptus bark	Pine apple peel	Papaya peel
Moisture	7.48±0.51 ^a	9.76±0.37 ^b	10.05±0.73 ^b
Fixed carbon	26.06±0.67 ^b	16.08±0.87 ^a	14.48±1.46 ^a
Volatile matter	59.60±0.56 ^a	63.79±1.17 ^b	65.19±1.72 ^b
Ash	6.86±0.34 ^a	10.37±0.44 ^b	10.29±0.98 ^b
Ultimate analysis (%)			
Carbon (C)	42.92	39.20	38.79
Hydrogen (H)	5.60	6.70	6.27
Oxygen (O)	51.11	53.39	50.96
Nitrogen (N)	0.22	0.65	3.16
Sulfur (S)	0.14	0.06	0.80
Calorific value (Cal/g)	3,719±108 ^b	3,054±100 ^a	2,865±112 ^a

2. ร้อยละผลได้และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถ่านเปลือกไม้และถ่านเปลือกผลไม้

หลังจากที่เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอผ่านการคาร์บอนไนเซชันจนกลายเป็นถ่านแล้ว เปลือกไม้และเปลือกผลไม้เหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นสีดำ สม่ำเสมอ ไม่มีเศษเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ที่ยังเผาไหม้ไม่หมด ดังแสดงใน (Figure 3)

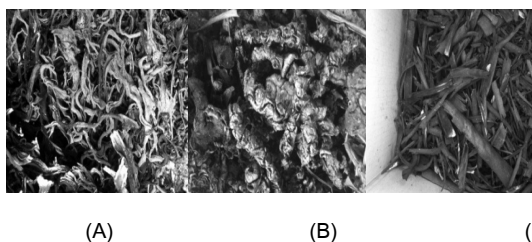


Figure 3 Charcoals derived from (A) eucalyptus barks (B) Pineapple peels and (C) Papaya peels

จากการศึกษาถึงร้อยละผลได้ของถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้จากการคาร์บอนไนเซชัน พบว่า เปลือกไม้ยูคาลิปตัส ให้ปริมาณร้อยละผลได้ของถ่านสูงที่สุด (ประมาณร้อยละ 24) ส่วนเปลือกสับปะรดได้ร้อยละ 22 และเปลือกมะละกอร้อยละ 21 ตามลำดับ (Figure 4) เนื่องจากโดยทั่วไปนั้นปริมาณลิกนินในชีวมวลเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อร้อยละผล

ได้ของถ่าน โดยชีวมวลที่มีลิกนินในปริมาณที่สูงจะให้ร้อยละผลได้ของถ่านที่สูง ¹³ ซึ่งในชีวมวลส่วนใหญ่แล้ว เปลือกไม้มักจะมีปริมาณลิกนินที่มากกว่าเปลือกผลไม้ ¹⁴ ดังนั้นจึงทำให้เปลือกยูคาลิปตัสให้ร้อยละผลได้ของถ่านที่มากกว่าทั้งเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอติดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05) และเมื่อพิจารณาร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้ พบว่า มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกยูคาลิปตัสมีค่ามากกว่า เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอ ตามลำดับมาก โดยร้อยละผลได้ของถ่านนั้นเป็นผลเนื่องจากปริมาณคาร์บอนเสถียรที่มีอยู่ในเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ ส่วนร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารระเหยเป็นหลัก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบธาตุรวมถึงค่าความร้อนของถ่านจากเปลือกยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอ ดังแสดงใน (Table 2) พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสมีค่าความร้อน 6,400 แคลอรีต่อกรัมคาร์บอนเสถียรร้อยละ 69.5 สารระเหยร้อยละ 29.63 ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยในอดีตที่พบว่า คาร์บอนเสถียรของถ่านยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65-75 สารระเหยร้อยละ 25-35 และถ่านร้อยละ 2-5 ¹⁵

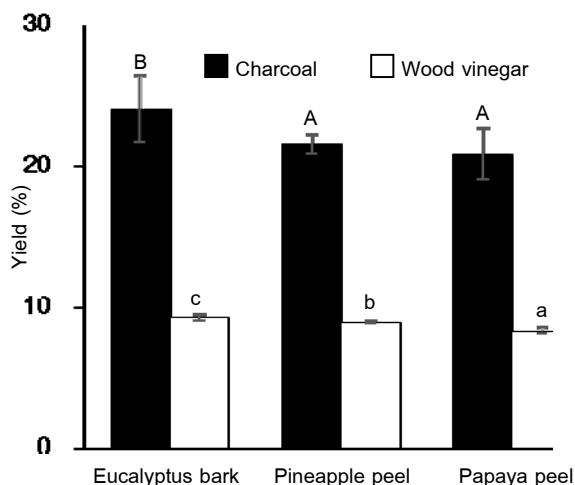


Figure 4 Yields of charcoal and wood vinegar obtained from carbonization of eucalyptus bark and fruits peels

เมื่อพิจารณาข้อมูลใน (Table 1) และ (Table 2) จะเห็นได้ชัดเจนว่า ถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้เหล่านี้จะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรและค่าความร้อนสูงกว่าเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ดิบอย่างเห็นได้ชัด โดยการคาร์บอนไนเซชันจะทำให้เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 72 76 และ 76 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามมีเพียงถ่านไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นถ่านจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นที่มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547) ¹⁶

Table 2 Chemical compositions and calorific values of charcoal derived from eucalyptus barks and fruit peels

Proximate analysis (%)	Eucalyptus bark charcoal	Pineapple peel charcoal	Papaya peel charcoal
Moisture	2.12±0.22 ^a	3.62±0.36 ^b	4.44±0.44 ^c
Fixed carbon	66.99±0.48 ^c	59.88±0.71 ^b	55.02±1.67 ^a
Volatile matter	29.63±0.69 ^a	32.26±0.71 ^b	36.65±1.40 ^c
Ash	1.26±0.19 ^a	4.22±0.10 ^b	3.88±0.27 ^b
Ultimate analysis (%)			
Carbon (C)	53.44	65.44	52.47
Hydrogen (H)	3.83	3.53	4.23
Oxygen (O)	41.96	28.20	36.55
Nitrogen (N)	0.76	1.03	4.95
Sulfur (S)	0.01	0.26	1.79
Calorific value (Cal/g)	6,402±125 ^c	5,374±109 ^b	5,043±118 ^a

3. ร้อยละผลได้และสมบัติของน้ำส้มควันไม้

เตาเผาถ่านที่ใช้ในงานวิจัยนี้สร้างมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตรซึ่งวางตัวในแนวตั้ง โดยบริเวณด้านข้างของเตาเผาถ่าน ที่ตำแหน่งสูงจากพื้นประมาณ 10 เซนติเมตรจะเชื่อมต่อด้วยท่อ 3 ท่อ สำหรับให้ควันที่เกิดขึ้นในกระบวนการไหลขึ้นไปด้านบน และบริเวณปลายปล่องควัน จะมีท่อสวมด้านนอกซึ่งบรรจุน้ำสำหรับใช้เป็นระบบหล่อเย็น (ควบแน่น) ควันบ้ำ (Figure 1, B) เนื่องจากระบบควบแน่นที่ดีจะส่งผลกระทบต่อในเชิงบวกต่อร้อยละผลได้ของน้ำส้มควันไม้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติม โดยเป็นการต่อระบบควบแน่นซึ่งเป็นท่อน้ำหล่อเย็นบริเวณปล่องควันที่ต่อออกจากฝาเตา (Figure 1, A) และศึกษาเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติม ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า การติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติมทำให้ปริมาณผลได้ของน้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.05-3.15 เป็นร้อยละ 8.36-9.26 ของน้ำหนักเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ (Figure 5)

หลังจากทิ้งให้น้ำส้มควันไม้ตกตะกอนเป็นระยะเวลา 45 วันแล้ว ได้นำส่วนใสด้านบนมากรองด้วยระบบการกรองแบบสูญญากาศ (เรียกว่า “น้ำส้มควันไม้กรอง”) จากนั้นจึงนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (เรียกว่า “น้ำส้มควันไม้กลั่น”) แล้วจึงนำน้ำส้มควันไม้ทั้งสองประเภทไปทดสอบค่า pH และค่าความหนาแน่น โดยน้ำส้มควันไม้หลังการกลั่นมีลักษณะสีเหลืองอ่อนๆ ใส เป็นเนื้อเดียวกัน และไม่มีตะกอน แต่ยังคงมีกลิ่นควันไฟ เมื่อพิจารณาสมบัติของน้ำส้มควันไม้กรองและกลั่นที่ได้ จะเห็นว่า น้ำส้มควันไม้กลั่นจะมีค่า pH ที่ต่ำกว่าน้ำส้มควันไม้กรอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่า การกลั่น

ทำให้สารประกอบจำพวกกรดอินทรีย์มีความเข้มข้นขึ้น จึงส่งผลให้ค่า pH ลดลง

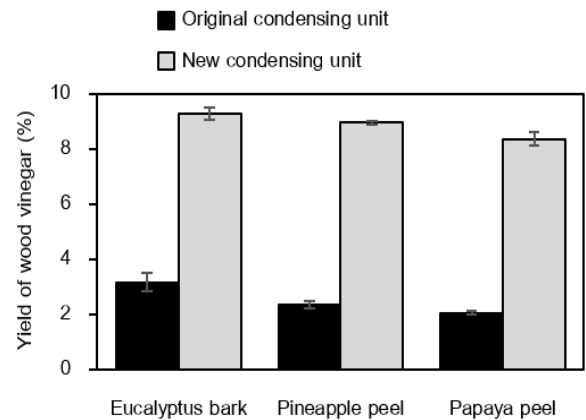


Figure 5 Yield of wood vinegar from carbonization of barks and peels in a 200 L-vertical drum kiln

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำกว่าค่า pH ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกผลไม้ทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า ความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (Table 3)

Table 3 Properties of wood vinegar undergoing vacuum filtration and distillation

Property	Wood vinegar	Eucalyptus bark	Pineapple peel	Papaya peel
pH	Filtered	3.08±0.04 ^{Da}	3.28±0.02 ^{Db}	3.84±0.03 ^{Dc}
	Distilled	2.22±0.03 ^{Ca}	2.47±0.02 ^{Cb}	2.54±0.02 ^{Cb}
Density (kg/m ³)	Filtered	1.035±0.003 ^{Bb}	1.025±0.001 ^{Ba}	1.023±0.002 ^{Ba}
	Distilled	1.020±0.001 ^{Ac}	1.012±0.001 ^{Aa}	1.015±0.001 ^{Ab}

^{ABC} Different letters in the same column indicate that values are significantly different (p < 0.05)

^{abc} Different letters in the same row indicate that values are significantly different (p < 0.05)

เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า น้ำส้มควันไม้กลั่นที่ได้จากทั้งเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มีสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553)¹⁷

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคาร์บอนไนเซชันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เชื้อเพลิง โดยจากการศึกษา พบว่า เปลือกไม้และเปลือกผลไม้ทุกชนิดนั้นมีค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าเปลือกยูคาลิปตัสเพียงชนิดเดียวที่ให้ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านไม้หุงต้ม ดังนั้นเปลือกสับปะรดและ

เปลือกกะละกอกจึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นถ่านโดยลำพัง ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับถ่านไม้หรือเชื้อเพลิงอื่นที่มีค่าความร้อนที่สูงหรืออาจมีการศึกษาต่อยอดในการนำไปทำถ่านอัดเม็ดหรือถ่านอัดแท่งต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่า การติดตั้งระบบควบแน่นเพิ่มเติมทำให้ได้ร้อยละของน้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้น โดยที่ยังคงคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ไว้เช่นเดิม โดยสมบัติของน้ำส้มควันไม้กลิ่นที่ได้ทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (โครงการสนับสนุนทุนวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ.)

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี. [serial online]. [163 screens]. Available from: http://www.eppo.go.th/ccep/download/REDP_15_yrs.pdf. Accessed January 2015.
- [2] กลุ่มเทคโนโลยีการจัดการมลพิษ, ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการกรมควบคุมมลพิษ. การเผาถ่านหรือคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization). ม.ป.ท.: ม.ป.พ.
- [3] ศิริพร วัฒนศิริรังกุล, ชุติพร อรุณแสงสุรีย์, สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. ยูคาลิปตัสไม้เศรษฐกิจของโลก. [serial online]. [1 screens]. Available from: http://www.nstda.or.th/en/index.php?option=com_content&task=view&id=362&Itemid=1. Accessed January 2015.
- [4] Maiti S, Dey S, Purakayastha S, Ghosh B. Physical and thermochemical characterization of rice husk char as a potential biomass energy source. *Bioresource Technology*. 2006; 97 (16): 2065-70.
- [5] Gnanaharan R, Dhamodaran TK, Thulasidas PK. Yield and quality of charcoal from coconut stem wood. *Biomass*. 1988; 16 (4): 251-6.
- [6] Sawekwiharees. Potential Energy of the Fuel Briquettes From Mangosteen Shell. Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon; 2012.
- [7] ASTM E1756-01 Standard Test Method for Determination of Total Solids in Biomass.
- [8] ASTM E872 – 82(2013) Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels.
- [9] ASTM E1755 - 01(2007) Standard Test Method for Ash in Biomass.
- [10] ASTM Standard D1762-84 Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.
- [11] สำนักวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. น้ำส้มควันไม้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้; ม.ป.ป.
- [12] Nhuchhen DR, Abdul Salam P. Estimation of higher heating value of biomass from proximate analysis: A new approach. *Fuel* 2012; 99: 55-63.
- [13] G. Dorez, L. Ferry, R. Sonnier, A. Taguet, J.M. Lopez-Cuesta. Effect of cellulose, hemicellulose and lignin contents on pyrolysis and combustion of natural fibers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 107 (2014), 323-331.
- [14] *Biomass and Bioenergy: New Research*. Michael D. Brenes. Editor. Nova Science Publishers, Inc. New York. 2006. pp. 313
- [15] Rousset P, Figueiredo C, De Souza M, Quirino WF. Pressure effect on the quality of eucalyptus wood charcoal for the steel industry: A statistical analysis approach. *Fuel Process Tech* 2011; 92 (10): 1890-7.
- [16] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม มผช.657/2547.
- [17] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช. (มผช. 659/2553)

ผลของการบริโภคข้าวเหนียวดัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาล และข้าวเหนียวปกติ ต่อการระดับน้ำตาลในเลือดของวัยผู้ใหญ่ไทย

Blood Sugar Level Between Modified (Reduced Glycemic Index : GI) Sticky Rice and Non Modified Sticky Rice Consumption in Thai Adults

อุดมศักดิ์ มหาวีรวัฒน์^{1*}, อัศวิน อมรสิน², ศิรินาถ ตงศิริ³, กัญญณภัส ตลับไธสง⁴, รุ่งทิวาภรณ์ พลวงศ์ษา⁵, สมฤดี สิงห์คำป้อง⁶

Udomsak Mahaweerawat¹, Aswin Amonsin², Sirinat Tongsir³, Khannaphas Tlapthaisong⁴, Rungthiwaphon Ponwongsa⁵, Somridi Singkhampong⁶

Received: 29 November 2015; Accepted: 27 February 2016

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองในอาสาสมัคร 2 กลุ่มๆ ละ 30 ราย ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีเพศชาย 15 ราย และเพศหญิงจำนวน 15 ราย กลุ่มทดลองได้รับประทานข้าวเหนียวดัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ และกลุ่มควบคุม ได้รับประทานข้าวเหนียวที่ไม่ได้ดัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาล วัดระดับน้ำตาลในเลือด ด้วยเครื่องตรวจน้ำตาลในเลือด ชื่อ ACCU-CHEK Performa^{version3}

อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ ค่า BMI ที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Pair Sample T-test) ($p < 0.05$) พบว่ากลุ่มทดลองภายหลังการรับประทาน ให้ระดับน้ำตาลในเลือด ในนาทีที่ 30, 60 และ 90 นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 134.93, 138.52 และ 117.14 mg/dl ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ได้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 141.47, 150.27 และ 124.60 mg/dl ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วย ANOVA -test พบว่า กลุ่มทดลองทั้งสอง มีผลของระดับน้ำตาลภายหลังการรับประทาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการศึกษาครั้งนี้ช่วยสนับสนุนการเลือกบริโภคข้าวเหนียวดัดแปลงดัชนีน้ำตาลต่ำ ทำให้ลดน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ปริมาณน้ำตาลในเลือด

Abstract

This was a quasi-experimental study aimed at investigating the blood glucose level of two groups of Thai adult volunteers. Each group had 15 females and 15 males. Experimental group one was given modified low glycemic Index (GI) sticky rice, and non-modified glycemic Index sticky rice was given to the control group. ACCU-CHEK^{version3} was performed as the blood glucose level determinate instrument.

Both voluntary groups were of average age, weight, height, and Body Mass index (BMI) with close difference points with a non-statistical (Pair Sample T-test) significant difference ($p < 0.05$). Results showed that experimental group one, after eating at the 30th, 60th and 90th minute, had an average blood sugar level of 134.93, 138.52 and 117.14 mg/dl respectively. The control group had levels of 141.47, 150.27 and 124.60 mg/dl. Both group's blood

¹ รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ²อาจารย์ คณะเทคโนโลยี (เทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ³ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ^{4,5,6} นิสิตระดับปริญญาตรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Associate Professor Faculty of Public Health, Mahasarakham University, ²Lectures Faculty of Technology (Food Technology and Nutrition), Mahasarakham University, ³Assistant Professor Faculty of Medicine, Mahasarakham University, ^{4,5,6}Undergraduate student, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

* Corresponding Author

sugar levels were statistical (ANOVA) with significant difference ($p < 0.05$). The results showed that a reduction in group one's blood sugar level supports the contention that eating modified low GI sticky rice is beneficial to people who need regulated/reduced blood glucose levels. Further study is warranted.

Keywords: Low GI sticky Rice, Fasting Blood Sugar

บทนำ

คนปกติในกระแสเลือดจะมีกลูโคส ประมาณ 70-150 มิลลิกรัม/เดซิลิตร (4-8mmol/L) ดังนั้นในกระแสเลือดจะมีน้ำตาลทั้งหมด 3.3-7 กรัม (เลือดประมาณ 5 ลิตร) โดย กลูโคส ในกระแสเลือดจะมีค่าสูงที่สุดหลังจากทานอาหาร และจะมีค่าต่ำสุดในตอนเช้าก่อนอาหารเช้า เมื่อใดที่ กลูโคส ในกระแสเลือดสูงกว่าระดับที่ใดจะสามารถดูดกลับได้ (Threshold) จะมี กลูโคส ออกมาในปัสสาวะ ปกติร่างกายได้ กลูโคส จากภายนอกโดยการรับประทานอาหารและจากภายในของร่างกาย โดยตับทำหน้าที่สร้างขึ้นมาจากขบวนการไกลโคจีโนซิส (Glycogenolysis) และกลูโคจีโนซิส (Gluconeogenesis)^{1,2}

การตอบสนองของฮอร์โมนอินซูลินต่อระดับน้ำตาลในเลือด หรือ Oral Glucose Tolerance Test (OGTT).^{1,2} ใช้ทดสอบในผู้ที่เสี่ยงว่าเป็นเบาหวาน อีกทั้งยังสามารถใช้ได้กับบุคคลทั่วไปและหญิงมีครรภ์ เป็นวิธีทดสอบการทำงานของ β -cell ของตับอ่อนในการหลั่งอินซูลิน (Insulin) หลังกินน้ำตาลในปริมาณ 100 กรัม ซึ่งคนปกติสามารถลดระดับน้ำตาลลงมาได้ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ผู้ที่มีการหลั่ง Insulin บกพร่องหรือเป็นโรคเบาหวาน จะต้องใช้เวลาในการลดระดับน้ำตาล นานกว่า 2 ชั่วโมง³

การไหลเวียนของโลหิตภายในร่างกายอยู่ตลอดเวลา ทำให้เซลล์ทุกเซลล์ได้รับพลังงานจากกลูโคสที่มีอยู่ในเลือด เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ กลูโคสที่ถูกดึงออกไปใช้จะได้รับการทดแทนด้วยกลูโคสที่สร้างขึ้นใหม่ และปลดปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อรักษาระดับกลูโคสให้คงที่อยู่ตลอดเวลา คนปกติงดอาหาร (Fasting) ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดอยู่ในช่วง 60-85 มิลลิกรัมต่อ 1 เดซิลิตรเท่านั้น แต่หลังจากการรับประทานอาหารใหม่เข้าไป ระดับกลูโคสในเลือดจะสูงขึ้นเป็นประมาณ 140-150 มิลลิกรัมต่อ 1 เดซิลิตร ภายหลังจากประมาณ 2-3 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในเลือดจะลดลงจนเหลือเท่าๆ กับขณะที่งดอาหาร และเมื่อระดับน้ำตาลกลูโคสสูงเกิน 160-180 มิลลิกรัมต่อ 1 เดซิลิตรกลูโคสจะถูกขับออกทางปัสสาวะ^{4,5,6} สำหรับคนปกติกลูโคสจะไม่ถูกขับออกทางปัสสาวะ เนื่องจากตับยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมระดับกลูโคสให้คงที่อยู่ตลอดเวลา แหล่งน้ำตาลกลูโคสในเลือดที่สำคัญมาจากน้ำตาลที่ถูกดูดซึมซึ่งได้จากอาหาร

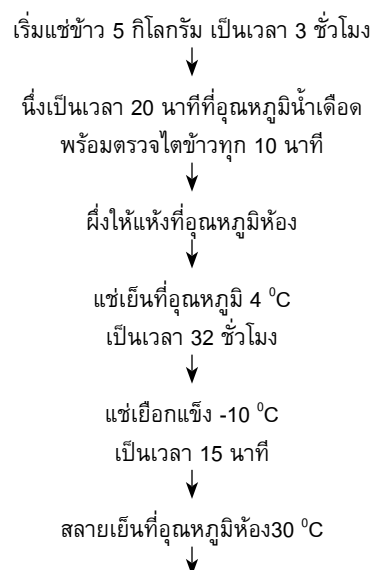
ด้วยเหตุดังกล่าวการศึกษาปริมาณน้ำตาลในเลือด หลังการบริโภคข้าวเหนียว โดยเฉพาะข้าวเหนียวที่มีการดัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ น่าจะมีส่วนช่วยสนับสนุนนำร่องทางเลือกในการบริโภคข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ เพื่อลดปริมาณน้ำตาลในเลือดได้บ้าง เพราะข้าวเป็นอาหารหลัก ที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตอันสำคัญเชิงมนุษยวิทยาทางโภชนาการ ของคนไทยทั้งในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาทิในบางในหมู่บ้านชนบทภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้รับการบริโภคสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของแคลอรีทั้งหมดต่อวัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกข้าวและแป้ง⁷ ดังนั้นข้าวจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมปริมาณน้ำตาลกลูโคสและพลังงานแก่ร่างกายที่ไม่ควร จะมากเกินไปได้

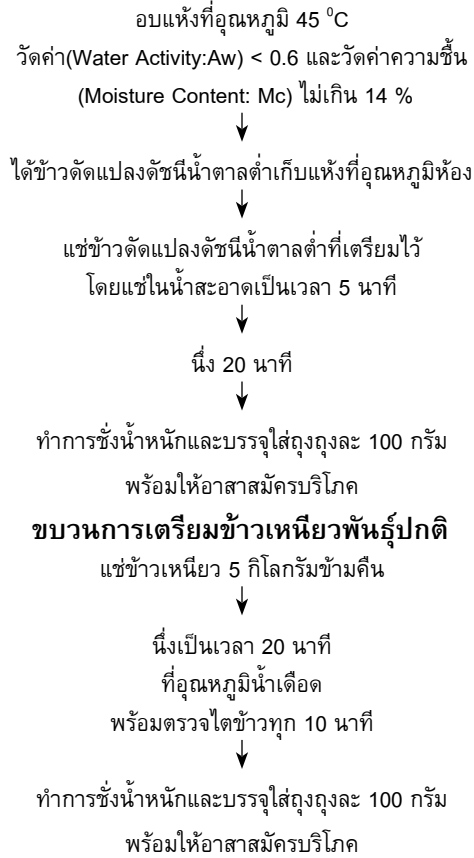
วิธีการศึกษา

การเตรียมข้าวเหนียว

เลือกพันธุ์ข้าวสารเหนียวที่มีขายตามท้องตลาด คือ พันธุ์ กข.6 (Thai RD 6) แบ่งเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกนำมาผ่านขบวนการดัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ หรือ เรียกอีกอย่างคือข้าวผ่านขบวนการ ต้านแป้ง (Resistant Starch, Resistant Rice or Low GI rice) และส่วนที่สองเป็นข้าวสารเหนียวธรรมดา ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมข้าวแต่ละอย่างโดยสังเขปดังนี้

ขบวนการเตรียมข้าวเหนียวดัดแปลงดัชนีน้ำตาลต่ำ (ข้าว Low GI)⁶





การเตรียมอาสาสมัคร

อาสาสมัครทั้งหมด 60 คน เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย (แห่งหนึ่ง) ทั้งหมด เลือกโดยวิธีแบบเจาะจง อายุระหว่าง 18-25 ปี ได้รับการยินยอมพร้อมลงนามในใบยินยอมให้ความร่วมมือของอาสาสมัคร (Consent Form) ทั้งก่อนและหลังการทดลอง และผ่านการคัดกรองออกด้วยแบบทดสอบอย่างง่าย เกี่ยวกับผู้มีภาวะความเครียด การใช้ยาบางชนิดที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด เช่น Thiazide Steroids Phenytoin Estrogens Thyroxine Nicotinic-acid Beta-block และยาคุมกำเนิดขลิบ ผู้ที่สูบบุหรี่ ทานอาหารก่อนการทดลอง ผู้ที่มีแผลผ่าตัด แผลติดเชื้อ ผู้ที่มีระบบการดูดซึมบกพร่อง อาสาสมัครทั้งหมด ถูกแบ่งเป็นสองกลุ่มโดยมีเพศชายและหญิงในแต่ละกลุ่มเพศละ 15 คนเท่า ๆ กัน หลังจากนั้นจัดกลุ่มทดลองให้บริโภคข้าวเหนียวตัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ และกลุ่มควบคุมให้บริโภคข้าวเหนียวปกติ โดยทั้งสองกลุ่ม อดอาหารล่วงหน้า 6-8 ชั่วโมง ข้าวเหนียวทั้งสองแบบนี้ให้สุกพร้อมรับประทานจัดเป็นห่อ ๆ ละ 100 กรัม และน้ำดื่มบริสุทธิ์ 1 แก้ว ทานให้หมดภายใน 15 นาที

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

1. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ได้รับการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง

2. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการอธิบายและเข้าใจถึงขั้นตอนต่างๆในการทดลองโดยตลอด

3. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม รับประทานเจลเลือดปลายนิ้วชี้ (โดยทีมวิจัยที่ได้รับการฝึกการเจาะตรวจ) ภายใต้การควบคุมกำกับของแพทย์(ผู้มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพเวชกรรม) เพื่อวัดระดับ น้ำตาลในเลือด โดยใช้เครื่องเจาะวัดระดับน้ำตาลในเลือด ตามแบบวิธีมาตรฐานของ เครื่องมือ ชื่อ ACCU_CHECK ก่อนการรับประทานข้าวเหนียว ทั้งสองกลุ่มเป็น เริ่มต้น เวลาที่ 0 เจาะครั้งที่ 1

4. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม รับประทานข้าวเหนียวหนึ่งสุก กลุ่มทดลองรับประทานข้าวเหนียวตัดแปลงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ และกลุ่มควบคุมได้รับข้าวเหนียวปกติคน ละ ห่อ ๆ ละ 100 กรัม พร้อมน้ำเปล่า 1 แก้ว ทานให้หมดใน 15 นาที

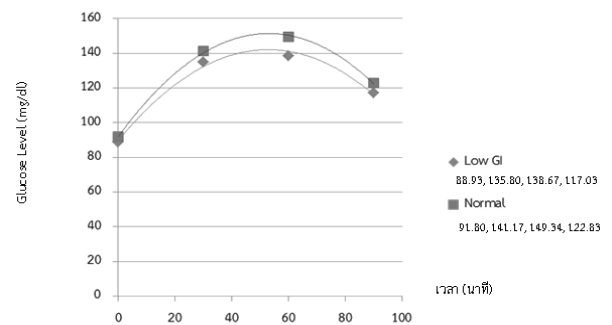
5. หลังจากอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ทานข้าวเหนียวเสร็จ ให้นั่งประจำที่เฉยๆนาน 30 นาที แล้วได้รับการเจาะเลือดครั้งที่ 2 ที่ปลายนิ้วกลาง เป็นเวลาที่ 30

6. เจาะนิ้วนางครั้งที่ 3 ที่เวลาที่ 60 นาที และเจาะนิ้วก้อยครั้งที่ 4 สุดท้าย

7. อาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ไม่ได้ทำกิจกรรมอย่างอื่น ๆ หรือสูบบุหรี่ ขณะรอตรวจและ หลังการรับประทานข้าวเหนียว เว้นแต่นั่งเฉยโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด

สถิติ ที่ใช้

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ในการวิเคราะห์ข้อมูล อายุ น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย



สถิติเชิงอนุมาน อาทิ Pair Sample T-test ใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่าง อายุ น้ำหนัก และดัชนีมวลกาย ส่วน ANOVA ใช้เพื่อการทดสอบค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดของ 2 กลุ่มว่ามีความแตกต่าง หรือไม่

ผลการศึกษา

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ BMI ของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มพบว่าประชากรทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวล

กาย (Body Mass Index: BMI) ที่ใกล้เคียงกัน (Pair Sample T-test) ($p < 0.05$) โดยมีรายละเอียดดังนี้ กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยอายุ 20 ปี กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยอายุ 21 ปี ค่าเฉลี่ยน้ำหนักในกลุ่มควบคุมและทดลอง ดังนี้ 57.87, 56.37 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยส่วนสูงในกลุ่มควบคุมและทดลอง ดังนี้ 165.30, 165.97 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายในกลุ่มควบคุมและทดลอง ดังนี้ 21.20, 19.07 ตามลำดับ

Table 1 Average of Age weight high and BMI of experimental group

Exp grp	Age	Weight	Height	BMI
Mean	20.33	57.87	165.30	21.19
Median	20.00	59.00	165.50	20.07
Mode	20	60	157 ^a	15.78 ^a

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Table 2 Average of Age weight high and BMI of control group

Contol grp	Age	Weight	Height	BMI
Mean	20.90	56.37	165.97	19.067
Median	21.00	53.50	164.50	18.995
Mode	22	50	160	16.80 ^a

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มทดลองมีระดับน้ำตาลในเลือดเฉลี่ย ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA) ($P < 0.05$) ดัง (Figure 1) และ (Table 5) และนอกจากนี้ การแยกเพศยังพบว่าเพศชายและหญิงในกลุ่มทดลองมีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าเพศชายและหญิงในควบคุม อีกด้วย

Graph 1 Average blood glucose level between experimental group (Low GI) and control group (Normal)

อภิปรายผลการทดลอง ผลข้างต้นจะเห็นได้ว่าอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม มีระดับน้ำตาลในเลือดของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมดังกราฟที่ ได้อย่างชัดเจนภายใต้มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วย ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < 0.05$

Table 3 Differential statistical analysis (ANOVA) of average blood glucose level of experimental group (Low GI) and control group (Normal) with duration on 0th, 30th, and 90th minute

TYPE	Glucose Level			
	Time 0 min (mg/dl)	Time 30 min (mg/dl)	Time 60 min (mg/dl)	Time 90 min (mg/dl)
Low GI*	88.93 ±7.353 ^a	135.80 ±21.667 ^c	138.67 ±15.5578 ^c	117.03 ±14.545 ^b
Normal rice*	91.8 ±13.900 ^a	141.17 ±24.988 ^c	149.34 ±22.428 ^c	122.83 ±19.394 ^b

Remark: superscript a, b and c are statistical mean difference for duration vary on 0, 30, 90 minute at 95% C.I., by Duncan ($p < 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

ผลตอนที่ 1 นำเสนอผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ BMI ของกลุ่มอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มจะเห็นได้ว่าทั้งสองกลุ่มมีช่วงค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) ที่ใกล้เคียงกัน โดยมีช่วงค่าเฉลี่ยอายุ 20-21 ปี น้ำหนักช่วงเฉลี่ย 56.37-57.87 กิโลกรัม ช่วงเฉลี่ยส่วนสูง 165.30-165.97 เซนติเมตร และมีช่วงเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 19.07-21.20 กิโลกรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่วนนี้ควรมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน เพื่อไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จึงต้องมีการควบคุมไม่ให้ค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากเกินไป เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และยังพบว่าอาสาสมัครเพศชายในกลุ่มทดลองมีระดับน้ำตาลต่ำกว่าเพศชายในกลุ่มควบคุม และเพศหญิงก็พบเช่นเดียวกัน

อาสาสมัคร กลุ่มทดลองดังกล่าว พบว่ามีผลไปในทางเดียวกันกับภคินี อัครเสสะพงศ์ (2557) ที่ว่าอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ และน้ำตาลอยู่ในกระแสเลือดได้นาน จากการทดสอบได้นำข้าว 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง ทำการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 11 คน โดยเจาะค่าเฉลี่ยน้ำตาลและอินซูลินในเลือดที่เวลา 0, 30, 60, 120, 180 และ 240 นาที ซึ่งพบว่าข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวอีกสองสายพันธุ์ เนื่องจากข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวอีกสองสายพันธุ์ดังกล่าวข้างต้น⁶

แม้ว่า การใช้ข้าวกล้อง จะมีค่าดัชนีน้ำตาลของข้าวแตกต่างกันตามโครงสร้างของเมล็ดข้าว อีกทั้งมีปริมาณเส้นใยที่แตกต่างกัน ผลของมัน คือ ข้าวที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้จริง) ทั้งๆ ที่ปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มทดลองข้าวที่ใช้ในการทดลองนี้ (ข้าวเหนียว กข 6) หลังการบริโภคแล้วทำการเจาะปริมาณน้ำตาลในเลือดในช่วงเวลา 0, 30, 60 และระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าข้าวเหนียวปกติ ผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วย ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 พบว่าข้าวเหนียวดัดแปลงดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low GI) ข้าวเหนียวปกติ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < 0.05$.

ข้อเสนอแนะ

1. ข้าวเหนียวดัดแปลงดัชนีน้ำตาลต่ำ หากได้รับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์แล้ว ยังเหมาะสำหรับผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน ผู้ป่วยเบาหวาน ผู้ที่อยู่ในสภาวะที่ต้องควบคุมระดับน้ำตาล เช่น ผู้ป่วยโรคอ้วน เป็นต้น
2. ควรมีการคิดค้นวิธีการทำผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในท้องถิ่นได้จริง กล่าวคือประชาชนสามารถนำกลับไปทำเองที่บ้านได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาสาสมัคร ผู้เข้าทดสอบทุกคน

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากร คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ขอขอบพระคุณคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินการทำงาน ในเรื่องสถานที่และเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการทำการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์เบาหวาน และเมตาบอลิกโรงพยาบาลพญาไท 2. Oral Glucose Tolerance Test (OGTT). สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2557. ที่เว็บไซต์ <http://www.phyathai.com/medicalarticledetail/1/12/184/th>. Sarapuk วันที่ 2 มิถุนายน 2557. ที่เว็บไซต์ <http://www.biomed.in.th/review-acc-chek-glucose-monitor/>

2. ตัวอย่างขั้นตอนการเจาะเลือดด้วยเครื่อง ACCU-CHEK Performa ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน. ประกาศเมื่อ วันที่ 29 ธันวาคม 2010. สืบค้นเมื่อ
3. ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. 2553. คุณรู้จักข้าวดีแค่ไหน : โภชนาการของข้าว. วารสารโภชนาบำบัด. ปีที่ 21 ฉบับ 2. หน้า 39-50.
4. Caroline Montelius. Dietary thylakoids suppress blood glucose and modulate appetite-regulating hormones in pigs exposed to oral glucose tolerance test. 2013.
5. ThanwarinTangsermwong. Glycemicindex of Khanom-Tian (KT) in type 2 diabetes and improvement of plasma glucose, serum lipids and blood viscosity after modification of its covering flour [Abstract]. 2009.
6. สุนันทา ทองทา. การพัฒนากระบวนการผลิตแป้งข้าวที่ทนต่อการย่อย. 2009. มปม.
7. สาคร ธนมิตร Journal of The Nutrition Association of Thailand Vol. 43 No. 2 Apr-Jun 2008
8. ภคินี อัครเสสะพงศ์ สุนันทา วงปียชน ภัฏญา เชื้อพันธ์ุ วัชรวิ สุขวิวัฒน์ ปราณิ มณีนิล อังศุธรย์ วสุทัศน์ ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์ ค่าดัชนีน้ำตาลในข้าวกล้องงอก Glycemic Index of Brown Rice and Pre-germinated Brown Rice ประชุมวิชาการข้าวพิษเมืองหนาว ครั้งที่ 13 ,2557 รอยัลพลา คลิฟฟี บีช รีสอร์ท แอนด์ สปา อ.บ้านฉาง จ.ระยอง

วัยรุ่นกับภาวะซึมเศร้า: การประเมินภาวะซึมเศร้าในกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดนนทบุรี

Youths and Depression: Depressive Evaluation among Senior High School Students, Nonthaburi Province

วิศิษฐ์ ฉวีพจน์กำจร¹, ณัฐจาพร พิชัยณรงค์^{2*}, วรณัน อรรถแสงศรี³, ปรรารถนา สถิตติภาวิ⁴, ชฎาภา ประเสริฐทรง⁵
Wisit Chaveepojnkamjorn¹, Natchaporn Pichainarong^{2*}, Voranan Adthasangsri³, Pratana Satitvipawee⁴,
Chadapa Prasertsong⁵

Received: 24 November 2015; Accepted: 31 January 2016

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความชุกของภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่น ประชากรที่ศึกษา คือ วัยรุ่นที่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี จำนวน 479 ราย โดยสุ่มจาก 6 โรงเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multistage random sampling) เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 แบบวัดอาการซึมเศร้า CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale) ฉบับภาษาไทย รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมานจากโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่มีอาการซึมเศร้า (CES-D \geq 22) มีร้อยละ 14.19 โดยพบเพศชาย (ร้อยละ 17.44) มากกว่าเพศหญิง (ร้อยละ 11.97) อายุ >17 ปี (ร้อยละ 16.46) GPA < 2.0 (ร้อยละ 50) สถานภาพสมรสของบิดามารดา หม้าย หย่าร้างและแยก (ร้อยละ 21.57) สูบบุหรี่ (ร้อยละ 34.78) มีภาวะหนี้สิน (ร้อยละ 25.39) ติดสารเสพติด (ร้อยละ 37.50) และดื่มสุรา (ร้อยละ 21.57) การวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลกับภาวะซึมเศร้า พบว่า ผลการเรียน (GPA) สูบบุหรี่ และ มีภาวะหนี้สิน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ฉะนั้นควรมีมาตรการในการเฝ้าระวังปัจจัยเสี่ยง การร่วมกันแก้ไขปัญหาการเรียน การให้ความรู้ในการให้คำปรึกษาแก่ครูอาจารย์เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า และวิธีการเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จะช่วยป้องกันและลดการเกิดภาวะซึมเศร้าลงได้ในระดับหนึ่ง

คำสำคัญ : วัยรุ่น ภาวะซึมเศร้า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

The objective of this research was to study the prevalence of depression among senior high school students. There were four hundred and seventy nine students from six public high schools in Nonthaburi Province recruited by

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

² รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

³ พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลนนทเวช จังหวัดนนทบุรี 11000

⁴ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

⁵ อาจารย์ กลุ่มวิชาการพยาบาลอนามัยชุมชนและจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540

¹ Assoc. Prof., Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand.

² Assoc. Prof., Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

³ Registered Nurse, Nonthavej Hospital, Nonthaburi 11000, Thailand.

⁴ Assoc. Prof., Department of Biostatistics, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand.

⁵ Lecturer, Faculty of Nursing, Huachiew Chalermprakiet University, Bang Phli District, Samut Prakarn 10540, Thailand.

* Correspondence to: Natchaporn Pichainarong, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand, 44150.
E-mail: natchapom.p@msu.ac.th

multistage random sampling. Data were collected by questionnaire that comprised 2 parts: part 1 general characteristics, part 2 depression evaluation by the Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale (CES-D), Thai version. The obtained data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics with computerized statistical package. The results revealed the percentage of depression (CES-D \geq 22) was 14.19. Males (17.44%) were higher than females (11.97%). Depressive risk groups were >17 years (16.46%), GPA <2.0 (50%), parental marital status of being widowed, divorced or separated (21.57%), smoking (34.78%), debt (25.39%), substance abuse (37.50%) and alcohol drinking (21.57%). Demographic factors of GPA, smoking and debt were statistically significant associated with depression ($p < 0.05$). Therefore, the surveillance system of risk factors should be conducted and accompanied with academic problem solving, providing information and counseling techniques of depression and basic treatment among teachers will reduce this problem.

Keywords : adolescents, depression, senior high school students

บทนำ

วัยรุ่นเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนแปลงทั้งด้านความคิดและสังคม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนผ่านในวัยเด็กสู่ผู้ใหญ่ ดังนั้นจึงเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของชีวิตวัยรุ่นมีเสรีภาพทางความคิด ต้องการความเป็นอิสระ พยายามสร้างเอกลักษณ์ของตัวเอง ต้องการการยอมรับ และต้องการเป็นส่วนหนึ่งในกลุ่มเพื่อน เป็นช่วงที่ต้องการพื้นที่ส่วนตัวเพิ่มขึ้น โดยเริ่มห่างจากครอบครัว มีความหุนหันพลันแล่น สับสนในบทบาท และมีความผันผวนทางด้านอารมณ์ โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของวัยรุ่นนั้น นับเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านร่างกายและจิตใจ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนเพศ¹ วัยรุ่นเป็นวัยที่มีปัญหาด้านสุขภาพจิตสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวัยเด็ก โดยเฉพาะภาวะซึมเศร้า² ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพจิตที่สัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และทวีความสำคัญอย่างมาก องค์การอนามัยโลก มีการประมาณการณ์ถึงความชุกของภาวะซึมเศร้าในเพศชาย (ร้อยละ 5.8) และเพศหญิง (ร้อยละ 9.5) ในปี ค.ศ. 2015 และได้คาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ. 2020 โรคซึมเศร้าจะมีภาระโรค เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.7 ของภาระโรคโดยรวม (Total burden of disease) และส่งผลต่อคุณภาพชีวิต โดยเป็นสาเหตุสำคัญอันดับที่สองของการสูญเสียปีแห่งสุขภาพ (DALYs lost)³ ในประเทศไทย มีรายงานอัตราป่วยของโรคซึมเศร้า เพิ่มขึ้นจาก 55.9 ต่อแสนประชากรในปี พ.ศ. 2540 เป็น 250.8 ต่อแสนประชากร ในปี พ.ศ. 2552⁴ มีการศึกษาภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่น กรุงเทพมหานคร พบความชุกของภาวะซึมเศร้าถึงร้อยละ 17.4⁵ การใช้เครื่องมือประเภทตอบด้วยตนเอง (Self-report) ที่ให้กลุ่มวัยรุ่นประเมินอาการของตนเอง จึงเป็นสิ่งที่มิประโยชน์อย่างยิ่ง จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาอาการซึมเศร้า และประเมินภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่นที่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสาย

สามัญ และเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลระหว่างกลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้ากับกลุ่มปกติ โดยเลือกจังหวัดนนทบุรีเป็นพื้นที่ในศึกษา ซึ่งเป็นหนึ่งในจังหวัดปริมณฑลและมีลักษณะของประชากรและวิถีชีวิตที่คล้ายคลึงกับวัยรุ่นในกรุงเทพมหานคร โดยผลที่ได้จากการศึกษา จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้รับทราบข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงระบบการเฝ้าระวังเกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่นในพื้นที่ รวมถึงการวางมาตรการในการดูแลช่วยเหลือวัยรุ่นที่มีปัญหา ให้ได้รับการดูแลช่วยเหลืออย่างเหมาะสมต่อไป

รูปแบบการวิจัย ใช้รูปแบบการศึกษาภาคตัดขวาง ประชากร ขนาดตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ทำการศึกษา เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในโรงเรียน เขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดนนทบุรี จำนวนทั้งสิ้น 6 โรงเรียน โดยมีการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง สำหรับการศึกษาระบบภาคตัดขวาง⁶

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \pi(1-\pi)}{2} \times \text{Design effect}^6$$

โดยกำหนดให้ $Z_{\alpha/2} = 1.96$ ที่ $\alpha = 0.05$ $\pi = 0.174^5$ $d = 0.05$ และ Design effect = 2 จากการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรดังกล่าว จะได้ขนาดตัวอย่างทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 442 ราย ในการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 479 ราย โดยขั้นตอนการเลือกตัวอย่าง จะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage random sampling) ในการเลือกโรงเรียนในพื้นที่ที่ทำการศึกษา และใช้วิธีการสุ่มเลือกนักเรียนในแต่ละระดับชั้นโดยวิธีคำนวณสัดส่วนที่เหมาะสมตามขนาดของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น (Proportional allocation) จนครบถ้วน

สถานที่ทำการวิจัย

พื้นที่ดำเนินการวิจัย โดยทำการสุ่มเลือกพื้นที่ในการศึกษาอย่างง่ายได้ 6 โรงเรียนในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี

เกณฑ์การคัดผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยเข้าร่วมโครงการ (Inclusion criteria)

1. ยินดีให้ความร่วมมือ และให้ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตนเอง และครอบครัว ภายหลังจากได้รับการอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยแล้ว และสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย

2. ไม่มีอาการผิดปกติทางสมอง หรือความบกพร่องทางการพูด หรือการได้ยิน

3. ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

4. ผู้ปกครองให้ความเห็นชอบและลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

5. ไม่มีภาวะแทรกซ้อน

เกณฑ์การคัดผู้ยินยอมตนให้ทำการวิจัยออกจากโครงการ (Exclusion criteria)

กลุ่มตัวอย่างให้ข้อมูลในแบบสอบถามไม่ครบถ้วน

วิธีดำเนินการศึกษา

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับคำประกาศเฮลซิงกิ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (MUPH 2012-204) และได้รับอนุมัติให้ทำการวิจัย และเก็บข้อมูล จากผู้อำนวยการโรงเรียน โดยดำเนินการศึกษาในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปด้านประชากรและสังคม

ส่วนที่ 2 แบบวัดอาการซึมเศร้า CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale) ฉบับภาษาไทย เป็นแบบสอบถามประเภทให้ผู้ตอบด้วยตนเอง (self-report) ซึ่งพัฒนาโดย Center for Epidemiologic studies at National Institute of Mental Health ประเทศสหรัฐอเมริกา⁷ ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 20 ข้อ เกี่ยวกับอาการซึมเศร้า ในระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา ประกอบด้วยข้อความด้านลบ จำนวน 16 ข้อ และข้อความด้านบวก จำนวน 4 ข้อ โดยข้อความด้านบวก ได้แก่ ข้อ 4, 8, 12 และ 16 ตัวเลือกเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า เพื่อวัดความถี่ของอาการแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ไม่เลย บางครั้ง บ่อยๆ และตลอดเวลา การให้คะแนน ในข้อความด้านลบ กำหนดให้คะแนนดังนี้

ไม่เลย (คะแนน 0) บางครั้ง (คะแนน 1) บ่อยๆ (คะแนน 2) และตลอดเวลา (คะแนน 3) ส่วนข้อความด้านบวก จะให้คะแนนดังนี้ ไม่เลย (คะแนน 3) บางครั้ง (คะแนน 2) บ่อยๆ (คะแนน 1) และตลอดเวลา (คะแนน 0) คะแนนรวมมีตั้งแต่ 0 ถึง 60 เครื่องมือนี้ได้ใช้เกณฑ์ที่กำหนดให้ใช้คะแนน ≥ 22 ถือว่ามีภาวะซึมเศร้า และมีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's coefficient alpha) ของเครื่องมือนี้ เท่ากับ 0.86 ค่าความไว (sensitivity) ร้อยละ 72 ความจำเพาะ (specificity) ร้อยละ 85 และค่าความถูกต้องของเครื่องมือ (accuracy) ร้อยละ 82⁸

การสร้างเครื่องมือเก็บข้อมูล

การสร้างเครื่องมือเก็บข้อมูล มีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้ ศึกษาเนื้อหา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดขอบเขต และโครงสร้างของแบบสอบถามที่จะใช้ในงานวิจัย พัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลด้านประชากร และแบบวัดอาการซึมเศร้า (CES-D) ฉบับภาษาไทย และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา การใช้ภาษา และความชัดเจนของภาษา และผู้วิจัยได้นำไปปรับปรุงแก้ไขก่อนนำเครื่องมือไปใช้

ทดสอบคุณภาพของเครื่องมือในส่วนของแบบสอบถามด้านประชากร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนการศึกษาดังนี้ เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม

ทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่จะทำการวิจัย เพื่ออธิบายวัตถุประสงค์ ซึ่งแจ้งรายละเอียดในการเก็บข้อมูล จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง พร้อมผู้ช่วยวิจัย

ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยแนะนำตนเองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย สิทธิในการตัดสินใจเข้าร่วมหรือปฏิเสธในการตอบแบบสอบถาม การรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่าง และขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

เมื่อกลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือ ผู้วิจัยจะแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง อธิบายถึงการตอบแบบสอบถามให้เข้าใจอย่างละเอียด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในเดือนธันวาคม 2555

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบความเรียบร้อย ความสมบูรณ์ ความครบถ้วนของข้อมูล และประมวลผล วิเคราะห์

ข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา บรรยายลักษณะของประชากรที่ศึกษา และอาการซึมเศร้า ด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น สถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ สถิติทดสอบไคสแควร์ (Yates corrected chi-square test, Fisher's exact chi-square test) สถิติวิเคราะห์ถดถอยแบบไบนารีลอจิสติก (Binary logistic regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น และสถิติ independent-samples t test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายข้อของอาการซึมเศร้าระหว่างกลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้า และกลุ่มที่ไม่มีภาวะซึมเศร้า

ผลการศึกษา

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา จำนวน 479 ราย เป็นเพศหญิง ร้อยละ 59.29 อายุเฉลี่ย 16.47 ± 0.95 ปี ส่วนใหญ่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร้อยละ 39.88 สถานภาพสมรสของบิดามารดา ส่วนมากอยู่ร่วมกัน (ร้อยละ 72.23) รายได้ครอบครัวอยู่ระหว่าง 15,000-30,000 บาท ร้อยละ 44.05 เกรตเฉลี่ยส่วนมาก อยู่ระหว่าง 3.0-3.4 (ร้อยละ 36.53) ส่วนมากไม่มีหนี้สิน (ร้อยละ 86.85) ไม่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 95.19) และไม่ดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 89.35) เป็นต้น ดัง (Table 1)

Table 1 Baseline and socio-demographic characteristics of high school students (n= 479)

Characteristics	No. (%)
Gender	
Female	284 (59.29)
Male	195 (40.71)
Age (yrs)	
< 16	78 (16.28)
16 – 17	322 (67.22)
> 17	79 (16.50)
Mean (SD)	16.47 (0.95)
Min - Max	14 - 19
Education level (Grade)	
10	191 (39.88)
11	151 (31.52)
12	137 (28.60)
Parental marital status	
Married	377 (78.71)
Widowed, divorced, separated	102 (21.29)
Family members	
Father and mother	346 (72.23)
Father or mother only	21 (4.39)
Others	112 (23.38)

Table 1 Baseline and socio-demographic characteristics of high school students (n= 479) Cont.

Characteristics	No. (%)
Monthly family income (baht)	
< 15,000	90 (18.79)
15,000 - 30,000	211 (44.05)
> 30,000	178 (37.16)
Median	25,000
Min-Max	2,000-500,000
Grade point average	
< 2.0	12 (2.51)
2.0 – 2.9	142 (29.65)
3.0 – 3.4	175 (36.53)
≥ 3.5	150 (31.31)
Mean (SD)	3.17 (0.48)
Median	3.23
Min-Max	1.1 – 4.0
Debt	
No	416 (86.85)
Yes	63 (13.15)
Smoking	
No	456 (95.19)
Yes	23 (4.81)
Alcohol drinking	
No	428 (89.35)
Yes	51 (10.65)
Substance abuse	
No	471 (98.33)
Yes	8 (1.67)
Family psychiatric history	
No	456 (95.19)
Yes	23 (4.81)

การประเมินภาวะซึมเศร้า

กลุ่มตัวอย่างได้รับการประเมินภาวะซึมเศร้าโดยใช้แบบวัดอาการซึมเศร้า CES-D กลุ่มตัวอย่างมีภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 14.19 ผลการศึกษาโดยรวม เมื่อพิจารณาข้อความเชิงลบ พบว่า ข้อที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ข้อ 1, 5 และข้อ 14 ขณะที่ข้อความเชิงบวก พบว่า ข้อที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ข้อ 4, 16 และ ข้อ 8 ส่วนในกลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้า เมื่อพิจารณาข้อความเชิงลบ พบว่า ข้อที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ข้อ 1, 6 และข้อ 3 ขณะที่ข้อความเชิงบวก พบว่า ข้อที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ข้อ 4, 16 และ ข้อ 12 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายข้อระหว่างกลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้า และกลุ่มปกติ พบว่า ทั้งยี่สิบข้อ กลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้า มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดัง (Table 2)

Table 2 Mean comparison of CES-D of study subjects by item.

Item	Overall		Depression		No depression		p-value*
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	
1. I was bothered by things that usually don't bother me.	1.03	0.66	1.54	0.70	0.95	0.62	<0.001
2. I did not feel like eating; my appetite was poor.	0.72	0.68	1.10	0.63	0.65	0.66	<0.001
3. I felt that I could not shake off the blues even with help from my family.	0.70	0.77	1.50	0.87	0.56	0.66	<0.001
4. I felt that I was just as good as other people.	1.34	0.93	1.85	0.76	1.26	0.93	<0.001
5. I had trouble keeping my mind on what I was doing.	0.99	0.76	1.49	0.72	0.91	0.73	<0.001
6. I felt depressed.	0.66	0.68	1.51	0.70	0.52	0.57	<0.001
7. I felt that everything I did was an effort.	0.58	0.67	1.25	0.85	0.43	0.55	<0.001
8. I felt hopeful about the future.	0.82	0.93	1.13	0.98	0.77	0.92	0.003
9. I thought my life had been a failure.	0.46	0.64	1.19	0.65	0.33	0.54	<0.001
10. I felt fearful.	0.50	0.63	1.06	0.79	0.40	0.55	<0.001
11. My sleep was restless.	0.68	0.77	1.31	0.94	0.57	0.68	<0.001
12. I was happy.	0.67	0.81	1.19	0.79	0.58	0.78	<0.001
13. I talked less than usual.	0.58	0.67	1.25	0.79	0.47	0.57	<0.001
14. I felt lonely.	0.80	0.71	1.47	0.86	0.69	0.62	<0.001
15. People were unfriendly.	0.40	0.62	1.18	0.79	0.27	0.48	<0.001
16. I enjoyed life.	0.86	0.89	1.60	0.79	0.73	0.84	<0.001
17. I had crying spells.	0.68	0.67	1.32	0.78	0.57	0.58	<0.001
18. I felt sad.	0.71	0.66	1.44	0.79	0.59	0.55	<0.001
19. I felt that people disliked me.	0.43	0.63	1.21	0.80	0.30	0.49	<0.001
20. I could not "get going."	0.53	0.67	1.36	0.81	0.40	0.53	<0.001

*p-value of independent-samples t test

ปัจจัยด้านประชากร กับ ภาวะซึมเศร้า

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละแต่ละปัจจัย พบว่าเพศชาย (ร้อยละ 17.44) มีสัดส่วนของภาวะซึมเศร้าสูงกว่าเพศหญิง (ร้อยละ 11.97) กลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้าสูง คือ อายุ >17 ปี (ร้อยละ 16.46) มีผลการเรียน GPA < 2.0 (ร้อยละ 50) สถานภาพสมรสของบิดามารดาหม้าย หย่าร้างและแยก (ร้อยละ 15.69)

สูบบุหรี่ (ร้อยละ 34.78) มีภาวะหนี้สิน (ร้อยละ 25.39) ติดสารเสพติด (ร้อยละ 37.50) และดื่มสุรา (ร้อยละ 21.57) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับภาวะซึมเศร้า พบว่า ผลการเรียน (GPA) สูบบุหรี่ และ มีภาวะหนี้สิน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง (Table 3)

Table 3: Socio-demographic factors associated with depression among senior high school students

Variables	Depression/total	%	OR _c	95%CI	p-value
Age group (yrs)					
< 16	8/78	10.26	1		
16-17	47/322	14.59	1.50	0.64 – 3.60	0.415 ^a
> 17	13/79	16.46	1.72	0.62 – 4.90	0.365 ^a
Mean (SD)	16.47 (0.95)				
Min-Max	14-19				
Gender					
Female	34/284	11.97	1		
Male	34/195	17.44	1.55	0.90 – 2.68	0.121 ^a
Education level (Grade)					
10	24/191	12.57	1		
11	24/151	15.89	1.31	0.68 – 2.53	0.449 ^a
12	20/137	14.59	1.19	0.60 – 2.36	0.712 ^a
Parental marital status					
Married	52/377	13.79	1		
Widowed, divorced, separated	16/102	15.69	1.16	0.60 – 2.22	0.627 ^a
Family members					
Father and mother	48/346	13.87	1		
Father or mother only	4/21	19.05	1.46	0.40 – 4.89	0.517 ^b
Others	16/112	14.29	1.03	0.54 – 1.98	0.962 ^a
Monthly family income (baht)					
<15,000	15/90	16.67	1		
15,000 – 30,000	29/211	13.74	0.80	0.39 – 1.66	0.632 ^a
> 30,000	24/178	13.48	0.78	0.37 – 1.67	0.607 ^a
Median	25,000				
Min-Max	2,000-500,000				
Grade point average					
≥3.5	10/150	6.67	1		
3.0-3.4	25/175	14.29	2.33	1.03 – 5.41	0.042 ^a
2.0-2.9	27/142	19.01	3.29	1.45 – 7.61	0.003 ^a
<2.0	6/12	50.00	14.00	3.23 – 62.52	0.002 ^b
Mean (SD)	3.18 (0.48)				
Min-Max	1.12-4.00				
Debt					
No	52/416	12.50	1		
Yes	16/63	25.39	2.38	1.20 – 4.70	0.011 ^a
Smoking					
No	60/456	13.16	1		
Yes	8/23	34.78	3.52	1.30 – 9.32	0.009 ^b
Alcohol drinking					
No	57/428	13.31	1		
Yes	11/51	21.57	1.79	0.81 – 3.87	0.166 ^a
Substance abuse					
No	65/471	13.80	1		
Yes	3/8	37.50	3.75	0.69 – 18.54	0.090 ^b
Family psychiatric history					
No	66/462	14.29	1		
Yes	2/17	11.76	0.80	0.12 – 3.78	0.557 ^b

^aYates corrected's chi-square test, ^bFisher exact chi-square test, OR_c = crude odds ratio, CI= confidence interval

วิจารณ์และสรุปผล

ประชากรที่ศึกษา เป็นวัยรุ่นที่ศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ จังหวัดนนทบุรี ส่วนใหญ่มีอายุ 16-17 ปี (ร้อยละ 67.22) การประเมินภาวะซึมเศร้า พบภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 14.19 และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา^{5,9} พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านประชากร พบว่า ผลการเรียนเกรดเฉลี่ยสะสม (GPA) มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า และแปรผันตามระดับของปัจจัยดังกล่าว กล่าวคือ ระดับของผลการเรียนไม่ดี จะเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า โดยระดับเกรดเฉลี่ย < 2 เสี่ยงที่จะมีภาวะซึมเศร้าสูงถึง 14 เท่า เมื่อเทียบกับเกรดเฉลี่ย ≥ 3.5 และจะเสี่ยงลดลงเมื่อเกรดเฉลี่ยสะสมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา^{5,8,10,11} โดยมีเหตุผลหลายประการ มุมมองแรก การมีผลการเรียนไม่ดี ทำให้เกิดความรู้สึกมองเห็นคุณค่าของตนเองลดลง ขาดความเชื่อมั่นในตนเอง และทำให้เกิดความวิตกกังวล ส่งผลให้เกิดความเครียดและนำไปสู่ภาวะซึมเศร้า ขณะที่อีกมุมมองหนึ่ง เด็กที่มีภาวะซึมเศร้า มีสมาธิในการเรียนไม่ดี ทำให้ความสามารถในการเรียนรู้อาจลดลงไปด้วย จึงส่งผลให้ผลการเรียนไม่ดีตามมา⁵ นอกจากนี้ ปัจจัยเชิงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การสูบบุหรี่ มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า โดยเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าถึง 3.52 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่สูบบุหรี่ มีหลายงานวิจัยที่สนับสนุนผลการศึกษานี้¹²⁻¹⁵ เหตุผลน่าจะเกี่ยวข้องกับความรู้สึกว่า การสูบบุหรี่ช่วยผ่อนคลายความวิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า โดยมีกพบว่า ผู้ที่สูบบุหรี่ และถ้าเกิดภาวะซึมเศร้าขึ้น จะส่งผลให้เพิ่มปริมาณ และความถี่ของการสูบบุหรี่¹⁵ และการมีภาวะหนี้สินส่งผลต่อภาวะซึมเศร้าเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา^{5,16-18} โดยเฉพาะวัยรุ่นซึ่งอยู่ในวัยเรียน ยังไม่มีรายได้จากการทำงาน ต้องพึ่งพาพ่อแม่ ผู้ปกครอง และถ้าใช้จ่ายเกินตัว ไม่มีความสามารถในการชำระหนี้ตามกำหนด ส่งผลให้เกิดความเครียด และความวิตกกังวล ซึ่งนำไปสู่ภาวะซึมเศร้าตามมา ฉะนั้นควรมีมาตรการในการเฝ้าระวังปัจจัยดังกล่าว และดำเนินการได้แก่ การร่วมกันแก้ไขปัญหาค่าเรียนทั้งเด็ก ผู้ปกครอง และอาจารย์ การให้ความรู้ในการให้คำปรึกษาแก่ครูอาจารย์เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า และวิธีการเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จะช่วยป้องกันและลดการเกิดภาวะซึมเศร้าลงได้ในระดับหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยทุกท่านที่สละเวลา และให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. McDermott B, Baigent M, Chanen A, Graetz B, Hayman N, Newman N, et al. Clinical practice guidelines: depression in adolescents and young adults. Melbourne (Australia): beyondblue: the national depression initiative; 2011.
2. Angold A. Childhood and adolescent depression. 1. epidemiological and etiological aspects. Br J Psychiatry 1988; 152: 601-17.
3. World Health Organization. The world health report. chapter 2: burden of mental and behavioural disorders. Geneva: WHO; Date of First Publication [21 Nov 2015]. Available from <http://www.who.int/whr/2001/chapter2/en/index4.html>
4. สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. การสาธารณสุขไทย 2551-2553. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2554.
5. นิชาภัทร รุจิรดาพร, อุมภาพร ตรังคสมบัติ. ภาวะซึมเศร้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย 2552; 54: 337-46.
6. Levy PS, Lemeshow S. Sampling for Health Professionals: Lifetime Learning Publications; 1980.
7. Radloff LS. The CES-D scale: a self-report depression scale for research in the general population. Appl Psychol Meas 1977; 1: 385-401.
8. อุมภาพร ตรังคสมบัติ, วชิระ ลาภบุญทรัพย์, ปิยลัมพร หะวานนท์. การใช้ CES-D ในการคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย 2540; 42: 2-13.
9. Kim M-D, Hong S-C, Lee C-I, Kwak Y-S, Shin T-K, Jang Y-H, et al. Prevalence of Depression and Correlates of Depressive Symptoms for Residents in The Urban Part of Jeju Island, Korea. Int J Soc Psychiatry 2007; 53: 123-34.
10. Fröjd SA, Nissinen ES, Pelkonen MUI, Marttunen MJ, Koivisto A-M, Kaltiala-Heino R. Depression and school performance in middle adolescent boys and girls. J Adolesc 2008; 31: 485-98.
11. Jonsson U, Goodman A, von Knorring AL, von Knorring L, Koupil I. School performance and hospital admission due to unipolar depression: a three-

- generational study of social causation and social selection. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol.* 2012; 47: 1695-706.
12. Byeon H. Association among smoking, depression, and anxiety: findings from a representative sample of Korean adolescents. *Peer J* 2015; 3: e1288.
 13. Munhoz TN, Santos IS, Matijasevich A. Depression among Brazilian adolescents: a cross-sectional population-based study. *J Affect Disord.* 2015; 175: 281-6.
 14. Mangerud WL, Bjerkeset O, Holmen TL, Lydersen S, Indredavik MS. Smoking, alcohol consumption, and drug use among adolescents with psychiatric disorders compared with a population based sample. *J Adolesc* 2014; 37: 1189-99.
 15. Goodman E, Capitman J. Depressive Symptoms and Cigarette Smoking among Teens. *Pediatrics* 2000; 106: 748-55.
 16. Richardson T, Elliott P, Roberts R. The relationship between personal unsecured debt and mental and physical health: A systematic review and meta-analysis. *Clin Psychol Rev* 2013; 33: 1148-62.
 17. Bridges S, Disney R. Debt and depression. *J Health Econ* 2010; 29: 388-403.
 18. Reading R, Reynolds S. Debt, social disadvantage and maternal depression. *Soc Sci Med* 2001; 53: 441-53.

คุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดในจังหวัดระยอง ประเทศไทย

Quality of Bottled Drinking Water Distributed in Rayong Province, Thailand

สุบันติธ นิมรัตน์^{1*}, กิตติช สุพรรณพันธุ์², วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย³

Subuntith Nimrat^{1*}, Kittitach Supannapan², Verapong Vuthiphandchai³

Received: 31 October 2015; Accepted: 31 January 2016

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาถึงคุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดในจังหวัดระยอง ประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.35-7.41 และค่าของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.00-268 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนฉลากบนผลิตภัณฑ์ของน้ำดื่มบรรจุขวดมีการระบุรายละเอียดของสถานที่ผลิต ชื่อบริษัท และวันผลิต/หมดอายุครบถ้วนจำนวน 8 ยี่ห้อ (24 ตัวอย่าง) และไม่ระบุวันผลิต/หมดอายุบนผลิตภัณฑ์ จำนวน 8 ยี่ห้อ (24 ตัวอย่าง) และจากการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* รวมทั้งแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปทั้งหมดพบว่าไม่มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 1.8 MPN/100 mL และตรวจไม่พบ *E. coli* รวมทั้งตรวจไม่พบแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปทั้งหมดในตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่ทำการศึกษานี้ ดังนั้นจากการประเมินคุณภาพของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขวดชาวนุ่นที่จำหน่ายในจังหวัดระยอง ประเทศไทย ทั้งสมบัติทางกายภาพบางประการและจุลชีววิทยามีเพียง 26 ตัวอย่าง (54.17%) จากตัวอย่างทั้งหมด 48 ตัวอย่าง ที่ผ่านมาตรฐานน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย ส่วนน้ำดื่มที่ไม่ผ่านตามมาตรฐานนั้นเนื่องจากไม่ผ่านมาตรฐานด้านค่าความเป็นกรด-ด่างเท่านั้น

คำสำคัญ: น้ำดื่มบรรจุขวด แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม *E. coli* แบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปทั้งหมด จังหวัดระยอง ประเทศไทย

Abstract

In this study, the quality of bottled drinking water distributed in Rayong Province, Thailand was investigated. The results revealed that pH and TDS values of tested samples were in a range of 5.13-7.41 and 1.00-268 mg/L. Complete label information including manufacturer, manufacturing name and expired/manufacturing date, presented in 8 brands (24 samples), while 8 brands (24 samples) did not show expired date/manufacturing date on their labels. Coliform bacteria and fecal coliform bacteria of water samples were less than 1.8 MPN/100 mL. No *E. coli* and no heterotrophic bacteria was found in all tested samples. Indeed, assessment of bottled drinking water samples distributed in Rayong Province, Thailand, based on some physical and microbiological standards for drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand showed that 26 (54.17%) out of 48 samples met the standard. The tested samples did not meet the standard based on pH level.

Keywords : Bottled drinking water; Coliform bacteria; Fecal coliform bacteria; *E. coli*; Total heterotrophic bacteria; Rayong Province; Thailand

¹ ภาควิชาจุลชีววิทยาและโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

² ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

³ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

¹ Department of Microbiology and Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province

² Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province

³ Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province

* Corresponding author : E-mail: subunti@buu.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งแบบพลาสติกใสและพลาสติกขุ่น เป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันทั้งสภาวะปกติและสภาวะที่มีภัยพิบัติ ดังนั้นคุณภาพน้ำทางด้านพื้นฐานต่าง ๆ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต และวันผลิต วันหมดอายุ) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* จึงควรได้รับการตรวจวัดเพื่อให้คุณภาพของน้ำดื่มมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนน้อยที่สุด¹

น้ำที่ดื่มนั้นจะต้องสะอาดบริสุทธิ์ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่มียีส มีลักษณะที่ใสสะอาด² ดังนั้นน้ำที่ผลิตขึ้นมาจากต้องปราศจากตัวการต่าง ๆ ที่อาจจะทำให้เป็นโรค เช่น เชื้อโรค สารเคมีปนเปื้อน เป็นต้น ลักษณะของน้ำที่ใช้ในการบริโภคต้องใส ปราศจากสี กลิ่น รส และต้องมีการทดสอบคุณภาพของน้ำดื่มทางจุลชีววิทยา เพื่อเป็นการทดสอบว่าน้ำดื่มสามารถนำมาบริโภคได้หรือไม่โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาตามมาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐานน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทยคือการตรวจวัดแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและ *E. coli* เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำดื่มอาจมีการปนเปื้อนของน้ำดื่มด้วยจุลินทรีย์ก่อโรค ยกตัวอย่างเช่น ไข้ไทฟอยด์ (Typhoid fever) เกิดจาก *Salmonella typhi* โรคกระเพาะอาหารอักเสบ (Gastroenteritis) เกิดจาก Enteropathogenic *E. coli* และโรคบิดไม่มีตัว (Bacillary dysentery) เกิดจาก *Shigella* spp. เป็นต้น³

การตรวจสอบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำ บ่งชี้ว่าอาจมีการปนเปื้อนของอุจจาระสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหรือสัตว์เลื้อยคืบ นั่นคือทำให้น้ำดังกล่าวอาจปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคอีกหลายชนิด ด้วยเหตุนี้จึงมีการตรวจหาแบคทีเรียโคลิฟอร์ม วิธีที่ใช้ทดสอบในมาตรฐานของประเทศไทยคือวิธีเอ็มพีเอ็น (Most probable number; MPN หรือวิธี Multiple tubes fermentation technique) ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข โดยได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของน้ำที่จะนำมาใช้ดื่มได้โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพจะต้องมีจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) น้อยกว่า 1.8 MPN/100 mL และต้องไม่พบ *E. coli*

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดระยอง รวมทั้งทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต และวันผลิต วันหมดอายุ)

รวมทั้งทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง กลิ่น ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต และวันผลิต วันหมดอายุ)

วิธีการศึกษา

1. การจัดบันทึก

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุภาชนะปิดพร้อมดื่ม ซึ่งตัวอย่างน้ำดื่มทุกยี่ห้อเป็นน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายภายในจังหวัดระยอง โดยเก็บน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมดจำนวน 16 ยี่ห้อ จากนั้นทำการบันทึกคุณภาพของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวด ได้แก่ รายละเอียดบนฉลาก (ชื่อบริษัท วันผลิต/หมดอายุ สถานที่ตั้ง) ลักษณะขวด ลักษณะน้ำ ลักษณะกลิ่น การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างใช้ pH meter (รุ่น S20 Seven Easy, Mettler Toledo, สหรัฐอเมริกา) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดใช้ TDS meter (รุ่น TDS-3, สาธารณรัฐประชาชนจีน) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การทดสอบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* โดยวิธี Most Probable Number⁴

2.1 การทดสอบขั้นแรก (Presumptive test)

ปิเปตตัวอย่างลงในอาหาร Lauryl Tryptose broth (LST) 10 mL ที่มีความเข้มข้น 2 เท่า จำนวน 5 หลอด ๆ ละ 10 mL และปิเปตตัวอย่างลงในอาหาร LST 10 mL ที่มีความเข้มข้น 1 เท่า หลอด ๆ ละ 1 และ 0.1 mL อย่างละ 5 หลอด ตามลำดับ นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เลือกลอด LST บวก (ขุ่นและมีก๊าซใน Durham tube) เพื่อนำไปทำ Confirmed test ของโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม

2.2 การทดสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test)

นำหลอด LST ที่ให้ผลบวกถ่ายเชื้อลงใน Brilliant Green Lactose Bile broth (BGLB) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง (แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม) และนำหลอด LST ที่ให้ผลบวกถ่ายเชื้อลงใน *Escherichia coli* (EC) medium นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส ใน Water bath นาน 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนหลอด BGLB ที่ให้ผลบวก (ขุ่นและมีก๊าซใน Durham tube) นำไปเทียบกับตาราง Most Probable Number (MPN) จะได้ค่า MPN Coliform/100 mL และนับจำนวนหลอด EC ที่ให้ผลบวก (ขุ่นและมีก๊าซใน Durham tube) นำไปเทียบกับตาราง MPN จะได้ค่า MPN Fecal coliform/100 mL

2.3 การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test) ของ *E. coli*

นำหลอด BGLB และ/หรือ EC ที่ให้ผลบวกไปเชื่อมบน Eosin Methylene Blue agar (EMB) บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ลักษณะโคโลนีเฉพาะของ *E. coli* มีสีเขียวสะท้อนเงาโลหะ (Metallic sheen) และนำไปทดสอบยืนยันโดยใช้ IMViC test

3. วิธีการตรวจสอบทางชีวเคมี IMViC⁵

ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของแบคทีเรียจากข้อ 2.3 โดยทดสอบสมบัติทางชีวเคมี ได้แก่ Indole production test, Methyl red test (MR test), Voges-proskauer test (VP test) และ Citrate utilization test

3.1 Indole test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไป 1 % Tryptone broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด Kovac's reagent ลงไป 0.2-0.3 mL เขย่าหลอดทดลองเบา ๆ 2-3 ครั้ง สังเกตการเปลี่ยนสีที่ผิวของอาหาร อ่านผลเป็นบวกเมื่อเกิดวงสีแดงที่ผิวอาหาร

3.2 Methyl red test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไป MR-VP broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด Methyl red ลงไป 5 หยด สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหารทันทีหลังจากหยด Indicator อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง

3.3 Voges-proskauer test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไป MR-VP broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด 5 % naphthol และ Creatine ลงไป 1-2 หยด เขย่า หยด 40% KOH ลงไป 2 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10-15 นาที สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหาร อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง

3.4 Citrate utilization test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบโดยการเชื่อมลงบนผิวอาหาร Simmons' citrate agar นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของอาหาร และการเจริญของแบคทีเรีย อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน

ผลการศึกษา

จากตรวจสอบคุณภาพบางประการและลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดระยอง ประเทศไทย ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวด

จำนวน 48 ตัวอย่าง พบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขวดขาวขุ่นระบุรายละเอียดของ ลักษณะน้ำดื่มที่บรรจุภายในขวด ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิตและสถานที่ผลิต) ครอบคลุมจำนวน 8 ยี่ห้อ ในขณะที่ตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดอีกจำนวน 8 ยี่ห้อพบว่าไม่ระบุวันผลิต/หมดอายุบนผลิตภัณฑ์ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขวดขาวขุ่นพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 5.35-7.41 และค่าปริมาตรสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหยอยู่ในช่วง 1.00-268 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนลักษณะสีและกลิ่นพบว่าในทุกตัวอย่างมีลักษณะใสและไม่มีกลิ่น (Table 1)

จากตรวจสอบการทดสอบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* โดยวิธี Most Probable Number (MPN) ของตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสที่จำหน่ายในจังหวัดระยอง ประเทศไทย ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดพบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 1.8 MPN/100 mL และไม่พบ *E. coli* ในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาในครั้งนี้และผ่านมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (Table 2)

จากการศึกษาปริมาณและชนิดแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปทั้งหมดในตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสและขุ่นที่ผลิตในจังหวัดระยอง พบว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปทั้งหมดปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดมีค่าเท่ากับ < 10 CFU/mL ในทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบ (Table 3)

Table 1 Some quality and physical assessment of clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Rayong Province, Thailand

Brand	Sample	Label information			Product from	Characteristic of container	Appearance	Odour	pH	TDS	Bottled drinking water quality standard **						
		Name of manufacturer*	MFD / EXP *	Location of product													
<i>Clear plastic bottled drinking water</i>																	
RC1	1	✓	✓	✓	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.06±0.01	198.67±0.58	Passed						
	2	✓	✓	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.28±0.00	199.67±0.58	Passed
	3	✓	✓	✓													
RC2	1	✓	✓	✓	Bangkok	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.98±0.02	16.00±0.00	Passed						
	2	✓	✓	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.93±0.01	16.67±0.58	Passed
	3	✓	✓	✓													
RC3	1	✓	-	✓	Rayong Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.02±0.01	4.00±0.00	Not passed						
	2	✓	-	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.67±0.00	4.00±0.00	Not passed
	3	✓	-	✓													
RC4	1	✓	✓	✓	Chonburi Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.92±0.01	11.00±0.00	Not passed						
	2	✓	✓	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.13±0.00	12.00±0.00	Not passed
	3	✓	✓	✓													
RC5	1	✓	✓	✓	Pathum Thani Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.54±0.01	8.00±0.00	Passed						
	2	✓	✓	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.86±0.01	8.00±0.00	Passed
	3	✓	✓	✓													
RC6	1	✓	-	✓	Rayong Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.15±0.01	4.00±0.00	Not passed						
	2	✓	-	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.02±0.01	4.00±0.00	Not passed
	3	✓	-	✓													
RC7	1	✓	✓	✓	Rayong Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.33±0.02	120.33±0.58	Not passed						
	2	✓	✓	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.54±0.01	120.00±0.00	Passed
	3	✓	✓	✓													
RC8	1	✓	✓	✓	Chonburi Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.93±0.00	26.00±0.00	Not passed						
	2	✓	✓	✓								Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.85±0.00	25.33±0.58	Not passed
	3	✓	✓	✓													

Note: ✓; Found, -; Not found, MFD; Manufacturing date, EXP; Expired date

* The standard for bottled drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand is not determined for name of manufacturer and MFD/EXP.

** Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981). The water for consumption in sealed container.

Table 1 Some quality and physical assessment of clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Rayong Province, Thailand (Cont.)

Brand	Sample	Label information *			Product from	Characteristic of container	Appearance	Odour	pH	TDS	Bottled drinking water **
		Name of manufacturer	MFD. / EXP. *	Location of product							
<i>Clear plastic bottled drinking water</i>											
RC9	1	✓	✓	✓	Bangkok	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.88±0.00	265.00±0.00	Passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.96±0.00	266.33±0.58	Passed
	3	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.02±0.01	268.00±0.00	Passed
RC10	1	✓	✓	✓	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.16±0.01	159.33±0.58	Passed
	2	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.20±0.01	161.00±0.00	Passed
	3	✓	✓	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.07±0.00	159.33±0.58	Passed
RC11	1	✓	-	✓	Rayong Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.48±0.01	2.00±0.00	Not passed
	2	✓	-	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.58±0.00	1.00±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.30±0.01	1.00±0.00	Not passed
RC12	1	✓	-	✓	Rayong Province	Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.80±0.00	65.00±0.00	Not passed
	2	✓	-	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.85±0.01	65.00±0.00	Not passed
	3	✓	-	✓		Clear plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	5.91±0.01	64.67±0.58	Not passed
<i>Opaque plastic bottled drinking water</i>											
RC13	1	✓	-	✓	Rayong Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.76±0.01	3.00±0.00	Passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.87±0.01	4.00±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	7.41±0.01	4.00±0.00	Passed
RC14	1	✓	-	✓	Rayong Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.62±0.01	4.00±0.00	Passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.59±0.01	3.00±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.17±0.00	4.00±0.00	Not passed
RC15	1	✓	-	✓	Rayong Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.64±0.01	2.00±0.00	Passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.6±80.01	2.00±0.00	Passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.71±0.00	2.00±0.00	Passed
RC16	1	✓	-	✓	Rayong Province	Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.46±0.01	2.00±0.00	Not passed
	2	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.09±0.00	2.00±0.00	Not passed
	3	✓	-	✓		Opaque plastic with not scratch and dent	Clear	Odourless	6.24±0.00	2.00±0.00	Not passed

Note: ✓; Found, -; Not found, MFD; Manufacturing date, EXP; Expired date

* The standard for bottled drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand is not determined for name of manufacturer and MFD/EXP.

** Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981). The water for consumption in sealed container.

Table 2 Number of indicator bacteria in clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Rayong Province, Thailand

Brand	Product from	Sample	Coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	Bottled drinking water quality standard *
<i>Clear plastic bottled drinking water</i>						
RC1	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC2	Bangkok	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC3	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC4	Chonburi Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC5	Pathum Thani Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC6	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC7	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC8	Chonburi Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC9	Bangkok	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC10	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed

Note: * Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981), The water for consumption in sealed container.

Table 2 Number of indicator bacteria in clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Rayong Province, Thailand (Cont.)

Brand	Product from	Sample	Coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	Bottled drinking water quality standard *
<i>Clear plastic bottled drinking water</i>						
RC11	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC12	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
<i>Opaque plastic bottled drinking water</i>						
RC13	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC14	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC15	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
RC16	Rayong Province	1	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		2	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed
		3	< 1.8	< 1.8	Not found	Passed

Note: * Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981). The water for consumption in sealed container.

Table 3 Number of total heterotrophic bacteria in clear and opaque plastic bottled drinking water distributed in Rayong Province, Thailand

Brand	Product from	Number of total heterotrophic bacteria (CFU±SD/mL)	
		24 hours	48 hours
<i>Clear plastic bottled drinking water</i>			
RC1	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	<10	<10
RC2	Bangkok	<10	<10
RC3	Rayong Province	<10	<10
RC4	Chonburi Province	<10	<10
RC5	Pathum Thani Province	<10	<10
RC6	Rayong Province	<10	<10
RC7	Rayong Province	<10	<10
RC8	Chonburi Province	<10	<10
RC9	Bangkok	<10	<10
RC10	Phra Nakhon Si Ayutthaya Province	<10	<10
RC11	Rayong Province	<10	<10
RC12	Rayong Province	<10	<10
<i>Opaque plastic bottled drinking water</i>			
RC13	Rayong Province	<10	<10
RC14	Rayong Province	<10	<10
RC15	Rayong Province	<10	<10
RC16	Rayong Province	<10	<10

Table 4 Standard of tested parameters followed by Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981), The water for consumption in sealed container.

Parameters	Standard
Name of manufacturer	Not determined
MFD. / EXP.	Not determined
Location of product	Determined
Appearance	Clear
Odour	Odourless
pH	6.5-8.5
Total dissolved solid*	< 1,000 mg/L
Coliform	< 1.8 MPN/100 mL
Fecal coliform	Not determined
<i>E. coli</i>	Not found

*; The standard for bottled drinking water in sealed container set by WHO (1984).

อภิปรายผลการศึกษา

ตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดระยอง ประเทศไทย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย (Table 4) พบว่าน้ำดื่มส่วนใหญ่เป็นขวดพลาสติกใสและส่วนน้อยที่เป็นขวดพลาสติกขุ่น โดยพบว่าขวดพลาสติกใสผลิตทั้งในจังหวัดระยอง กรุงเทพมหานคร ชลบุรี ปทุมธานี และพระนครศรีอยุธยา ส่วนน้ำดื่มชนิดพลาสติกขุ่นผลิตจากจังหวัดระยองทั้งหมด รวมทั้งพบว่าทุกยี่ห้อมีการระบุรายละเอียดบนฉลาก ได้แก่ ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต วันผลิต-วันหมดอายุ ครบถ้วนตามมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสจำนวน 18 ตัวอย่าง จาก 36 ตัวอย่าง (50%) ของน้ำดื่มชนิดพลาสติกใส ส่วนน้ำดื่มชนิดขวดพลาสติกขุ่นจำนวน 4 ตัวอย่าง จาก 12 ตัวอย่าง (33.33%) ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทของประเทศไทยซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5-8.5 นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้จากตัวอย่างน้ำดื่มในแต่ละตัวอย่างของบางยี่ห้อนั้นยังพบว่ามีความเป็นกรด-ด่างที่มีทั้งอยู่ในเกณฑ์และไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ได้แก่ คุณภาพน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำในช่วงเวลานั้น กระบวนการผลิต ตัวอย่างน้ำดื่มไม่ใช่รอบการผลิตเดียวกัน และสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำแต่ละรอบการผลิต เป็นต้น จึงส่งผลให้คุณภาพของน้ำดื่มที่บรรจุขวดแต่ละขวดมีคุณภาพที่แตกต่างกันไปบ้าง แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่เกิดขึ้นพบว่าในช่วงของความแตกต่างค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งในการผลิตน้ำต้องควบคุมคุณภาพของน้ำให้อยู่ในมาตรฐานมากที่สุด ดังนั้นการบริโภคน้ำดื่มบรรจุขวดยังคงมีความเชื่อมั่นได้ แต่อย่างไรก็ตามทางด้านผู้บริโภคควรเลือกซื้อน้ำดื่มบรรจุขวดโดยพิจารณาอย่างถี่ถ้วนก่อนการตัดสินใจ นอกจากนี้ในการบริโภคน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะมีโปรตอนของไฮโดรเจนซึ่งเป็นประจุบวก (H^+) สูง ดังนั้นจึงทำให้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับอนุมูลอิสระทั่วไปในการแข่งขันเข้าจับกับอิเล็กตรอนจากเซลล์ใกล้เคียงส่งผลให้น้ำนี้ไม่ควรบริโภค ส่วนน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะมีอิเล็กตรอนที่เป็นประจุลบในปริมาณที่มากพอที่จะเข้าไปหยุดหรือยับยั้งปฏิกิริยาห่วงโซ่ของอนุมูลอิสระ รวมทั้งสามารถป้องกันการเกิดมะเร็ง² นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างน้ำดื่มมีแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์ผ่านมาตรฐานทั้งหมด ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณภาพทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานเท่ากับ 26 ตัวอย่าง จาก 48 ตัวอย่าง (54.17%)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวอย่างน้ำดื่มที่จำหน่ายในจังหวัดระยองที่ไม่พบการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุบัตินิต และคณะ⁶ ที่พบว่าทุกตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดพลาสติกใสในจังหวัดชลบุรีและน้ำดื่มบรรจุขวดในจังหวัดบุรีรัมย์มีค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มที่ไม่เกินค่ามาตรฐานทั้งหมดเช่นกัน สาเหตุของน้ำดื่มบรรจุขวดที่มีความสะอาดทางจุลชีววิทยาตามมาตรฐานของประเทศไทย รวมทั้งจากรายงานของหทัยทิพย์ และคณะ⁷ ที่กล่าวถึงตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดจากสาธารณสุขประชาชนจีน สาธารณรัฐเกาหลี และสาธารณรัฐฝรั่งเศส ที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มไม่เกินค่ามาตรฐานเช่นกัน⁷ อาจจะเป็นเนื่องมาจากมีกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด ได้แก่ การทำ Reverse Osmosis (R.O) การใช้แสงอัลตราไวโอเลต (หลอด U.V.) และใช้ระบบโอโซน (Ozone) นั้นน่าจะสามารถกำจัดแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำรวมทั้งในกระบวนการผลิต และจากการศึกษาจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและ *E. coli* พบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดน่าจะปราศจากเชื้อก่อโรคที่มีแหล่งมาจากการปนเปื้อนด้วยสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น⁸ ยกตัวอย่างเช่น *Vibrio cholerae* ก่อโรคอหิวาตกโรค (Cholera) *Shigella flexneri* หรือ *Shigella dysenteriae* ก่อโรคบิด (Bacillary Dysentery) และ *Samonella paratyphi* ก่อโรคไขวรากสาหร่ายหรือไข้ไทฟอยด์ (Typhoid Fever) เป็นต้น⁹ จึงทำให้พบว่าน้ำดื่มเหล่านั้นปลอดภัยต่อการบริโภค¹⁰

ในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดพบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ (ร้อยละ 100) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานที่ประเทศไทยกำหนด รวมทั้งยังมีคุณภาพที่ผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานในระดับนานาชาติอีกด้วย อาทิเช่น Food and Drug Administration (FDA), World Health Organization (WHO), International Bottled Water Association (IBWA) และ Codex Alimentarius Commission (CAC) เป็นต้น¹¹ ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (WHO เท่านั้นที่กำหนดให้เท่ากับ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร)¹²

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าคุณภาพทั้งหมดของน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งแบบพลาสติกใสและพลาสติกขุ่นที่ทำการทดสอบได้แก่ ลักษณะน้ำดื่ม ฉลาก (ชื่อบริษัทที่ผลิตและสถานที่ผลิต) คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา พบว่าน้ำดื่มบรรจุขวดทุกยี่ห้อผ่านมาตรฐานตามคุณสมบัติที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าควรมีการปรับปรุงจำนวน 8 ยี่ห้อ (22 ตัวอย่างจาก 48 ตัวอย่าง) คิดเป็นร้อยละ

45.83 เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาว เนื่องจากการดื่มน้ำเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ของมนุษย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Olaoya OA, Onilude AA. Assessment of microbiological quality of sachet-packaged drinking water in Western Nigeria and its public health significance. *Public Health* 2009;123:729-734.
2. สมศักดิ์ วรคามิน. น้ำดื่มในอุดมคติ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สามเจริญพาณิชย์, 2549.
3. Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology* 2004;198:229-238.
4. American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*. (21th ed.). Washington DC: American Public Health Association, 2005.
6. สุปัทธิต นิมรัตน์, หทัยทิพย์ บรรเจิดจรัสเลิศ และ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. การประเมินคุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในจังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 2557:33(5); 454-459.
7. หทัยทิพย์ บรรเจิดจรัสเลิศ, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และสุปัทธิต นิมรัตน์. การประเมินคุณภาพของน้ำดื่มบรรจุขวดที่ผลิตในสาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐเกาหลี และสาธารณรัฐฝรั่งเศส. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 2557:33(3);242-248.
8. Smith MK. Microbial contamination and removal from drinking water in the Terai region of Nepal. M.S. (Chemical Engineering), Massachusetts Institute of Technology, 2001.
9. ปราโมช เชื้อวชาญ. (2552). น้ำดื่มในสถานประกอบการ/โรงงานอุตสาหกรรม. เข้าถึงได้จาก <http://www.stou.ac.th>, เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2556.
10. World Health Organization. *Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 1, Recommendations*. Geneva: WHO. 1993.

11. Kassenga GR. The health-related microbiological quality of bottled drinking water sold in Dar es Salaam, Tanzania. *Journal of Water Health* 2007;5(1); 179-185.
12. Semerjian L.A. Quality assessment of various bottled water marketed in Lebanon. *Environmental Monitoring Assessment* 2011:172;275-285.

แนวทางในการป้องกันการแพ้ยาซ้ำในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเขต อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์

Guidance for Preventing Repeated Drug Allergy in Sub-district Health Promoting Hospitals, Kamalasai District, Kalasin Province

อรยา ปัญญา^{1*}, สุรศักดิ์ ไชยสงค์²

Oraya Panya^{1*}, Surasak Chaiyasong²

Received: 9 November 2015; Accepted: 28 February 2016

บทคัดย่อ

การแพ้ยาซ้ำเป็นปัญหาที่อันตรายต่อชีวิตแต่สามารถป้องกันได้ ในปี 2557 มีผู้ป่วย 2 คนเกิดปัญหาการแพ้ยาซ้ำในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ในเขตอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุการแพ้ยาซ้ำและแนวทางการป้องกันการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. ทำการวิจัยแบบผสมผสาน โดยการระดมสมองเจ้าหน้าที่ใน รพ.สต. และอสม. และการสำรวจความรู้และพฤติกรรมเกี่ยวกับการแพ้ยาในผู้ป่วยที่มีประวัติแพ้ยาที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างในอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ เก็บข้อมูลเดือนเมษายน - มิถุนายน 2558 ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำมาจากผู้ป่วยไม่มีบัตรแพ้ยาหรือไม่พกบัตรแพยามาด้วย ผู้ให้บริการไม่ได้ซักประวัติการแพ้ยาหรือซักประวัติการแพ้ยาไม่ละเอียดและระบบบริการที่ยังไม่มีแนวทางการป้องกันการแพ้ยาซ้ำที่ชัดเจน ในผู้ป่วยแพ้ยาที่สำรวจจำนวน 127 ราย จำชื่อยาที่แพ้ได้ ร้อยละ 62.9 มีความรู้เรื่องการแพ้ยาเฉลี่ย 2.28 ± 1.16 จาก 4 คะแนน มีบัตรแพ้ยาและนำมาแสดงได้ ร้อยละ 31.5 พกบัตรแพ้ยาเวลาไปรับบริการที่ รพ./รพ.สต. ทุกครั้ง ร้อยละ 40.1 และแสดงบัตรหรือแจ้งชื่อยาที่แพ้เวลาไปรับบริการที่ รพ./รพ.สต. ทุกครั้ง ร้อยละ 51.1 แนวทางการป้องกันปัญหามีการเสนอให้พัฒนาทั้งระบบการให้บริการ การพัฒนาบุคลากรและสร้างความรู้แก่ผู้ป่วยเพื่อการมีส่วนร่วมในการป้องกันปัญหาการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การแพ้ยาซ้ำ บัตรแพ้ยา โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล แนวทางการป้องกันการแพ้ยาซ้ำ

Abstract

An allergic reaction to a particular drug is a life threatening but preventable event. In 2014, two patients in Sub-district Health Promoting Hospitals in the Kamalasai district of Kalasin province received drugs that caused severe allergic responses. This study was undertaken to determine the causes of this serious problem and develop mixed method guidelines at SDHP hospitals for prevention of the problem. Brain-storming sessions were conducted among SDHP hospital personnel and health volunteers. Knowledge and behavior pertaining to drug allergy were surveyed from randomly selected patients who had experienced drug allergy in Kamalasai district, Kalasin province during April – June 2015. Results revealed the causes of the problem stemmed from numerous sources: patients not having or not bringing their drug allergy cards with them, healthcare providers' not thoroughly interviewing patients about their

¹ เกษัชกรปฏิบัติกร กลุ่มงานเภสัชกรรม โรงพยาบาลกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หน่วยวิจัยเภสัชศาสตร์สังคม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

* ผู้นิพนธ์ที่สามารถติดต่อได้: ฝ่ายเภสัชกรรมชุมชน โรงพยาบาลกมลาไสย อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ โทร 043 – 899570 ต่อ 261
E-mail : oraya.Sp@gmail.com

¹ Pharmacist, Department of Pharmacy, Kamalasai Hospital, Kalasin province

² Assistant Professor, Social Pharmacy Research Unit, Faculty of Pharmacy, Mahasarakham University

* corresponding author: Pharmacy Department Kamalasai Hospital Kalasin Tel 043 – 899570 (261) E-mail : oraya.Sp@gmail.com

drug allergy, and no explicit SDHP service system to prevent the repetitious receipt of allergic drugs. Among 127 sampled patients with a drug allergic history, 62.9% were able to remember the names of allergic drugs. They understood the drug allergy issues at 2.28±1.16 from a total 4-pointscale. Drug allergy cards were held by 31.5% of the patients, and 40.1% always took the card with them when they went to the hospital. At the hospital, 51.1% always showed the card or told the health-care personnel the name of the drug that caused their allergy. The findings of the study indicated that it is warranted to develop the health service system, train health personnel and educate patients about their participation in a program that addresses how to prevent the receipt of allergic drugs in SDHP hospitals.

Keywords: repeated drug allergy, drug allergy card, sub-district health promoting hospital

บทนำ

อาการไม่พึงประสงค์ด้านยา เป็นอาการอันไม่พึงปรารถนาทั้งผู้ป่วยและบุคลากรสาธารณสุขซึ่งการแพ้ยาจัดเป็นอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาประเภทหนึ่ง โดยพบประมาณร้อยละ 6-10 ของอาการอันไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาทั้งหมด¹ จากรายงานของศูนย์เฝ้าระวังความปลอดภัยด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพ สำนักงานอาหารและยา โดยระบบ Spontaneous Reporting System (SRS) พบว่ารายงานอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาที่ได้รับในปี พ.ศ.2557 ในประเทศไทยพบรายงานทั้งหมด 46,590 ฉบับ อาการไม่พึงประสงค์ส่วนใหญ่พบในผู้ป่วยที่มีช่วงอายุ 19 - 60 ปี จำนวน 22,447 ฉบับ (48.24%) พบอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาที่เกิดขึ้นร้ายแรง 7,670 ฉบับ (20.76%) ตัวยาที่ได้รับรายงานอาการไม่พึงประสงค์มากที่สุด คือ ยา Ceftriazone รองลงมา คือ Ibuprofen และ amoxicillin ตามลำดับ

การแพ้ยาซ้ำของผู้ป่วย เป็นสถานการณ์การแพ้ยาที่มีความอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ซึ่งในประเทศไทย มีรายงานอุบัติการณ์การแพ้ยาซ้ำ เท่ากับร้อยละ 4.3 กระทรวงสาธารณสุขจึงได้รณรงค์ให้โรงพยาบาลต่างๆมีการพัฒนาระบบยา เพื่อความปลอดภัยในการบริการด้านยาแก่ผู้ป่วย²

จากการศึกษาของรุ่งลักษณ์ คิดเกื้อการุญ พบสาเหตุของการแพ้ยาซ้ำหรือการส่งจ่ายยาที่ผู้ป่วยเคยแพ้พบว่าส่วนหนึ่งบุคลากรขาดความรู้เรื่องการแพ้ยาในกลุ่มเดียวกัน หรือไม่ทราบข้อมูลยาที่สำคัญ สาเหตุประการที่สอง คือ เนื่องจากระบบที่ยังไม่ครอบคลุมหรือเครื่องมือที่ใช้ในระบบไม่เอื้อต่อการเฝ้าระวัง และบางครั้งสาเหตุเกิดจากตัวผู้ป่วยที่ไม่ตระหนักถึงการเฝ้าระวังตนเองจากการแพ้ยาซ้ำ ไม่พบบัตรแพ้ยา ไม่แสดงบัตรแพ้ยา ไม่จำชื่อยาที่เคยแพ้

เมื่อทบทวนระบบการเฝ้าระวังอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา (ADR) ในช่วงเวลาตั้งแต่ตุลาคม 2555 จนถึงมีนาคม 2558 ของโรงพยาบาลกมลาไสย อำเภอกมลาไสย

จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่ามีรายงานผู้ป่วยแพ้ยาในปี 2555 - มีนาคม 2558 จำนวน 780 รายและไม่พบการแพ้ยาซ้ำอีกทั้งพบยาที่มีอาการไม่พึงประสงค์มากในอันดับต้นๆ คือ Penicillin รองลงมา คือ Ceftriazone

ในช่วงปี พ.ศ.2556 โรงพยาบาลกมลาไสยได้ทบทวนระบบเฝ้าระวังการแพ้ยาขึ้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยที่มาใช้บริการ โดยจัดทำเป็นทะเบียนรายงานการเกิดอาการไม่พึงประสงค์ จะมีการบันทึกผู้ป่วยแพ้ยาที่มารับการประเมินแพ้ยาทุกเดือน และรายงานให้กับคณะกรรมการความเสี่ยงของโรงพยาบาลรับทราบ โดยทำการบันทึกข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาลงในโปรแกรมความเสี่ยง นอกจากนี้ยังจัดทำสติ๊กเกอร์สีส้มระบุ "แพ้ยา" ติดในเวชระเบียนของผู้ป่วยแต่ละราย และทำการบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม HOSxp เพื่อให้ระบบแจ้งเตือนแพ้ยา เมื่อผู้ป่วยมารับบริการ

โรงพยาบาลกมลาไสยได้เฝ้าระวังการแพ้ยามาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งโรงพยาบาลได้เข้ารับการประเมินคุณภาพโรงพยาบาล (HA) ในปี พ.ศ.2557 ได้รับการประเมินและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานเรื่องการแพ้ยาในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ที่พบว่ายังไม่มีระบบการเฝ้าระวังการแพ้ยาซ้ำในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่ชัดเจน อีกทั้งในช่วงปี พ.ศ.2557 นั้น ได้พบการแพ้ยาซ้ำจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 2 คน ความรุนแรงของการแพ้ยาซ้ำที่พบ คือ อาการผื่นแดง คัน โดยยาที่พบว่าเกิดการแพ้ยาซ้ำคือ ยาในกลุ่ม NSAIDs ซึ่งคล้ายกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่ากลุ่มยาที่ทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาบ่อยๆ คือ กลุ่มยาด้านการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDs)¹

จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยจัดทำวิจัยขึ้นเพื่อค้นหา/ วิเคราะห์สาเหตุการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. และแนวทางการป้องกันการแพ้ยาซ้ำ เพื่อความปลอดภัยในการใช้ยาของผู้ป่วยที่มารับบริการที่ รพ.สต. ในเขตพื้นที่อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ทั้ง 10 รพ.สต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต.เขตอำเภออมลาลัยโดยศึกษาสาเหตุจากบุคลากรทาง สาธารณสุขและศึกษาการมีบัตรแพ้ยา ความรู้ความเข้าใจและ พฤติกรรมในเรื่องการป้องกันการแพ้ยาซ้ำในผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับ การประเมินการแพ้ยาโดยเภสัชกร

2. เพื่อหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหา การแพ้ยาซ้ำในรพ.สต.เขตอำเภออมลาลัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา (Adverse Drug Reactions:ADRs) หมายถึง การตอบสนองต่อยาที่เป็น อันตรายและไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นในขนาดการใช้ตาม ปกติในมนุษย์ โดยไม่รวมถึงการได้รับยาเกินขนาด หรือการ จงใจใช้ยาในทางที่ผิดจนเกิดอันตราย⁸

2. การแพ้ยา (Drug allergy) หมายถึง ปฏิกริยาที่ เกิดจากภูมิคุ้มกันของร่างกายต่อต้านยาที่ได้รับเข้าไป⁹

3. อาการข้างเคียงของยา (Side effect) หมายถึง ผลใด ๆ ที่ไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้นจากเภสัชภัณฑ์ (pharmaceutical product) ซึ่งเกิดขึ้นในการใช้ตามขนาดปกติในมนุษย์ และ สัมพันธ์กับคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของยา⁸

4. การแพ้ยาซ้ำ หมายถึง เหตุการณ์ที่ผู้ป่วยได้รับการ บริหารยาทั้งโดยตนเอง ผู้ดูแล หรือจากบุคลากรทางการ แพทย์ แล้วเกิดอาการแพ้ยาโดยที่ผู้ป่วยเคยเกิดอาการแพ้ยา ดังกล่าวจากยาที่มีชื่อสามัญทางยาเดียวกันมาก่อนทั้งที่เคยมี ประวัติและไม่มีประวัติบันทึกในเวชระเบียนหรือเอกสารของ โรงพยาบาล/ รพ.สต ยกเว้นการตั้งใจให้ยาซ้ำของบุคลากร ทางการแพทย์เพื่อประโยชน์ในการรักษาหรือมีข้อบ่งชี้ทางการ แพทย์หรือกรณีที่ผู้ป่วยตั้งใจใช้ยาซ้ำโดยตนเอง¹⁰

5. การแพ้ยาข้ามกลุ่ม หมายถึง การแพ้ยาข้ามกลุ่มที่มี สูตรโครงสร้างที่สัมพันธ์กับยาข้ามกลุ่มที่เคยแพ้

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา (descriptive study) ใช้วิธีการแบบผสมผสาน (mixed methods) ได้แก่ 1) การระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำ ใน รพ.สต.จากกลุ่มบุคลากร 2) การสำรวจความรู้ความเข้าใจ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการแพ้ยาในผู้ป่วยแพ้ยา และ 3) การ หาแนวทางในการป้องกันปัญหาการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต. เขต อำเภออมลาลัย จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ทำการศึกษาในช่วงเดือนเมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2558 และยื่นขอจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ผ่านคณะกรรมการ จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ส่วนที่ 1 การระดมสมองเพื่อหาสาเหตุการเกิด การแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต.

1.1 ผู้ให้ข้อมูลในส่วนนี้ ประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ ผู้รับผิดชอบระบบยาใน รพ.สต.และอาสาสมัครสาธารณสุข ชุมชน (อสม.) ในเขตอำเภออมลาลัยจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยมี เจ้าหน้าที่จาก รพ.สต.10 แห่งๆละ 1 คน และตัวแทน อสม.3 โซนๆ ละ 1 คน รวมทั้งหมด 13 คน

1.2 ดำเนินการระดมสมองโดยการสนทนา มีการ บันทึกข้อมูลโดยใช้การจดบันทึก ซึ่งมีเภสัชกรทำหน้าที่ ดำเนินการระดมสมอง ทำการสรุปประเด็นตามแนวคำถามเพื่อ วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต.ดังนี้

1. ปัญหา/ สาเหตุการเกิดการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต.
2. การป้องกันการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต. ณ ปัจจุบัน

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ สรุปประเด็นสาเหตุที่สำคัญ นำเสนอผลโดยการเขียนบรรยาย

ส่วนที่ 2 การสำรวจความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรม เกี่ยวกับการแพ้ยาในผู้ป่วยแพ้ยา

2.1 ประชากรเป้าหมายในการศึกษานี้คือ ผู้ป่วย แพ้ยาที่ได้รับการประเมินการแพ้ยาโดยเภสัชกร ในเขตอำเภอ อมลาลัย ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 780 คนทำการสุ่มตัวอย่างโดย แบ่ง รพ.สต.10 แห่ง ออกเป็น 3 โซน แต่ละโซนสุ่มมา 1 รพ.สต. ได้แก่ รพ.สต.บ้านบ่อ รพ.สต.โพนงาม และรพ.สต.หนองแปน จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างผู้ป่วยแพ้ยาในแต่ละ รพ.สต. โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion criteria)

1. ผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินการแพ้ยา โดยเภสัชกรจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ HosXp รพ.อมลาลัย
2. อาศัยอยู่ในเขตอำเภออมลาลัย จังหวัด กาฬสินธุ์
3. ยินดีเข้าร่วมการศึกษาเพื่อให้ข้อมูล

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. ผู้ที่ไม่สามารถติดต่อเพื่อให้ข้อมูลได้ เช่น ย้าย อพยพ ตายหรือสาเหตุอื่นๆ

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร ประมาณค่าสัดส่วนของผู้ป่วยที่สามารถระบุชื่อยาที่แพ้ได้โดย กำหนดค่าสัดส่วนที่ประมาณการจากการศึกษาของนพพร ชัย พิชิต และคณะ⁵ ที่ร้อยละ 61 กำหนดค่า Zalpha = 1.96, p = 0.61, และ e = 0.1 ค่าขนาดกลุ่มตัวอย่างได้ดังนี้

$$n = (1.96^2)(0.61)(1-0.61)/(0.1)^2 = 91.39$$

เพื่อทดแทนการสูญหายหรือการไม่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ทำการกำหนดขนาดตัวอย่างเพิ่มเป็น 120 คน คิดเป็นตัวอย่าง 40 คนต่อหนึ่งเขต รพ.สต.

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้แบบสัมภาษณ์ความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยต่อการแพ้ยา (ภาคผนวก) ที่พัฒนาโดยผู้วิจัยและตรวจสอบความเที่ยงความตรงของแบบสัมภาษณ์โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลทั่วไป
2. คำถามเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยแพ้ยา มีทั้งหมด 4 ประเด็น คะแนนเต็ม 4 คะแนน ประเมินระดับความรู้เป็น ระดับพอใช้ (0-2คะแนน) และระดับดี (3 - 4 คะแนน)

3. คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมกรการใช้บัตรแพทย์และการใช้ยาของผู้ป่วยแพ้ยา มีทั้งหมด 5 ประเด็น การให้ค่า 3 ระดับ คือ ปฏิบัติทุกครั้ง ปฏิบัติบางครั้งและไม่เคยปฏิบัติ

2.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกร ในทะเบียนผู้ป่วยแพ้ยาโรงพยาบาลกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์

2. ดำเนินการขออนุญาตขอข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกร ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ HosXp จากผู้บริหารโรงพยาบาลกมลาไสย และนำเอกสารข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาไปให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตพื้นที่อำเภอ กมลาไสย

3. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยคัดเลือกผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกรเข้าการศึกษาตามจำนวนที่คำนวณได้ จำนวน 120 คน โดยการสุ่มแบ่งตามโซน

4. ดำเนินการใช้แบบสัมภาษณ์ความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยต่อการแพ้ยา โดยเภสัชกรผู้รับผิดชอบงานเภสัชปฐมภูมิลงเก็บข้อมูลที่บ้านผู้ป่วยที่ได้รับการสุ่มโดยมี อสม.ประจำพื้นที่นำลงพื้นที่ซึ่งก่อนเก็บข้อมูลจะทำการอธิบายเหตุผลในการสัมภาษณ์แก่ผู้ป่วยเพื่อขอความยินยอมก่อนทุกครั้ง โดยคำถามเป็นลักษณะให้ผู้ป่วยตอบตามข้อคำถามและบรรยาย และคำตอบบรรยายจะถูกตีความโดยผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะตีความตามคำตอบบรรยายโดยตรงจากผู้ป่วยโดยไม่ใส่ความคิดเห็นใดๆเพิ่มเติม

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา แสดงผลเป็นจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนที่ 3 การระดมสมองเพื่อหาแนวทางป้องกันปัญหาการแพ้ยาซ้ำ

3.1 ผู้เข้าร่วมการระดมสมองเป็นเจ้าหน้าที่ใน รพ.สต. และอสม. ตามโซนในเขตพื้นที่ทำการสำรวจข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาพื้นที่ละ 1 คน เป็นเจ้าหน้าที่ รพ.สต. 3 คน และ อสม. 3 คน รวมทั้งหมด 6 คน ทำการระดมสมองเป็นเวลา 1 วัน จำนวน 1 ครั้ง

3.2 ดำเนินการระดมสมองตามข้อมูลที่ได้จากการระดมสมองของบุคลากรในส่วนที่ 1 และการสัมภาษณ์ผู้ป่วยในส่วนที่ 2 โดยการสนทนา มีการบันทึกข้อมูลโดยใช้การจดบันทึก ซึ่งมีเภสัชกรทำหน้าที่นำการระดมสมองเพื่อร่วมกันหาแนวทางปฏิบัติเพื่อป้องกันการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบนำเสนอแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาเป็นลักษณะบรรยาย

ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 การระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุในการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต.

สาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) เขตอำเภอ กมลาไสยจากการประชุมระดมสมองของบุคลากร รพ.สต./ อสม.

1. ปัญหา/ สาเหตุการเกิดการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต. สาเหตุการเกิดการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต. มีดังนี้

- ผู้ป่วยบางคนไม่เคยมีบัตรแพทย์
- ผู้ป่วยไม่ทราบว่าตัวเองแพ้ยาอะไร
- ไม่แจ้งบุคลากร รพ.สต. ว่าแพ้ยา
- ซื้อมากินเอง
- บุคลากร รพ.สต. บางคนไม่ซักประวัติการแพ้ยาหรือซักประวัติไม่ครอบคลุม
- บุคลากร รพ.สต. บางคนไม่ทราบชนิดของยาที่แพ้ว่าอยู่กลุ่มเดียวกันกับยาที่จ่ายไป
- บาง รพ.สต. ไม่มีการลงข้อมูลการแพ้ยาในแฟ้มประวัติ

2. การป้องกันการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต. ณ ปัจจุบัน แนวทางปฏิบัติเพื่อป้องกันการแพ้ยาซ้ำในรพ.สต. ณ ปัจจุบัน ที่ปฏิบัติอยู่ คือ

- ถามผู้ป่วยว่าแพ้ยาอะไรทุกครั้งที่ย้ายยา
- ทำทะเบียนผู้ป่วยแพ้ยาไว้ที่ รพ.สต
- ดูประวัติเก่าในกรณีเคยมารับรักษา

ส่วนที่ 2 การสำรวจข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาล

ในผู้ป่วยแพ้ยาลที่สำรวจทั้งหมด 127 คน พบว่าเป็นหญิง 87 คน (ร้อยละ 68.5) อายุเฉลี่ย 53.8 ± 18.5 ปี ระดับการศึกษาที่มากที่สุด คือ ระดับประถมศึกษา หรือต่ำกว่า

92 คน (ร้อยละ 72.4) กลุ่มอาชีพหลัก คือ เกษตรกรรม รับจ้างค้าขาย 88 คน (ร้อยละ 68.8) และมีโรคประจำตัว 58 คน (ร้อยละ 45.6) (Table 1)

Table 1 Patients' General Information Evaluated by Pharmacist

General Information	Frequency [n=127]	Percentage
Male	40	31.5
Ages		
Under 20	11	8.7
21 – 40	10	7.8
41 – 60	54	42.5
More than 60	52	41.0
Standard Deviation	53.8 ± 18.5	
Education		
Primary School	92	72.4
High School / Vocational School	29	22.8
Bachelor degree	6	4.7
Occupation		
Farmers / Short-term employee / Merchant	88	68.8
Government officer / State enterprise officer	4	3.1
Student	11	8.6
Unemployed	24	18.8
No congenital disease	69	54.4

ข้อมูลการแพ้ยาลของผู้ป่วย

ยาที่ผู้ป่วยรายงานการแพ้มากที่สุด คือ penicillin 41 คน (ร้อยละ 32.3) รองลงมา คือ ยาในกลุ่ม NSAIDs 21 คน (ร้อยละ 16.5) (Table 2) มีผู้ป่วยที่ไม่สามารถระบุชื่อยาที่แพ้ได้ 26 คน (ร้อยละ 20.5) อาการแพ้ที่พบระบุในบัตรแพ้ยาลมากที่สุด คือ ผื่นคัน 65 คน (ร้อยละ 51.2) รองลงมา คือ หน้าบวม ริมฝีปากบวม ตาบวม 21 คน (ร้อยละ 16.5) (Table 3) มีผู้ป่วยที่ไม่สามารถระบุอาการแพ้ได้ 3 คน (ร้อยละ 2.4)

จากการตรวจสอบข้อมูลในบัตรแพ้ยาลของผู้ป่วยที่สำรวจ ตามระดับการแพ้ของ Naranjo's algorithm พบว่าส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุระดับการแพ้ได้เนื่องจากไม่มีบัตรแพ้ยาล 87 คน (ร้อยละ 68.5) หรือมีบัตรแพ้ยาล แต่ในบัตรไม่ได้ระบุ 16 คน (ร้อยละ 12.6) ส่วนผู้ป่วยที่มีบัตรแพ้ยาลและในบัตรระบุระดับการแพ้ไว้จะอยู่ในระดับ Probable จำนวน 20 คน (ร้อยละ 15.7) (Table 4)

Table 2 Five of the most substance reported as allergy

Drugs list	Frequency [n=127]	Percentage
Penicillin	41	32.3
NSAIDs	21	16.5
Sulfamethoxazole + Trimethoprim	16	12.6
Ceftriaxone	13	10.2
Amoxicillin	6	4.7

หมายเหตุ: ผู้ป่วย 1 คน มียาที่แพ้ได้มากกว่า 1 รายการ

Table 3 Five symptoms which are the most reported as allergy

Drugs allergic Symptoms	Frequency [n=127]	Percentage
Rash	65	51.2
Swelling	21	16.5
Breath problem	11	8.7
Blister	10	7.9
Urticaria	9	7.1

หมายเหตุ: ผู้ป่วย 1 คน มีอาการการแพ้ยาได้มากกว่า 1 อาการ

Table 4 Level of allergic symptoms follows Naranjo's algorithm

level of allergic symptoms	Frequency [n=127]	Percentage
Unhold drugs allergy card	87	68.5
Hold drugs allergic card	40	31.5
Not define level of drug allergic on card	16	12.6
Level of drug allergic define on card	24	18.9
- Probable	20	15.7
- Possible	4	3.1

ความรู้ของผู้ป่วยแพ้ยา

ในการประเมินความรู้จำนวน 4 ประเด็น พบว่า ประเด็นที่ผู้ป่วยสามารถตอบได้มากที่สุด คือ การระบุอาการแพ้ยาได้ 116 คน (ร้อยละ 91.3) รองลงมา ผู้ป่วยสามารถระบุชื่อยาที่ผู้ป่วยแพ้ได้ 80 คน (ร้อยละ 62.9) และเมื่อประเมินเป็นระดับความรู้ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน สามารถประเมินได้ในระดับดี (3 – 4 คะแนน) 50 คน (ร้อยละ 39.4) คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 2.28 ± 1.16 คะแนน (Table 5)

พฤติกรรมการใช้บัตรแพ้ยาและการใช้ยาของผู้ป่วยแพ้ยา

พฤติกรรมการใช้บัตรแพ้ยาของผู้ป่วย พบว่า ผู้ป่วยมีบัตรแพ้ยาที่สามารถนำมาแสดงได้ 40 คน (ร้อยละ 31.5) และไม่มีบัตรแพ้ยา/ ทำหาย 62 คน (ร้อยละ 48.8) (Table 6)

พฤติกรรมการพกบัตรแพ้ยาและการใช้ยาของผู้ป่วยแพ้ยา พบว่า ผู้ป่วยพกบัตรแพ้ยาไปรับบริการที่ รพ/ รพ.สต. ทุกครั้ง 51 คน (ร้อยละ 40.1) แสดงบัตร แจ้งชื่อยาที่แพ้แก่บุคลากรทางการแพทย์ในรพ/ รพ.สต. ทุกครั้ง 65 คน (ร้อยละ 51.1) ผู้ป่วยซื้อยากินเองในร้านขายของชำหรือรถเร่ขายยาทุกครั้ง 12 คน (ร้อยละ 9.4) และผู้ป่วยซักถามบุคลากรทางการแพทย์ถึงวิธีป้องกันการแพ้ยาซ้ำทุกครั้ง 19 คน (ร้อยละ 14.9) (Table 7)

Table 5 Patients' basic knowledge about their drugs allergy, evaluated by pharmacist

Knowledge	Frequency [n=127]	Percentage
The meaning of drugs allergy	48	37.8
The meaning of repetitive drugs allergy	46	36.2
Name of allergic drugs	80	62.9
Drugs allergic symptoms	116	91.3
knowledge score		
0 - 2 items (0 – 2 points)	77	60.6
3 - 4 items (3 – 4 points)	50	39.4
Average and Standard deviation	2.28 ± 1.16	

Table 6 Patients' drugs allergic card

การมีบัตรแพ้ยา	Frequency [n=127]	Percentage
Patients don't hold the drugs allergic card	62	48.8
Patients hold drugs allergic card	65	51.2
Patients can show drugs allergic card	40	31.5
Patients can't show allergic card, but know the drugs name	14	11.0
Patients can't show allergic card, and don't know the drugs name	11	8.6

Table 7 Patients' medical drug-using behavior and allergic card using behavior

Habits	Frequency (Percentage) [n=127]		
	every time	some times	never
Hold Allegic card to the hospital	51(40.1)	7(5.5)	69(54.3)
Show allergic card and give information about drug allergic to the hospital	65(51.1)	32(25.2)	30(23.6)
Show allergic card and give information to phamacist	36(28.3)	12(9.4)	79(62.2)
Buying drugs from convenient store or traditional store	12(9.4)	21(16.5)	94(74.0)
Asking Medical staffs about repetitive drugs allergic	19(14.9)	6(4.7)	102(80.3)

จากข้อมูลแบบสัมภาษณ์ผู้ป่วยแพ้ยาที่มีสาเหตุพบว่าผู้ป่วยไม่มีบัตรแพ้ยา/ ทำหาย ผู้ป่วยไม่พกบัตรแพ้ยา ไม่แสดงบัตรแพ้ยาหรือไม่แจ้งชื่อยาที่แพ้แก่บุคลากรเมื่อมารับบริการที่ รพ.สต. ผู้ป่วยจำชื่อยาที่แพ้ไม่ได้ผู้ป่วยยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแพ้ยา

เมื่อนำประเด็นการระดมสมองของเจ้าหน้าที่/ อสม. และเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ป่วยแพ้ยา ทำการรวบรวมแล้วพบสาเหตุ สรุปได้ดังต่อไปนี้

สาเหตุจากบุคลากรทางการแพทย์
บุคลากรใน รพ.สต. ไม่ได้ซักประวัติ หรือซักประวัติไม่ละเอียด

บุคลากรใน รพ.สต. ยังขาดความรู้ในการใช้ยาบางชนิด (ไม่ทราบชนิดของยาในกลุ่มยานั้นๆ)

บุคลากรในโรงพยาบาล (เภสัชกร) ไม่ได้ให้บัตรแพ้ยาแก่ผู้ป่วย ในกรณีผู้ป่วยรายเก่าๆ

สาเหตุจากผู้ป่วย
 ผู้ป่วยไม่มีบัตรแพทย์/ทำหาย
 ผู้ป่วยไม่พกบัตรแพทย์เมื่อมารับบริการที่
 รพ.สต. หรือบางครั้งพกบัตรแพทย์แต่ไม่แสดงบัตรให้เจ้าหน้าที่ดู
 ผู้ป่วยจำชื่อยาที่แพ้ไม่ได้ (ลืม)
 ผู้ป่วยจำชื่อยาที่แพ้ได้ แต่ไม่แจ้งบุคลากร (ไวใจ)
 ผู้ป่วยไม่ทราบว่ายานี้แพ้อยู่ในกลุ่มยาใด เสี่ยง
 ต่อการเกิดการแพ้ยาซ้ำ
 ผู้ป่วยชื่อยากินเอง
 สาเหตุจากระบบการให้บริการและส่งต่อข้อมูล
 มีการส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาสู่ รพ.สต. แต่ยังไม่มีการจัดเก็บที่เป็นระบบ
 ยังไม่มีระบบป้องกันการแพ้ยาซ้ำที่ชัดเจน และ
 ต่อเนื่อง

ส่วนที่ 3 แนวทางในการป้องกันการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต.

จากการประชุมระดมสมองของเจ้าหน้าที่/อสม. มีแนวทางในการป้องกันการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. ดังต่อไปนี้

ด้านบุคลากรและการให้บริการใน รพ.สต

อบรมให้ความรู้เรื่องยา กลุ่มยาและการใช้ยา กรณีพบผู้ป่วยแพ้ยาแก่เจ้าหน้าที่ รพ.สต.

ให้เจ้าหน้าที่ รพ.สต. ชักประวัติแพ้ยาผู้ป่วยอย่างละเอียดทุกครั้งก่อนจ่ายยาและบันทึกลงในแบบฟอร์มการชักประวัติ

ทบทวนเวชระเบียนใน รพ.สต. เพื่อดูประวัติเดิมกรณีเคยรับการรักษา

จัดทำทะเบียนผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกรใน รพ.สต. และดำเนินการจัดทำสัญลักษณ์ระบุ "แพ้ยา" เพื่อเตือนในแฟ้มประวัติผู้ป่วยแพ้ยา รวมทั้งให้ดำเนินการลงข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาลงในระบบคอมพิวเตอร์ใน รพ.สต. (JHCIS)

ด้านผู้ป่วย

จัดทำบัตรแพทย์เพิ่มเติมให้ผู้ป่วยที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกรที่ยังไม่มีบัตร

แนะนำให้ผู้ป่วยพกบัตรแพทย์และแสดงบัตรให้เจ้าหน้าที่ รพ.สต. ดูทุกครั้ง

แจ้งชื่อยาที่ผู้ป่วยแพ้ให้ผู้ป่วยทราบและเน้นย้ำให้ผู้ป่วยจดจำชื่อยาที่แพ้ และให้แจ้งเจ้าหน้าที่ รพ.สต. ทุกครั้งที่มารับบริการถึงแม้ว่าเจ้าหน้าที่ รพ.สต. จะทราบแล้วก็ตาม

ความเชื่อมโยงระหว่างโรงพยาบาลกับ รพ.สต. ในการป้องกันการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต

ให้เภสัชกรออกบัตรแพทย์และแนะนำการใช้ยาเบื้องต้นแก่ผู้ป่วยทุกราย

ใช้ระบบการส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยที่สงสัยแพ้ยาจากรพ.สต ไปรับการประเมินแพ้ยาที่โรงพยาบาลโดยใช้แบบฟอร์มการส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยสงสัยแพ้ยา

ส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาสู่ รพ.สต โดยปรับปรุงให้ทันสมัยทุกเดือน

ทบทวนความรู้เรื่องการแพ้ยาและการปฏิบัติตัวเบื้องต้นแก่ผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกรแล้ว

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. โดยศึกษาสาเหตุจากบุคลากรทางสาธารณสุข และ ศึกษาการมีบัตรแพทย์ ความรู้ความเข้าใจพฤติกรรมในเรื่องการป้องกันการแพ้ยาซ้ำในผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินการแพ้ยาโดยเภสัชกรและ เพื่อหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. เขตอำเภอ กมลาไสยจังหวัดกาฬสินธุ์

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการประชุมระดมสมองของเจ้าหน้าที่ รพ.สต. และ อสม. รวมทั้งการรวบรวมข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ผู้ป่วยแพ้ยาแล้วนั้น พบสาเหตุที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. ได้ทั้งหมด 3 สาเหตุหลักจากบุคลากรทางการแพทย์ ตัวผู้ป่วย และการให้บริการ ซึ่ง 3 สาเหตุนั้นมีสาเหตุย่อยที่สำคัญที่สามารถทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำได้ง่าย คือ บุคลากรทางการแพทย์ยังขาดความรู้ในการใช้ยาบางชนิด (ไม่ทราบชนิดของยาในกลุ่มยานั้นๆ) ถ้าเป็นสาเหตุจากผู้ป่วยพบว่าผู้ป่วยไม่มีบัตรแพทย์ ไม่พกบัตรแพทย์เมื่อมารับบริการที่ รพ.สต. หรือบางครั้งพกบัตรแพทย์แต่ไม่แสดงบัตรให้เจ้าหน้าที่ดู หรือผู้ป่วยจำชื่อยาที่แพ้ไม่ได้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของรุ่งลักษณ์ คิดเกื้อการุณ และคณะ³ และสาเหตุจากการให้บริการ คือ ยังไม่มีระบบป้องกันการแพ้ยาซ้ำที่ชัดเจนและต่อเนื่อง

ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ผู้ป่วยแพ้ยา พบผู้ป่วยเพศหญิงเกิดการแพยามากกว่าเพศชาย (ร้อยละ 68.5 และร้อยละ 31.5) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปฏิพัทธ์ งามสม ที่ว่ากลุ่มผู้ป่วยเพศหญิงมีความเสี่ยงที่จะเกิดการแพยามากกว่าเพศชาย¹ อายุเฉลี่ยของผู้ป่วยแพ้ยาที่ให้สัมภาษณ์ เท่ากับ 53.8 ± 18.5 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 72.4)⁵ พบยาที่ผู้ป่วยรายงานการแพ้มากที่สุด คือ penicillin (ร้อยละ 37.8) รองลงมา คือ ยากลุ่ม NSAIDs (ร้อยละ 22.0) ผู้ป่วยไม่สามารถระบุชื่อยาที่แพ้ได้ (ร้อยละ 20.5) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบุญญวรรณ

ตั้งตระกูลและคณะ⁴ ในการประเมินความรู้ความเข้าใจจำนวน 4 ประเด็น พบว่า ประเด็นที่ผู้ป่วยสามารถตอบได้มากที่สุด คือ การระบุอาการแพ้ยาได้ 116 คน (ร้อยละ 91.3) และเมื่อประเมินเป็นระดับความรู้ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน สามารถประเมินได้ในระดับดี (3 – 4 คะแนน) 50 คน (ร้อยละ 39.4) คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 2.28 ± 1.16 คะแนน และพฤติกรรมการใช้บัตรแพ้ยาของผู้ป่วย พบว่า ผู้ป่วยมีบัตรแพ้ยาที่สามารถนำมาแสดงได้ 40 คน (ร้อยละ 31.5) และไม่มีบัตรแพ้ยา/ทำหาย 62 คน (ร้อยละ 48.8) ผู้ป่วยพบบัตรแพ้ยาไปรับบริการที่ รพ./รพ.สต. ทุกครั้ง 51 คน (ร้อยละ 40.1) แสดงบัตร/แจ้งชื่อยาที่แพ้กับบุคลากรทางการแพทย์ในรพ./รพ.สต. ทุกครั้ง 65 คน (ร้อยละ 51.1)

จากสาเหตุข้างต้นทำให้มีแนวทางในการป้องกันปัญหาการแพ้ยาซ้ำ สรุปได้เป็น 2 ด้านหลักๆ คือ การให้บริการและด้านผู้ป่วย ซึ่งควรให้เภสัชกรออกบัตรแพ้ยาและแนะนำการใช้ยาเบื้องต้นแก่ผู้ป่วยทุกราย จัดทำทะเบียนผู้ป่วยแพ้ยาใน รพ.สต. ดำเนินการจัดทำสัญลักษณ์ระบุ “แพ้ยา” บนที่กีดเดือนในแฟ้มประวัติผู้ป่วยและให้เจ้าหน้าที่ รพ.สต. ชักประวัติแพ้ยาผู้ป่วยอย่างละเอียดทุกครั้งก่อนจ่ายยาซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอนุชิต พิทักษ์ทิม ที่ว่า ก่อนที่จะจ่ายยาให้กับผู้ป่วย ควรถามผู้ป่วยด้วยคำถามสั้นๆ ทุกครั้งว่า “เคยแพ้ยา หรือไม่”⁶ และเพื่อให้การแจ้งเตือนมีศักยภาพมากขึ้นควรดำเนินการลงข้อมูลผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกรลงในระบบคอมพิวเตอร์ใน รพ.สต. (JHCIS) เพื่อเป็นการป้องกันอีกแนวทางหนึ่ง³ ในด้านผู้ป่วยควรจัดทำบัตรแพ้ยาเพิ่มเติมให้ผู้ป่วยแพ้ยาที่ยังไม่มีบัตรแพ้ยา แนะนำให้ผู้ป่วยพบบัตรและแสดงบัตรแพ้ยาให้เจ้าหน้าที่ รพ.สต. ทุกครั้ง ควรแจ้งชื่อยาที่ผู้ป่วยแพ้ให้ผู้ป่วยทราบและเน้นย้ำให้ผู้ป่วยจดจำชื่อยาที่แพ้ และให้แจ้งเจ้าหน้าที่ รพ.สต. ทุกครั้งที่มารับบริการถึงแม้ว่าเจ้าหน้าที่ รพ.สต. จะทราบแล้วก็ตาม

จากข้อเสนอแนะแนวทางดังกล่าวเป็นมุมมองของเจ้าหน้าที่ รพ.สต. และ อสม. ซึ่งยังขาดมุมมองของผู้ป่วยแพ้ยา ที่ต้องมีการดำเนินการเพิ่มเติมต่อไป

ดังนั้นจากการศึกษาพบว่าความสำคัญของการป้องกันการแพ้ยาซ้ำของผู้ป่วยแพ้ยาขึ้นอยู่กับความร่วมมือของบุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วยแพ้ยา รวมทั้งการบริการที่มีระบบป้องกันที่ดีที่จะป้องกันปัญหาการแพ้ยาซ้ำที่อาจเกิดขึ้นได้

ผลของการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความสำคัญของการป้องกันการแพ้ยาซ้ำของผู้ป่วยแพ้ยาขึ้นอยู่กับความร่วมมือของบุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วยแพ้ยา รวมทั้งการบริการที่มีระบบป้องกันที่ดีที่จะป้องกันปัญหาการแพ้ยาซ้ำที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งมีนวัตกรรมในการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการป้องกัน

ปัญหาด้านอายุมากมาย เช่น การป้องกันการได้รับยาที่ทำให้ระดับโปแตสเซียมต่ำในผู้ป่วย hypokalemia¹¹ เป็นต้น ดังนั้นควรมีการพัฒนากระบวนการป้องกันการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต. และใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้เหมาะสมกับบริบทต่อไป

การนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนางานประจำ

1. เภสัชกรและบุคลากร รพ.สต. พัฒนาแนวทางการป้องกันการแพ้ยาซ้ำให้เป็นระบบ ต่อเนื่อง
2. เภสัชกรจัดทำบัตรแพ้ยาให้ผู้ป่วยแพ้ยาที่ได้รับการประเมินโดยเภสัชกรเพิ่มเติมในผู้ที่ยังไม่มีบัตรและจัดทำบัตรแพ้ยาให้ผู้ป่วยทุกรายที่ได้รับการประเมินแพ้ยาโดยเภสัชกรแล้วทุกครั้ง
3. เภสัชกรพัฒนาความรู้ ความเข้าใจเรื่องการแพ้ยาให้กับบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วยแพ้ยา
4. เภสัชกรจัดทำแนวทางการติดตามประเมินผลการป้องกันการแพ้ยาซ้ำใน รพ.สต.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานหลักประกันสุขภาพเขต 7 ขอนแก่น และหน่วยวิจัยเภสัชศาสตร์สังคม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมการพัฒนางานวิจัยจากงานประจำนี้ และขอขอบพระคุณนายแพทย์สุพัฒน์ ธาตุเพชร ผู้อำนวยการโรงพยาบาลกมลาไสยที่เปิดโอกาสและสนับสนุนในการจัดทำวิจัยจากงานประจำฉบับนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณเภสัชกรหญิงสุภัทรา จงสมชัย เภสัชกรชำนาญการประจำกลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคและเภสัชสาธารณสุข สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์ เภสัชกรอำพล อร์ดี หัวหน้าฝ่ายเภสัชกรรมชุมชน โรงพยาบาลกมลาไสย เภสัชกรหญิงชานนุช มานะดี เภสัชกรปฏิบัติการประจำโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช และเภสัชกรหญิงปัญญมา ชินพร หัวหน้าฝ่ายเภสัชกรรมชุมชน โรงพยาบาลคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นและให้กำลังใจในการศึกษาค้นคว้าตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

1. ปฏิพัทธ์ งามสม. การวางระบบการป้องกันการแพ้ยาซ้ำของโรงพยาบาลวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. วารสารองค์การเภสัชกรรม 2552.; 35 (2): 16 -21
2. จันทรมน ด่านศิริกุล, จิตติมา เอกตระกูลชัย, น้ำฝน สิวะนาวิณ์. การติดตามอย่างพินิจพิเคราะห์เพื่อค้นหาอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาชนิดที่ป้องกันได้. ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 2548; 10;132 -44

3. รุ่งลักษณ์ คิดเกื้อการุญ, สิริลักษณ์ ไตวรานนท์, อภิสิทธิ์ เทียนชัยโรจน์, สุทิตา สมบูรณ์. ผลการพัฒนากระบวนการเฝ้าระวังการแพ้ยาซ้ำ โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก. พุทธชินราชวารสาร 2551.; 25 (3) : 852 -61
4. บุญสุวรรณ เต็งตระกูล, พิมพ์ ประราชะ. การประเมินระบบเฝ้าระวังการเกิดอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาของโรงพยาบาลสังกัดกรุงเทพมหานคร. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล 2554.; 21 (3): 220 – 30
5. นพพร ชัยพิชิต, นฤมล เจริญศิริพรกุล. ความรู้ความเข้าใจต่อการแพ้ยา และพฤติกรรมกรรมการพบกั้ตรแพ้ยาของผู้ป่วยแพ้ยาในโรงพยาบาลศรีนครินทร์. ศรีนครินทร์วารสาร 2552 ; 24(3) : 224 – 30
6. อนุชิต พิทักษ์ทิม; การแพ้ยาซ้ำซาก. Case report; ข่าวสารด้านยาและผลิตภัณฑ์สุขภาพ 2542; 2(3): 38 -9
7. รุ่งลักษณ์ คิดเกื้อการุญ. การแพ้ยาซ้ำ ในเขตจังหวัดพิจิตร เพชรบูรณ์ พิษณุโลก (เครือข่าย 9/1); ข่าวสารด้านยาและผลิตภัณฑ์สุขภาพ 2548. 8 (1) : 12 – 14
8. ธิดา นิงสานนท์, จันทิมา โยธาพิทักษ์; ตรงประเด็น เรื่อง Adverse Drug Reaction. กรุงเทพมหานคร: สมาคมเภสัชกรรมโรงพยาบาล (ประเทศไทย) 2549.: 2 – 19
9. ศูนย์เฝ้าระวังความปลอดภัยด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. สรุปรายงาน ADR ประจำปี (SRS) 2556 (online).ได้จาก: <http://thaihpvc.fda.moph.go.th/thaihvc/Public/Webpage/main.jsf>. (สืบค้นเมื่อ July 5, 2015).
10. สำนักพัฒนาระบบบริการสุขภาพ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข และชมรมเภสัชกรโรงพยาบาล กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการติดตามอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา 2009. (online).ได้จาก: <http://adr.thaihp.org/index.php?option=viewhome&lang=th&id=57&sub=-1&layout=0> (สืบค้นเมื่อ July 11 2015)
11. ศุภชาติ สมมาตย์, สุรศักดิ์ ไชยสงค์, การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการได้รับยาที่ทำให้ไปแตสเซียมต่ำ โรงพยาบาลพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2558; 34(6): 593-601

ภาคผนวก

แบบสัมภาษณ์ เรื่องความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยต่อการแพ้ยา

วัตถุประสงค์แบบสัมภาษณ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการศึกษาค้นคว้าเพื่อ วิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้เกิดการแพ้ยาซ้ำและศึกษาการมีบัตรแพ้ยา ความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมในเรื่องการป้องกันการแพ้ยาในผู้ป่วยที่ได้รับการประเมินการแพ้ยาโดยเภสัชกร รวมทั้งศึกษาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเกิดการแพ้ยาซ้ำในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยข้อมูลแบบสัมภาษณ์จะนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาเท่านั้น ทั้งนี้ ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่กรุณาสละเวลาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสัมภาษณ์ มา ณ โอกาสนี้

คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์เรื่องความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยต่อการแพ้ยา มีรายละเอียด 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสัมภาษณ์ปลายเปิดเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป มีทั้งหมด 7 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์ปลายเปิดเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยเรื่องการแพ้ยา มีทั้งหมด 5 ประเด็น คะแนนเต็ม 5 คะแนน ประเมินระดับความรู้เป็น ระดับต่ำ (0-1คะแนน) ระดับปานกลาง (2-3 คะแนน) และระดับดี (4-5คะแนน)

ส่วนที่ 3 แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมการใช้บัตรแพ้ยาของผู้ป่วยและการปฏิบัติเมื่อเกิดการแพ้ยา มีทั้งหมด 7 ข้อการให้ค่า 3 ระดับ คือ ปฏิบัติทุกครั้ง ปฏิบัติบางครั้ง และไม่เคยปฏิบัติ ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ที่ได้รับจากท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ

ลงชื่อ.....ผู้ให้ข้อมูล

แบบสัมภาษณ์ความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยต่อการแพทย์

ชื่อ-สกุล..... อายุ..... ปี เพศ..... H.N.....
 ที่อยู่..... หมายเลขโทรศัพท์.....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

- 1.1 การศึกษา (1) ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (2) มัธยมศึกษาหรืออาชีวศึกษา (3) ปริญญาตรี
 (4) ปริญญาโทหรือสูงกว่า
- 1.2 อาชีพ (1) ไม่ได้ประกอบอาชีพ (2) นักเรียน/นักศึกษา (3) ค้าขาย
 (4) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ (5) บริษัทเอกชน (6) เกษตรกรรม/รับจ้าง
 (7) อื่นๆ.....
- 1.3 โรคประจำตัว (1) มี..... (2) ไม่มี
- 1.4 ยาที่ผู้ป่วยแพ้..... 1.5 อาการที่ผู้ป่วยแพ้.....
- 1.6 ระดับการแพทย์ (Naranjo's algorithm) (1) highly probable (2) probable (3) possible
 (4) doubtful

ส่วนที่ 2 ความรู้ความเข้าใจของผู้ป่วยเรื่องการแพทย์

- 2.1 ระบุความหมาย “การแพทย์” คืออะไร (1) ได้ (2) ไม่ได้
- 2.2 ระบุความหมาย “การแพทย์ซ้ำ” คืออะไร (1) ได้ (2) ไม่ได้
- 2.3 ระบุชื่อยาที่ผู้ป่วยแพ้ (1) ได้ (2) ไม่ได้
- 2.4 ระบุอาการแพ้ยาที่เกิดขึ้น (1) ได้ (2) ไม่ได้

ปัจจัยทางสังคมกับภาวะซึมเศร้าในกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Social Determinants and Depression among Senior High School Students

วิศิษฐ์ ฉวีพจน์กำจร^{1*}, ณัฐจาพร พิชัยณรงค์², วรณัน อรรถแสงศรี³, ปรรารถนา สติติยวิภาวี⁴, ชฎาภา ประเสริฐทรง⁵
 Wisit Chaveepojnkamjorn^{1*}, Natchaporn Pichainarong², Voranan Adthasangsri³, Pratana Satitvipawee⁴,
 Chadapa Prasertsong⁵

Received: 21 November 2015; Accepted: 7 March 2016

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคมกับภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่น ประชากรที่ศึกษา คือ วัยรุ่นที่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี จำนวน 479 ราย โดยสุ่มจาก 6 โรงเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multistage random sampling) เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 แบบวัดอาการซึมเศร้า CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale) ฉบับภาษาไทย และส่วนที่ 3 แบบวัดปัจจัยทางสังคม โดยทำการรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน จากโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่มีภาวะซึมเศร้า มีร้อยละ 14.19 การวิเคราะห์ปัจจัยทางจิตสังคมกับภาวะซึมเศร้า พบว่า สัมพันธภาพระหว่างกลุ่มเพื่อน สัมพันธภาพภายในครอบครัว การเห็นคุณค่าในตนเอง การอบรมเลี้ยงดู และเหตุการณ์ในชีวิตที่สร้างความยุ่งยากใจ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ฉะนั้นการเฝ้าระวังปัจจัยเสี่ยงทางสังคมของภาวะซึมเศร้า ในกลุ่มวัยรุ่น ร่วมกับการแก้ไขปัญหาการเรียน การให้ความรู้ในการให้คำปรึกษาแก่ครูอาจารย์เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า และวิธีการเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จะช่วยป้องกันและลดปัญหาของภาวะซึมเศร้าลงได้ในระดับหนึ่ง

คำสำคัญ : วัยรุ่น, ภาวะซึมเศร้า, ปัจจัยทางสังคม, นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

The objective of this research was to study depression and the relationship between social determinants and depression in young people. There were 479 senior high school students from six public high schools in Nonthaburi Province recruited by multistage random sampling. Data were collected by using questionnaire that comprised 3 parts: part 1 general characteristics, part 2 depressive evaluation by the Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale (CES-D), Thai version, and part 3 social determinants. The obtained data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics with computerized statistical package. The results revealed that the percentage of depression

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

² รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

³ พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลนนทเวช จังหวัดนนทบุรี 11000

⁴ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

⁵ อาจารย์ กลุ่มวิชาการพยาบาลอนามัยชุมชนและจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540

¹ Assoc. Prof., Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand.

² Assoc. Prof., Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

³ Registered Nurse, Nonthavej Hospital, Nonthaburi 11000, Thailand.

⁴ Assoc. Prof., Department of Biostatistics, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand.

⁵ Lecturer, Faculty of Nursing, Huachiew Chalermprakiet University, Bang Phli District, Samut Prakarn 10540, Thailand.

* Correspondence to: Wisit Chaveepojnkamjorn, Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand. E-mail: wisitchar@yahoo.com

was 14.19. Social factors of peer group relationship, family relationships, self-esteems, parenting style, and negative life events were statistically significant associated with depression ($p < 0.05$). Therefore, the surveillance system of social determinants should be conducted and accompanied with academic problem solving, providing information and counseling technique of depression and basic treatment among teachers will reduce this problem.

Keywords : adolescents, depression, social determinants, senior high school students

บทนำ

วัยรุ่นเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านร่างกายและจิตใจ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนเพศ¹ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนผ่านจากวัยเด็กสู่วัยผู้ใหญ่ ดังนั้นจึงเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญของชีวิต วัยรุ่นมีเสรีภาพทางความคิด ต้องการความเป็นอิสระ พยายามสร้างเอกลักษณ์ของตัวเอง ต้องการการยอมรับ และต้องการเป็นส่วนหนึ่งในกลุ่มเพื่อน เป็นช่วงที่ต้องการพื้นที่ส่วนตัวเพิ่มขึ้น โดยเริ่มห่างจากครอบครัว มีความหุนหันพลันแล่น สับสนในบทบาท และมีความผันผวนทางด้านอารมณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับวัยเด็ก วัยรุ่นเป็นวัยที่มีปัญหาด้านสุขภาพจิตเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะภาวะซึมเศร้า² ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพจิตที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และทวีความสำคัญอย่างมาก ในปี ค.ศ. 2015 องค์การอนามัยโลก ได้รายงานอัตราความชุกของภาวะซึมเศร้า ในเพศชายโดยรวม (ร้อยละ 5.8) และเพศหญิงโดยรวม (ร้อยละ 9.5) และได้คาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ. 2020 โรคซึมเศร้าจะมีภาระโรคเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.7 ของภาระโรคโดยรวม (Total burden of disease) และส่งผลต่อคุณภาพชีวิต โดยเป็นสาเหตุสำคัญอันดับที่สองของการสูญเสียปีแห่งสุขภาพ (DALYs lost)³ ในประเทศไทย มีรายงานอัตราป่วยของโรคซึมเศร้า เพิ่มขึ้นจาก 55.9 ต่อแสนประชากรในปี พ.ศ. 2540 เป็น 250.8 ต่อแสนประชากร ในปี พ.ศ. 2552⁴ มีการศึกษาภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่น กรุงเทพมหานคร พบความชุกของภาวะซึมเศร้าถึงร้อยละ 17.4⁵ การใช้เครื่องมือประเภทตอบด้วยตนเอง (Self-report) ที่ให้กลุ่มวัยรุ่นประเมินอาการของตนเอง จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง การแก้ไขปัญหาจำเป็นต้องศึกษาถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาดังกล่าว ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อภาวะซึมเศร้า ได้แก่ ปัจจัยทางสังคม ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยดังกล่าวไม่มากนัก จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่นที่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ และเปรียบเทียบปัจจัยทางสังคมระหว่างกลุ่มที่มีภาวะซึมเศร้ากับกลุ่มปกติ โดยเลือกจังหวัดนนทบุรีเป็นพื้นที่ในการศึกษา ซึ่งเป็นหนึ่งในจังหวัดปริมณฑล มีลักษณะของประชากรของชุมชนเมือง และวิถีชีวิตที่คล้ายคลึงกับวัยรุ่นในกรุงเทพฯ-

มหานคร โดยผลที่ได้จากการศึกษา จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้รับความทราบข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงระบบการเฝ้าระวังเกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่นในพื้นที่ และปัจจัยทางสังคม รวมถึงการวางมาตรการในการดูแลช่วยเหลือวัยรุ่นที่มีปัญหา ให้ได้รับการดูแลช่วยเหลืออย่างเหมาะสมต่อไป และทันทั่วถึง

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย ใช้รูปแบบการศึกษาภาคตัดขวาง **ประชากร ขนาดตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่าง** ประชากรที่ทำการศึกษา เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในโรงเรียน เขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดนนทบุรี จำนวนทั้งสิ้น 6 โรงเรียน โดยมีการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาระดับภาคตัดขวาง⁶ โดยกำหนดให้ $Z_{\alpha/2} = 1.96$ ที่ $\alpha = 0.05$ $p = 0.174$ ⁵ $d = 0.05$ และ Design effect = 2 จากการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรดังกล่าว จะได้ขนาดตัวอย่างทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 442 ราย และมีการเพิ่มขนาดตัวอย่างร้อยละ 10 เพื่อป้องกันข้อมูลที่ขาดหายไป (data missing) ในการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 479 ราย โดยขั้นตอนการเลือกตัวอย่าง จะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage random sampling) ในการเลือกโรงเรียนในพื้นที่ที่ทำการศึกษา และใช้วิธีการสุ่มเลือกนักเรียนในแต่ละระดับชั้นโดยวิธีคำนวณสัดส่วนที่เหมาะสมตามขนาดของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น (Proportional allocation) จนครบถ้วน ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการโดยเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม จากนั้นทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่จะทำการวิจัย เพื่ออธิบายวัตถุประสงค์ ซึ่งแจ้งรายละเอียดในการเก็บข้อมูล จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง พร้อมผู้ช่วยวิจัย ในชั้นลงมือเก็บข้อมูล ดำเนินการในเดือนธันวาคม 2555 ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยแนะนำตนเองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย สิทธิในการตัดสินใจเข้าร่วมหรือบอกเลิกในการตอบแบบสอบถาม การรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่าง และขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และเมื่อกลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือ ผู้วิจัยจะแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่าง

กรอกรายละเอียดด้วยตนเอง อธิบายถึงการตอบแบบสอบถามให้เข้าใจอย่างละเอียด โดยใช้เวลาตอบแบบสอบถามประมาณ 30 นาที

สถานที่ทำการวิจัย

พื้นที่ดำเนินการวิจัย โดยทำการสุ่มเลือกพื้นที่ในการศึกษาอย่างง่ายได้ 6 โรงเรียนในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี

เกณฑ์การคัดเลือกผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยเข้าร่วมโครงการ (Inclusion criteria)

1. ยินดีให้ความร่วมมือ และให้ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตนเอง และครอบครัว ภายหลังได้รับการอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยแล้ว และสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย
2. ไม่มีอาการผิดปกติทางสมอง หรือความบกพร่องทางการพูด หรือการได้ยิน
3. ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
4. ผู้ปกครองให้ความเห็นชอบและลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
4. ไม่มีภาวะแทรกซ้อนจากภาวะซึมเศร้า

เกณฑ์การคัดผู้ยินยอมตนให้ทำการวิจัยออกจากโครงการ (Exclusion criteria)

กลุ่มตัวอย่างให้ข้อมูลในแบบสอบถามไม่ครบถ้วน

วิธีดำเนินการศึกษา

โครงร่างการวิจัย ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับคำประกาศเฮลซิงกิ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (MUPH 2012-204) และได้รับอนุมัติให้ทำการวิจัย และเก็บข้อมูล จากผู้อำนวยการโรงเรียน โดยดำเนินการศึกษาในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปด้านประชากร

ส่วนที่ 2 แบบวัดอาการซึมเศร้า CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale) ฉบับภาษาไทย เป็นแบบสอบถามประเภทให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเอง (self-report) ซึ่งพัฒนาโดย Center for Epidemiologic studies at National Institute of Mental Health ประเทศสหรัฐอเมริกา⁷ ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 20 ข้อ เกี่ยวกับอาการซึมเศร้า

ในระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา ตัวเลือกเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า เพื่อวัดความถี่ของอาการ แบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ ไม่เลย บางครั้ง บ่อยๆ และตลอดเวลา การให้คะแนนในข้อความด้านลบ กำหนดให้คะแนนดังนี้ ไม่เลย (คะแนน 0) บางครั้ง (คะแนน 1) บ่อยๆ (คะแนน 2) และตลอดเวลา (คะแนน 3) คะแนนรวมมีตั้งแต่ 0 ถึง 60 เครื่องมือนี้ได้ใช้เกณฑ์ที่กำหนดให้ใช้คะแนน ≥ 22 ถือว่ามีภาวะซึมเศร้า และมีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's alpha) ของเครื่องมือนี้เท่ากับ 0.86 ค่าความไว (sensitivity) ร้อยละ 72 ความจำเพาะ (specificity) ร้อยละ 85 และค่าความถูกต้องของเครื่องมือ (accuracy) ร้อยละ 82⁸

ส่วนที่ 3 แบบวัดปัจจัยทางสังคม ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ แบบวัดสัมพันธภาพระหว่างกลุ่มเพื่อน สัมพันธภาพภายในครอบครัว การเห็นคุณค่าในตนเอง การอบรมเลี้ยงดู และเหตุการณ์ในชีวิตที่สร้างความยุ่งยากใจในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา ลักษณะของเครื่องมือในแบบสอบถามใน 4 ส่วนแรกเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบเรียงอันดับ แบบ 4 มาตรา ส่วนแบบสอบถามที่ 5 นั้นเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบเรียงอันดับ แบบ 5 มาตรา โดยแต่ละแบบสอบถาม มีรายละเอียดดังนี้

3.1 แบบวัดสัมพันธภาพระหว่างกลุ่มเพื่อน พัฒนาโดยผู้วิจัย ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 7 ข้อ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน เพื่อวัดความคิดเห็น คะแนนรวมมีตั้งแต่ 7-28 เครื่องมือนี้ได้ใช้เกณฑ์ที่กำหนดให้คะแนน ≥ 18 ถือว่ามีสัมพันธภาพที่ดี และมีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's alpha) ของเครื่องมือนี้เท่ากับ 0.79

3.2 แบบวัดสัมพันธภาพภายในครอบครัว พัฒนาโดยผู้วิจัย ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 10 ข้อ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสมาชิกในครอบครัว เพื่อวัดความคิดเห็น คะแนนรวมมีตั้งแต่ 10-40 เครื่องมือนี้ได้ใช้เกณฑ์ที่กำหนดให้คะแนน ≥ 25 ถือว่ามีสัมพันธภาพที่ดี มีความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.88

3.3 แบบสอบถามการเห็นคุณค่าในตนเอง โดยพัฒนาจากแบบสอบถามการเห็นคุณค่าในตนเองของโรเซนเบิร์ก (Rosenberg Self Esteem Scale)⁹ ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 10 ข้อ เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านการปรับตัวทางสังคมของบุคคลทั่วไป ประกอบด้วยข้อความด้านบวก และข้อความด้านลบ อย่างละ 5 ข้อ โดยข้อความด้านบวก ได้แก่ ข้อ 1, 3, 4, 7 และ 10 คะแนนรวมมีตั้งแต่ 10 ถึง 40 เครื่องมือนี้ได้ใช้เกณฑ์ที่กำหนดให้ใช้คะแนน ≥ 31 ถือว่าสูง และมีค่าความเชื่อมั่น ของเครื่องมือนี้ เท่ากับ 0.85

3.4 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 46 ข้อ เกี่ยวกับลักษณะการเลี้ยงดูของพ่อ

แม่หรือผู้ปกครอง ประกอบด้วยข้อความด้านรูปแบบการเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย (Permissive style) รูปแบบการเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน (Authoritarian style) และข้อความด้านรูปแบบประชาธิปไตย (Authoritative style) เครื่องมือนี้พัฒนาจาก Fletcher และคณะ¹⁰ เครื่องมือนี้ได้ใช้คะแนนรวมสูงสุดของรูปแบบการเลี้ยงดูเป็นเกณฑ์พิจารณาตัดสินเครื่องมือนี้มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.71

3.5 แบบสอบถามเหตุการณ์ในชีวิตที่สร้างความยุ่งยากใจในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา (Negative life events) ได้แก่ เพื่อน/คนรัก การเงิน การศึกษา อาจารย์ พ่อแม่ ญาติ และปัญหาสุขภาพ เป็นเครื่องมือที่พัฒนาจาก the Negative Event Scale¹¹ ประกอบด้วยข้อความ จำนวน 31 ข้อ เกี่ยวกับความถี่ของเหตุการณ์ที่สร้างความยุ่งยากใจ ตัวเลือกเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า เพื่อวัดความถี่ของเหตุการณ์ที่สร้างความยุ่งยากใจ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ไม่เคยเกิดขึ้น เกิดขึ้นแต่ไม่มีความยุ่งยากใจ เกิดขึ้นและมีความยุ่งยากใจเล็กน้อยมาก เกิดขึ้นและมีความยุ่งยากใจบ้าง และเกิดขึ้นและมีความยุ่งยากใจมาก เครื่องมือนี้มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.95

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบความถูกต้อง ความสมบูรณ์ ความครบถ้วนของข้อมูล และประมวลผล วิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา บรรยายลักษณะของประชากรที่ศึกษา และอาการซึมเศร้า ด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับภาวะซึมเศร้าโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ได้แก่ สถิติทดสอบไคสแควร์ (Yates' corrected chi-square test, Fisher's exact chi-square test) สถิติวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบลอจิสติก (Multivariable logistic regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยทางสังคม กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น

ผลการศึกษา

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา จำนวน 479 ราย เป็นเพศหญิง ร้อยละ 59.29 อายุเฉลี่ย 16.47 ± 0.95 ปี ส่วนใหญ่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร้อยละ 39.88 สถานภาพสมรสของบิดามารดา ส่วนมากอยู่ร่วมกัน (ร้อยละ 72.23) รายได้ครอบครัวอยู่ระหว่าง 15,000-30,000 บาท ร้อยละ 44.05 เกรดเฉลี่ยส่วนมาก อยู่ระหว่าง 3.0-3.4 (ร้อยละ 36.53) ส่วนมากไม่มีหนี้สิน (ร้อยละ 86.85) ไม่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 95.19) และไม่ดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 89.35) เป็นต้น ดัง (Table 1)

Table 1 Demographic characteristics of senior high school students

Characteristics	No. (%)
Gender	
Female	284 (59.29)
Male	195 (40.71)
Age (yrs)	
< 16	78 (16.28)
16 – 17	322 (67.22)
> 17	79 (16.50)
Mean (SD)	16.47 (0.95)
Min - Max	14 - 19
Education level (Grade)	
10	191 (39.88)
11	151 (31.52)
12	137 (28.60)
Parental marital status	
Married	377 (78.71)
Widowed, divorced, separated	102 (21.29)
Family members	
Father and mother	346 (72.23)
Father or mother only	21 (4.39)
Others	112 (23.38)
Monthly family income (baht)	
< 15,000	90 (18.79)
15,000 - 30,000	211 (44.05)
> 30,000	178 (37.16)
Median	25,000
Min-Max	2,000-500,000
Grade point average	
< 2.0	12 (2.51)
2.0 – 2.9	142 (29.65)
3.0 – 3.4	175 (36.53)
≥ 3.5	150 (31.31)
Mean (SD)	3.17 (0.48)
Median	3.23
Min-Max	1.1 – 4.0
Debt	
No	416 (86.85)
Yes	63 (13.15)
Smoking	
No	456 (95.19)
Yes	23 (4.81)
Alcohol drinking	
No	428 (89.35)
Yes	51 (10.65)
Substance abuse	
No	471 (98.33)
Yes	8 (1.67)
Family psychiatric history	
No	456 (95.19)
Yes	23 (4.81)

ปัจจัยด้านประชากร กับ ภาวะซึมเศร้า ปัจจัยส่วนบุคคลกับภาวะซึมเศร้า พบว่า ผลการเรียน (GPA) กลุ่มตัวอย่างได้รับการประเมินภาวะซึมเศร้าโดยใช้ แบบวัดอาการซึมเศร้า CES-D พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีภาวะซึมเศร้าร้อยละ 14.19 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง สิบบุหรี และมีภาระหนี้สิน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง (Table 2)

Table 2 Demographic factors associated with depression among senior high school students

Variables	Depression/total	%	OR _c	95%CI	p-value
Age group (yrs)					
< 16	8/78	10.26	1		
16-17	47/322	14.59	1.50	0.64 – 3.60	0.415 ^a
> 17	13/79	16.46	1.72	0.62 – 4.90	0.365 ^a
Mean (SD)	16.47 (0.95)				
Min-Max	14-19				
Gender					
Female	34/284	11.97	1		
Male	34/195	17.44	1.55	0.90 – 2.68	0.121 ^a
Education level (Grade)					
10	24/191	12.57	1		
11	24/151	15.89	1.31	0.68 – 2.53	0.449 ^a
12	20/137	14.59	1.19	0.60 – 2.36	0.712 ^a
Parental marital status					
Married	52/377	13.79	1		
Widowed, divorced, separated	16/102	15.69	1.16	0.60 – 2.22	0.627 ^a
Family members					
Father and mother	48/346	13.87	1		
Father or mother only	4/21	19.05	1.46	0.40 – 4.89	0.517 ^b
Others	16/112	14.29	1.03	0.54 – 1.98	0.962 ^a
Monthly family income (baht)					
<15,000	15/90	16.67	1		
15,000 – 30,000	29/211	13.74	0.80	0.39 – 1.66	0.632 ^a
> 30,000	24/178	13.48	0.78	0.37 – 1.67	0.607 ^a
Median	25,000				
Min-Max	2,000-500,000				
Grade point average					
≥ 3.5	10/150	6.67	1		
3.0-3.4	25/175	14.29	2.33	1.03 – 5.41	0.042 ^a
2.0-2.9	27/142	19.01	3.29	1.45 – 7.61	0.003 ^a
<2.0	6/12	50.00	14.00	3.23 – 62.52	0.002 ^b
Mean (SD)	3.18 (0.48)				
Min-Max	1.12-4.00				
Debt					
No	52/416	12.50	1		
Yes	16/63	25.39	2.38	1.20 – 4.70	0.011 ^a
Smoking					
No	60/456	13.16	1		
Yes	8/23	34.78	3.52	1.30 – 9.32	0.009 ^b

Table 2 Demographic factors associated with depression among senior high school students Cont.

Variables	Depression/total	%	OR _c	95%CI	p-value
Alcohol drinking					
No	57/428	13.31	1		
Yes	11/51	21.57	1.79	0.81 – 3.87	0.166 ^a
Substance abuse					
No	65/471	13.80	1		
Yes	3/8	37.50	3.75	0.69 – 18.54	0.090 ^b
Family psychiatric history					
No	66/462	14.29	1		
Yes	2/17	11.76	0.80	0.12 – 3.78	0.557 ^b

^aYates' corrected chi-square test, ^bFisher's exact chi-square test, OR_c = crude odds ratio, CI = confidence interval

ปัจจัยด้านสังคม กับ ภาวะซึมเศร้า

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างหยาบ (crude analysis) ระหว่างปัจจัยทางสังคมกับภาวะซึมเศร้า พบว่าความสัมพันธ์ของกลุ่มเพื่อน มีขนาดความสัมพันธ์สูงสุด รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ในครอบครัว ความนับถือตนเอง รูปแบบการเลี้ยงดูของพ่อแม่ และเหตุการณ์ในชีวิตเชิงลบ โดย

ทั้ง 5 ปัจจัยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อทำการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบลอจิสติก โดยควบคุมปัจจัยด้านผลการเรียน (GPA) สุนัขบุหรี และ มีภาระหนี้สิน พบว่า ปัจจัยดังกล่าว ทั้ง 5 ยังคงมีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า ดัง (Table 3)

Table 3 Multivariable logistic regression analysis of factors associated with depression among senior high school students

Variables	OR _c	95%CI	OR _{adj}	95%CI	p-value
Peer group relationships					
Good	1		1		
Poor	17.40	5.42 – 59.13	17.60	5.46 – 56.73	< 0.001
Family relationships					
Good	1		1		
Poor	4.85	1.70 – 13.66	5.92	1.88 – 18.56	0.002
Self esteem					
High	1		1		
Middle	4.35	2.39 – 7.98	4.51	2.36 – 8.63	< 0.001
Parenting style					
Authoritative	1		1		
Permissive	3.26	0.94 – 10.68	3.81	1.15 – 12.58	0.029
Authoritarian	3.58	1.47 – 8.60	4.02	1.58 – 10.24	0.004
Negative life events					
No	1		1		
Yes	3.40	1.74 – 6.75	2.85	1.40 – 5.79	< 0.001

OR_c = Crude OR

OR_{adj} = Adjusted OR for GPA, debt, and smoking

วิจารณ์และสรุปผล

กลุ่มตัวอย่าง เป็นวัยรุ่นที่ศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ จังหวัดนนทบุรี ส่วนใหญ่มีอายุ 16-17 ปี (ร้อยละ 67.22) พบภาวะซึมเศร้าร้อยละ 14.19 และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา^{5,12} พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านประชากร พบว่า ผลการเรียนเกรดเฉลี่ย (GPA) มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า และแปรผันตามระดับของปัจจัยดังกล่าว กล่าวคือ ผลการเรียนระดับต่ำจะเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า โดยระดับเกรดเฉลี่ย < 2 เสี่ยงที่จะมีภาวะซึมเศร้าสูงถึง 14 เท่า เมื่อเทียบกับเกรดเฉลี่ย ≥ 3.5 และจะเสี่ยงลดลงเมื่อเกรดเฉลี่ยสะสมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการการศึกษาที่ผ่านมา^{5,8,13,14} โดยมีเหตุผลหลายประการ มุมมองแรก การมีผลการเรียนไม่ดี ส่งผลให้เกิดความเครียดและนำไปสู่ภาวะซึมเศร้า ขณะที่อีกมุมมองหนึ่ง เด็กที่มีภาวะซึมเศร้า มีสมาธิในการเรียนไม่ดี ทำให้ความสามารถในการเรียนรู้อลดลงไปด้วย จึงส่งผลให้ผลการเรียนไม่ดีตามมา นอกจากนั้น ปัจจัยเชิงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การสูบบุหรี่ พบว่ามีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า โดยเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าถึง 3.52 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่สูบบุหรี่ โดยมีหลายงานวิจัยที่สนับสนุนผลการศึกษานี้¹⁵⁻¹⁸ เหตุผลน่าจะเกี่ยวข้องกับความคิดว่า การสูบบุหรี่ช่วยผ่อนคลายความวิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า โดยมักพบว่า ผู้ที่สูบบุหรี่ และถ้าเกิดภาวะซึมเศร้าขึ้น จะส่งผลให้เพิ่มปริมาณ และความถี่ของการสูบบุหรี่¹⁸ และการมีภาวะหนี้สินส่งผลต่อภาวะซึมเศร้าเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา^{5,19-21} โดยเฉพาะวัยรุ่นซึ่งอยู่ในวัยเรียน ยังไม่มีรายได้จากการทำงาน ต้องพึ่งพาพ่อแม่ผู้ปกครอง และถ้าใช้จ่ายเกินตัว ไม่มีความสามารถในการชำระหนี้ตามกำหนด ส่งผลให้เกิดความเครียด และความวิตกกังวลซึ่งนำไปสู่ภาวะซึมเศร้าตามมา

เมื่อพิจารณาปัจจัยทางสังคม พบว่า ผู้ที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อนไม่ดี จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้า โดยสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้า^{5,22-24} โดยกลุ่มเพื่อนเป็นกลุ่มที่วัยรุ่นกล้าที่จะพูดคุยได้เกือบทุกเรื่องรวมถึงปัญหาที่วัยรุ่นเผชิญ ในกรณีที่วัยรุ่นมีสัมพันธภาพที่ไม่ดีในกลุ่มเพื่อน เมื่อเกิดปัญหาขึ้น วัยรุ่นไม่สามารถถ่ายทอดปัญหา หรือบอกกล่าวให้กับกลุ่มเพื่อนเพื่อช่วยแก้ไขหรือหาทางออก ทำให้เกิดความอึดอัดใจ และนำไปสู่การเกิดภาวะซึมเศร้าได้มากที่สุด ปัจจัยในด้านสัมพันธภาพในครอบครัว พบว่าผู้ที่มีความสัมพันธ์ในครอบครัวไม่ดี จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้า โดยสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้า²⁵ โดยผู้ที่มีสัมพันธภาพที่ไม่ดีในครอบครัว ย่อมจะส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับวัยรุ่น เมื่อเกิด

ปัญหาได้ขึ้น วัยรุ่นไม่สามารถถ่ายทอดปัญหา หรือบอกกล่าวให้ครอบครัวช่วยแก้ไข ทำให้วัยรุ่นเกิดความอึดอัดใจ และนำไปสู่การเกิดภาวะซึมเศร้าต่อไปได้ ปัจจัยด้านการเห็นคุณค่าในตนเอง ผลที่ได้พบว่ามีผลสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้า²⁶⁻²⁹ โดยพบว่า ผู้ที่มีการเห็นคุณค่าในตนเองระดับต่ำนั้น จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้ที่มีความรู้สึกที่ดีต่อตนเอง รู้สึกว่าตนเองมีคุณค่า และมีความสำคัญ จะมีความสามารถในการกระทำสิ่งต่างๆให้ประสบความสำเร็จ ตรงข้ามกับผู้ที่ไม่เห็นคุณค่าในตนเองระดับต่ำ จะรู้สึกมีปมด้อย เก็บตัวและไม่แสดงตนซึ่งจะนำไปสู่ภาวะซึมเศร้าตามมา ปัจจัยด้านรูปแบบการเลี้ยงดูของพ่อแม่พบว่า กลุ่มที่ได้รับการเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขันเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า เหตุผลที่เป็นไปได้ก็คือ การเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน ทำให้วัยรุ่นขาดความเป็นอิสระ ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองได้ สิ่งเหล่านี้ นำไปสู่แรงกดดัน วิตกกังวล ขาดความมั่นใจ และนำไปสู่ภาวะซึมเศร้าตามมา ขณะที่กลุ่มที่ได้รับการเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย ก็เสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าเช่นกัน เหตุผลที่เป็นไปได้น่าจะเกิดจาก ขาดการเอาใจใส่ของพ่อแม่ และผู้ปกครอง ไม่มีใครให้คำปรึกษาเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะซึมเศร้า^{30,31} ขณะที่ปัจจัยด้านเหตุการณ์ในชีวิตที่สร้างความยุ่งยากใจ พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา³²⁻³⁴ โดยผู้ที่เผชิญภาวะความเครียดในด้านต่างๆ ย่อมมีผลกระทบโดยตรงต่อสภาพจิตใจ ไม่ว่าจะเป็นความรู้สึกหดหู่ ท้อแท้ สิ้นหวัง ซึ่งภาวะเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นและไม่สามารถหาทางออก หรือผ่อนคลายไปได้ ก็อาจก่อให้เกิดภาวะซึมเศร้าตามมา ฉะนั้นควรมีมาตรการในการเฝ้าระวังปัจจัยดังกล่าว และดำเนินการ ได้แก่ การคัดกรองภาวะซึมเศร้า การร่วมกันแก้ไขปัญหาค่าเรียนทั้งเด็ก ผู้ปกครอง และอาจารย์ การให้ความรู้ในการให้คำปรึกษาแก่ครูอาจารย์เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า และวิธีการเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้แก่ การปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ (healthy lifestyle)³⁵ การให้คำปรึกษาโดยมุ่งเน้นสร้างสัมพันธภาพที่ปลอดภัยระหว่างผู้ให้คำปรึกษากับผู้ที่มีภาวะซึมเศร้า³⁶ เป็นต้น จะช่วยป้องกันและลดการเกิดภาวะซึมเศร้ามารลงได้ในระดับหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนที่เข้าร่วมในการวิจัยทุกท่านที่สละเวลา และให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- McDermott B, Baigent M, Chanen A, Graetz B, Hayman N, Newman N, et al. Clinical practice guidelines: depression in adolescents and young adults. Melbourne: Beyondblue, 2011.
- Angold A. Childhood and adolescent depression: 1. epidemiological and etiological aspects. *Br J Psychiatry* 1988; 152: 601-17.
- World Health Organization. The world health report. chapter 2: burden of mental and behavioural disorders. Geneva: WHO; Date of First Publication [21 Nov 2015]. Available from <http://www.who.int/whr/2001/chapter2/en/index4.html>
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. การสาธารณสุขไทย 2551-2553. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2554.
- นิชาภัทร รุจิรดาพร, อุมาพร ตรังคสมบัติ. ภาวะซึมเศร้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย* 2552; 54: 337-46.
- Lwanga SK, Lemeshow S. Sample size determination in health studies: a practical manual. Geneva: World Health Organization; 1991.
- Radloff LS. The CES-D scale: a self-report depression scale for research in the general population. *Appl Psychol Meas* 1977; 1: 385-401.
- อุมาพร ตรังคสมบัติ, วชิระ ลาภบุญทรัพย์, ปิยลัมพร หะวานนท์. การใช้ CES-D ในการคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น. *วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย* 2540; 42: 2-13.
- Rosenberg M. Society and the adolescent self-image. Princeton, NJ: Princeton University Press; 1965.
- Fletcher A, Steinberg L, Sellers E. Adolescent's well-being as a function of perceived inter-parent inconsistency. *J Marriage Fam* 1999; 61: 300-310
- Mayberry DJ. Including interpersonal events on hassle and uplift scales: verification employing global and molecular events. *Stress Health* 2003; 19: 289-96.
- Kim M-D, Hong S-C, Lee C-I, Kwak Y-S, Shin T-K, Jang Y-H, et al. Prevalence of Depression and Correlates of Depressive Symptoms for Residents in The Urban Part of Jeju Island, Korea. *Int J Soc Psychiatry* 2007; 53: 123-34.
- Fröjd SA, Nissinen ES, Pelkonen MUI, Marttunen MJ, Koivisto A-M, Kaltiala-Heino R. Depression and school performance in middle adolescent boys and girls. *J Adolesc* 2008; 31: 485-98.
- Jonsson U, Goodman A, von Knorring AL, von Knorring L, Koupil I. School performance and hospital admission due to unipolar depression: a three-generational study of social causation and social selection. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2012; 47: 1695-706.
- Byeon H. Association among smoking, depression, and anxiety: findings from a representative sample of Korean adolescents. *Peer J* 2015; 3: e1288.
- Munhoz TN, Santos IS, Matijasevich A. Depression among Brazilian adolescents: a cross-sectional population-based study. *J Affect Disord*. 2015; 175: 281-6.
- Mangerud WL, Bjerkeset O, Holmen TL, Lydersen S, Indredavik MS. Smoking, alcohol consumption, and drug use among adolescents with psychiatric disorders compared with a population based sample. *J Adolesc* 2014; 37: 1189-99.
- Goodman E, Capitman J. Depressive Symptoms and Cigarette Smoking among Teens. *Pediatrics* 2000; 106: 748-55.
- Richardson T, Elliott P, Roberts R. The relationship between personal unsecured debt and mental and physical health: A systematic review and meta-analysis. *Clin Psychol Rev* 2013; 33: 1148-62.
- Bridges S, Disney R. Debt and depression. *J Health Econ* 2010; 29: 388-403.
- Reading R, Reynolds S. Debt, social disadvantage and maternal depression. *Soc Sci Med* 2001; 53: 441-53.
- Dolphin L, Hennessy E. Adolescents perceptions of peers with depression: An attributional analysis. *Psychiat Res* 2014; 218: 295-302.
- Iosue M, Carli V, D'Aulerio M, Basilico F, Recchia L, Apter A, et al. 1857 – Peer relationships and adoles-

- cents mental health: finding from the seyle project in italy. *Eur Psychiat* 2013; 28: Supplement 1:1.
24. Millings A, Buck R, Montgomery A, Spears M, Stallard P. School connectedness, peer attachment, and self-esteem as predictors of adolescent depression. *J Adolescence* 2012; 35:1061-7.
25. Welsh P, Tiffin PA. Adolescent family perceptions in the At-Risk Mental State for psychosis. *Early Interv Psychia* 2015; 9: 316-23.
26. Li J-B, Delvecchio E, Di Riso D, Salcuni S, Mazzeschi C. Self-esteem and its association with depression among Chinese, Italian, and Costa Rican adolescents: A cross-cultural study. *Pers Individ Differ* 2015; 82: 20-5.
27. Lee J-I, Yen C-F. Associations between body weight and depression, social phobia, insomnia, and self-esteem among Taiwanese adolescents. *Kaohsiung J Med Sci* 2014; 30: 625-30.
28. van Tuijl LA, de Jong PJ, Sportel BE, de Hullu E, Nauta MH. Implicit and explicit self-esteem and their reciprocal relationship with symptoms of depression and social anxiety: A longitudinal study in adolescents. *J Behav Ther Exp Psy* 2014; 45: 113-21.
29. Rawana JS. The relative importance of body change strategies, weight perception, perceived social support, and self-esteem on adolescent depressive symptoms: Longitudinal findings from a national sample. *J Psychosom Res* 2013; 75: 49-54.
30. Sharma M, Sharma N, Yadava A. Parental styles and depression among adolescents. *JIAAP* 2011; 37: 60-68.
31. Anli I, Karslı TA. Perceived parenting style, depression and anxiety levels in a Turkish late-adolescent population. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2010; 2: 724-7.
32. Zhang W, Li H, Gong Y, Ungar M. Stressful events and depression among Chinese adolescents: The mitigating role of protective factors. *School Psychol Int* 2013; 34: 501-13.
33. Meiser-Stedman R, Dalgleish T, Yule W, Smith P. Intrusive memories and depression following recent non-traumatic negative life events in adolescents. *J Affect Disorders* 2012; 137: 70-8.
34. Sawyer MG, Pfeiffer S, Spence SH. Life events, coping and depressive symptoms among young adolescents: A one-year prospective study. *J Affect Disorders* 2009; 117: 48-54.
35. Skrove M, Romundstad P, Indredavik MS. Resilience, lifestyle and symptoms of anxiety and depression in adolescence: the Young-HUNT study. *Soc Psych Psych Epid* 2013; 48: 407-16.
36. สายฝน เอกวรางกูร. รู้จัก เข้าใจ ดูแล ภาวะซึมเศร้า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

การศึกษาการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย
ในการทำงานระดับหัวหน้างานในสถานประกอบการ : กรณีศึกษา จังหวัดอุบลราชธานี
A Study of Occupational Health and Safety Performance among Head Safety Supervisors
in Factories: Case Study of Ubon Ratchathani Province

นิภาพร คำหลอม¹

Nipaporn Khamhlom¹

Received: 15 December 2015; Accepted: 8 March 2016

บทคัดย่อ

ทรัพยากรบุคคลที่สำคัญหรือเฟืองตัวสำคัญในสถานประกอบการ ที่จะทำให้ความปลอดภัยในการทำงานเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ที่มองเห็นชัดเจน มีผลในทางปฏิบัติ คือ หัวหน้างาน ในปัจจุบันยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการของผู้ปฏิบัติงานในระดับหัวหน้างาน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานฯ เจตคติด้านความปลอดภัยในการทำงาน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ทำการศึกษาในสถานประกอบการ ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 20 แห่ง เก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสัมภาษณ์แบบทดสอบเจตคติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบขั้นตอน ผลการวิจัย พบว่า การบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการที่ทำการวิจัยส่วนใหญ่ ร้อยละ 55 อยู่ในระดับสูง เจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 58.1 มีเจตคติต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การบริหารงานความปลอดภัยของสถานประกอบการ และจำนวนผู้ได้บังคับบัญชาที่รับผิดชอบ ดังนั้นในกรณีหน่วยวิเคราะห์ระดับโรงงาน คือ การบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการ ($p < 0.001$) กรณีหน่วยวิเคราะห์ระดับบุคคล ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มสถานประกอบการที่มีการบริหารความปลอดภัยอยู่ในระดับต่ำ คือ จำนวนผู้ได้บังคับบัญชาที่รับผิดชอบ ($p < 0.05$) กลุ่มระดับปานกลางและระดับสูงไม่พบตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ ปัญหาอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ได้แก่ การจัดการงานความปลอดภัยของสถานประกอบการ การมีหน้าที่ความรับผิดชอบมากทำให้ไม่มีเวลาเพียงพอ และการไม่ทราบเทคนิคการปฏิบัติงานในแต่ละด้าน สถานประกอบการสามารถนำข้อมูลจากผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ และวางแผนการจัดการงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานของสถานประกอบการ โดยการพัฒนางานความปลอดภัยในการทำงานของสถานประกอบการ ผู้บริหารสูงสุดควรส่งเสริมและสนับสนุนการบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการให้มีประสิทธิภาพ และจะสามารถส่งผลให้ลดการสูญเสียชีวิตต่างๆ อันเนื่องมาจากอุบัติเหตุจากการทำงาน

คำสำคัญ : การปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานในสถานประกอบการ

¹ อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ตำบลเมืองศรีไค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

¹ Lecturer, Faculty of Science Ubon Ratchathani University, Muangsriki Sub-district, Warinchamrab District, Ubonratchathani Province 34190, Thailand E-mail: nipaporn.k@ubu.ac.th

Abstract

The head supervisor is the primary person whose principles and actions are responsible for the safety of workers in the workplace. Nowadays, there is a lack of safety data that focuses on investigating the key factors that influence the head safety supervisor's practices on occupational health and safety (OH&S). This study aimed to investigate the head safety supervisors practices on OH&S, Specifically, factors influencing the supervisors performance, their attitudes toward OH&S tasks, implementation of difficulties encountered, are all evaluated. The enterprises under investigation were 20 manufacturing firms located in Ubon Ratchathani Province. OH&S data were collected by those enterprises using an inventory questionnaire. The data were analyzed using descriptive statistics with a 95% confidence interval, and stepwise regression. The study findings were as follows: 55% of the manufacturing firms were found to have a high profile in implementing safety management in the workplace, 58.1% of the head safety supervisors had an OH&S attitude at a moderate level. On a wider scale, safety management in the workplace and the number of employee under their responsibilities was a key influencing factor. Also a factor statistically significant ($p < 0.001$) was safety management in the workplace. At a personnel scale, the number of employee under their responsibilities was the key factor, which was statistically significant ($p < 0.05$) influencing the head safety supervisor among low OH&S performance firms. There was no factor found which statically related to OH&S practices in any of the moderate and high performance firms. On a day-to-day basis, most head safety supervisors who handled regular OH&S tasks faced certain difficulties, in particular safety management in the workplace, insufficient time to implement OH&S due to high workload, and lacking knowledge of specialized techniques that may be required. The results of this study are useful for the occupational health and working environment management of an enterprise. The top management must encourage and support occupational health and safety at work to improve the efficiency and performance of workers and reduce the causes of occupational injuries.

Keywords: Occupational Health and Safety Performance, Head Safety Supervisor in Factories

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน จากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายของสำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน พบว่า มีลูกจ้างที่ประสบอันตรายเนื่องจากการทำงานจำนวนมาก รวมทั้งจำนวนเงินทดแทนที่ต้องสูญเสียไปในแต่ละปีนับพันล้านบาท ซึ่งยังไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดจากทรัพย์สินเสียหาย การผลิตล่าช้า และค่าใช้จ่ายทางอ้อม อาทิ การสูญเสียเวลาทำงานของผู้บาดเจ็บ เวลาที่ใช้ในการสอบสวนอุบัติเหตุ สูญเสียขวัญและกำลังใจ การทำงานล่วงเวลา เสียชื่อเสียง เป็นต้น ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปอย่างมากมาย การดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ จะสำเร็จตามวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายของสถานประกอบการหรือไม่ มากน้อยเพียงใด นอกจากจะต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ (จป.ว.) ประจำโรงงาน เป็นผู้ผลักดันงานหรือโครงการ โดยการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงแล้ว ทรัพยากรบุคคลที่

สำคัญหรือเพียงตัวสำคัญในสถานประกอบการ ที่จะทำให้ความปลอดภัยในการทำงานเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ที่มองเห็นชัดเจน มีผลในทางปฏิบัติ คือ หัวหน้างาน ซึ่งเป็นผู้บริหารระดับต้นที่รับผิดชอบต่อผลสำเร็จของงานตามที่ได้รับมอบหมายโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านการผลิต และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน เพราะอุบัติเหตุต่างๆ นั้นส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขณะที่ปฏิบัติงาน หัวหน้างานจึงเป็นทรัพยากรบุคคลที่สำคัญต่อความสำเร็จหรือความปลอดภัยในสถานประกอบการ เนื่องจากหัวหน้างานเป็นผู้ที่สอนงาน ควบคุมการทำงาน ให้คำปรึกษาในการทำงานแก่พนักงาน รวมทั้งตรวจสอบสภาพการทำงานต่างๆ เพราะทราบถึงขั้นตอนวิธีการทำงาน และจุดบกพร่องของงานมากที่สุด ซึ่งหัวหน้างานเหล่านี้จะต้องได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ตามกฎกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554¹

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ ของผู้ปฏิบัติงานในระดับหัวหน้างาน ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสำคัญต่องานดังกล่าว จังหวัดอุบลราชธานีซึ่งนับว่าเป็นจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง จำนวน 67 แห่ง และโรงงานขนาดใหญ่ จำนวน 7 แห่ง มีหัวหน้างานจากสถานประกอบการต่างๆ ที่ผ่านการอบรมตามกฎหมายกระทรวงแรงงาน เรื่อง ดังกล่าวข้างต้น รวมสรุป จำนวน 87 คน

ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการศึกษาการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งคาดว่าจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อพัฒนางานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ และจะสามารถส่งผลให้ลดการสูญเสียด้านต่างๆ อันเนื่องมาจากอุบัติเหตุจากการทำงาน ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลสำหรับประกอบการเรียนการสอนด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย รวมทั้งด้านการศึกษาวิจัย เพื่อพัฒนาระบบการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน
2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานในสถานประกอบการ
3. เพื่อศึกษาเจตคติด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานในสถานประกอบการ พื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ที่ผ่านการอบรมตามหลักเกณฑ์ประกาศกระทรวงแรงงาน และได้ขึ้นทะเบียนเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน ตามกฎกระทรวงแรงงาน จำนวน 20 โรงงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) แบบตัดขวาง (Cross – sectional study) โดยดำเนินการศึกษาในสถานประกอบการอุตสาหกรรมจังหวัดอุบลราชธานี

2. ประชากรที่ศึกษาและขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ประชากรที่ศึกษามี 4 กลุ่ม คือ

2.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่างของสถานประกอบการ

2.1.1 ประชากร

สถานประกอบการอุตสาหกรรมจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 74 แห่ง

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

สถานประกอบการอุตสาหกรรมจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 20 แห่ง คิดเป็น 27% ของสถานประกอบการทั้งหมด เนื่องจากสถานประกอบการตอบรับการเข้าร่วมทำการศึกษารวบรวมเพียงเท่านั้น

ดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัยในสถานประกอบการที่ตอบรับการเข้าร่วม โดยจำแนกสถานประกอบการได้ 9 หมวดหมู่ คือ อุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป จำนวน 2 แห่ง อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม จำนวน 5 แห่ง อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ จำนวน 2 แห่ง อุตสาหกรรมขนส่งสินค้า จำนวน 4 แห่ง อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า จำนวน 2 แห่ง ห้างสรรพสินค้า 2 แห่ง สถานพยาบาล จำนวน 1 แห่ง หน่วยงานราชการ 1 แห่ง และรัฐวิสาหกิจ 1 แห่ง

2.2 กลุ่มผู้บริหารสถานประกอบการหรือตัวแทนนำมาศึกษาโรงงานละ 1 คน

2.3 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ นำมาศึกษาโรงงานละ 1 คน

2.4 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน จำนวน 31 คน ซึ่งได้มาจากจำนวนหัวหน้างานทั้งหมดจาก 20 สถานประกอบการ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ 2 ชุด ดังนี้

3.1 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการบริหารงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานของสถานประกอบการ ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ จำนวน 13 ข้อ

ส่วนที่ 2 เกี่ยวกับนโยบายความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน แผนงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

บุคลากร งบประมาณ และการส่งเสริมสนับสนุนกิจกรรมด้านความปลอดภัยของสถานประกอบการ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 15 ข้อ ได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานประกอบการหรือตัวแทน

ส่วนที่ 3 เกี่ยวกับการบริหารคุ้มครองความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงาน เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกฎระเบียบ มาตรการความปลอดภัยในการทำงาน การดำเนินงานตามแผนงานโครงการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานของสถานประกอบการ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 18 ข้อ ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ

แบบสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน เพื่อศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ อายุ การศึกษา สถานภาพสมรส ประสบการณ์ในการทำงาน ประสบการณ์ในการเป็นหัวหน้างาน และจำนวนลูกจ้างที่รับผิดชอบ การได้รับการอบรมด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย การเป็นคณะกรรมการต่างๆ ของสถานประกอบการ

ส่วนที่ 2 การปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยตามที่กฎหมายกำหนด

ส่วนที่ 3 ข้อคิดเห็นอื่นๆ

ส่วนที่ 4 แบบทดสอบเจตคติด้านความปลอดภัยในการทำงาน จำนวน 30 ข้อ แต่ละข้อมี 4 ตัวเลือกลักษณะของคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ตอบเห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง กับข้อคำถามเชิงบวกจะได้ 4 3 2 และ 1 คะแนน ตามลำดับ แต่ถ้าตอบเห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง กับข้อคำถามเชิงลบจะได้ 1 2 3 และ 4 คะแนน ตามลำดับ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ประสานงานการเก็บข้อมูล โดยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ถึงผู้จัดการสถานประกอบการต่างๆ

4.2 อบรม ชี้แจง ผู้ช่วยสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นนักศึกษาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ชั้นปีที่ 4 ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัย

4.3 ดำเนินการเก็บข้อมูลการบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการโดยนักวิจัย

4.4 ดำเนินการเก็บข้อมูลการปฏิบัติงาน อาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย

4.5 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อมูลทุกครั้ง หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ดังนี้

สถิติพรรณนา เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน และค่าต่ำสุด-สูงสุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถิติอนุมาน โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบขั้นตอน (Stepwise regression) ซึ่งใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ และการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทั่วไปของสถานประกอบการที่ทำการวิจัย

สถานประกอบการที่เข้าทำการวิจัยส่วนใหญ่ ร้อยละ 35 เป็นสถานประกอบการที่มีจำนวนพนักงานขนาด 50 - 99 คน รองลงมา ร้อยละ 30 เป็นสถานประกอบการที่มีจำนวน 100 - 499 คน ประเภทของสถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 15 เป็นอุตสาหกรรมขนส่ง และอุตสาหกรรมค้าปลีก / ส่ง สุรา เบียร์ รองลงมา ร้อยละ 10 เท่ากัน ได้แก่ อุตสาหกรรมห้างสรรพสินค้า อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า และอุตสาหกรรมฆ่าและเนื้อไก่สดแช่แข็งเพื่อการส่งออก สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 40 เปิดดำเนินกิจการระหว่าง 15 - 19 ปี รองลงมา ร้อยละ 25 เปิดดำเนินกิจการระหว่าง 5 - 9 ปี การจัดการมาตรฐานระบบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของสถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 70 ไม่มีการจัดการมาตรฐานดังกล่าว รองลงมา ร้อยละ 20 ได้รับการรับรองมาตรฐานระบบคุณภาพ (ISO 9001) การจัดตั้งคณะกรรมการความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (คปอ.) ตามกฎหมายส่วนใหญ่ร้อยละ 50 เป็นสถานประกอบการที่มีการแต่งตั้งกรรมการจำนวน 11 คน รองลงมา ร้อยละ 25 เป็นสถานประกอบการที่มีการแต่งตั้งกรรมการจำนวน 5 คน ในระยะเวลา 2 ปีที่ผ่านมา ร้อยละ 85 สถานประกอบการได้รับการสนับสนุนหรือโครงการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานจากหน่วยงานต่างๆ ในภาครัฐ และร้อยละ 15 สถานประกอบการ

ไม่มีโครงการสนับสนุน ความต้องการให้หน่วยงานภาครัฐ สนับสนุนการดำเนินงานด้านความปลอดภัยในสถานประกอบการ ส่วนใหญ่ร้อยละ 75 สถานประกอบการต้องการการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ และร้อยละ 25 สถานประกอบการไม่ต้องการการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ

2. การบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการ

การบริหารงานความปลอดภัยของสถานประกอบการที่ทำการวิจัยส่วนใหญ่ ร้อยละ 55 อยู่ในระดับสูง กล่าวคือ ส่วนของนโยบาย องค์กร และการบริหารด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

ในส่วนของการบริหารคุ้มครองความปลอดภัย และสุขภาพอนามัยในการทำงาน เกี่ยวกับกฎ ระเบียบ คำสั่ง และมาตรการความปลอดภัยในการทำงานของสถานประกอบการ ส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีกฎ ระเบียบฯ และมีการดำเนินการตามที่ระบุไว้ครบทุกข้อ คือ กำหนดเป็นลายลักษณ์อักษร โดยคณะกรรมการความปลอดภัย และความร่วมมือจากพนักงาน ซึ่งครอบคลุมงานส่วนใหญ่ของสถานประกอบการ มีการติดประกาศให้ทราบ เห็นชัดเจน และมีการประชุมชี้แจง รวมทั้งมีการปรับปรุง ทบทวนให้ทันสมัย อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และมีการควบคุมให้มีการปฏิบัติ

การคัดเลือกพนักงานใหม่ สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 60 มีกฎเกณฑ์การคัดเลือก และมีการดำเนินการตามที่ระบุไว้ เป็นบางข้อ ร้อยละ 30 มีกฎเกณฑ์การคัดเลือก โดยมีการกำหนดคุณสมบัติตามความเหมาะสม โดยอิงกฎหมายแรงงานทุกตำแหน่ง มีการทดสอบเจตคติทางด้านความปลอดภัยในการทำงานก่อนบรรจุเข้าทำงาน มีการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงของงานก่อนบรรจุเข้าทำงาน และมีการคัดเลือกพนักงานให้เหมาะสมกับพนักงาน

การปฐมพยาบาลพนักงานใหม่ ร้อยละ 65 มีการปฐมพยาบาลพนักงานใหม่ และมีการดำเนินการตามที่ระบุไว้ครบทุกข้อ คือ กฎระเบียบทั่วไปของสถานประกอบการ ความปลอดภัยในการทำงาน และชี้แจงกฎ ระเบียบ มาตรการความปลอดภัยในแผนกที่บรรจุให้กับพนักงานใหม่

การตรวจความปลอดภัยในการทำงาน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 65 มีการตรวจความปลอดภัย โดยการใช้แบบฟอร์มในการตรวจความปลอดภัยตามสถานที่และอุปกรณ์ มีแผนและบัญชีรายชื่อสิ่งที่ต้องการตรวจความปลอดภัย หัวหน้างานและคณะกรรมการความปลอดภัย ได้รับการอบรมเกี่ยวกับการตรวจความปลอดภัย มีการนำเสนอผลการตรวจเข้าสู่การพิจารณาในที่ประชุมคณะกรรมการความปลอดภัย เพื่อการป้องกันแก้ไข และมีการควบคุมให้มีการปฏิบัติ

การสอบสวนอุบัติเหตุ สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 55 มีการสอบสวนอุบัติเหตุ โดยใช้แบบฟอร์มในการสอบสวนอุบัติเหตุ มีการกำหนดประเภทของอุบัติเหตุ ที่ต้องมีการสอบสวน และกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติ เป็นลายลักษณ์อักษร หัวหน้างานและคณะกรรมการความปลอดภัย ได้รับการอบรมเรื่องการสอบสวนอุบัติเหตุ และมีการนำผลการสอบสวนอุบัติเหตุเข้าสู่การพิจารณาในที่ประชุมคณะกรรมการความปลอดภัย เพื่อการป้องกันและแก้ไข

การจัดทำสถิติการเกิดอุบัติเหตุ วิเคราะห์ประเภท สาเหตุ และแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุ สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีการจัดทำสถิติการเกิดอุบัติเหตุเป็นประจำทุกปี มีการวิเคราะห์ประเภทของอุบัติเหตุ สาเหตุ และแนวโน้ม มีการแสดงหรือเสนอสถิติฯ ให้ทุกคนในองค์กรทราบ และมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการขออนุญาตให้ทำงานบริเวณอันตราย (Work Permit) สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีระบบการขออนุญาต โดยมีแบบฟอร์มการขออนุญาต มีการกำหนดลักษณะงานและพื้นที่ ผู้ปฏิบัติงานและผู้อนุญาตผ่านการอบรมเรื่องระบบใบอนุญาต มีการทบทวนระบบอนุญาตปีละ 1 ครั้ง และมีการควบคุมให้มีการปฏิบัติ

การวางแผนรับเหตุฉุกเฉิน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 45 มีการจัดทำแผนฉุกเฉิน โดยมีการวางแผนเตรียมรับเหตุฉุกเฉินเป็นลายลักษณ์อักษร ครอบคลุมทุกอันตราย มีการกำหนดรายละเอียดของแผนฉุกเฉินครบถ้วน มีการอบรมและฝึกซ้อมตามที่กฎหมายกำหนด รวมทั้งมีการทบทวนและปรับปรุงแผนฉุกเฉินอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

การฝึกอบรมด้านความปลอดภัย สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 55 มีการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย และดำเนินการตามที่ระบุไว้เป็นบางข้อ ร้อยละ 25 มีการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย โดยมีการวิเคราะห์ความจำเป็นในการฝึกอบรมสำหรับพนักงาน มีหลักสูตรและแผนการฝึกอบรมให้กับพนักงานที่ทำงานเสี่ยง เช่น ทำงานกับสารเคมี เครื่องจักร ไฟฟ้า เป็นต้น มีหลักสูตรและแผนการฝึกอบรมแก่พนักงานใหม่ รวมถึงพนักงานที่เปลี่ยนงานไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และมีการประเมินผลการฝึกอบรม

การสอนงานแก่พนักงานใหม่หรือพนักงานที่เปลี่ยนงาน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 65 มีการสอนงาน โดยมีการกำหนดให้มีการสอนงานแก่พนักงานใหม่หรือพนักงานที่เปลี่ยนงานทุกคน มีเอกสารที่ใช้ในการสอน และหัวหน้างานได้รับการอบรมเรื่องการสอนงาน

การจัดเตรียมอุปกรณ์ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ห้องพยาบาล และบุคลากรทางการแพทย์ สถานประกอบการ

ส่วนใหญ่ร้อยละ 40 มีการจัดอุปกรณ์ในการปฐมพยาบาล และดำเนินการตามที่ระบุไว้อย่างน้อย 2 ข้อ ร้อยละ 35 มีการจัดเตรียมอุปกรณ์ในการปฐมพยาบาล และดำเนินการตามที่ระบุไว้ครบทุกข้อ คือ มีการจัดอุปกรณ์ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ห้องพยาบาล และบุคลากรทางการแพทย์ครบตามที่กฎหมายกำหนด มีการจัดรถฉุกเฉินไว้ประจำสถานประกอบการ และมีการอบรมเรื่องการปฐมพยาบาลเบื้องต้นแก่พนักงานไม่น้อยกว่าร้อยละ 20

การจัดอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลให้แก่พนักงาน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีการจัดให้ครบทุกประเภทตามลักษณะงาน โดยมีการอบรมวิธีการใช้และการบำรุงรักษา มีมาตรการในการควบคุม กำกับดูแล รวมทั้งมีการติดตามและประเมินผล

การสำรวจและตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 45 มีการสำรวจและตรวจวัด และดำเนินการตามที่ระบุไว้เป็นบางข้อ ร้อยละ 40 มีการสำรวจและตรวจวัด และดำเนินการตามที่ระบุไว้ครบทุกข้อ คือ มีแผนในการสำรวจและตรวจวัด มีการสำรวจโดยใช้แบบฟอร์ม มีการสำรวจและตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม รวมทั้งมีการรวบรวมสรุป และมีการปรับปรุงแก้ไขตามผลการสำรวจและตรวจวัด

การตรวจสุขภาพพนักงาน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีการตรวจสุขภาพพนักงาน โดยมีการตรวจสุขภาพทั่วไปประจำปีครบทุกคน มีการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงที่พนักงานสัมผัสทุกปี มีการแจ้งผลการตรวจให้พนักงานทราบ มีการเก็บประวัติสุขภาพพนักงาน และมีการวิเคราะห์ผลการตรวจสุขภาพพนักงาน และนำไปใช้ในการวางแผนการส่งเสริมสุขภาพอนามัยของพนักงาน

การบริหารงานความปลอดภัยของผู้รับเหมาในสถานประกอบการ ร้อยละ 45 มีการดำเนินการตามที่ระบุไว้ครบทุกข้อ คือ มีกฎ ระเบียบ มาตรการความปลอดภัยในการทำงานของผู้รับเหมา มีการอบรมพนักงานผู้รับเหมา มีการตรวจสอบหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุของผู้รับเหมา และมีมาตรการในการควบคุมให้ปฏิบัติ

ความปลอดภัยนอกงาน สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 45 มีกิจกรรมความปลอดภัยนอกงาน โดยมีการกำหนดกิจกรรมความปลอดภัยนอกงานเป็นลายลักษณ์อักษร มีการเก็บรายงาน และวิเคราะห์สาเหตุของความปลอดภัยนอกงาน มีการรณรงค์ ประชุมชี้แจงให้พนักงานทราบ และมีมาตรการควบคุมให้มีการปฏิบัติ

การเสนอแนะด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานจากพนักงานระดับต่าง ๆ

สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 45 มีการดำเนินการตามที่ระบุไว้เป็นบางข้อ ร้อยละ 30 ไม่มีระบบการเสนอแนะจากพนักงานระดับต่างๆ และร้อยละ 25 มีการกำหนดวิธีการไว้เป็นลายลักษณ์อักษร มีการพิจารณาข้อเสนอแนะ โดยคณะกรรมการความปลอดภัย รวมทั้งมีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข และพิจารณาให้รางวัล

การจัดนิทรรศการด้านความปลอดภัย การประกวดคำขวัญ หรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความปลอดภัย สถานประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 45 มีการดำเนินการตามที่ระบุไว้เป็นบางข้อ ร้อยละ 30 ไม่มีการจัดกิจกรรมใดๆ และร้อยละ 25 มีการดำเนินการเป็นประจำ โดยความร่วมมือจากพนักงานทุกระดับ ผู้บริหารมีส่วนร่วมในการตัดสินการประกวด และมีการให้รางวัล

3. ลักษณะทั่วไปของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานที่ทำการศึกษา จำนวน 31 คน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 67.7 เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 41 - 50 ปี ร้อยละ 41.93 ร้อยละ 74.2 มีสถานภาพสมรส และระดับการศึกษา ร้อยละ 58.1 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี

ประสบการณ์ในการทำงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 29 มีประสบการณ์การทำงานอยู่ระหว่าง 6 - 10 ปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 45.2 มีประสบการณ์เป็นหัวหน้างานระหว่าง 1 - 5 ปี มีจำนวนผู้ได้บังคับบัญชาภายใต้ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 58.1 มีจำนวนผู้ได้บังคับบัญชาอยู่ระหว่าง 1 - 10 คน

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เข้ารับการอบรมหลักสูตรเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 100 และในรอบ 2 ปีที่ผ่านมา ร้อยละ 51.6 ไม่เคยเป็นกรรมการหรือคณะทำงานอื่นๆ

4. เจตคติต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 58.1 มีเจตคติอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 25.8 มีเจตคติอยู่ในระดับต่ำ และ ร้อยละ 16.1 มีเจตคติอยู่ในระดับสูง

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานส่วนใหญ่ ร้อยละ 100 เห็นด้วยว่าหัวหน้างานเป็นผู้ที่สามารถสร้างจิตสำนึกความปลอดภัยในการทำงานให้กับ

พนักงานได้เป็นอย่างดี และทักษะในการป้องกันอุบัติเหตุเป็นทักษะที่จำเป็นมากประการหนึ่งของหัวหน้างาน ร้อยละ 96.8 มีความเห็นว่าความปลอดภัยเป็นส่วนหนึ่งของงานที่มีความสำคัญเท่ากับการผลิต แต่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานร้อยละ 64.5 มีความเห็นว่าหลักการเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเป็นสิ่งที่ดี แต่ปฏิบัติได้ยาก ร้อยละ 58.1 มีความเห็นว่าหน้าที่ต่างๆ ของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานเป็นสิ่งที่ดี แต่ในความเป็นจริงปฏิบัติได้ยาก นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานร้อยละ 3.2 ไม่ชอบที่จะต้องมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านความปลอดภัย และดูแลสุขภาพพนักงานในแผนกที่รับผิดชอบ ร้อยละ 32.4 มีความเห็นว่า ในการทำงานที่จำเป็นต้องมีการเสี่ยงกันบ้างเป็นธรรมดา

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการกำกับดูแลให้ปฏิบัติตามบัญญัติตามกฎระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับ และคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานนั้น เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 19.4 รู้สึกไม่สบายใจทุกครั้งที่เกิดถึงกฎ ระเบียบฯ และร้อยละ 3.2 รู้สึกอึดอัดใจที่จะต้องกำกับ ดูแล ให้ปฏิบัติตามบัญญัติตามกฎ ระเบียบฯ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 16.1 มีความรู้สึกว่าการทำงานฝืนกฎ ระเบียบฯ ก็ไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุรุนแรงมากนัก และมีความเห็นว่าหากคำนึงถึงความปลอดภัยมากเกินไป จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดอาการเกร็ง ร้อยละ 35.5 และมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 80 มีความเห็นว่าเป็นการยากที่จะติดตามดูแลผู้ปฏิบัติงานให้ปฏิบัติตามกฎ ระเบียบฯ และมีความเห็นว่าการกำกับดูแลให้เป็นไปตามกฎระเบียบฯ ทำให้ความพึงพอใจของพนักงานลดลงถึงร้อยละ 12.9

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 100 เห็นด้วยว่าการให้คำแนะนำเกี่ยวกับความปลอดภัยแก่พนักงานใหม่ทุกคน สามารถลดอุบัติเหตุในการทำงานลงได้ ร้อยละ 96.8 เห็นว่าการให้พนักงานมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานจะลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุได้ และร้อยละ 96.8 มีความเห็นว่าสิ่งที่ต้องแนะนำพนักงานเกี่ยวกับความปลอดภัยไม่ได้ทำให้เสียเวลาในการทำงาน อย่างไรก็ตาม มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานร้อยละ 35.5 มีความเห็นว่าควรฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกอบรมเรื่องความปลอดภัย

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาพการทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำงานนั้น เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 100 เห็นด้วยว่าการตรวจสอบความปลอดภัยในแผนกอย่างสม่ำเสมอเป็นมาตรการสำคัญในการป้องกันอุบัติเหตุ รวมทั้งหัวหน้างานมีการตรวจสอบสภาพการทำงานก่อนลงมือปฏิบัติงานประจำวัน สำหรับการตรวจความปลอดภัยโดยบุคคลภายนอกแผนก เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 6.5 เห็นด้วยว่าหัวหน้างานมักไม่พอใจให้บุคคลภายนอกมาตรวจสอบในพื้นที่ของตน

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการตรวจสอบหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ นั้น เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ร้อยละ 96.8 ไม่เห็นด้วยที่ว่าการตรวจสอบหาสาเหตุการบาดเจ็บเล็กน้อย ของพนักงานเป็นการเสียเวลา และร้อยละ 96.8 เห็นด้วยว่าการค้นหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุใช้เป็นแนวทางในการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานได้ แต่มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 6.5 มีความเห็นว่าการเขียนรายงานการบาดเจ็บ เป็นการเพิ่มภาระงานในหน้าที่การงาน และร้อยละ 48.4 เห็นด้วยว่าการบาดเจ็บเล็กน้อย ในการทำงานไม่จำเป็นต้องเขียนรายงาน นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 12.9 มีความเห็นว่าการบาดเจ็บเล็กน้อย เป็นเรื่องธรรมดา

ความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมความปลอดภัยนั้น เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ร้อยละ 3.2 มีความเห็นว่าการเพิ่มภาระงานทำให้เพิ่มงานและความยุ่งยาก และเกิดประโยชน์น้อย

5. การปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานส่วนใหญ่ มีการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยระดับปานกลาง

การกำกับ ดูแล ให้ลูกจ้างในหน่วยงานที่รับผิดชอบปฏิบัติตามข้อบังคับและคู่มือตามข้อ 3 (ข้อบังคับและคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงาน) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ร้อยละ 74.2 มีการประชุมชี้แจงให้พนักงานทราบถึงกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับ และคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษร และมีการกำกับดูแลให้มีการปฏิบัติและแก้ไขปัญหาต่างๆ ด้านความปลอดภัยอย่างสม่ำเสมอ รองลงมา ร้อยละ 19.4 ในการทำงานของหัวหน้างานไม่มีกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อ

บังคับ และคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษร และร้อยละ 6.4 มีกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับ และคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษร แต่หัวหน้างานไม่ได้มีการกำกับดูแล หรือมีการกำกับดูแล แต่ไม่สม่ำเสมอ ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาพนักงานไม่ใส่ใจ และละเลยต่อการปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับ และคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงาน การไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การดื่มสุราในขณะที่ปฏิบัติงาน

การวิเคราะห์งานในหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อค้นหาความเสี่ยงหรืออันตรายเบื้องต้น และจัดทำคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานในแต่ละประเภทของหัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ร้อยละ 51.6 มีการจัดทำการวิเคราะห์งานและคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานในแต่ละประเภท รองลงมา ร้อยละ 32.3 มีการจัดทำการวิเคราะห์งานแต่ไม่มีคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานในแต่ละประเภท และร้อยละ 16.1 ไม่มีการทำการวิเคราะห์งาน และคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานในแต่ละประเภท ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาไม่มีความรู้ความเข้าใจในการวิเคราะห์งาน เวลาไม่พอ งานมีความเสี่ยงน้อย

การสอนวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องแก่ลูกจ้างในหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของหัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ร้อยละ 64.5 มีการสอนตนเองและใช้เอกสารสำหรับการสอน ประกอบด้วย คู่มือการปฏิบัติงาน ขั้นตอนการทำงาน และมีการเน้นย้ำจุดสำคัญด้านความปลอดภัย รองลงมา ร้อยละ 32.3 หัวหน้างานไม่ได้สอนงานด้วยตัวเอง และร้อยละ 3.2 หัวหน้างานมีการสอนงานด้วยตัวเอง แต่ไม่มีเอกสารสำหรับการสอน และไม่ได้เน้นย้ำจุดสำคัญด้านความปลอดภัย ปัญหาอุปสรรคในการสอนวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาผู้ใต้บังคับบัญชาไม่มีความปลอดภัยเชิงลบ พนักงานเรียนรู้และเข้าใจเข้าพนักงานไม่ตั้งใจฟัง ไม่สนใจ

การตรวจสอบสภาพการทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัยก่อนลงมือปฏิบัติงานประจำวันของหัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 64.5 มีการตรวจสอบโดยใช้แบบฟอร์มการตรวจสอบ และบันทึกผลการตรวจสอบประจำวัน รองลงมา ร้อยละ 19.4 หัวหน้างานไม่ได้

มีการตรวจสอบสภาพการทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัยก่อนลงมือปฏิบัติงานประจำวัน และร้อยละ 16.1 มีการตรวจสอบโดยทั่วไป หรือมีการมอบหมายให้มีการตรวจสอบ แต่ไม่มีการใช้แบบฟอร์มการตรวจสอบ ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่หัวหน้างานละเลยการตรวจสอบ การไม่ทราบวิธีการตรวจสอบ และการไม่มีคู่มือการตรวจสอบ

การกำกับ ดูแล การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลของลูกจ้างในหน่วยงานที่รับผิดชอบ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 54.8 มีกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับและคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษรในเรื่องการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในแผนกที่รับผิดชอบ และมีการกำกับ ดูแลอย่างสม่ำเสมอ รองลงมา ร้อยละ 42 ไม่มีกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับและคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษร ในเรื่องการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และร้อยละ 3.2 มีกฎ ระเบียบ คำสั่ง ข้อบังคับและคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงานเป็นลายลักษณ์อักษรในเรื่องการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในแผนกที่รับผิดชอบ แต่มีการกำกับ ดูแลไม่สม่ำเสมอ ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล การมีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลไม่เพียงพอ

การรายงานการประสบอันตราย การเจ็บป่วย หรือการเกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญอันเนื่องมาจากการทำงานของลูกจ้างต่อนายจ้าง และแจ้งต่อเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับเทคนิค ระดับเทคนิคขั้นสูง หรือระดับวิชาชีพ สำหรับสถานประกอบการที่มีหน่วยงานความปลอดภัย ให้แจ้งต่อหน่วยงานความปลอดภัยทันทีที่เกิดเหตุ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 96.8 มีการดำเนินการรายงานเหตุที่เกิดขึ้นทันที และร้อยละ 3.2 ไม่มีดำเนินการแจ้งใดๆ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาผู้บริหารขาดการติดตามหรือแก้ไขอย่างจริงจัง หัวหน้างานไม่สามารถแก้ไขปัญหาเหตุเดือดร้อนรำคาญเองได้

การตรวจสอบหาสาเหตุการประสบอันตราย การเจ็บป่วย หรือการเกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญอันเนื่องมาจากการทำงานของลูกจ้างร่วมกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการ

ทำงานระดับเทคนิค ระดับเทคนิคขั้นสูง หรือระดับวิชาชีพ และ รายงานผล รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อ นายจ้างโดยไม่ชักช้า เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน ระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 87.1 มีการตรวจสอบหา สาเหตุเมื่อเกิดอุบัติเหตุเล็กน้อย หรือทรัพย์สินเสียหายไม่เกิน 1,000 บาท โดยมีการใช้แบบฟอร์มและมีการรายงานผล รวมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา รองลงมา ร้อยละ 9.7 มีการตรวจสอบหาสาเหตุเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ต้องมีการหยุดงาน แต่ไม่เกิน 3 วัน หรือเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล หรือ ทรัพย์สินเสียหายมากกว่า 1,000 บาทขึ้นไป และร้อยละ 3.2 ไม่มีการตรวจสอบหาสาเหตุใดๆ ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาพนักงานให้ข้อมูลเท็จ เนื่องจากกลัว ความผิด การขาดความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การ ไม่เข้าใจขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบหาสาเหตุการประสพ อันตรายๆ

การส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมความปลอดภัย ในการทำงานนั้น กิจกรรมส่วนใหญ่ ได้แก่ กิจกรรม 5ส. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 67.8 ให้ความสำคัญและส่งเสริมสนับสนุนกิจกรรมด้าน ความปลอดภัยในการทำงานอย่างสม่ำเสมอ รองลงมา ร้อยละ 29.0 ไม่มีกิจกรรมด้านความปลอดภัยในการทำงานในแผนก และร้อยละ 3.2 มีกิจกรรมด้านความปลอดภัย แต่หัวหน้างาน ไม่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมความปลอดภัยในการ

ทำงานอย่างสม่ำเสมอ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาพนักงานไม่เห็นความสำคัญ เวลาในการ จัดกิจกรรมมีน้อย และขาดการประชาสัมพันธ์

การปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยในการทำงาน อื่นตามที่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับบริหาร มอบหมาย เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับ หัวหน้างาน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 77.4 ไม่ได้รับมอบหมายงาน ด้านความปลอดภัยในการทำงานเพิ่มเติม ร้อยละ 22.6 ได้รับ มอบหมายงานด้านความปลอดภัยในการทำงานเพิ่มเติม เช่น การเป็นคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพ แวดล้อมในการทำงาน คณะกรรมการสำรวจความปลอดภัย และคณะกรรมการดำเนินการรับข้อร้องเรียน นอกจากนี้ยังไม่พบปัญหาและอุปสรรคใดๆ

6. ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

เมื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานด้าน อาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ในการทำงานระดับหัวหน้างาน ในกรณีหน่วยวิเคราะห์ระดับ โรงงาน พบว่า ระดับการบริหารความปลอดภัยของสถาน ประกอบการมีผลต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความ ปลอดภัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Results of stepwise regression which to investigate head safety supervisors practices on occupational health and safety (OH&S), factors influencing their performances

Independent variable	Regression coefficient (b)	Standard error	Standardized regression coefficient (beta)	p-value
- Constant	9.093	1.547	-	<0.001
- Level of safety management in the workplace	0.09	0.34	0.528	<0.001

$R^2 = 0.28, \text{Adj } R^2 = 0.238, \text{SEE} = 2.88, F = 6.950, p\text{-value} < 0.001$

สำหรับกรณีหน่วยวิเคราะห์ระดับบุคคล ปัจจัยที่มีผล ต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ใน

กลุ่มสถานประกอบการที่มีการบริหารงานความปลอดภัย ระดับต่ำ คือ จำนวนผู้ได้บังคับบัญชาในความรับผิดชอบ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน (Table 2)

Table 2 Results of stepwise regression which to investigate head safety supervisors practices on occupational health and safety (OH&S), factors influencing their performances

Independent variable	Regression coefficient (b)	Standard error	Standardized regression coefficient (beta)	p-value
- Constant	0.818	0.787	-	<0.05
- The number of employee who under their responsibilities	3.818	0.407	0.989	<0.05

R² = 0.98, Adj R² = 0.967, SEE = 0.674, F = 88.20, p-value < 0.05

ในส่วนของกลุ่มสถานประกอบการที่มีการบริหารงานความปลอดภัยระดับปานกลางและระดับสูง ไม่พบตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

การกำกับ ดูแล ให้ลูกจ้างในหน่วยงานที่รับผิดชอบปฏิบัติตามข้อบังคับและคู่มือตามข้อ 3 (ข้อบังคับและคู่มือว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงาน) นั้น กฎ ระเบียบฯ ในสถานประกอบการมักจะไม่ครอบคลุมในทุกงานหรือครอบคลุมอันตรายที่เกิดขึ้นได้ และพบว่าระบบการบริหารจัดการความปลอดภัยของสถานประกอบการส่วนใหญ่ไม่เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน เช่น ระดับบริหารไม่ให้ความสำคัญเท่าที่ควร ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ไม่มีระบบของการติดตามผลการดำเนินงาน ในการส่งเสริมสนับสนุนให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานปฏิบัติตามงานปฏิบัติด้านการกำกับ ดูแล ให้มีการปฏิบัติตามกฎ ระเบียบฯ สถานประกอบการจึงควรกำหนดกฎ ระเบียบฯ ครอบคลุมทุกประเภทของงานฝ่ายบริหารควรให้ความสำคัญโดยมีนโยบายการปฏิบัติและการติดตามผลที่ชัดเจน และหัวหน้างานต้องเอาใจใส่ กำกับดูแลอย่างสม่ำเสมอ ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยแก่พนักงาน และอบรมอย่างสม่ำเสมอ หัวหน้างานควรมีการประชุมชี้แจง เป็นระยะ และมีบทลงโทษที่เหมาะสมซึ่งจะสามารถช่วยให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน กำกับ ดูแลฯ ได้สะดวกขึ้น และแสดงให้พนักงานเห็นถึงการให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยของสถานประกอบการ¹

การวิเคราะห์งานในหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อค้นหาความเสี่ยงหรืออันตรายเบื้องต้น และจัดทำคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานในแต่ละประเภทของหัวหน้างานนั้น ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาไม่มีความรู้ความเข้าใจในการวิเคราะห์งาน เวลาไม่พอ งานมีความเสี่ยงน้อย ดังนั้นผู้บริหารควรมีการกำหนดนโยบายอย่างเป็นทางการไว้ล่วงหน้า เพื่อให้พนักงานปฏิบัติตาม และส่งเสริมสนับสนุนให้มีการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (Job Safety Analysis, JSA) และจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานด้านความปลอดภัย (Safety Standard Operation Procedure, SSOP) หัวหน้างานต้องได้รับการอบรมการวิเคราะห์งาน และทุกคนต้องร่วมมือกันในการปฏิบัติ^{2,3}

การสอนวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องแก่ลูกจ้างในหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของหัวหน้างาน ปัญหาอุปสรรคในการสอนวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานส่วนใหญ่เป็นปัญหาผู้ใต้บังคับบัญชาไม่สนใจฟัง ไม่ตั้งใจฟัง ไม่สนใจ อาจมีสาเหตุมาจากเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานส่วนใหญ่ไม่ทราบถึงหลักการสอนงานที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีปัญหาเกี่ยวกับการสอนและการสื่อสารยาก จึงทำให้พนักงานเรียนรู้และเข้าใจช้า ใช้เวลานาน หลักการสอนที่ถูกต้องจะช่วยทำให้หัวหน้างานสอนงานเป็นไปตามขั้นตอน ผู้เรียนไม่สับสน ไม่หลงลืมเน้นย้ำจุดสำคัญด้านความปลอดภัย รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มจิตสำนึกความปลอดภัยให้กับพนักงาน สถานประกอบการจึงควรส่งเสริมให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานเรียนรู้หลักการสอนงานที่ถูกต้อง และมีการสนับสนุนให้มีการปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน^{2,3}

การตรวจสอบสภาพการทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัยก่อนลงมือปฏิบัติงานประจำวันของหัวหน้างาน ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่หัวหน้างานละเลยการตรวจสอบ การไม่ทราบวิธีการตรวจสอบ และการไม่มีคู่มือการตรวจสอบ เพื่อให้เกิดผลในการปฏิบัติ จึงควรสนับสนุนให้มีอบรม หรือชี้แจงวิธีการตรวจสอบเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน การจัดทำบัญชีรายชื่อเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงสถานที่ที่ต้องมีการตรวจสอบประจำวัน กำหนดผู้รับผิดชอบให้เหมาะสม เช่น หัวหน้างาน ช่างซ่อมบำรุง หรือพนักงานผู้ปฏิบัติ พร้อมทั้งควรมีการติดตามผลการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ

การกำกับ ดูแล การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลของลูกจ้างในหน่วยงานที่รับผิดชอบ ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล การมีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลไม่เพียงพอ ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลในการปฏิบัติ สถานประกอบการจึงควรสนับสนุนให้มีอบรมให้ความรู้เรื่องการใช้ อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล วิธีการใช้และการบำรุงรักษา และมีการจัดหาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลให้อย่างเพียงพอ พร้อมทั้งควรมีการกำกับ ดูแล ติดตาม ผลการใช้อย่างสม่ำเสมอ⁴

การรายงานการประสบอันตราย การเจ็บป่วย หรือการเกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญอันเนื่องมาจากการทำงานของลูกจ้างต่อนายจ้าง และแจ้งต่อเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับเทคนิค ระดับเทคนิคขั้นสูง หรือระดับวิชาชีพ สำหรับสถานประกอบการที่มีหน่วยงานความปลอดภัย ให้แจ้งต่อหน่วยงานความปลอดภัยทันทีที่เกิดเหตุ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาผู้บริหารขาดการติดตามหรือแก้ไขอย่างจริงจัง หัวหน้างานไม่สามารถแก้ไขปัญหาเหตุเดือดร้อนรำคาญเองได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลในการปฏิบัติ ฝ่ายบริหารควรให้ความสำคัญโดยมีนโยบายการปฏิบัติ และการติดตามผลที่ชัดเจน^{4,5}

การตรวจสอบหาสาเหตุการประสบอันตราย การเจ็บป่วย หรือการเกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญอันเนื่องมาจากการทำงานของลูกจ้าง ร่วมกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับเทคนิค ระดับเทคนิคขั้นสูง หรือระดับวิชาชีพ และรายงานผล รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อ

นายจ้างโดยไม่ชักช้า ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาพนักงานให้ข้อมูลเท็จ เนื่องจากกลัวความผิด การขาดความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การไม่เข้าใจขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบหาสาเหตุการประสบอันตรายฯ ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลในการปฏิบัติในการตรวจสอบฯ จึงควรฝึกอบรมให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ทราบถึงวิธีการที่ถูกต้อง และการสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องให้แก่พนักงานในการตรวจสอบและรายงานอุบัติเหตุ รวมถึงกำหนดขั้นตอนที่ชัดเจนในการปฏิบัติ^{6,7}

การส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมความปลอดภัยในการทำงานนั้น กิจกรรมส่วนใหญ่ ได้แก่ กิจกรรม 5ส. การดำเนินกิจกรรมของสถานประกอบการ ส่วนใหญ่ขาดความต่อเนื่องและแรงกระตุ้น ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาพนักงานไม่เห็นความสำคัญ เวลาในการจัดกิจกรรมมีน้อย และขาดการประชาสัมพันธ์ เพื่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติในการเสริมสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัยให้กับพนักงาน และเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน สถานประกอบการโดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะกรรมการความปลอดภัยฯ ควรกำหนดกิจกรรมด้านความปลอดภัยฯ ให้เหมาะสม กำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ระดมความคิดเห็นจากฝ่ายต่างๆ มีวิธีการจูงใจที่เหมาะสม มีการจัดกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง และมีการติดตามผลการดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานปฏิบัติงานส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมความปลอดภัยในการทำงานได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น⁸

การปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยในการทำงาน อื่นตามที่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับบริหาร มอบหมาย งานด้านความปลอดภัยที่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานได้รับมอบหมายเพิ่มเติม ได้แก่ การเป็นคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน คณะกรรมการสำรวจความปลอดภัย และคณะกรรมการดำเนินการรับข้อร้องเรียน นอกจากนี้ยังไม่พบปัญหาและอุปสรรคใดๆ

2. การวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ได้แก่ การบริหารงานความปลอดภัยของสถานประกอบการ และจำนวนผู้ได้บังคับบัญชาที่รับผิดชอบ

แนวคิดของระบบการบริหารความปลอดภัยสมัยใหม่ (Modern Safety Management) หรือการบริหารเพื่อ

ควบคุมการสูญเสีย (Loss Control Management) ได้มุ่งเน้นที่การบริหารและการจัดการ การจัดการบริหารความปลอดภัย สถานประกอบการที่ทำการวิจัย ส่วนใหญ่ร้อยละ 55 อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม สถานประกอบการและหน่วยงานของรัฐควรให้ความสำคัญ และร่วมกันพัฒนาระบบการบริหารความปลอดภัยในสถานประกอบการให้มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง และเอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยของบุคลากรทุกฝ่ายอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกันกับงานวิจัยของ จารุวรรณ วิโรจน์ และคณะ (2550)⁴ ได้ทำการศึกษาศักยภาพที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน: การวิเคราะห์พฤติกรรม ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน มีทั้งสิ้น 9 ตัวแปร เป็นปัจจัยระดับโรงงาน 3 ตัวแปร คือ การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การให้ความสนับสนุนของผู้บริหาร การจัดการเกี่ยวกับพนักงานใหม่ ตัวแปรระดับบุคคล 5 ตัวแปร ได้แก่ อายุ เงินเดือน ระดับการศึกษา จำนวนลูกน้องภายใต้การดูแลของหัวหน้างาน และเจตคติด้านความปลอดภัย และพบว่า ตัวแปรอิทธิพลร่วมระหว่างการให้ความสนับสนุนของผู้บริหารและการจัดการเกี่ยวกับพนักงานใหม่ก็มีความสัมพันธ์ด้วยเช่นกัน ตัวแปรความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายการแปรผันของการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยเมื่อพิจารณา ณ ระดับบุคคล และ ณ ระดับโรงงานได้ร้อยละ 59.3 และ 81.9 ตามลำดับ

ส่วนจำนวนผู้ได้บังคับบัญชาที่รับผิดชอบมีผลต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานในกลุ่มโรงงานที่มีการบริหารงานความปลอดภัยอยู่ในระดับต่ำ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานที่มีจำนวนผู้ได้บังคับบัญชามากกว่าจะปฏิบัติงานได้ดีกว่าหัวหน้างานที่มีผู้ได้บังคับบัญชาน้อยกว่า เพราะเนื่องจากมีผู้ได้บังคับบัญชาจำนวนมาก จึงต้องคอยกำกับ ดูแล อย่างใกล้ชิด ทั้งยังต้องเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับผู้ได้บังคับบัญชาปฏิบัติตามด้วย^{9,10}

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานในกลุ่มสถานประกอบการที่มีระดับการบริหารจัดการความปลอดภัยในระดับปานกลางและระดับสูง ไม่พบตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานนั้นๆ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาอาจจะไม่มีความแตกต่างกันในปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาอย่างชัดเจน และการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยได้ถูกกำหนดให้เป็นหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติ และมีระบบของการตรวจสอบติดตามการปฏิบัติ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

- หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความปลอดภัยในการทำงาน ควรมีการดำเนินการวิเคราะห์และประเมินการบริหารงานความปลอดภัยของสถานประกอบการต่างๆ เพื่อ
 - ส่งเสริมและสนับสนุนการบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
 - กำกับ ดูแล ให้มีการปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการทำงาน
 - เสนอแนะให้มีการแก้ไขจุดบกพร่อง
- สถานประกอบการโดยผู้บริหารระดับสูง คณะกรรมการความปลอดภัย และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ
 - ผู้บริหารระดับสูงแสดงเจตนาพร้อมให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน ทราบถึงนโยบายความปลอดภัย และการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย เพื่อให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน เห็นว่าผู้บริหารต้องการให้มีการปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยอย่างจริงจัง และความปลอดภัยมีความสำคัญเท่ากับการผลิต
 - ควรกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบงานด้านความปลอดภัยไว้เป็นส่วนหนึ่งของหน้าที่หัวหน้างานลงในการพรรณนาลักษณะงาน (Job Description)
 - การปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยมีผลต่อการพิจารณาความดีความชอบประจำปี
 - ควรมีการจัดระบบงานความปลอดภัยที่เอื้อต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน
 - สนับสนุนให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานมีบทบาทในการประชุมชี้แจง/สอนงานเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน ทั้งในกรณีการฝึกอบรมในงาน (On the Job Training) และการฝึกอบรมนอกงาน (Off the Job Training) ให้กับผู้ได้บังคับบัญชาอย่างสม่ำเสมอ
- ควรมีการเสริมสร้างเจตคติต่อการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน
 - จัดกิจกรรมอบรมและส่งเสริมด้านความปลอดภัยในการทำงานให้แก่หัวหน้างานอย่างสม่ำเสมอตามความจำเป็น (Training Need)
 - จัดกิจกรรมเพื่อประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ผลงานด้านความปลอดภัยของแผนก เพื่อเป็นการกระตุ้นการ

ปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ

- เปิดโอกาสให้มีการศึกษาดูงานด้านการปฏิบัติงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการที่เป็นตัวอย่างได้

4. พัฒนาศักยภาพ และพัฒนาความรู้ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างานถือว่าเป็นผู้บริหารระดับต้น ที่มีหน้าที่กำกับ ดูแล และสั่งงานแก่พนักงาน เพื่อให้งานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับการยอมรับจากพนักงาน และมีทักษะในการจูงใจผู้ใต้บังคับบัญชา และเพื่อนร่วมงานในการปฏิบัติงานต่างๆ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน จึงควรได้รับการฝึกอบรม (Train the Trainer) เพื่อเพิ่มทักษะและความสามารถด้านต่างๆ ที่จำเป็น ได้แก่ การสอนและแนะนำงาน จิตวิทยาในการทำงาน สัมพันธภาพในงาน การปรับปรุงวิธีการทำงาน และหัวข้ออื่นๆ ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนการปฏิบัติงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาตัวแปรเรื่องบุคลิกภาพของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน โดยใช้แบบทดสอบบุคลิกภาพ
2. ศึกษากลไก/วิธีการที่จะผลักดันให้ผู้บริหารให้ความสำคัญต่อการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ
3. สัมภาษณ์พนักงานผู้ใต้บังคับบัญชาของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน เพื่อยืนยันข้อมูลการปฏิบัติงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในแผนก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่าน สถานประกอบการทุกแห่งที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงแรงงาน. พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 (2554, 17 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 128 ตอนที่ 4 ก. หน้า 5-25.
2. สรญา พุทธิชิน. ทักษะความปลอดภัย การรับรู้การปฏิบัติตามกฎหมาย และพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงาน ในเขตอุตสาหกรรมปิ่นทอง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ การจัดการมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2558.
3. สุชาติพิทย์ รองสวัสดิ์. ปัจจัยการรับรู้เรื่องความปลอดภัยในการทำงานที่มีผลต่อพฤติกรรมในการทำงานของพนักงานระดับปฏิบัติการ ประจำการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ; 2555.
4. จารุวรรณ วิโรจน์ จิราพร เขียวอยู่ ภาณี ฤทธิมาก และศิริพร คำสะอาด. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน: การวิเคราะห์พหุระดับ, วารสารวิจัย มข. ฉบับบัณฑิตศึกษา 2550;ปีที่ 7:ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค.): หน้า 46-57.
5. วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2552.
6. สุรัชย์ ตริยศิลานันท์. ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้การจัดการความปลอดภัยของพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกในจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ การจัดการมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2552.
7. Itani T, Tachi N, Ebara T, Takanishi T, Murata K. Approaches to occupational health based on participatory methodology in small workplaces. Journal of Industrial Health 2006;44:17-21.
8. Awodele o, Popoola TD, Ogbudu BS, Akinyede A, Coker HAB, Akintonwa A, Occupational hazards and safety measures among the paint factory workers in Lagos, Nigeria Saf Health Work 2014;5:2:106-14.
9. Health and Safety Authority, Dublin. UK. Hazard and risk: guidelines on risk assessment. 2011;2:4-8.
10. Sharon Clarke. Safety climate in an automobile manufacturing plant: The effects of work environment, job communication and safety attitudes on accidents and unsafe behavior. Personnel Review 2006;35:430-43.

การประเมินผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

Health Impact Assessment of Communities Near The Landfill Site of Warinchamrab Municipality, Ubonratchathani Province

จิราภรณ์ หลาบคำ¹, ชุฬีพร เทพแสง², จิตติมา วันทอง³

Chiraporn Lapkham¹, Chuleeporn Thepsaeng², Thitima Wonthong³

Received: 24 November 2015; Accepted: 20 March 2016

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบทางสุขภาพเชิงลบและเชิงบวก ในมิติทางกาย มิติทางจิตใจ และมิติทางสังคมของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็นตัวแทนของครัวเรือนที่อยู่รอบบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ จำนวน 141 คน จาก 531 ครัวเรือน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถาม และแบบสังเกต วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ และร้อยละ

ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างส่วนใหญ่ระบุว่า มีสุขภาพร่างกาย จิตใจ และสังคม เหมือนกับเมื่อช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ร้อยละ 55.3, 64.5 และ 61.0 ตามลำดับ) โดยผลกระทบสุขภาพร่างกายเชิงลบ ได้แก่ ฝุ่นละอองและควันไฟจากเตาเผาขยะติดเชื้อ ร้อยละ 46.8 เป็นแหล่งกำเนิดแมลงและสัตว์นำโรคที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคติดต่อ (ร้อยละ 40.4) และกลิ่นเหม็นจากมูลฝอย (ร้อยละ 39.7) ส่วนผลกระทบสุขภาพจิตเชิงลบ ได้แก่ มีความกังวลต่อการใช้น้ำผิวดิน (ร้อยละ 77.3) มีความรู้สึกกังวลใจต่อการใช้น้ำบาดาล (ร้อยละ 71.6) และมีความกังวลใจกับการตั้งบ้านเรือนใกล้กับสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (ร้อยละ 72.3) ส่วนผลกระทบสุขภาพจิตเชิงบวก ได้แก่ มีความสุขดีกับการอาศัยอยู่ในชุมชน (ร้อยละ 64.5) และการคมนาคมขนส่งภายในชุมชนมีความสะดวกมากขึ้น (ร้อยละ 53.2) และผลกระทบทางสังคมเชิงลบ ได้แก่ เกิดความขัดแย้งระหว่างชุมชนกับเทศบาล (ร้อยละ 26.3) ชุมชนอื่นรังเกียจ (ร้อยละ 24.1) และรายได้ของครอบครัวลดลง (ร้อยละ 15.6) ผลกระทบทางสังคมเชิงบวก ได้แก่ การสร้างอาชีพและเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน (ร้อยละ 65.3) และมีบทบาทในการปกป้องสิทธิของตนเองและชุมชนมากขึ้น (ร้อยละ 55.3)

ดังนั้นเทศบาลเมืองวารินชำราบ ควรดำเนินการวางแผนป้องกันผลกระทบสุขภาพของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย โดยเฉพาะฝุ่นละอองและควันไฟที่เกิดจากเตาเผาขยะติดเชื้อ การป้องกันการปนเปื้อนน้ำผิวดิน และนำที่ดินจากน้ำชะขยะมูลฝอย รวมทั้งการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับเทศบาลให้มากขึ้น เพื่อควบคุมและลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

คำสำคัญ : การประเมินผลกระทบสุขภาพ ชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย สถานที่ฝังกลบมูลฝอย

Abstract

The objectives of this research were to assess both positive and negative health impacts communities near the landfill site of Warinchamrab Municipality, Ubon Ratchathani Province impacts included physical health, mental health and social impact of. Health the sample group included 141 representatives from 531 households surrounding the Warinchamrab Municipality landfill site. The instruments used in the study included a questionnaire and observation form analyzed by the use of frequencies and percentages.

¹ อาจารย์, ² นักศึกษาปริญญาตรี, ³ นักศึกษาปริญญาตรี, วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

¹ Lecturer, ² Bachelor degree student, ³ Bachelor degree student, College of Medicine and Public Health, Ubonratchathani University, WarinChamrapDistrict, UbonRatchathani 34190, Thailand.

The results found that despite protests over the last five years, samples generally were exposed to the same level of hazards as experienced at the initial opening of the land fill. The majority of samples claimed impact from the following three categories: physical (55.3%) mental health (64.5%) and social (61.0). The negative physical health impacts included dust and fumes from the incinerator, infection (46.8%) sources of insects and vectors (40.4%) and odor from fermented waste (39.7%). The negative mental health impacts included concerns about use of groundwater (77.3%), underground water (71.6%) and house location near a landfill site (72.3%). The positive mental health impacts included happiness at living in their community (64.5%) and transportation within the community being convenient (53.2%). The negative social impacts included conflicts between communities and municipalities (26.3%) other community's being shunned (24.1%) and family income decreasing (15.6%). The positive social impact included promoting career and increase revenue for the community (65.3%) and playing a role in protecting their own rights and communities (55.3%) The Warinchamrab Municipality should have a plan which addresses the impact to health in communities located near a landfill site. Their plan should include resolution of dust and fume problems from the incinerator, infection, prevent contamination of groundwater and underground water from leachate and promotion of improved relationships between the community and the municipality.

Keywords : Health Impact Assessment, communities near a landfill site, landfill

บทนำ

เทศบาลเมืองวารินชำราบมีบ่อฝังกลบขยะ (โครงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองวารินชำราบ) ที่รวบรวมขยะทั้งในสถานที่ต่างๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงมาทิ้งจำนวนมาก ซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้เฉลี่ย 114.31 ตัน/วัน โดยเทศบาลเมืองวารินชำราบเป็นผู้รับผิดชอบการจัดการขยะมูลฝอย ตั้งแต่จุดเก็บ การเก็บกวาด การรวบรวม การขนส่ง รวมทั้งการกำจัดโดยการฝังกลบ ซึ่งสถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาลเมืองวารินชำราบ มีพื้นที่ทั้งหมด 282 ไร่ ตั้งอยู่ที่ บ้านดอนผอุง ตำบลคูเมือง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี โดยเริ่มใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 สามารถรองรับมูลฝอยจนถึงปี 2565¹ ซึ่งที่ผ่านมาสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ พบว่าไม่ได้มีการกลบทับทุกวัน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหากลิ่นรบกวน ขยะปลิวออกนอกพื้นที่ ก่อให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรค และสัตว์พาหะนำโรคได้ อีกทั้งเทศบาลเมืองวารินชำราบยังมีการรับกำจัดขยะประเภทขยะติดเชื้อ โดยใช้เตาเผาขยะติดเชื้อแบบหมุน มีการรวบรวมขยะติดเชื้อมาจากโรงพยาบาล คลินิก และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ และมุกดาหาร ซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้เฉลี่ย 4 ตัน/วัน จึงทำให้ปริมาณขยะติดเชื้อมีปริมาณมาก¹ จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ พบว่าปัญหาของเตาเผาขยะติดเชื้อในขณะนี้ คือ เตาเผาขยะติดเชื้อกำลังอยู่ในช่วงดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซม จึงได้ใช้เตาเผาขยะติดเชื้อสำรองทดแทน ซึ่งมีขนาดเล็ก และไม่ถูกหลักสุขาภิบาล

อาจจะก่อให้เกิดขยะติดเชื้อตกค้าง เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรค เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานในบริเวณเตาเผาขยะติดเชื้อ และชาวบ้านที่อยู่บริเวณโดยรอบได้จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ยังพบปัญหาที่สำคัญของบ่อฝังกลบขยะ คือ จะมีน้ำล้นออกมาจากบ่อฝังกลบขยะในฤดูฝน ซึ่งเป็นน้ำขยะมูลฝอย อาจก่อให้เกิดผลกระทบจากการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่ใช้ประโยชน์หรืออาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติเหล่านั้นได้ และจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ยังพบว่าเคยมีการร้องเรียนจากชาวบ้านเกี่ยวกับผลกระทบจากหมอกควัน และกลิ่นจากการเผาขยะติดเชื้อ และเนื่องจากมีฝนตกทางเทศบาลเมืองวารินชำราบเกรงว่าน้ำเสียจะเอ่อล้นจากบ่อ จึงได้ปล่อยน้ำเสียบางส่วนออก ซึ่งส่งผลทำให้ปลาตายเป็นจำนวนมาก³ ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และยังส่งผลกระทบต่อชาวบ้านที่อยู่บริเวณโดยรอบบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองวารินชำราบอีกด้วย

จากข้อมูลสถิติการเจ็บป่วยของประชาชนที่รับบริการในโรงพยาบาล เขตอำเภอวารินชำราบ ประจำปี 2558 ซึ่งครอบคลุมการเข้ารับบริการของทั้ง 3 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่บ้านดอนผอุง หมู่บ้านโนนใหญ่ และหมู่บ้านนาพิมาน ซึ่งอยู่ในอำเภอวารินชำราบ พบว่า สาเหตุการเจ็บป่วยที่พบมากเป็นอันดับหนึ่ง ในปี 2558 คือ โรคระบบทางเดินหายใจ รองลงมาคือ โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง และ โรคติดเชื้อและปรสิต โดยมีอัตราป่วย 5,838, 1,363 และ 904 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ⁴ และจากรายงานระบาดวิทยา (รง. 506) โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเมืองประจำปี 2558 ซึ่ง

ครอบคลุมการเข้ารับบริการของหมู่บ้านดอนผอุง พบว่าโรคที่พบมากที่สุดอันดับหนึ่งในปี 2558 คือ โรคตาแดง รองลงมาคือ อาหารเป็นพิษ และไข้ไม่ทราบสาเหตุ โดยมีอัตราป่วย 84.44, 36.19 และ 36.19 ตามลำดับ และจากรายงาน 504 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโนนยาง ประจำปี พ.ศ. 2556 – 2558 ซึ่งครอบคลุมการเข้ารับบริการของหมู่บ้านโนนใหญ่ และหมู่บ้านนาพิมาน ซึ่งอยู่ใน ตำบลสระสมิง อำเภอวารินชำราบ จ.อุบลราชธานี พบว่าโรคที่พบมากที่สุดอันดับหนึ่ง คือ โรคระบบหายใจ รองลงมา คือ โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง และภาวะแปรปรวนทางจิต โดยมีอัตราป่วย 2,260, 383 และ 110 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ ซึ่งโรคเหล่านี้อาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม อันเนื่องมาจากการฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลเมืองวารินชำราบได้ ดั้งมีการศึกษาของนคร กาเหรัมย์ (2553). ได้ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการจัดการมูลฝอย ตำบลท่าพระ อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น พบว่า มีอัตราการเจ็บป่วยเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยที่ไม่ถูกสุขลักษณะ อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางกาย ได้แก่ เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคระบบทางเดินอาหาร โรคผิวหนัง/ผิวหนังอักเสบ และพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความวิตกกังวลกับปัญหาความสกปรกของระบบการจัดการมูลฝอย ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ร้อยละ 58.90⁵ จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ายังไม่เคยมีการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของชาวบ้านที่อยู่ในชุมชนบริเวณใกล้เคียง ซึ่งอาจจะได้รับผลกระทบจากป่อกองขยะ และยังขาดกระบวนการรวบรวมข้อมูลรอบด้านจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง และการอ้างอิงข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจนำการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ (Health Impact Assessment : HIA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล มาใช้เพื่อศึกษาถึงผลกระทบทางด้านสุขภาพจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลเมืองวารินชำราบที่แท้จริง และดำเนินการให้ข้อเสนอแนะรวมทั้งหาแนวทางในการป้องกัน และควบคุมปัญหาต่อไป ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการนำผลกระทบต่อสุขภาพดังกล่าวมาใช้ในการตัดสินใจเชิงนโยบาย ในการจัดทำสถานที่ฝังกลบมูลฝอยชุมชนในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อประเมินผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนใน 3 มิติ ได้แก่ มิติทางกาย มิติทางใจ และมิติทางสังคม ของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบของการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่อประเมินผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ใน 3 มิติ ได้แก่ มิติทางกาย มิติทางจิตใจ และมิติทางสังคมโดยใช้กระบวนการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ ซึ่งประกอบด้วย การกั้นกรง การกำหนดขอบเขตการศึกษา การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ และการจัดทำรายงานและข้อเสนอแนะ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ คริวเรือนที่อยู่ในชุมชน ที่ตั้งอยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลเมืองวารินชำราบ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 531 คริวเรือน จาก 3 หมู่บ้าน ได้แก่

- 1) หมู่บ้านดอนผอุง ต.คูเมือง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี
- 2) หมู่บ้านโนนใหญ่ ต.สระสมิง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี
- 3) หมู่บ้านนาพิมาน ต.สระสมิง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

กลุ่มตัวอย่าง คือ ตัวแทนคริวเรือนที่ได้รับผลกระทบจากการฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลเมืองวารินชำราบ หลังคาเรือนละ 1 คน เฉพาะหมู่บ้านที่กำหนดเป็นประชากรเท่านั้น ซึ่งได้มาจากการคำนวณขนาดตัวอย่าง จากสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าสัดส่วนประชากร (กรณีประชากรมีขนาดเล็ก)⁶

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

n = ขนาดตัวอย่างที่ต้องการศึกษา

N = จำนวนประชากรที่ศึกษา จำนวน 531 คน

α = ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05

Z = ค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญ

ทางสถิติซึ่งกำหนด Z ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha= 0.05$) ดังนั้น $Z_{\alpha/2}$ มีค่าเท่ากับ 1.96

p = ค่าสัดส่วนของคริวเรือนที่ได้รับผลกระทบทางจิตจากการฝังกลบมูลฝอย ที่ส่งผลต่อสุขภาพของตนเองและครอบครัว ร้อยละ 84.8 มีค่าเท่ากับ 0.848⁷

e = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้เกิดขึ้นได้ กำหนดที่ร้อยละ 6 ของค่า p มีค่าเท่ากับ 0.051 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 141 คนจากจำนวนขนาดตัวอย่าง 531 ครั้วเรือน

การสุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย 141 คน จากจำนวนตัวอย่าง 531 คน โดยการจับสลากบ้านเลขที่แบบไม่ใส่คืน ในแต่ละหมู่บ้านเท่ากับจำนวนหลังคาเรือนตามที่แบ่งสัดส่วนได้ จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง

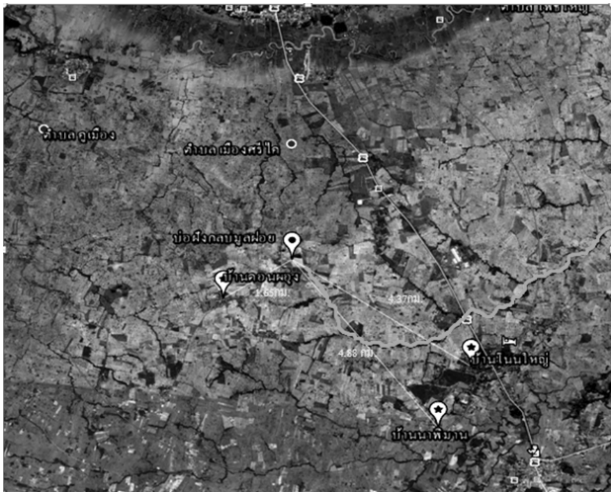


Figure 1 Study areas

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษานี้มาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง⁽⁷⁾ โดยได้ทำการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 3 เครื่องมือ ได้แก่

1) แบบสอบถาม โดยแบ่งเป็น 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพทางกายจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพจิตจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ส่วนที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพสังคมจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ส่วนที่ 6 ข้อเสนอแนะแนวทางลดผลกระทบต่อสุขภาพชุมชน และการส่งเสริมสุขภาพชุมชนที่มีสาเหตุมาจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

2) แบบสังเกตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ

ส่วนที่ 2 ชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ

3) แบบรวบรวมข้อมูลซึ่งแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การกำจัดมูลฝอยชุมชน

ส่วนที่ 2 การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษานี้ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม แบบสังเกตผลกระทบต่อสุขภาพชุมชน และแบบรวบรวมข้อมูลการกำจัดมูลฝอย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบทางร่างกาย จิตใจ และสังคม ที่ได้จากแบบสอบถาม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา การแจกแจงความถี่ และร้อยละ

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาตัวอย่าง 141 คนประกอบด้วยเพศหญิง ร้อยละ 61.7 เพศชาย ร้อยละ 37.6 มีอายุระหว่าง 41-60 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 87 อาชีพหลักเป็นเกษตรกร ร้อยละ 69.5 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ตั้งแต่ 10,000 บาท ขึ้นไป ร้อยละ 45.4 และไม่เคียดคิดที่จะย้ายครอบครัวไปอยู่ที่อื่น ร้อยละ 91.5

ข้อมูลผลกระทบด้านสุขภาพ

(1) ผลกระทบด้านร่างกาย ตัวอย่างส่วนใหญ่ระบุว่า มีสุขภาพร่างกายเหมือนกับเมื่อช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ร้อยละ 55.3 ผลกระทบทางสุขภาพเชิงลบ ได้แก่ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยทำให้เกิดฝุ่นละออง ควันกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในชุมชน เช่น ภูมิแพ้ ไข้หวัด หลอดลมอักเสบ เป็นต้น ร้อยละ 46.8 รองลงมาคือสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดแมลงและสัตว์นำโรค ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคติดต่อต่างๆในชุมชน เช่น โรคอุจจาระร่วง ตาแดง ไข้เลือดออก เป็นต้น ร้อยละ 40.4 และกลิ่นรบกวนจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยทำให้สมาชิกในครอบครัวรู้สึกเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ร้อยละ 39.7 ประชาชนกลุ่มเสี่ยงต่อผลกระทบทางสุขภาพ คือ เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วย พนักงนที่ปฏิบัติงานในการฝังกลบและผู้มีภูมิ

ไวรัล/ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

(2) ผลกระทบด้านจิตใจ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ รู้สึกว่ามีสุขภาพจิตเหมือนกับเมื่อช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา ร้อยละ 64.5 ผลกระทบต่อสุขภาพจิตเชิงลบ ได้แก่ มีความรู้สึกกังวลใจต่อการใช้น้ำผิวดินในการอุปโภค บริโภค ร้อยละ 77.3 รองลงมาคือ มีความรู้สึกกังวลใจต่อการใช้น้ำบาดาลในการอุปโภค บริโภค ร้อยละ 71.6 และมีความรู้สึกกังวลใจในการตั้งบ้านเรือนใกล้กับสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ร้อยละ 72.3 กลุ่มเสี่ยงต่อผลกระทบทางสุขภาพเหล่านี้ คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ส่วนผลกระทบทางสุขภาพเชิงจิตบวก คือ รู้สึกมีความสุขดีกับการอาศัยอยู่ในชุมชน ร้อยละ 64.5 และมีความสะดวกสบายในการคมนาคมขนส่งภายในชุมชน ร้อยละ 53.2

(3) ผลกระทบด้านสังคม กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ รู้สึกว่ามีสภาพความเป็นอยู่ทางสังคมเหมือนกับเมื่อช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา ร้อยละ 61.0 โดยผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้น ได้แก่ เกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่างชุมชนกับเทศบาลเมืองวารินชำราบ ร้อยละ 26.3 รองลงมาคือ ชุมชนอื่นรังเกียจ ร้อยละ 24.1 ประชาชนกลุ่มเสี่ยงต่อผลกระทบทางสุขภาพเหล่านี้ คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ส่วนผลกระทบทางสุขภาพทางสังคมเชิงบวก คือ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยตั้งอยู่ใกล้ชุมชนทำให้มีการสร้างอาชีพหรือเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ร้อยละ 65.3 และการร้องเรียนปัญหาสิ่งแวดล้อมจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยทำให้ชาวบ้านมีบทบาทปกป้องสิทธิของตนเองและชุมชนมากขึ้น ร้อยละ 55.3

จากข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพที่ได้จากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม สามารถเรียบเรียงผลกระทบต่อสุขภาพเชิงลบและเชิงบวกทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และสังคมตามกรอบแนวคิดปัจจัยกำหนดสุขภาพของประเทศแคนาดา

ผลจากการสำรวจด้วยแบบสอบถามสามารถสรุปข้อเสนอแนะแนวทางลดผลกระทบต่อสุขภาพและส่งเสริมสุขภาพชุมชนได้ ดังนี้

(1) ข้อเสนอแนะแนวทางการป้องกันและลดผลกระทบต่อสุขภาพชุมชน

ปรับปรุงวิธีการฝังกลบขยะมูลฝอยให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ได้แก่ ปรับปรุงระบบท่อระบายน้ำรอบหลุมฝังกลบ ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพ ฉีดพ่น Effective Microorganisms (EM) บนกองขยะเพื่อลดกลิ่นรบกวน และลดปริมาณแมลงวัน ปรับปรุงและบำรุงรักษาเตาเผาขยะติดเชื้อให้มีประสิทธิภาพพร้อมใช้งาน ปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์บริเวณรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ได้แก่ การปลูกต้นไม้รอบพื้นที่หลุมฝังกลบขยะ เพื่อป้องกันฝุ่นละออง และ

ขยะปลิวออกนอกพื้นที่ รวมทั้งควรมีระบบติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังผลกระทบของมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน และมลพิษทางอากาศ อย่างต่อเนื่อง และเมื่อมีเหตุร้องเรียน ควรมีการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ถึงมาตรการ และการดำเนินการแก้ไขปัญหของเทศบาลต่อชุมชนอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่อง

(2) ข้อเสนอแนะในการส่งเสริมสุขภาพในชุมชน

หน่วยงานด้านสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องควรกำหนดกิจกรรมการส่งเสริมสุขภาพให้เป็นส่วนหนึ่งในแผนงานส่งเสริมสุขภาพด้านสาธารณสุข โดยมีการตรวจสอบสุขภาพของประชาชนในชุมชนเป็นประจำอย่างน้อย 3 เดือน/ครั้ง มีกิจกรรมการให้คำแนะนำปรึกษาปัญหาสุขภาพจิตแก่ประชาชนในชุมชนอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งส่งเสริมกิจกรรมด้านการออกกำลังกาย การดูแลสุขภาพ การควบคุมโรคติดต่อ การสุขาภิบาลอาหาร และสุขาภิบาลที่พักอาศัยในชุมชน และมีการติดตามเฝ้าระวังผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชนอย่างต่อเนื่อง

สรุปและอภิปรายผล

ผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ส่วนใหญ่จะเป็นผลกระทบต่อสุขภาพในเชิงลบ ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งของชุมชน โดยชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้กับสถานที่ฝังกลบมูลฝอยมากที่สุด คือ บ้านดอนผอุง จะเป็นชุมชนที่ได้รับผลกระทบทั้งทางร่างกาย จิตใจ และสังคม มากกว่าชุมชนอื่น ผลกระทบทางสุขภาพเชิงลบ ได้แก่ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยทำให้เกิดฝุ่นละออง ควั่น กลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในชุมชน เช่น ภูมิแพ้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา^๑ พบว่า ขยะมูลฝอยเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ และการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเผาจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวน ทำให้อากาศเป็นพิษ กลุ่มตัวอย่างระบุว่ามักจะมีกลิ่นเหม็นในช่วงอากาศเย็นๆ หรือในช่วงหลังฝนตก โดยจะได้กลิ่นมาเป็นระยะๆ โดยเฉพาะในเวลาากลางคืน รวมทั้งในเวลากลางวันชาวบ้านระบุว่ามีการเผาขยะติดเชื้อ ทำให้ได้รับกลิ่นเหม็นและรบกวนความเป็นอยู่ของคนในชุมชน อีกทั้งสถานที่ฝังกลบมูลฝอยยังเป็นแหล่งกำเนิดแมลงและสัตว์นำโรค ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคติดต่อต่างๆในชุมชน เช่น โรคอุจจาระร่วง ตาแดง ชุมชนที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ บ้านดอนผอุง และบ้านโนนใหญ่ โดยปริมาณแมลงวันที่มีมากในช่วงฤดูร้อนได้สร้างความเดือดร้อนรำคาญและเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินอาหารที่มีแมลงวันเป็นพาหะแมลงหวี่ที่เป็นพาหะของโรคตาแดง สอดคล้องกับข้อมูล

รายงานวิทยาการระบาดของประชาชนตำบลคูเมืองปี พ.ศ. 2556 พบว่า โรคที่พบมากที่สุดอันดับหนึ่ง ในปี 2558 คือ โรคตาแดง รองลงมาคือ อาหารเป็นพิษ

ผลกระทบต่อสุขภาพจิตส่วนใหญ่จะเป็นผลกระทบต่อสุขภาพในเชิงลบ ได้แก่ มีความรู้สึกกังวลใจต่อการใช้น้ำผิวดินและน้ำบาดาลในการอุปโภค บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา⁽⁷⁾ พบว่าประชาชนส่วนใหญ่มีความกังวลใจต่อการใช้น้ำผิวดิน และน้ำบาดาลในการอุปโภค บริโภค โดยกลุ่มตัวอย่างระบุว่าขาดแคลนน้ำสะอาดในการอุปโภค บริโภค ชุมชนที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ บ้านดอนผอุง และบ้านโนนใหญ่ ซึ่งทั้งสองหมู่บ้านนี้เป็นหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสียจากน้ำชะขยะ กลุ่มตัวอย่างระบุว่า เมื่อ 2-3 ปีที่ผ่านมา มีปลาและสัตว์น้ำในห้วยชั้นที่เชื่อมต่อมาจากบ่อดังกลบขยะ ลอยตายเนื่องจากได้รับสารพิษจากน้ำชะขยะมูลฝอยที่ปนเปื้อนไปยังลำห้วยชั้นที่ทอดยาวมาถึงบ้านโนนใหญ่ ทำให้สัตว์น้ำมีการปนเปื้อนของสารพิษ อีกทั้งยังทำให้น้ำในห้วยชั้นมีสีดำ ชาวบ้านจึงไม่กล้าที่จะลงไปแช่ในแหล่งน้ำ เพราะกลัวที่จะได้รับสารพิษและเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย โดยแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ชาวบ้านในบ้านดอนผอุงได้ระบุว่าน้ำบาดาลมีสีขุ่น และมีกลิ่นเหม็น คาดว่าน่าจะเกิดจากการปนเปื้อนของน้ำชะขยะลงสู่ลำน้ำใต้ดิน ชาวบ้านจึงมีความกังวลไม่กล้านำน้ำมาอุปโภค บริโภค

ผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่ทางสังคมในเชิงลบ ได้แก่ เกิดความขัดแย้งระหว่างชุมชนกับเทศบาลเมืองวารินชำราบ สอดคล้องกับการศึกษา⁽⁸⁾ ศึกษาผลกระทบทางสุขภาพของชุมชน ที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น พบว่า การที่มีสถานที่ฝังกลบมูลฝอยตั้งอยู่ใกล้ชุมชนทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างชุมชนกับเทศบาลนครขอนแก่น เนื่องจากประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียงนั้นได้รับผลกระทบจากกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการเผามูลฝอยติดเชื้อ ทำให้รบกวนการดำเนินชีวิตของประชาชน อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างระบุว่าไม่ค่อยพอใจกับการแก้ไขปัญหามลพิษจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของทางเทศบาล และยังทำให้เกิดการร้องเรียนเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นที่ชุมชนได้รับหลายครั้ง ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาช่วยดูแลและจัดการให้ถูกต้อง เพราะชาวบ้านเกิดความวิตกกังวลว่าผลกระทบจากการฝังกลบมูลฝอยจะส่งผลต่อสุขภาพของตนเองและครอบครัว

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปัจจุบันได้มีการเผามูลฝอยติดเชื้อโดยใช้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อสำรอง ทำให้ประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้รับผลกระทบจากกลิ่นเหม็นและฝุ่นควัน รวมทั้งได้รับผลกระทบจากน้ำชะขยะที่ปนเปื้อน

ไปยังแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง ทำให้ประชาชนมีความรู้สึกกังวลใจต่อการนำน้ำมาใช้อุปโภค-บริโภค และรู้สึกกังวลใจในการตั้งบ้านเรือนใกล้กับสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาจัดการ ควบคุมดูแล และป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้น รวมทั้งควรมีการติดตามเฝ้าระวังผลกระทบอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เทศบาลเมืองวารินชำราบ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคูเมือง และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโนนยาง รวมทั้งผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกท่านจากทั้ง 3 หมู่บ้าน ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. เทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. ผลการดำเนินงานระบบเก็บขนและกำจัดขยะมูลฝอย ประจำปี 2556-2557. วารินชำราบ: ม.ป.พ., 2557.
2. สุริธา ที่ปรึกษพันธ์ุ และคณะ. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีและความเป็นพิษของน้ำชะจากพื้นฝังกลบมูลฝอยที่ระดับการบำบัดต่างกัน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
3. ศูนย์ดำรงธรรม จังหวัดอุบลราชธานี. การแก้ไขปัญหาบ่อขยะปล่อยน้ำเสีย. [สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2558]. แหล่งสืบค้น URL; <http://ubondamrongdham.ubonrat-chathani.go.th/index.php/newsletters>
4. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโนนยาง. รายงานสาเหตุการป่วย 21 กลุ่มโรคแยกตามผู้ป่วย (รง.504) ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558. วารินชำราบ: ม.ป.พ., 2558. (รง.504) ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558. วารินชำราบ: ม.ป.พ., 2558.
5. นคร กาเหย์ม. ผลกระทบต่อสุขภาพจากการจัดการมูลฝอย. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553.
6. อรุณ จิรวัดณ์กุล. ชีวิตที่ดีสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. ขอนแก่นมหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2548
7. ลาวัลย์ วิภาพรพงศ์. ผลกระทบทางสุขภาพจากขยะมูลฝอยในหมู่บ้านปาลานดอนแก้ว ตำบลทุ่งสะโตก อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2555.
8. พัชรี ศรีฤดา. ผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำมูลตอนล่าง

Artificial Neural Network Models for Flood Forecasting in Lower Mun Catchment

ทวี ชัยพิมลผลิน¹ ทวีศักดิ์ วังไพศาล¹

Tawe Chaipimonplin¹ Thaveesak Vangpaisal¹

Received: 8 December 2015; Accepted: 29 March 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าโดยใช้จำนวนข้อมูลนำเข้าทั้งหมด เปรียบเทียบกับ เทคนิคการคัดเลือกข้อมูล 5 วิธี (Cross correlation-C, Stepwise regression-S, Cross correlation+Stepwise regression-CS, Genetic algorithms-G และ Supervise-Sp) เพื่อให้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ระดับน้ำ 24 และ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า ณ สถานี M.7 โดยข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงจากสถานี M.181 M.179 M.176 และ M.182 นอกจากนี้ยังมีการทดสอบกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ประเภท (Levenberg-Marquardt algorithm และ Bayesian Regularization algorithm) และหาจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสม (เพิ่มจำนวนโหนดตั้งแต่ 1 โหนด จนถึงจำนวน $2n+1$) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า การพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 24 และ 48 ชั่วโมงในเหตุการณ์ปี 2007 เทคนิคการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าวิธี C และ CS เป็นเทคนิคที่คัดเลือกข้อมูลที่ดีที่สุด จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมคือ 1 โหนดและกระบวนการเรียนรู้ทั้ง 2 ประเภท ให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกันโดยมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่อนข้างดีโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 8.7 และ 12.7 เซนติเมตร หรือ ค่า CE มีค่า 0.99 และ 0.98 สำหรับการพยากรณ์ 24 และ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า ตามลำดับ

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์น้ำท่วม ลุ่มน้ำมูลตอนล่าง

Abstract

Five input determination techniques (Cross correlation-C, Stepwise regression-S Cross correlation+Stepwise regression-CS, Genetic algorithms-G and Supervise-Sp) were investigated by comparing them using all input variables. An artificial neural network was used for flood forecasting at 24 and 48 hr in advance at M.7 station, and the input variables were hourly water levels monitored from M.181, M.179, M.176 and M.182 stations. In addition, two learning algorithms of the artificial neural network (Levenberg-Marquardt algorithm and Bayesian Regularization algorithm) were investigated. Finding the suitable number of hidden nodes (increasing from 1 to $2n+1$ node) was also included in this research. It was found that for flood forecasting at 24 and 48 hr in a 2007 event, C and CS techniques were the best. The suitable number of hidden nodes was 1 node and both learning algorithms had similar performance. In addition, the model performances were pretty good by error value approximately 8.7 and 12.7 centimeters or CE value with 0.99 and 0.98 for forecasting 24 and 48 hr in advance respectively.

Keywords: Artificial Neural Network, Flood Forecasting, Lower Mun Catchment

¹ อาจารย์, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

¹ Lecturer, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, 50200, Thailand
E-mail: tawe.c@cmu.ac.th/chaipimonplin@hotmail.com

บทนำ

ในรอบ 50 ปีที่ผ่านมาบริเวณพื้นที่สะพานเสรีประชาธิปไตย อำเภอเมือง และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานีประสบปัญหาน้ำท่วมจำนวน 23 ครั้ง โดยน้ำท่วมใหญ่จำนวน 9 ครั้ง และรุนแรงมาก 3 ครั้ง (พ.ศ. 2493 2521 และ 2545 ตามลำดับ) ซึ่งในปัจจุบันพบว่าน้ำท่วมแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาท่วมขังประมาณ 2-3 เดือน¹ โดยแนวทางในการลดผลกระทบหรือความเสียหายจากน้ำท่วมคือ ควรจะมีการเตือนภัยล่วงหน้า เพื่อที่จะมีเวลาในการเตรียมการป้องกัน โดยในปัจจุบันวิธีการที่นิยมใช้คือ การใช้ความสัมพันธ์การเดินทางของมวลน้ำจากสถานีต้นทางถึงสถานีปลายทาง เช่น ลุ่มน้ำปิง อ่างอิงระดับน้ำจากสถานี P.67 เพื่อเตือนภัยน้ำท่วม สถานี P.1² หรือ ลุ่มน้ำมูล อ่างอิงระดับน้ำจากสถานี M.190 เพื่อเตือนภัยน้ำท่วม สถานี M.9³ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน กลุ่มงานสารสนเทศและการพยากรณ์น้ำ กรมชลประทานได้เริ่มมีการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมใน 11 ลุ่มน้ำ เช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (C.2) ลุ่มน้ำแม่กลอง (K.37 และ B.10A) ลุ่มน้ำป่าสัก (S.42) เป็นต้น⁴ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจัดอยู่ในกลุ่มของ Black box model ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองที่มีลักษณะโครงสร้าง และหลักการทำงานคล้ายสมองคน ซึ่งประกอบด้วยโหนดต่างๆ ซึ่งโครงสร้างมาตรฐานจะประกอบไปด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นข้อมูลนำเข้า (Input layer) ชั้นซ่อนเร้น (Hidden layer) และชั้นข้อมูลออกหรือข้อมูลสำหรับพยากรณ์ (Output layer) โดยสามารที่จะเรียนรู้ จัดจำรูปแบบต่างๆ เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ได้ตลอดเวลา ข้อดีของแบบจำลองประเภทนี้ก็สามารถที่เรียนรู้ได้ภายในระยะเวลาอันสั้น⁵ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้า หรือโครงข่ายประสาทเทียมสามารถที่จะพยากรณ์เหตุการณ์ที่แบบจำลองไม่เคยได้เรียนรู้มาก่อน⁶ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ที่มีแนวโน้มการเกิดน้ำท่วมที่มีความรุนแรงและความถี่มากขึ้น

ทวี ชัยพิมลผลิน⁷ สรุปประเด็นในการที่จะพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้มีความแม่นยำหรือเหมาะสมต่อการพยากรณ์นั้น มีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เช่น ความถูกต้องของข้อมูล การคัดเลือกข้อมูลนำเข้า การกำหนดจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น การคัดเลือกช่วงเหตุการณ์สำหรับการเรียนรู้และทดสอบ หรือ ประเภทของกระบวนการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยถ้ามีการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าที่มีนัยสำคัญจะช่วยให้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพที่มากขึ้น^{8, 9, 10, 11} โดยเทคนิคในการคัดเลือกข้อมูลนำเข้ามีหลายวิธี เช่น วิธี Sensitive Analysis¹² วิธี Partial Mutual Information^{13, 14} วิธี Pruning Algorithm^{14, 15} วิธี Genetic Algorithm^{16, 17} วิธี Step-

wise Regression¹⁰ และ วิธี Correlation Analysis^{10, 14, 18} โดยวิธี Correlation analysis เป็นวิธีที่นิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด^{19, 20} Chaipimonplin²⁰ ได้ทำการเปรียบเทียบ วิธีการคัดเลือกชนิดข้อมูลนำเข้า ทั้งหมด 8 วิธี สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำที่ลุ่มน้ำปิง และได้สรุปว่า วิธีที่คัดเลือกข้อมูลนำเข้าเหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำปิง คือ Stepwise Regression และ Correlation Analysis

จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น ถ้ามีน้อยเกินไปจะทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพลดลง แต่ถ้ามากเกินไปก็อาจจะทำให้แบบจำลองเรียนรู้ดีเกินไปจนเกิดเหตุการณ์ที่เรียกว่า overfitting ซึ่งมีผลต่อการพยากรณ์ทำให้มีความแม่นยำลดลง โดยไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดว่าจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นควรมีจำนวนเท่าใด ดังนั้น ASCE⁹ แนะนำว่าการที่จะรู้ว่าจำนวนโหนดจำนวนเท่าใดที่จะเหมาะสมที่สุดในชั้นแอบแฝง ต้องทำการลองผิดลองถูกเองในแต่ละกรณีศึกษา ขึ้นอยู่กับพื้นที่และความซับซ้อนของข้อมูล

สำหรับประเภทการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมมีกระบวนการเรียนรู้หลายประเภท เช่น Conjugate gradient, Quasi-Newton, Bayesian regularization (BR) และ Levenberg-Marquardt (LM) โดย LM เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่รวดเร็วที่สุด และเป็นกระบวนการเรียนรู้มาตรฐานที่ใช้ในโปรแกรม Matlab²¹ โดย LM ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ด้านอุทกวิทยา เช่น โอม ไทยสวัสดิ์ และคณะ²² ใช้ในการพยากรณ์น้ำท่ารายวัน, Sahoo and Ray²³ ใช้พยากรณ์อัตราการผลิตของน้ำ, Chaipimonplin²⁴ ใช้พยากรณ์ระดับรายชั่วโมง ส่วน BR ถูกนำมาใช้สำหรับการพยากรณ์ด้านอุทกวิทยา เช่น Anctil and Lauzon²⁵ และ Anctil et al.^{16, 26, 27} ใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำท่า Chaipimonplin et al.^{28, 29} ใช้พยากรณ์ระดับน้ำรายวัน Zhang and Govindaraju³⁰ ใช้สำหรับพยากรณ์น้ำท่า ทวี ชัยพิมลผลิน³¹ พยากรณ์ระดับน้ำ และ ทวีศักดิ์ วังไพศาล และจักรฤทธิ์ ตรีนาง³² ใช้พยากรณ์ ระดับน้ำรายชั่วโมง เป็นต้น นอกจากนี้ เนื่องจากงานวิจัยของ Chaipimonplin et al.²⁸ สรุปว่า กระบวนการเรียนรู้ BR พยากรณ์ค่าระดับน้ำสูงสุดได้ดีกว่าแบบ LM

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานี M.7 ตั้งอยู่บริเวณสะพานเสรีประชาธิปไตย อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีต้นน้ำของสถานี M.181, M.179, M.176 และ M.182 ซึ่งมีระยะทางตามลำน้ำประมาณ 25.4, 76.1, 76 และ 72.2 กิโลเมตรตามลำดับ³³ โดยมีการเปรียบเทียบการใช้ข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกันการเปรียบเทียบระหว่าง LM และ BR และมีการปรับเปลี่ยนจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษาและข้อมูล

พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ลุ่มมูลตอนล่าง (Figure1) โดยพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้าที่สถานี M.7 ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล ส่วนที่ 3 จังหวัดอุบลราชธานี มีระดับตลิ่งประมาณ 7 เมตร หรือ +112 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำท่วม คือ ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง จากสถานี M.181, M.179, M.176 และ M.182 (Figure 2)

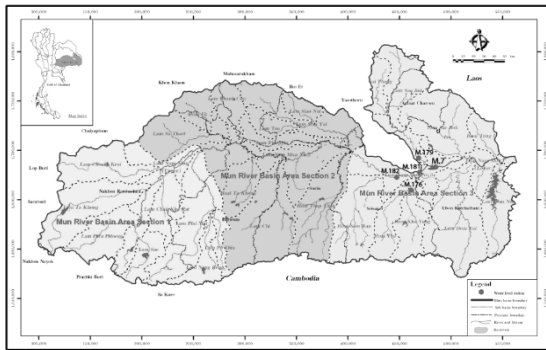


Figure 1 Mun Catchment

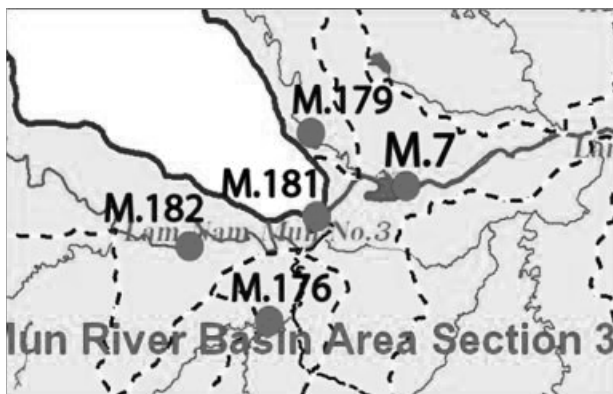


Figure 2 Water level station in the study area

ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่มีครบทุกสถานีนั้นมีตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007- 2011 ในการคัดเลือกช่วงเวลาของข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ จะทำการคัดเลือกช่วงข้อมูลที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมคือช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายนจากไฮโดรกราฟ (Figure 3) จะพบว่า มีเหตุการณ์น้ำท่วม 4 ปี คือ 2007, 2008, 2009 และ 2011 และ Flood คือระดับของตลิ่ง

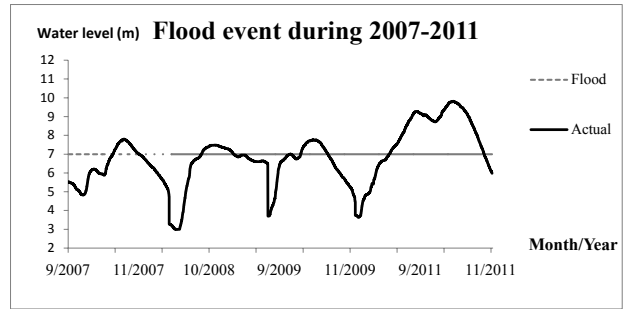


Figure 3 Hydrograph at M.7 between 2007-2011

การออกแบบของแบบจำลองและการคัดเลือกข้อมูลนำเข้า

สำหรับการทดสอบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้เหตุการณ์น้ำท่วมที่ไม่รุนแรง (ปี 2007) เป็นปีทดสอบ (สำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมปีที่รุนแรงปี 2011 ในการพยากรณ์ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า ดูเพิ่มเติมได้จาก Chaipimonplin and Vangpaisal³⁴ และ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า Chaipimonplin and Vangpaisal³⁵) โดยเลือกใช้การเรียนรู้แบบ LM และ BR ซึ่งในการวิจัยนี้ได้กำหนดให้ช่วงข้อมูลสำหรับการเรียนรู้แบบสุ่มซึ่งหมายความว่า ไม่มีการกำหนดช่วงข้อมูลสำหรับตรวจสอบ (Validation) ในการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนรู้แบบ BR ไม่สามารถที่จะกำหนดข้อมูลสำหรับตรวจสอบได้ และเพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ และพยากรณ์ที่เป็นตัวแทนของการทดสอบ จึงทำการเรียนรู้และทดสอบแบบจำลองทั้งสิ้น 50 ครั้งแล้วนำผลพยากรณ์มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของแบบจำลองในแต่ละประเภทของแบบจำลองเนื่องจากการกำหนดช่วงข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องให้เป็นแบบสุ่มซึ่งจะทำให้ผลพยากรณ์ที่ได้จากการสุ่มนี้มีค่าที่แตกต่างกัน และการเรียนรู้แบบ BR เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบสุ่ม ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนของแบบจำลองจึงต้องมีการทำการเรียนรู้และทดสอบมากกว่า 1 ครั้ง ส่วนจำนวนรอบที่ต้องทำการเรียนรู้และทดสอบที่ระบุไว้ 50 ครั้งเนื่องจาก เป็นจำนวนรอบที่เหมาะสม^{20, 25}

จำนวนข้อมูลนำเข้าทั้งหมดมีจำนวน 15 ตัวแปร โดยข้อมูลระดับน้ำจากทั้งหมด 5 สถานี และข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงของแต่ละสถานีจะใช้ข้อมูล ณ เวลา t และ ใช้ข้อมูลย้อนหลังรายชั่วโมง 12 และ 24 ชั่วโมง (t-12 และ t-24) สำหรับการคัดเลือกข้อมูลนำเข้ามี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Cross correlation-C (เลือกเฉพาะตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ มากกว่า 0.9 โดยโปรแกรม SPSS), วิธี Stepwise regression-S (โดยโปรแกรม SPSS) และใช้ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 0.9 ใส่ในกระบวนการ Stepwise regression เพื่อคัดเลือกตัวแปรอีกขั้นหนึ่ง (Cross correlation+Stepwise regression-CS) โดยใช้

โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ วิธี Genetic algorithms-G ใช้โปรแกรม WEKA รุ่น 3.6.8³⁶ และวิธีเลือกโดยผู้วิจัย (Sp) โดยใช้ข้อมูลนำเข้าเฉพาะเวลาปัจจุบัน (t) นอกจากนั้นยังมีการใช้ตัวแปรที่มีทั้งหมด (A) มาเปรียบเทียบกับเทคนิคต่างๆ

การกำหนดจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นจะเพิ่มจำนวนโหนดทีละ 1 โหนด แต่ไม่ให้เกินจำนวน $2n+1$ (n คือจำนวนข้อมูลนำเข้าและการพยากรณ์ 24(A) และ 48 (B) ชั่วโมงล่วงหน้า ดังนั้นแบบจำลองในบทความนี้สามารถแบ่งได้จำนวน 12 แบบจำลอง (AC, AS, ACS, AG, ASp, AA, BC, BS, BCS, BG, BSp, BA)

การประเมินประสิทธิภาพ

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจะใช้ค่าสถิติ Peak Difference (PDIFF), Root Mean Squared Error (RMSE), Coefficient of Efficiency (CE)³⁷ โดย PDIFF คือค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุด (ค่าผลต่าง ณ จุดระดับน้ำที่สูงระหว่างค่าจริงที่วัดได้ และค่าเฉลี่ยจากแบบจำลอง ถ้าค่าติดลบ หมายถึงแบบจำลองพยากรณ์ระดับน้ำต่ำกว่าระดับจริง), RMSE คือ ค่าความคลาดเคลื่อนรวมระหว่างค่าจริงและค่าจากแบบจำลองค่าที่เข้าใกล้ 0 หมายถึงแบบจำลองมีประสิทธิภาพที่ดีและ CE คือค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าจากแบบจำลองถ้าค่าใกล้ 1 หมายถึงแบบจำลองมีประสิทธิภาพที่ดี

ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลการพยากรณ์ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า

ผลการคัดเลือกข้อมูลนำเข้า (Table 1) พบว่าสำหรับการพยากรณ์ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า (t+24) เทคนิค Cross correlation และ Stepwise regression เลือกข้อมูลเหมือนกัน โดยเลือกข้อมูลจาก 4 สถานี ยกเว้น M.176 ส่วนเทคนิคผสมมีการลดจำนวนข้อมูลนำเข้าโดยการตัด M.179_24 และ M.181_12 ออกไปทำให้เหลือจำนวนข้อมูลเพียง 10 ตัวแปร แต่สำหรับเทคนิค Genetic algorithms เลือกข้อมูล M.176_24 และไม่เลือกข้อมูล M.181_24 และ M.182_24 (แต่เทคนิค C, CS, S เลือก) ในการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า (t+48) พบว่าเทคนิค C มีการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าเหมือนกันการพยากรณ์ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า ส่วนเทคนิค S มีการคัดเลือกข้อมูลเพิ่มจากเทคนิค C คือ M.176 และ M.176_12 โดยมีการตัดข้อมูล M.179_24 ออกไป แต่สำหรับเทคนิค G เลือก M.176 แทน M.176_24 (Table 2)

Table 1 Input variables t+24

Variables	Input determination techniques				
	AC	AS	ACS	AG	ASp
M.7	X	X	X	X	X
M.7_12	X	X	X	X	
M.7_24	X	X	X	X	
M.181	X	X	X	X	X
M.181_12	X	X		X	
M.181_24	X	X	X		
M.179	X	X	X	X	X
M.179_12	X	X	X	X	
M.179_24	X	X		X	
M.176					X
M.176_12					
M.176_24				X	
M.182	X	X	X	X	X
M.182_12	X	X	X	X	
M.182_24	X	X	X		
Total	12	12	10	11	5

Table 2 Input variables t+48

Variables	Input determination techniques				
	BC	BS	BCS	BG	BSp
M.7	X	X	X	X	X
M.7_12	X	X	X	X	
M.7_24	X	X	X	X	
M.181	X	X	X	X	X
M.181_12	X	X	X	X	
M.181_24	X	X	X		
M.179	X	X	X	X	X
M.179_12	X	X	X	X	
M.179_24	X				
M.176		X		X	X
M.176_12		X			
M.176_24					
M.182	X	X	X		X
M.182_12	X	X	X	X	
M.182_24	X	X	X		
Total	12	13	11	9	5

ผลการพยากรณ์ 24 ชั่วโมงล่วงหน้าเมื่อพิจารณาค่าสถิติ CE และ RMSE (Figure 4) พบว่าแบบจำลองที่เรียนรู้แบบ LM และ BR มีค่าสถิติที่ใกล้เคียงกันยกเว้นแบบจำลองที่มีการใช้ข้อมูลนำเข้าทั้งหมด (AA) โดยการเรียนรู้ BR ให้ผลการพยากรณ์ที่ค่อนข้างเสถียรกว่า LM เมื่อมีการเพิ่มจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเริ่มมีจำนวนมากขึ้น โดยจำนวนโหนดชั้นซ่อนเริ่มที่ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือ 1 โหนด

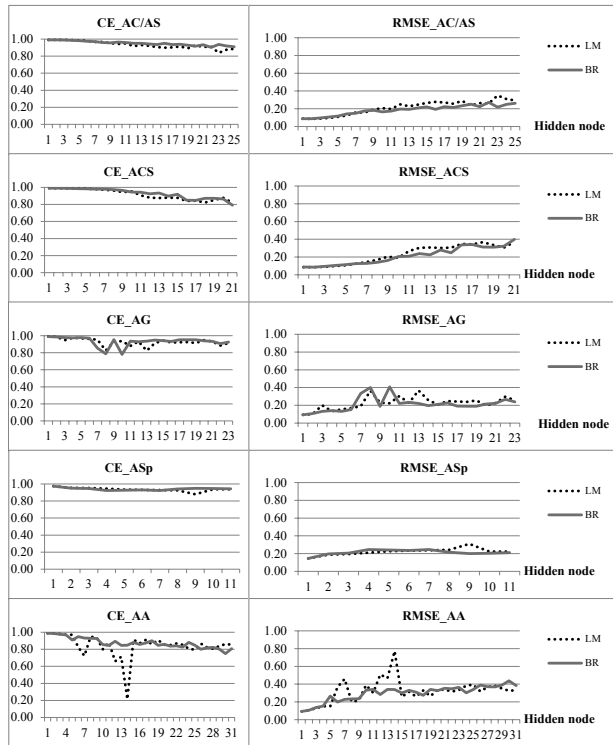


Figure 4 CE and RMSE of ANN models for t+24 hr

ค่าสถิติในแต่ละแบบจำลองแสดงใน (Table 3) ซึ่งทุกแบบจำลองที่มีเทคนิคการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกันเล็กน้อย แบบจำลองที่มีการคัดเลือกข้อมูลนำเข้า AC/AS และ ACS มีค่าสถิติที่ดีที่สุด โดยค่า CE มีค่า 0.990 ส่วนค่า RMSE มีค่า 0.087 ส่วน ASp ให้ค่าสถิติที่แย่ที่สุด ซึ่งแสดงว่าใช้ข้อมูลนำเข้าเฉพาะเวลาปัจจุบันไม่เพียงพอสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง หรือแบบจำลอง AA ที่มีการใช้ข้อมูลนำเข้าทุกตัวซึ่งทำให้มีข้อมูลที่มากเกินไปหรือเป็นข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์จะทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพลดลงหรือไม่มีส่วนช่วยให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

Table 3 RMSE and CE for ANN model performances t+24

Model	t+24			
	RMSE		CE	
	LM	BR	LM	BR
AC/AS	0.087	0.087	0.990	0.990
ACS	0.087	0.087	0.990	0.990
AG	0.093	0.092	0.989	0.989
ASp	0.146	0.146	0.973	0.973
AA	0.093	0.093	0.989	0.989

สำหรับไฮโดรกราฟในช่วงน้ำท่วม (Figure 5) พบว่าในภาพรวมการเรียนรู้แบบ BR และ LM ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน และช่วงที่ระดับน้ำเริ่มล้นตลิ่ง พบว่าแบบจำลองไม่สามารถที่จะพยากรณ์เตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้าได้โดยมีการพยากรณ์ช้ากว่าเหตุการณ์จริงประมาณ 12 ชั่วโมง ยกเว้นแบบจำลอง ASp ที่สามารถพยากรณ์ช่วงระยะเวลาการเกิดที่ระดับน้ำเริ่มล้นตลิ่งได้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะแสดงว่าข้อมูลเฉพาะเวลาปัจจุบันของทั้ง 5 สถานี เป็นข้อมูลที่เหมาะต่อการใช้เตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้าถึงแม้ว่าในภาพรวมค่า CE จะมีค่าต่ำกว่าการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าประเภทอื่นๆ ก็ตาม

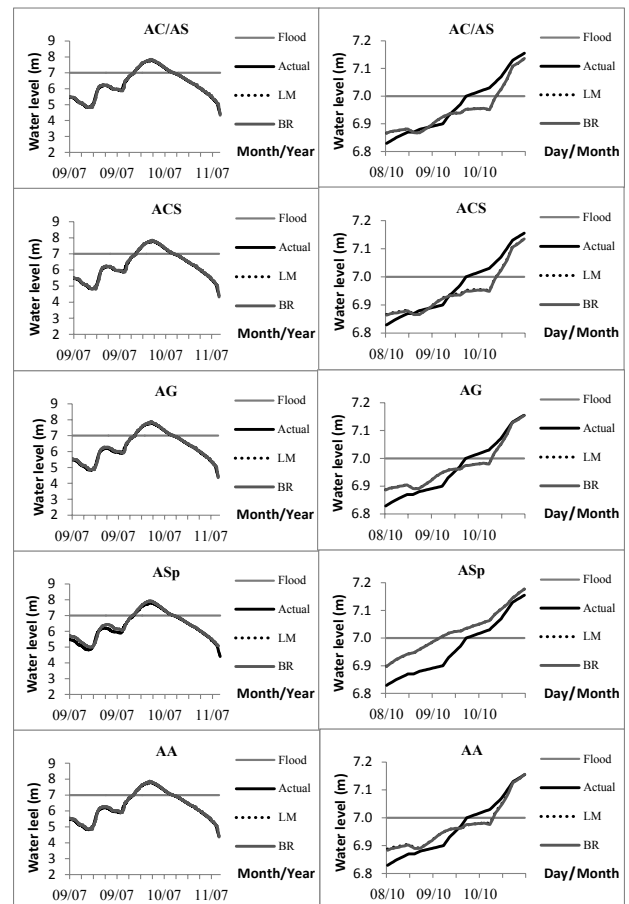


Figure 5 Hydrographs for t+24 hr

เมื่อพิจารณาการพยากรณ์ระดับน้ำสูงสุด ในภาพรวม การเรียนรู้ทั้งสองประเภทให้ผลที่ค่อนข้างเหมือนกัน แต่เมื่อมีการใช้ข้อมูลนำเข้าและจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นที่แตกต่างกันจะมีผลต่อการพยากรณ์ค่าระดับน้ำสูงสุดแบบจำลอง AC/AS ซึ่งจำนวนโหนดที่เหมาะสมที่สุดคือ 16 และที่มีการเรียนรู้ BR ให้ค่าที่ค่อนข้างดีกว่า LM เมื่อพิจารณาค่าสถิติ CE และ RMSE แบบจำลอง ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น 1 โหนดมีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งพยากรณ์ค่าระดับน้ำสูงสุดได้สูงกว่าระดับจริงประมาณ 5 เซนติเมตร ซึ่งเทคนิคที่พยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงพบว่า เป็นเทคนิคที่ไม่มีการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าของสถานี M.176 (Figure 6)

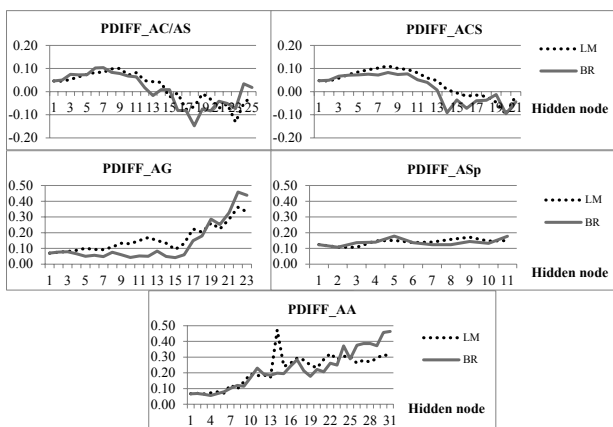


Figure 6 PDIFF of ANN models for t+24 hr

ผลการพยากรณ์ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า

การเรียนรู้ LM และ BR ให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยเทคนิคการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีการเพิ่มจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น โดยจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นที่มีจำนวนไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนข้อมูลนำเข้า (เช่น กรณีแบบจำลอง BC มีจำนวนข้อมูลนำเข้า 12 ตัวแปร (Table 2) จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นควรมีจำนวนไม่มากกว่า 6 โหนด) จะให้ผลแตกต่างกันเล็กน้อย แต่เมื่อจำนวนโหนดมีมากกว่าร้อยละ 50 ประสิทธิภาพของแบบจำลองจะลดลง (Figure 7)

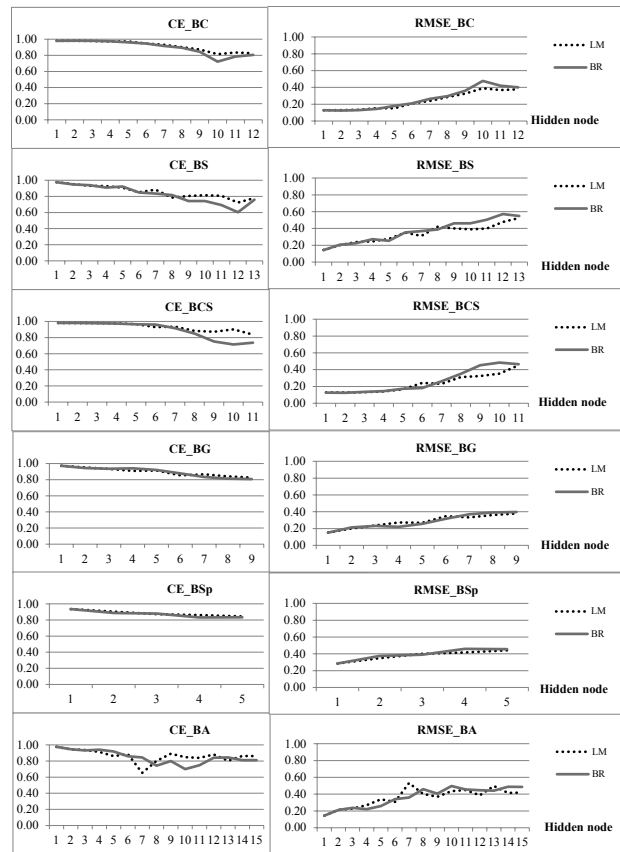


Figure 7 CE and RMSE of ANN models for t+48 hr

โดยจำนวนโหนด 1 โหนดมีความแม่นยำมากที่สุด ซึ่งมีค่า CE และ RMSE ที่ดีที่สุด โดยเทคนิคการคัดเลือกข้อมูลนำเข้า BCS, BC และ BS ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าการคัดเลือกข้อมูลแบบ BG, BSp และ BA ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสถิติแล้วเทคนิค BCS และ BC ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุด (Table 4)

Table 4 RMSE and CE for ANN model performances t+48

Model	t+48			
	RMSE		CE	
	LM	BR	LM	BR
BC	0.128	0.128	0.980	0.980
BS	0.144	0.143	0.975	0.975
BCS	0.127	0.127	0.980	0.980
BG	0.151	0.151	0.972	0.972
BSp	0.284	0.285	0.935	0.935
BA	0.144	0.143	0.975	0.975

ส่วนกระบวนการเรียนรู้แบบ BR และ LM ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน และช่วงที่ระดับน้ำเริ่มล้นตลิ่ง ผลการพยากรณ์คล้ายกับการพยากรณ์ ณ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า ซึ่งแบบจำลองบางแบบจำลองไม่สามารถที่จะพยากรณ์เตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้าได้โดยมีการพยากรณ์ช้ากว่าเหตุการณ์จริงค่อนข้างมาก

ยกเว้นแบบจำลอง BS, BSp และ BA ที่สามารถพยากรณ์ระดับน้ำล้นตลิ่งได้ล่วงหน้า โดย BSp พยากรณ์ได้ล่วงหน้ากว่าเหตุการณ์จริงมากกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลที่แบบจำลอง BSp พยากรณ์ก่อนเหตุการณ์จริงเป็นค่าความผิดพลาดของแบบจำลองที่เกิดขึ้นซึ่งอาจจะแสดงว่าข้อมูลเฉพาะเวลาปัจจุบันของทั้ง 5 สถานี เป็นข้อมูลที่อาจจะไม่เพียงพอในการพยากรณ์ล่วงหน้าที่ค่อนข้างยาวนาน คือ 48 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลอง BS และ BA (มีข้อมูลนำเข้าที่ถูกคัดเลือกมากที่สุด 13 และ 15 ข้อมูลนำเข้า ตามลำดับ) แสดงผลการพยากรณ์ระดับน้ำล้นตลิ่งได้ค่อนข้างดีกว่าแบบจำลองประเภทอื่นๆซึ่งอาจจะแสดงว่าในการพยากรณ์ล่วงหน้าที่ยาวนาน จำนวนข้อมูลนำเข้าอาจจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของแบบจำลอง นอกจากนี้ข้อมูลนำเข้าของสถานี M.176 มีผลต่อประสิทธิภาพในการพยากรณ์ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า โดยแบบจำลอง BC และ BCS เป็นเพียง 2 แบบจำลองที่ไม่มีการเลือกข้อมูลนำเข้าจากสถานี M.176 ทำให้แบบจำลองไม่สามารถที่จะพยากรณ์เตือนภัยน้ำท่วมได้ (Figure 8)

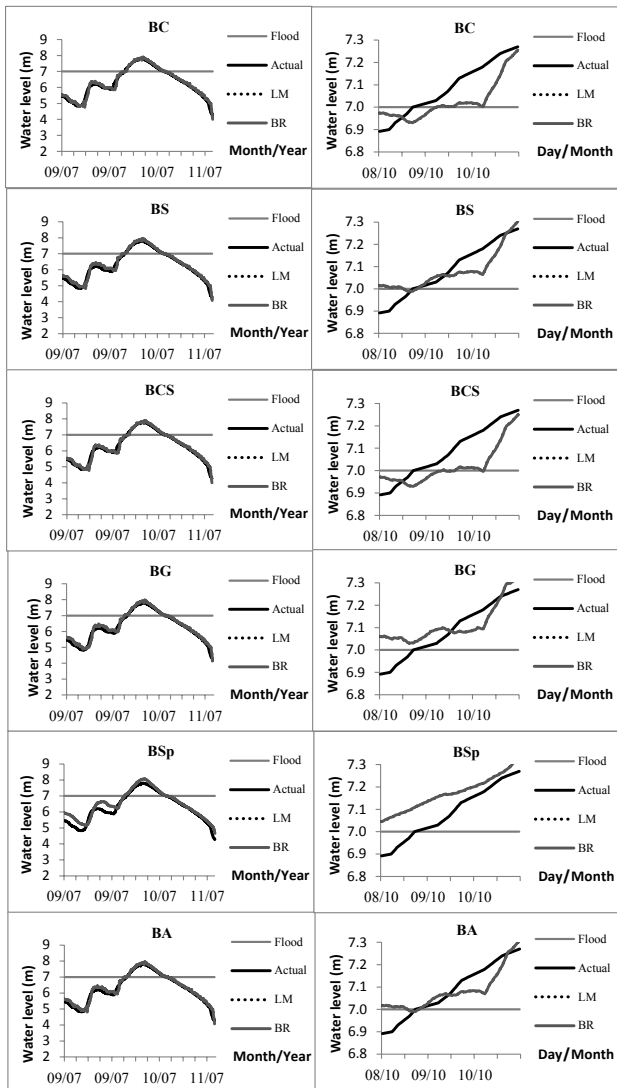


Figure 8 Hydrographs for t+48 hr

สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำสูงสุดในการพยากรณ์ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า ซึ่งการเรียนรู้ BR จะให้ผลที่แม่นยำกว่า LM และเมื่อมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้นมากกว่า ร้อยละ 50 ของจำนวนข้อมูลนำเข้า สำหรับจำนวนโหนดที่มีค่าสถิติ CE และ RMSE ที่ดีที่สุด คือ 1 โหนด พยากรณ์ค่าระดับน้ำสูงสุดเกินกว่าระดับจริงประมาณ 10 เซนติเมตร และแบบจำลองที่ให้ความแม่นยำมากที่สุดคือ BC และ BCS เมื่อพิจารณาข้อมูลนำเข้าพบว่า BC และ BCS ไม่ได้คัดเลือกข้อมูลนำเข้า M. 176 ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลระดับน้ำ M.176 มีผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าระดับน้ำสูงสุด ต่อสถานี M.7 (Figure 9)

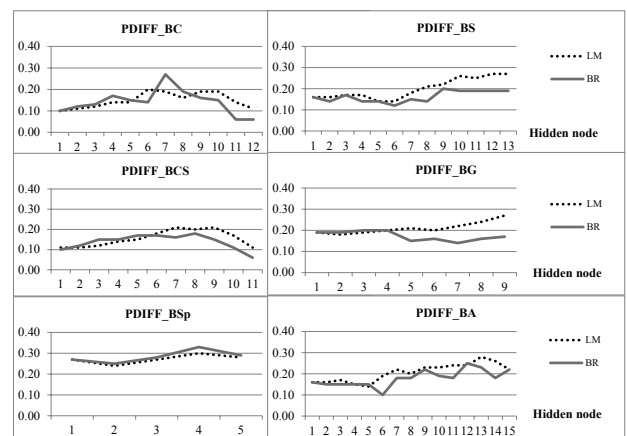


Figure 9 PDIFF of ANN models for t+48 hr

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการพยากรณ์น้ำท่วมเหตุการณ์ที่ไม่รุนแรง ปี 2007 พบว่า ในการพยากรณ์ระดับน้ำล้นตลิ่งนั้นแบบจำลองที่มีค่า CE, RMSE ที่ดีที่สุดพยากรณ์ระดับ (0.99 และ 0.087 ตามลำดับ) น้ำล้นตลิ่งได้ช้ากว่าเวลาจริง แต่เนื่องจากพื้นที่น้ำท่วมในบริเวณ สถานี M.7 นั้นจะเป็นการเพิ่มขึ้นของระดับอย่างช้าๆ และเมื่อท่วมแต่ละครั้งจะท่วมประมาณ 1 เดือน ดังนั้น สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำ ณ สถานี M.7 ควรจะมุ่งไปที่การพยากรณ์ค่าระดับน้ำท่วมสูงสุด เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ วางแผน ป้องกัน น้ำท่วม สำหรับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนในพื้นที่ศึกษานี้ ควรจะเป็นแบบจำลองที่พยากรณ์ค่าระดับน้ำสูงสุดได้ใกล้เคียงที่สุด เมื่อพยากรณ์ 24 และ 48 ชั่วโมงล่วงหน้า คือเทคนิคการคัดเลือกข้อมูลนำเข้าแบบ C, S และ CS

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนพัฒนาวิชาการ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณสำหรับข้อมูลระดับน้ำจากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. โครงการศึกษาสภาพและแนวทางแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัย จังหวัดอุบลราชธานี. 2547.
- ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน. บอร์ดเตือนภัยสถานี P.1.2558.ได้จาก:URL: <http://hydro-1.net/08HYDRO/PORTAL/IMAGES/100119-BOARD-P1aaaa.jpg> 2 กุมภาพันธ์ 2558.
- ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. แผ่นพับเตือนภัยน้ำท่วม.2558ได้จาก: URL: <http://www.hydro-4.com> 2 กุมภาพันธ์ 2558.
- สุรพันธ์ อินแก้ว. แผนที่จุดคาดการณ์น้ำท่าปี 2555.2555.ได้จาก:URL: <http://water.rid.go.th/itcwater/utok/MAP.jpg>:2 กุมภาพันธ์ 2558.
- Haykin S. Neural Networks – A Comprehensive Foundation. 2nded. New Jersey: Prentice-Hall; 1999.
- Kasabov N. Foundations of Neural Network, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering. Cambridge MA: The MIT Press; 1996.
- ทวี ชัยพิมลผลิน. ภูมิศาสตร์และโครงข่ายประสาทเทียมใน งานวิจัยทางภูมิศาสตร์. 2557; 67-75.
- AbrahartRJ, See L. Kneale PE. Investigating the role of saliency analysis with a neural network rainfall-runoff model. Computers & Geosciences 2001;27:921-928.
- ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in Hydrology. Artificial neural networks in hydrology I: Preliminary concepts. Journal of Hydrologic Engineering 2000;5:115-123.
- Chaipimonplin T, See LM, Kneale PE. Neural network prediction of flooding in Chiang Mai, Thailand: comparison of input determination techniques. EGU General Assembly 2008, Vienna, Austria. April 2008.
- Dawson CW, Wilby RL. Hydrological modelling using artificial neural networks. Progress in Physical Geography 2001;25(1):80-108.
- Sudheer KP. Knowledge extraction from trained neural network river flow models. Journal of Hydrologic Engineering 2005; 10, 264-269.
- Bowden GJ, Dandy GC, Maier HR. Input determination for neural network models in water resources applications. Part 1-background and methodology. J Hydrology 2001;301:75-92.
- Chaipimonplin T, See LM, Kneale PE. Use of neural network to predict flooding in Chiang Mai, Thailand: comparison of input determination techniques. AOGS 2008, Pusan, South Korea, June 2008.
- Cheen ST, Yu PS. Pruning of Support vector networks on flood forecasting. J Hydrology 2007;347:67-78.
- Anctil F, Lauzon N, Andreassian V, Oudin L, Perrin C. Improvement of rainfall-runoff forecasts through mean areal rainfall optimization. J Hydrology 2006;328:717-725.
- Heo GS, Oh IS. Simultaneous node pruning of input and hidden layers using genetic algorithms, Proceedings of 2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Chian: IEEE
- Shevnina EV. Methods of long-rang forecasting of dates of the spring flood beginning and peak flow in the Estuary sections of the Ob and Yenisei Rivers. Russian Meteorology and Hydrology 2009;34:51-57.
- Maier HR, Jain A, Dandy GC, Sudheer KP. Methods used for the development of neural networks for the prediction of water resource variables in river systems: Current status and future directions. Environmental Modelling & Software 2010;25: 891-909.
- Chaipimonplin T. An Exploration of Neural Network Modelling Options for the UpperRiverPing, Thailand. PhD in Physical Geography. Leeds: University of Leeds; 2010.
- Beale MH, Hagan MT, Demuth HB. Neural Network Toolbox™ 7 User's Guide, The Math Works, Inc., Natick, MA, 2011.
- โอม ไทยสวัสดิ์, นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, สุรัชย์ ลิปิวัฒนา การ. การประเมินน้ำท่ารายวันในลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ไม่มี การวัดน้ำท่าโดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, พฤษภาคม 2550 161-167.
- Sahoo GB, Ray C. Flow forecasting for a Hawaii stream using rating curves and neural networks. J Hydrology 2006;317:63-80.
- Chaipimonplin T. Investigation internal parameter of neural network model for flood forecasting at Upper

- River Ping, Thailand. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2016;20(1): 478-484.
25. Anctil F, Lauzon N. Generalisation for neural networks through data sampling and training procedures, with applications to streamflow predictions. *Hydrol Earth SystSci*2004;8:940-58.
26. Anctil F, Michel C, Perrin C, Andreassian V. A soil moisture index as an auxiliary ANN input for stream flow forecasting. *J Hydrology* 2004;286:155-67.
27. Anctil F, Perrin C, Andreassian V. Impact of the length of observed records on the performance of ANN and of conceptual parsimonious rainfall-runoff forecasting models. *Environmental Modelling & Software* 2004;19:357-68.
28. Chaipimonplin T, See LM, Kneale PE. Comparison of neural network learning algorithms; BR and LM for flood forecasting, Upper Ping catchment. *USMCA 2001, 10th International Symposium on New Technologies for Urban Safety Mega Cities in Asia, 2011 October*; Chiang Mai, Thailand.
29. Chaipimonplin T, See LM, Kneale PE. Improving Neural Network for Flood Forecasting Using Radar Data on the Upper Ping River. In Chan F, Marinova D, Anderssen RS, editors. *MODSIM2011, Proceedings of the 19th International Congress on Modelling and Simulation*; 2011 December 12-16; Perth, Australia. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand; 2011.p. 1070-6.
30. Zhang B, Govindaraju RS. Prediction of watershed runoff using Bayesian concepts and modular neural networks. *Water Resources Research* 2000;36: 753-62.
31. ทวี ชัยพิมลผลิน. การใช้ภาพเรดาร์และข้อมูลอุทกวิทยา ร่วมกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงตอนบน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 2557;33(3): 267-274.
32. ทวีศักดิ์ วั่งไพศาล, จักรฤทธิ์ ตรีนาจ. ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ระดับน้ำหลากที่สถานีวัดระดับน้ำ M.7 โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ* 2556;6(1): 50-60.
33. ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. แผนภูมิแสดงสถานีสำรวจอุทกวิทยา ลุ่มน้ำมูล, กรมชลประทาน 2559.
34. Chaipimonplin T, Vangpaisal T. Comparison of the efficiency of input determinations techniques with LM and BR algorithms in ANN for flood forecasting, Mun Basin, Thailand. *International Journal of Computer and Electrical Engineering* 2014;6:90-94.
35. Chaipimonplin T, Vangpaisal T. The efficiency of input determinations techniques in ANN for flood forecasting, Mun Basin, Thailand. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*. 2015;4:131-137
36. WEKA. The University of Waikato, available from: URL:<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/downloading.html> Accessed March 2013.
37. Hydrotest. References[online], available from: URL: www.hydrotest.org.uk Accessed April 2013

การศึกษาเปรียบเทียบด้านความปลอดภัยของระบบธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ตระหว่างประเทศกัมพูชาและประเทศไทย

A Comparative Study on the Safety of Internet Banking Systems between Cambodia and Thailand

รัชชา สุข¹, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์²

Rachana Sok¹, Somnuk Puangpronpitag²

Received: 14 October 2015; Accepted: 17 February 2016

บทคัดย่อ

เนื่องจากการแพร่ขยายของการเข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทั่วโลก ทำให้การใช้งานระบบธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ตได้เติบโตไปอย่างรวดเร็ว โดยการใช้งานธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ต มีประโยชน์ที่ให้ความสะดวกแก่ลูกค้าได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตาม ความปลอดภัยของการใช้บริการดังกล่าว ยังเป็นที่กังวลยิ่ง ดังจะเห็นได้จาก มีกรณีการโจมตีธนาคารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ถูกรายงานอยู่บ่อยครั้ง ดังนั้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา จึงมีการศึกษาวิจัยจำนวนมากเพื่อเข้าใจ ถึงประเด็นด้านความปลอดภัยของธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ต แต่ยังไม่มีการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบ ด้านความปลอดภัยของระบบธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ต ระหว่างประเทศไทยและประเทศกัมพูชา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้เสนอทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบ ด้านความปลอดภัยของระบบธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ต ระหว่างธนาคารในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา อย่างละสามแห่ง โดยการศึกษาจะทำ โดยการสังเกตการณ์จุดอ่อนจุดแข็งของการให้บริการจริงๆ ของธนาคาร ตั้งแต่สมัครใช้งาน จนถึงทุกรายละเอียดของการใช้งานในแต่ละขั้นตอน โดยใช้เกณฑ์การสังเกตการณ์ ที่เกิดจากการบูรณาการความรู้ที่ได้จาก การวิเคราะห์หาค่าความด้านธนาคารผ่านอินเทอร์เน็ตในอดีต ร่วมกับแนวทางที่ระบุไว้ในมาตรฐานด้านความปลอดภัย และการวิเคราะห์งานวิจัยที่ศึกษาด้านนี้ในอดีต จากผลการสังเกตการณ์ ได้พบจุดอ่อนและจุดแข็งเชิงเปรียบเทียบระหว่างสองประเทศ และยังได้เสนอแนวทางในการปรับปรุง ปัญหาความปลอดภัยดังกล่าว

Abstract

Due to widespread internet access, deployment of internet banking systems has expanded exponentially. Banking on the internet has notable advantages, particularly in terms of convenience however, safety remains a major concern. Several different crimes have been committed against internet banking sites during the last few years, electronic robbery being one of the most common. As a result, several studies have recently been undertaken to better understand the safety issues of internet banking. Yet, to the best of our knowledge, none of the studies compare the safety of internet banking systems between Cambodia and Thailand. Hence, this paper proposes to comparatively study the safety issues of internet banking of three separate banks in Thailand and three banks in Cambodia. The study was done by observing the strength and weakness of the internet banking services by deploying every step of a transaction. The observation criteria were specified by integrating the knowledge from the following: analyzing past internet banking crime cases, following the guideline of the safety standard and analyzing previous literature. From our observations, we found some strengths and weaknesses in both of the countries. This study provides some meaningful guidelines that address the system's comparative strengths and weaknesses.

Keywords: Internet Banking System, Safety, Evaluation, Cambodia, Thailand

¹ นิสิตปริญญาโท, ²อาจารย์, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

¹ Master's degree student, ²Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author: Somnuk Puangpronpitag, Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. somnuk.p@msu.ac.th

Introduction

Recently, internet technology has permeated into every aspect of our lives. Most industries have integrated this modern technology to serve their customers. Also, banks have provided internet banking systems. The internet banking system is the new way for banking services over the internet. It allows the customers to conduct financial transactions, such as balance inquiry, financial transfer, bill payment, transaction review, online top-up and so on. The internet banking system¹ in Thailand was first originated in 1999 by Siam Commercial Bank (SCB). Yet, the internet banking in Cambodia was first introduced in 2013 by Aceda bank. The internet banking systems in Cambodia are still in their infancy compared to Thailand. Several studies have been done on customer perspective analysis and security comparison of the internet banking systems in Thailand with other countries. For example, Subsorn *et al.*^{2,3} investigated and compared customer perspectives of internet banking systems between Australian and Thailand, also between Thailand and China. Rangsan *et al.*⁴ did studies on three banks in Thailand by focusing on the impact of customer satisfaction. Moreover, most of the previous works^{5,6,7} have studied customer perspectives and internet banking security. Also, Putla *et al.*⁸ compared the internet banking systems of six banks in Thailand.

Yet, none of these studies address the safety of internet banking between Thailand and Cambodia. So, this paper aims to comparatively study the internet banking of three banks in Thailand and three banks in Cambodia. Furthermore, this paper uses different thorough methods to analyze safety issues and compares them with previous literature. We take an in-depth observation on the real deployment of the internet banking services, from applying for the services to the details of every step of usage. The criteria of observation were established by integrating the followings: (1) analyzing internet banking crime cases of the last few years, (2) following guideline of the well-known ISO/IEC 27002 safety standard, and (3) analyzing previous literatures on internet banking safety evaluation.

The rest of this paper is organized as follows: First, we review the relevant literature. Next, we observe

and compare the internet banking of three banks in Cambodia and three banks in Thailand. Finally, we summarize our findings and provide future direction.

Literature Review

1. Internet Banking in Cambodia and Thailand

According to (Figure 1)^{9,10}, the amount of bank customers and cash deposits of Cambodia and Thailand have dramatically grown during the past 6 years. This increase of customers has created more workload for the bank's counter services. So, internet banking becomes very useful for banks to help reduce counter workload. For the customer, the internet banking system also brings a big convenience, such as saving travel expense and time, 24/7 service accessibility, and so on.

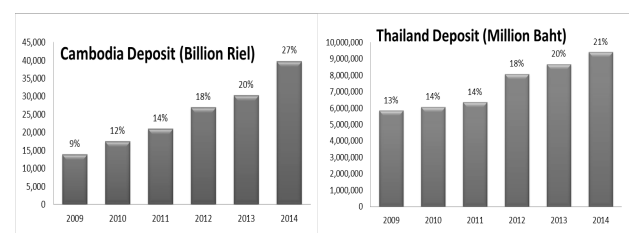


Figure 1 Cambodia and Thailand Deposit Amounts

In Cambodia, the internet banking systems are still in the beginning stages because their banks have only provided typical services since 2013. Now there are 13 banks among 25 commercial banks⁹ that have deployed internet banking systems for their customers. In Thailand, internet banking systems have been deployed since 1999 by Siam Commercial Bank (SCB). Recently, all 15 commercial banks in Thailand have deployed internet banking systems for their customer. The Bank of Thailand (BOT) statistics¹⁰ have shown that internet banking users in Thailand have increased from 4 million users (in 2010) to 9 million users (in 2014).

2. Safety vs. Security

In general, safety and security have more or less the same meaning. However, in term of security engineering, these two words mean different things¹¹. Safety is related to the management issues like technical defects, accidental deletion, errors, human/ethic, and so on. Yet, security is related to technical issues like

hardware sabotage, hacker intrusion, firewall and so on. Not only the meaning is different, but the translation also different too. Safety is translated to 'សុវត្ថិភាព' (sovat-te-pheap) in Khmer and 'ความปลอดภัย' (kwam-plod-phai) in Thai, while security is translated to 'សន្តិសុខ' (shon-ti-sok) in Khmer and 'ความมั่นคง' (kwam-maun-khong) in Thai.

These two issues are big problems for the internet banking systems around the world. Some previous studies^{8,12,13} have mainly focused on security issues. They have proposed several good techniques for security issues without concern for safety issues. For example, Puangpronpitag *et al.*¹³ has proposed a protection mechanism against SSL stripping attack that mostly happened on the web of the internet banking systems. Yet, their main focus is on the technical (security) side, not on the safety issues. However, according to the internet banking crime cases (reported during the last few years by the Department of Special Investigation (DSI)¹⁴ Thailand), security is not the only factor that should be of concern. There are also management weaknesses, causing social engineering attacks. Also, user negligence, the bad management of banking services and other safety issues have caused vulnerabilities on the internet banking systems. So, this paper will mainly focus on these safety issues.

3. The Internet Banking Crime Cases

ACIS Research Lab¹² has shown that the internet banking hacking in Thailand has increased exponentially from 2003 to 2012. There are several problems with the safety issues, according to the internet banking crime cases, reported during the last few years. These safety issues could be worried by both banks and their customers. For some cases, the muggers pretend to be an account holder to register internet banking services¹⁵ without the awareness of account holder. Furthermore, some muggers try to steal username and password. Also, some muggers steal One-Time-Password (OTP) by social engineering the mobile operator^{16,17} (DTAC, AIS, True). In several cases, the muggers allure the call center's staff to reset username and password. Moreover, the popular technique that most of the hackers

used is phishing mail (fraud user's confidential information or username and password by the link sent via emails). So, all of these negligence weakness can give bad effects to the internet banking systems.

In addition, more or less the same internet banking crime cases have happened all around the world. The police have found that some of these crimes were operated by international hackers, moving from one country to another. So, the aforementioned crime cases in Thailand would also concern safety issues of the internet banking systems in Cambodia.

4. Information Safety and Security Standard of the internet banking system

There are several standards, covering information safety and security system of the banks. All these standards provide valuable guidelines and risk management for the internet banking systems. The National Bank of Cambodia and Bank of Thailand have relied on the ISO/IEC 27002:2005¹⁸ standard to measure risk management of the internet banking systems. It serves as a practical guideline (covers with 11 security control clauses, containing a total of 39 main security categories) to protect critical information and build a confidence for commercial organization. So, in this paper, we choose the ISO/IEC 27002:2005 (Code of practice for information security management) standard as a part of our criteria to analyze the internet banking systems between Cambodia and Thailand. Their details can be found in reference no. 18.

5. Related Work

Subsom *et al.*² investigated and compared 16 Australian banks with 12 Thai's Banks. They³ have also compared 13 mainland Chinese banks with 19 licensed Hong Kong banks by using six main security checklists. The results have pointed out the lack of security of several banks. However, these two studies have mainly focused on the general security issues of the internet banking services. They have not taken concern of safety issues. They have not applied to deploy real internet banking services, and learn from the real cases. Also, they have not included the internet banking crime cases and safety standards to support their checklist

criteria.

Al-Gharbi *et al.*⁵ studied the internet banking systems of six banks in Oman. Three main problems have been found, namely cultural factors, language barrier, and the difficulties of developing countries to associate with e-commerce application. The results have pointed out that security and privacy are the main issues for Oman internet banking services. Oman is still lacking in internet banking education, and the computer adoption among Oman people is quite low. Oman has also faced regulation issues. All of these are main barriers in deploying internet banking services. So, user's perception of banking technology is very significant for any developing country. Karim *et al.*⁶ investigated the internet banking system towards secure information among users and banks. Totally, 1,500 questionnaires were distributed on the internet (emails and social network websites) and through educational institutes in London, A total 712 feedbacks were received. Among those feedbacks, 643 were completed and used for analysis. The results found that information security policy should be included in order to avoid attacks and risks. Also, their customer's knowledge on some security issues of the internet banking, such as hacking, phishing, identity theft and fraud is still low, and should be of concern. However, none of the banks included this on the survey.

Loke *et al.*⁷ investigated customer satisfaction of the internet banking in Malaysia by distributing 500 questionnaires to the respondents. The results of their investigation found that staff support & knowledge and web security & trust were significant for customers towards the internet banking services. While the customer satisfaction is also a main concern of the internet banking services, the security policy is also significant for banking transactions.

Rangsan *et al.*⁴ investigated customer satisfaction among top three banks in Thailand by distributing a questionnaire to 450 respondents. The results found that an online registration time is the important factor that has an impact on customer satisfaction.

Putla *et al.*⁸ have studies on both safety and security issues of six internet banking services in Thailand. The results showed that protection management of the internet banking in Thailand is capable enough to terminate all kinds of spoofing attacks to be account holder in Thailand.

Most related works studied security issues of the internet banking systems in different aspects, but not many works have focused on the safety issues. The previous studies have also had drawbacks. For example, some of them have not yet included safety and security standards to support their criteria. Most of them have not yet deployed that services to make a real observation on the cases. Some of them have not yet included the lessons learned from the internet banking crime cases as the criteria. Moreover, none of previous related studies have observed and compared the safety issues of the internet banking systems of Cambodia and Thailand.

Materials and Methods

This paper mainly aims to evaluate and compare the internet banking systems of three banks in Cambodia and three banks in Thailand, particularly focusing on the safety issues. For Cambodia, Aceda Bank (the largest bank in the country), Canadia Bank (the government shareholder bank), and Cambodian Public Bank (the top third bank of Cambodia) have been chosen as case studies. For Thailand, Bangkok Bank (the largest bank in the country), Thai Military Bank (the government shareholder bank) and Siam Commercial Bank (the first bank deploying internet banking in Thailand) are chosen as case studies.

We focus on observation and deployment of the internet banking systems, based on the personal banking account of 6 banks. The corporate accounts are not in the scope of this work. We will also propose a suggestion guideline to reinforce safety issues. As shown in (Figure 2), the observation criteria come from previous work analysis, the safety and security standard, and internet banking crime cases. So, our observations to evaluate internet banking are listed as follows:

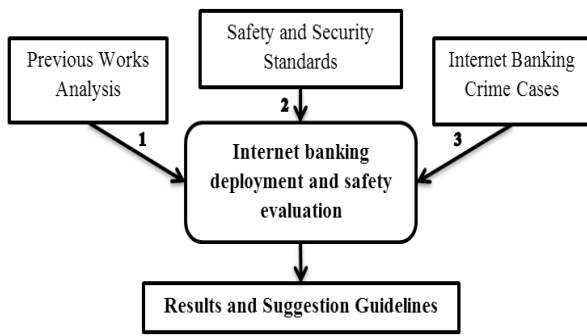


Figure 2 Research Methodology

1) We critically observe the steps of opening a bank account till the closing of the bank account. We also observe the way to register the internet banking service at a bank branch, ATM, call center and online/mobile application. Moreover, the important criteria of this section are authentication documents. Before a customer can open a bank account, and then register for an internet banking system, all banks need to authenticate the customer identity. For example, citizen identity card, passport, passbook, and other supported documents issued by government must be shown to the bank staff.

2) Internet banking username and password policy has also been included to our observation. Username and Password restriction and bank verification system play very important role to secure the internet banking system. Recently, many weak passwords have been revealed as shown in (Figure 4). Some users may set their password too weak. So, the bank password restriction policy, and the implementation of username/password verification system have been observed.

Moreover, we have also observed on the way to delivery username and password after registration, and the way to reset username and password through bank branch, bank call center, online or ATM.

Open Sesame
Most popular passwords of the past 4 years

	2011	2012	2013	2014
1	password	password	123456	123456
2	123456	123456	password	password
3	12345678	12345678	12345678	12345
4	qwerty	abc123	qwerty	12345678
5	abc123	qwerty	abc123	qwerty
6	monkey	monkey	123456789	123456789
7	1234567	letmein	111111	1234
8	letmein	dragon	1234567	baseball
9	trustno1	111111	iloveyou	dragon
10	dragon	baseball	adobe123	football

Source: SplashData The Wall Street Journal

Figure 3 Weak passwords from Wall Street Journal

3) A call center is a convenience service that banks deploy to help their customers, using staff to communicate and discuss with the customers via phone. However, call center can be a risk for bank to provide their services according to the previous crime cases. Some user's information can be compromised to authenticate the hackers as the real customers through this call center. For example, a user's full name, phone number, identity card number, birthdate, pet's name and so on may be easily found from the user's Facebook information. Hence, call center authentication is one of our observation points.

4) Two-factor authentication is a modern secure method that several banks deploy nowadays. Mostly, banks use one time password (OTP) as the second authentication factor to authenticate almost all transactions of the internet banking systems, such as fund transfer, bill payment, top-up, and so on. So, analyzing on OTP is one of our criteria.

5) Alerting system can help users from an incident withdrawal or a fund transfer-out by some muggers. The alert can also warn the users of several activities of their internet banking systems, such as log-in, setting change, fund transfer and so on. So, the details and approaches of implementing alerting systems (eg., via e-mail, via SMS or others) are also observed and analyzed.

6) Transaction limitation can help users from transferring money-out in unpredictable amounts by hacker. This limitation and the method to change it are parts of our observation points.

7) The use of an on-screen keyboard has also included for our analysis since it can protect users from key-loggers.

8) Some banks allow their users to pause the internet banking service through different ways, for example via a bank branch, call center and online. It can help the internet banking's customers from being harassed by some muggers. A customer can also pause or suspend his/her internet banking service immediately in emergency cases.

9) Since several internet banking systems have relied on SMS OTP, the problems of renewing mobile sim cards to take control of the victim's SMS OTP have found in several crime cases. So, how mobile operators manage the renewing process of mobile sim cards can be a big issue in the internet banking safety. In this work, three main operators in Cambodia (Metfone, Smart, Cellcard) and three main operators in Thailand (DTAC, AIS, True) have been observed for this issue. According to the crime cases^{7,8}, we mainly observe on authentication documents, required to request a new mobile sim-card at the operator branches.

Results

The results of observing on six banks (in Cambodia and Thailand) are presented in this paper as A, B, C, D, E, and F. We omit the real name of the banks to avoid conflicts with the bank. Without providing the real name, it can also help avoid guiding the hackers to the specific vulnerabilities of a specific bank.

According to our observation and deployment of internet banking service at three banks in Cambodia and three banks in Thailand, we have found the following:

1) *Opening a bank account and registering for an internet banking account*

Three banks in Cambodia allow their customers to open bank accounts and register to the internet banking through bank branch only. Three banks in Thailand allowed their users to open bank account at a bank branch only. Yet, for the internet banking, Thai banks allow the customers to register through both a bank branch and an ATM machine as shown in (Table 1). None

of the six banks allows the internet banking registration via their call center.

The major difference between Cambodian banks and Thai banks is that Cambodian banks allow only the registration at the bank branch. This registering process is rather safe (up to the carefulness of bank staffs). Yet, it is inconvenient for the customers, and can increase the workloads at the bank branches.

Table 1 Internet Banking Registration

Register Through	A	B	C	D	E	F
Bank Branch	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ATM	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Call Center	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Mobile Application	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Moreover, the required authentication documents for opening a bank account between these two countries are quite the same. For example, citizen identity card with local residential address, and valid passport with work permit or other related documents, issued by government authorities, organization or university. We have also noticed that all banks process rather strictly on a foreigner to open a bank account and to register for the internet banking. They focus on valid visa and the staying period. If the staying period is less than 30 days, opening the bank account and internet banking account are not allowed.

For the foreigners, VISA, work permit and other documents, issued by local authorities are extra requirements for opening a bank and internet banking accounts. According to our observation on the local citizen, we have found that all five banks require the customer real citizen identity card. The photocopy is not allowed. Yet, there is a bank in Thailand (the bank F), allowing the customer to use his/her army identity card to open the bank account. In Cambodia, some banks have also trained their staffs how to carefully check whether the citizen identity card is real or fake. According to the crime cases in reference no. 15-17, the hackers have used the faked documents of other government authority identity card to open the bank account in the

name of victim; then take the control of the internet banking if the victim has not yet applied for the internet banking. So, in this case, Bank F would be vulnerable to fake army identity cards. Generally, the citizen identity card is very familiar to bank staffs. However, other government authorities' documents (such as army identity card) are not so familiar. So, when it is faked, it can be more difficult to be noticed.

Hence, it would be very important that Bank F should train their staff to validate both citizen identity cards and army identity cards properly. Otherwise, this would be a vulnerability. Furthermore, we have found that not all Thai banks have trained their staffs properly to validate the documents for opening the bank account. The lesson learnt from Cambodia practice in training the staff for this job would be deployed to Thai banks. Furthermore, Thai identity card (Figure 4) is a smartcard with an EV chip while the Cambodia citizen identity (Figure 5) can be a non-smart card.

The Cambodian government has just deployed smartcard citizen identity cards since 2013. So, there are still a lot of non-smartcard citizen identity cards, deployed in Cambodia. Since the smartcard is more difficult to be faked, Thai citizen identity cards are therefore safer from spoofing in comparison to the Cambodia one.



Figure 4 Cambodian and Thailand citizen identity cards

To register for an internet banking in Cambodia, all three banks require the customers to register for internet banking only at their bank branch. The required documents are a citizen identity card or a passport, plus a passbook, a phone number, and an e-mail. Driving license or officer identity cards are not allowed as a substitute of the citizen identity card. ATM card is optional. For Thailand's bank, the registration can be done by staffs at the bank branch, by the ATM system.

For registering at the bank branch, the required documents are more or less the same as the Cambodian banks. For registering via the ATM system, the customer requires an ATM card of the bank, and a registered mobile phone number for SMS OTP. From this point, we can see that registering at the bank branch (if the bank staffs are careful enough) is obviously safe. Yet, it is inconvenient for the bank customers, and creates more workloads for the bank staffs. So, the ATM option of Thai banks can be a good choice. In terms of safety, it would be rather difficult to compromise the ATM registration because the hackers would need to steal the customer's ATM card, knowing his/her PIN and get his/her mobile phone.

After registration completed, all banks deliver the username/password in different ways as shown in (Table 2). For Cambodian Banks (A, B, C), bank A delivers a temporary username and a temporary password of a customer via a shield letter at the bank branch with an expiration of 30 days. For bank B, it sends a permanent username and a temporary password to the customer registered email with an expiration of 2 days. Furthermore, the username is set by the bank and cannot be changed by the customer. For bank C, a permanent username is manually set by the customer at the bank branch while registering. The bank sends only a temporary password to the customer registered email with an expiration of 7 days. The customer then must reset a new password within the expired date.

For Thai banks in registering at the bank branch, bank D sends a temporary username to the customer registered phone number (SMS), and sends a PIN number through post office with an expiration of 3 days. Bank E gives a temporary username and a temporary password via a shield letter at the bank branch. Bank F sends only an activation code via an SMS to the customer registered mobile with an expiration of 3 hours; and then allows setting a permanent username and a password on the internet banking web page.

Three Thai banks allow registering for the Internet banking via ATM. However, Bank E will not allow the ATM registration if the customer is not Thai. The

foreign customers of Bank E need to register their internet banking at the bank branch only.

For ATM registration, bank D and E requests the customer to setup a PIN for internet banking registration at the ATM machine. They then give a temporary username to the registered customer via an ATM slip with an expiration of 2-3 days. The customer then log-in to the internet banking web page by using the temporary username and the PIN number. The customer then set a new username and a new password for his/her internet banking system. Bank F sends only an activation code via an SMS to the customer registered mobile, and then allows setting the username and password at its internet banking web page.

Table 2 First Time Registration

Provided for First Time Registration	A	B	C	D	E	F
Through Email	X	A	P	X	X	X
Through Shield Letter	A	X	X	X	A	X
Through ATM Slip	X	X	X	U	U	X
Through Post Office	X	X	X	Pi	X	X
Through SMS	X	X	X	U	X	Ac
Note: U: Username; P: Password; A: Username + Password; Pi: PIN Number; Ac: Activation Code; X:Not Available						

All these different ways of authenticating the customer in registering for the internet banking seem to us rather safe. They try to use different ways to authenticate the customers, such as the user possession authentication factor (by owning the customer registered mobile phone, the customer ATM card) and the second user knowledge factor (by knowing the password of the customer registered mobile phone). The expiration periods can also help minimize the chance of attacks. The main concern would be the banks need to ensure the validity of the customer's registered e-mail, mobile phone number and postal address. After investigation, we have found that all Thai banks can ensure that by registering the customer's e-mail, mobile phone number and postal address at the bank branch during the customer opening the bank account.

2) *Changing the registered e-mail, mobile phone number and postal address*

The customer's registered e-mail, mobile phone number and postal address are very significant for the internet banking systems. They are deployed to authenticate the customer on the first registration, and to alert the customer of the internet banking transaction. In particular, the mobile phone number is also used as the second authentication factor in the form of SMS OTP. So, any changes to these three items must be validated properly. All Thai and Cambodian banks in this study allow the customer to change it at the bank branch, using the citizen identity card (or other documents) as an authentication factor. The safety on this case is up to the carefulness of the bank staffs to validate the authentication documents. As aforementioned, Cambodian banks specially train their bank staffs to validate such documents while Thai banks have not yet put this policy seriously.

According to our observation, we have also found that the e-mail and postal address can also be changed by going to the bank branch with citizen identity card/passport and passbook to authenticate for all 6 banks (both Thai and Cambodian). Also, we found that bank E and F allowed their customers to change their e-mail and postal address through the internet banking system. Moreover, all banks use OTPs as the second authentication of username/password to validate the changes. For the mobile number almost six banks do not allow to change through the internet banking system expect bank F as shown in (Table 3). Specially, bank F have allowed their customers can be changed the mobile number through ATM, if the old number is still uses as shown in (Table 3). For changing it via call center is not possible for all six banks in our research.

Table 3 Change Mobile Number

Changed Through	A	B	C	D	E	F
IBS	X	X	X	X	X	✓
Bank Branch	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Call Center	X	X	X	X	X	X
ATM	X	X	X	X	X	✓
Note: ✓: Allowed; X:Not Allowed						

3) Username and password restriction

The bank staffs of all six banks have recommended the customers to set a good password, containing with special characters, uppercase, lowercase, and numeric. We found that all banks have set the password restriction contain a minimum of 1 alphabet (1 upper/lowercase and 1 special character), and 1 numeric. Also, we have found that bank A has set password restriction from 8 to 12 characters, bank B (6 to 16), bank C (10 to 14), bank D (8 to 32), and bank E and F (8 to 20). Moreover, bank C accepts only three special characters (@, #, and \$). For bank E accepts only five special characters such as ('), ("), (,), (&), and (spaces). Specially, bank F set it not more than 2 characters repeated on the password restriction. We have also found that bank A forces their customers to change password within 90 days, bank B (30 days) and bank C, D, E and F (60 days).

For safety reasons, long passwords are always harder to crack or guess than the short ones. At least, the best length of password should be 8 to 32 characters. It can be an average affected of user-friendliness and safety. We can see that most of six banks set it at least 8 characters except bank B (at least 6 characters). Furthermore, all of six banks have a strict password policy to avoid dictionary attack, username as the password, less or more than length, worst password announced and all numbers that have set by their customers. For example: "password1234" is a medium password but it can be guess easily. It has used to test with password restriction policy. Two banks among six banks accepted this password. It means that bank D and F still have some gaps on password restriction.

For the username, Bank A and E set it restriction from 6 to 12 characters, bank B has set by bank, bank C (according to customers), bank D (6 to 32), and bank F (8 to 20). Bank A, D, E and F have also set username restriction contain a minimum 1 alphabet and 1 numeric. Specially, bank A has set it differently like first and second character must be alphabetical but no special characters. However, bank F accepted only two special characters are (.), and (_) and also not repeating more

than 3 characters like "aaa123".

The lockout policy is a way to pause the username from log-in even the user has passed the right password. Generally, this lockout will happen, when the user has continuously passed wrong passwords for several times. All of six banks in our studies set the number of continuous wrong passwords at 3 times before locking out the username. In a way, this lockout policy is a good thing in term of safety, since it helps stop the hacker from guessing the password. However, it also creates the other safety problem since a targeted username can be easily DoS-attacked by any hackers, who want to annoy the bank customer. Furthermore, this DoS may happen by accident. From our observation on the six banks, Bank C (from Cambodia), Bank D and E (from Thailand) allow the customer to set his/her username as his/her full name. We found that this policy can create such the DoS. For example, "somnuk" is a very common first name in Thailand. There are so many people, named "somnuk" in Thailand. If the first customer (named "somnuk") has set their username as "somnuk", the other customer (who is also named "somnuk") will have to set their username to something else (for example, somnukp, somnukt, and so on). Unfortunately, these "somnuk"s may forget their usernames and attempt to login as "somnuk", unintentionally. So, they finally make the real username "somnuk" locked out due to the wrong passwords. So, we would suggest the bank to do not allow the first name as the username.

According to (Table 4), we have also found that all banks allowed their users to reset username and password differently. Mostly, all of six banks allowed their customers to reset their username and password through bank branch by holding the authentication document like citizen identity card/passport, passbook and so on.

For bank A and C, the customers can be reset only password through call center (one times only) with some authentication question. Bank D, E and F can reset both username and password through call center. To reset through online, bank A, D, E and F can reset only password through online but bank C can reset both username and password. Specially, bank F allowed their

customers to reset through mobile application. To reset through ATM machine, only two banks accepted (bank D and F). Banks D allowed both username and password but bank F allowed only password.

To confirm changing of username and password, OTP has used to authenticate with real customers by sending it through mobile SMS or token devices. Bank E has used OTP before changing, Bank F has used OTP after changing but bank D do not used any OTP.

Table 4 Username and Password Recovery

Reset Through	A	B	C	D	E	F
Through Call Center	P	X	P	A	A	A
Through Online	X	P	A	P	P	P*
Through ATM	X	X	X	A	X	P
Through Bank Branch	A	A	A	A	A	A

Note: U: Username; P: Password; A: Username + Password; P: Password Through Mobile Application*

4) *Call center authentication*

The results of call center authentication have shown that some questions to authenticate the users can be compromised easily like full name, phone number, birth date, identity card number, current address and so on. These kinds of questions are popularly asked to authenticate with users. Moreover, some muggers are smart enough to gather all of that information easily when the user is the targeted. We have also found that the top 10 questions that most of the bank always asked to authenticate with users are: 1) Full name or username, 2) Account number or Phone number, 3) Birthdate or day of birth, 4) Email address, 5) Identity card number or passport number, 6) Last transaction activity, 7) Current Address, 8) ATM Expiration Date or PIN number, 9) Branch of open bank account, and 10) Memorable question and answer.

5) *Two factor authentication and the OTPs*

From our observation results, we have found that all banks deployed SMS OTP and some deployed Token OTP for their users to enhance the internet banking financial transaction and other activities. Further-

more, SMS OTP is free of charge but Token OTP is annually charge, especially for the high class customers only. In addition, bank C deployed it to general customers to used token OTP and mobile OTP (15\$ and 10\$ per year respectively). Moreover, we also found all of six banks in this studies set OTP with a maximum length of six digits (except bank D is eight digits) and the maximum expiration is five minutes (except bank C is 1 minute cause of token device and mobile application).

We also found that three banks in Thailand used SMS OTP to confirm with customers transactions (Table 5). For example, first time registration at log-in webpage, fund transfer, payment, add new account (except bank B not used), daily transaction limitation and changing password (except bank D not used). Especially, only one bank (bank B) in Cambodia used OTP on the log-in webpage after passing the username and password. Bank A, E and F used it on changing username and also bank A and F used it on changing phone number.

Table 5 One Time Password Deployment

OTP Deployment	A	B	C	D	E	F
1. Transaction Activity						
First Time Log-in	X	X	X	✓	✓	✓
Log-in webpage	X	X	✓	X	X	X
Fund Transfer	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Payments	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Add new A/C	✓	X	✓	✓	✓	✓
2. Change settings						
Username	✓	X	X	X	✓	✓
Password	✓	✓	✓	X	✓	✓
Phone Number	✓	X	X	X	X	✓
Daily Limitation	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Comparatively between Thailand and Cambodia, we have found that all banks in Thailand do not provide Token OTP for the personal bank account while one of three banks in Cambodia provides both token OTP and SMS OTP for personal bank accounts. The customer can

choose SMS or token one as a choice. The other two banks in Cambodia provide also token OTP but for some special personal account (called VIP account) with more deposit in the account. We suggest that Thailand should learn from Cambodia by providing a better security choice (token OTP) if the customers are willing to afford it.

Table 6 Implementation of CAPTCHA

CAPTCHA	A	B	C	D	E	F
First Time Log-in	x	x	x	✓	x	✓
Log-in Webpage	x	✓	x	x	x	✓

Particularly, we also observed on the implementation of CAPTCHA in the internet banking transactions as show in Table 6. It showed that only three in our research implement CAPTCHA. Bank B used it (called as secure code) on the log-in webpage. Bank D and F used it on the first time registration and also bank F used it on the log-in webpage after two times failure log-in.

6) *Alerting system*

Alerting system for the internet banking has set differently according to the internet banking transaction. Yet, it can be changed by users when needed, and it has also changed for alerting through SMS. We found that most of the bank in Thailand alert users via email (free) and mobile SMS (charge 10 to 20 baht per months). Also, all banks in Thailand deployed it in all transactions especially on log-in activity (alerted through via email). According to (Table 7), we found that three banks in Cambodia give the alert for financial transaction (such as transfer, payment, and top-up) only.

Table 7 Transaction Alerting Activities

Alerting Activities	A	B	C	D	E	F
Log-in	x	x	x	✓	✓	✓
Log-out	x	x	✓	✓	✓	✓
Transactions	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Change Settings	x	✓	✓	✓	✓	✓

7) *The limitation and restriction of usage*

According to our observation, we have found that transaction limitation can be changed according to users in settings of the internet banking log-in webpage. The minimum and maximum amount of fund transfer, payment and top-up in Cambodia between \$1,000 and \$10,000, except bank C set the limitation unlimited. We also defined that all banks in Thailand automatically set daily transaction between 300,000 baht to 700,000 baht. This limitation can help assuage the situation if the account has been hacked. However, if the hackers can have both password and OTP, they will be able to get rid of this limitation easily. This is a problem for both countries.

8) *The support for on-screen keyboard*

Moreover, we found that only two banks (bank B and E) in our research used on-screen keyboard for the internet banking webpage. Also, Bank B used on-screen keyboard on the log-in webpage for password textbox and bank E used it for OTP and PIN number insertion box as the results show in (Table 8). We can conclude that both Thailand and Cambodia still do not take screen keyboard seriously. Only one bank from each country supports the screen keyboard option. One big problem found in the usage of a screen keyboard in the only Thai bank, applied this technique. The Bank F has applied the screen keyboard to OTP, which is useless and unreasonable. Since OTP is planned for one time usage, it is not a matter if the OTP is sniffed by any sniffers or logged by any key-loggers at all. So, it is clearly non-sense to apply on-screen keyboard in such the way.

Table 8 On-Screen Keyboard

On-Screen Keyboard	A	B	C	D	E	F
Password	x	✓	x	x	x	x
OTP and PIN	x	x	x	x	✓	x

9) *Pausing the internet banking account*

Particularly, all banks in our research allowed their users to pause the internet banking service by going through the bank branch. Only two banks in Cambodia

(bank A and C) do not allow pause the internet banking systems through call center. This can be very serious when the customer wants to report the hacking case and pauses their internet banking.

10) *The observation on the mobile operators*

We carefully observed six mobile centers, three operators in Cambodia and three operators in Thailand. Most of the operator branch offices in these two countries required strict authentication documents from users to request the sim-card with the same number. Mobile operators in Thailand need all customers to register the sim-card through branch office only. Small operators have rights to sale sim-card only. However, we have found that all operators in Cambodia even branch or small office have rights to request a new sim-card with showing of authentication documents. It can be a risk for Cambodia's internet banking users, if a crime happened similar to Thailand on requesting a new sim-card of the victim to get the victim SMS OTP. However, to renew the sim card with the reason of changing sim types (such as from micro-sim to nano-sim), we have found a weakness for some Thai operators. In one case, we pretend to be the owner of one mobile number and request the mobile Operator staffs to change the change the micro-sim to nano-sim. The operator let us write our phone number into a paper and give them the old sim. We did that but gave them the wrong sim (the sim of other phone number). We found that they did not check anything and give us the nano-sim of the phone number that we want. So, the previous sim of that phone number has been cut-out, and our pretend hacker can get the victim SMS OTP. This lesson guides to any bank customers that if their mobile phone, deployed as SMS OTP receiver, happens to have no signal without reason, they should try to ring their own number. If they found that it can be rung somewhere else, they should immediately contact their bank to pause the internet banking service. The previous crime case has also confirmed this weak-point. We would suggest all mobile operators to authenticate the customer more seriously (maybe, by checking the identity card) before issuing the new sim. In particular, the operators should also let the customers return the old

sim and check if the old sim is the real one.

Conclusions

Summarily, we have observed the safety of internet banking comparatively between three banks in Thailand and three banks in Cambodia. We have found that Cambodia is more conservative than Thailand. So, in several cases, Cambodia's internet banking can be more secure. However, on several points, three Thai banks seem to manage the internet banking in a more convenient way. We suggest Thai banks: (1) train their staffs to be aware of safety issues on the registration process, (2) apply on-screen keyboard in the right part of e-banking system, (3) deploy the token OTPs for personal-account customer. For Cambodia, they should improve on: (1) allowing IBS registration through ATM, (2) applying CAPTCHA and the right standard of authentication documents by learning from the other side as aforementioned.

Acknowledgement

This research was supported by the Her Majesty Princess Maha Chakri Sirindhorn Scholarship. We are also grateful to Department of Special Investigation (DSI), Ministry of Justice, Thailand of providing some information on the internet banking crime cases. We would like to show our gratitude to Campu Bank staffs for their opinions and fruitful discussion on this research.

References

1. Jantori P. Security of Internet Banking - A Comparative study of security risks and legal Protection in Internet Banking in Thailand and Germany. *Thailand Journal of Law and Policy* (Spring) 2010;13(1):1-4.
2. Suborn P, Limwiryakul S. A Comparative Analysis of Internet Banking Security in Thailand: A Customer Perspective. *Proceedings of 3rd International Social Science, Engineering and Energy Conference (I-SEEC)*; 23 March 2011; Nakhon Pathom, Thailand. pp. 260-272.
3. Suborn P, Limwiryakul S. A Case Study of Internet Banking Security of Mainland Chinese Banks: A

- Customer Perspective. Proceedings of the 4th International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks; 24-26 July 2012; Phuket, Thailand. pp. 189-195.
4. Rangsan N, Titida N. The Impact of Internet Banking Service on Customer Satisfaction in Thailand: A Case Study in Bangkok. Proceedings of the International Journal on Humanities and Management Sciences (IJHMS); 2013; pp. 101-105.
 5. AL-Gharbi KN, Khalfan AM, Al-Kindi AM. Problems of Electronic Commerce Applications in a Developing Country: A Descriptive Case Study of the Banking Industry of Oman. Proceedings of 5th International Conference on Computing and Informatics (ICOICI); 6-8 June 2006; Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 1-6.
 6. Karim Z, Rezaul KM, Hossain A. Towards Secure Information Systems in Online Banking. Proceedings of the International Conference on Internet Technology and Secured Transactions (ICITST); 9-12 November 2009; London, UK. pp. 1-6.
 7. Loke SP, Noor NM, Khalid K. Customer Satisfaction Towards Internet Banking Services: Case Analysis on a Malaysian Bank. Proceedings of IEEE International Conference Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research (CHUSER); 3-4 December 2012; Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. pp. 159-163.
 8. Puangpronpitag S, Putla P. An Analysis of Safety and Security for Internet Banking in Thailand. Proceedings of the 11th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT) 2015; 2-3 July 2015; Bangkok, Thailand. pp. 99-105.
 9. National Bank of Cambodia. [serial online]. Available from: <http://www.nbc.org.kh>. Accessed November 1, 2015.
 10. Bank of Thailand. [serial online]. Available from: <http://www.bot.or.th>. Accessed November 1, 2015.
 11. Schmech K. Cryptography and Public Key Infrastructure on the Internet. The Atrium, Southern Gate, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.; 2003.
 12. ACIS Research Lab. Information Security Research on Thailand's Internet Banking/ Mobile Banking. ACIS Article; 15 June 2014; Thailand.
 13. Puangpronpitag S, Sriwiboon N. Simple and Lightweight HTTPS Enforcement to Protect Against SSL Stripping Attack. Proceeding of the 4th International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks; 24-27 June 2012; Phuket, Thailand. pp. 229-234.
 14. Department of Special Investigation (DSI), Ministry of Justice– กรมสอบสวนคดีพิเศษ. [serial online]. Available from: <http://www.dsi.go.th>. Accessed November 1, 2015.
 15. it24hrs.com. อีกแล้ว!! เตือนภัย ลูกค้าธนาคาร แม่ไม่ได้เปิด e-Banking ก็โดนขโมยเงินได้!. [serial online] 16 August 2013;. Available from: <http://www.it24hrs.com/2013/stealing-money-criminal-subrogate-bank/>. Accessed August 16, 2015.
 16. it24hrs.com. เตือนภัย Internet Banking รูปแบบใหม่!! ปลอมเป็นคุณ ด้วยหลักฐานปลอม สวมรอยโอนเงินออก สูญหลายแสน!. [serial online] 04 August 2013;. Available from: <http://www.it24hrs.com/2013/hack-otp-banking-change-new-sim-card/>. Accessed August 16, 2015.
 17. it24hrs.com. อีกแล้ว! คนร้ายสวมรอยเป็นเจ้าของบัญชี Internet Banking โอนเงินออก สูญหลายแสน!. [serial online] 06 February 2014; Available from <http://www.it24hrs.com/2014/hack-otp-banking-change-new-sim-card-2/>. Accessed August 16, 2015.
 18. Standard ISO/IEC 27002:2005. [serial online]. 01 July 2007;. Available from: <http://www.slinfo.una.ac.cr/documentos/EIF402/ISO27001.pdf>. Accessed September 12, 2015.

การแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะสำหรับลายมือชื่อดิจิทัล

Solving the Problem of Public Key Distribution for Digital Signature

สมนึก พวงพรพิทักษ์¹, ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์²

Somnuk Puangpronpitag¹, Nattavut Sriwiboon²

Received: 14 October 2015; Accepted: 17 February 2016

บทคัดย่อ

ลายมือชื่อดิจิทัลมีพื้นฐานมาจากการเข้ารหัสแบบอสมมาตร โดยมีบทบาทสำคัญ ในการตรวจสอบบูรณภาพของข้อความและการพิสูจน์ตัวตนของผู้ส่งข้อความ ทั้งนี้ในการใช้งานลายมือชื่อดิจิทัลต้องมีการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะของคู่สนทนาทั้งสองฝ่าย อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า การแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะยังมีปัญหาอยู่มาก กุญแจสาธารณะเหล่านี้อาจถูกปลอมแปลงและส่งผลให้การใช้ลายมือชื่อดิจิทัลประสบความสำเร็จลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยได้ประเมินเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัลในปัจจุบันและปัญหาของมัน จากนั้นได้ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ต้นแบบในการแก้ปัญหาและได้ทดลองเพื่อประเมินซอฟต์แวร์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของแนวทางการแก้ปัญหานี้ที่นำเสนอ

คำสำคัญ: ลายมือชื่อดิจิทัล การเข้ารหัสแบบอสมมาตร ปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ

Abstract

Digital signature is based on asymmetric encryptions. It has a very important role to ensure message integrity and sender authenticity. To deploy digital signature, public key exchange must be done between two sides of the communicators. However, from literature review, public key exchange is still problematic. Public keys can be spoofed, and ultimately cause the failure of the digital signature. So, this research aims to fix this problem. The evaluation of current digital signature technologies and their problems has been completed. After that, a solution was designed and prototyped. The experiments were done on prototyped software. The experimental results demonstrated the success of our solution.

Keywords: Digital Signature, Asymmetric Key Cryptography, Public Key Exchange Problem

บทนำ

ลายมือชื่อดิจิทัล (Digital Signature) เป็นเทคนิควิธีที่ได้รับการยอมรับ ในการพิสูจน์ผู้ส่งว่าเป็นตัวจริง (Sender Authentication) และข้อความที่มาถึงปลายทางไม่ถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไขอย่างไม่ถูกต้อง (Message Integrity Check) โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้มีกฎหมายออกมาเพื่อรองรับเทคนิควิธีดังกล่าว เช่น พรบ.

ว่าด้วยธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์และลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. 2544 ของประเทศไทย โดยลายมือชื่อดิจิทัลถือเป็นเทคนิควิธีที่สุุดในขณะนี้ที่ถูกรับไปใช้เป็นลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Signature) เพื่อช่วยในระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

¹ อาจารย์, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 ประเทศไทย
² นิสิตปริญญาโท

¹ Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. ² Master's degree student

* Corresponding author: Somnuk Puangpronpitag, Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. somnuk.p@msu.ac.th

แต่การใช้ลายมือชื่อดิจิทัล ผู้สื่อสารจะต้องแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ (Public Key) เพื่อนำไปใช้ในการพิสูจน์ลายมือชื่อ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า เป็นจุดอ่อนให้ผู้โจมตี (Hacker) ปลอมแปลงกุญแจสาธารณะ (Public Key Spoof) และนำไปสู่การโจมตีระบบลายมือชื่อดิจิทัลได้ จึงได้มีการออกแบบการรับรองกุญแจสาธารณะโดยใช้หน่วยงาน Certificate Authority (CA) เข้ามาช่วยในการยืนยันกุญแจสาธารณะ ในรูปแบบใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ (Certificate) แต่ก็ได้มีงานวิจัยหลายชิ้น¹⁻² ที่เสนอวิธีการโจมตีระบบ CA และสามารถปลอมแปลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลของข้อมูลได้ ทำให้ได้มีงานวิจัยหลายชิ้น³⁻⁷ ได้ถูกเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาการกระจายกุญแจสาธารณะดังกล่าว อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์พบว่างานวิจัยเหล่านี้ ยังมีปัญหาและต้องมีการปรับปรุงแก้ไข

ดังนั้นในข้อเสนองานวิจัยนี้จึงเสนอที่จะออกแบบและพัฒนาระบบสร้างกุญแจคู่ (Key Pair) และการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ เพื่อแก้ไขปัญหาการกระจายกุญแจสาธารณะของลายมือชื่อดิจิทัล โดยจะออกแบบอัลกอริทึมการเข้ารหัสในกระบวนการสร้างกุญแจโดยอาศัย RSA Algorithm⁸ ร่วมกับ Identity-Based Cryptography⁹ และปรับวิธีการในการสร้างกุญแจและยืนยันความเป็นเจ้าของกุญแจสาธารณะ โดยจะพัฒนาโปรแกรมต้นแบบเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบแสดงให้เห็นถึงความมั่นคงของอัลกอริทึมและประสิทธิภาพของระบบต้นแบบ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วิทยาการรหัสลับ (Cryptology)

วิทยาการรหัสลับ (Cryptology) เป็นการเข้ารหัสลับหรือการเปลี่ยนแปลงข้อความปกติ (Plain Text) ให้เป็นข้อความที่ถูกเข้ารหัส (Cipher Text) รวมถึงกระบวนการรับรองความถูกต้องของข้อมูลเพื่อการพิสูจน์ตัวจริง (Authentication) ระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ โดยเรียกกระบวนการเปลี่ยนข้อความปกติให้เป็นข้อความที่ถูกเข้ารหัสว่าการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) และเรียกกระบวนการเปลี่ยนข้อความที่ถูกเข้ารหัสให้เป็นข้อความปกติว่าการถอดรหัสข้อมูล (Decryption)

2. การเข้ารหัสด้วยกุญแจลับ (Secret Key Encryption: SKE)

การเข้ารหัสด้วยกุญแจลับ (Secret Key Encryption: SKE) เป็นวิทยาการรหัสลับที่ใช้การเข้ารหัสแบบกุญแจลับ (Secret Key) ทั้งกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล การเข้ารหัสประเภทนี้ผู้รับและผู้ส่งข้อมูลต้องมีการตกลงกุญแจลับก่อนการส่งข้อมูลดังแสดงใน (Figure 1)

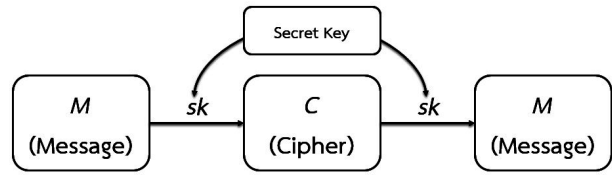


Figure 1 Secret Key Encryption

จาก (Figure 1) จะเห็นได้ว่าการเข้ารหัสแบบ SKE ใช้กุญแจลับ (Secret Key: *sk*) เป็นกุญแจ (Key) ที่เหมือนกันทั้งในกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัส ข้อดีของ SKE คือความเร็วในการเข้ารหัสและถอดรหัสส่วนข้อเสียคือ 1) การจัดการกุญแจเนื่องจาก SKE มีการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลที่ใช้กุญแจลับ ดังนั้นการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลผู้ส่งต้องมีจำนวน *sk* เท่ากับจำนวนของการจับคู่สนทนา 2) การแลกเปลี่ยนกุญแจลับระหว่างผู้ส่งกับผู้รับเนื่องจากการออกแบบ SKE ด้วยแนวคิดการใช้กุญแจลับในกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล ในทางปฏิบัติผู้ส่งข้อมูลจะต้องส่ง *sk* ให้กับผู้รับเพื่อใช้ในกระบวนการถอดรหัสข้อมูล ดังนั้นจะเห็นได้ว่า *sk* ถือว่าไม่ใช่กุญแจที่เป็นความลับเพราะนอกจากผู้ส่งข้อมูลที่เป็นเจ้าของ *sk* แล้วยังมีผู้รับที่ทราบ *sk* 3) ความมั่นคงของการแลกเปลี่ยนกุญแจระหว่างผู้ส่งกับผู้รับอาจถูกดักจับกุญแจโดยผู้โจมตีเนื่องจากการเปิดเผยกับบุคคลที่สามแล้วการสื่อสารข้อมูลก็ไม่มี ความมั่นคง หากมีการรั่วไหลของกุญแจโดยผู้รับหรือผู้ส่ง ก็จะเป็นปัญหาว่า ยากจะหาว่าใครเป็นผู้รับผิดชอบเพียงผู้เดียว เพราะเป็นกุญแจร่วม (shared key)

3. การเข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะ (Public Key Encryption: PKE)

การเข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะ (Public Key Encryption: PKE) ออกแบบให้มีลักษณะการทำงานใช้กุญแจที่แตกต่างกันในกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล ตัวอย่างการทำงานของ PKE แสดงตัวอย่างใน (Figure 2)

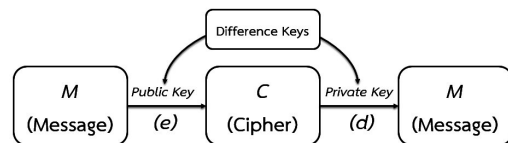


Figure 2 Public Key Encryption

จาก (Figure 2) จะเห็นได้ว่าการเข้ารหัสแบบ PKE มีการใช้กุญแจที่แตกต่างกันในกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัส ซึ่งผู้รับจะต้องสร้างกุญแจคู่ ที่ประกอบด้วยกุญแจส่วนตัว (Private Key) และกุญแจสาธารณะ (Public Key) เมื่อมีการสื่อสารข้อมูลผู้รับข้อมูลจะส่งกุญแจสาธารณะให้กับผู้ส่งข้อมูล เมื่อผู้ส่งข้อมูลต้องการส่งข้อมูลไปยังผู้รับจะใช้กุญแจ

สาธารณะของผู้รับเข้ารหัสข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการยืนยันว่า ข้อมูลที่ถูกส่งไปให้ผู้รับเป็นความลับ เนื่องจากมีเพียงผู้รับ เท่านั้นที่สามารถถอดรหัสข้อมูลได้เพราะครอบครองกุญแจ ส่วนตัวเพียงผู้เดียว

4. แนวคิดกุญแจเซสชัน (Session Key Concept)

แนวคิดกุญแจเซสชัน (Session Key Concept) เป็น วิทยาการรหัสลับที่ใช้ข้อดีระหว่างการเข้ารหัสแบบ SKE และ PKE โดยจากที่กล่าวมาแล้วข้อดีของ SKE คือมีความเร็วใน การประมวลผลการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล ส่วน PKE มีข้อดีคือสะดวกในการจัดการกุญแจ โดยการทำงานของ Session Key Concept แสดงดัง (Figure 3)

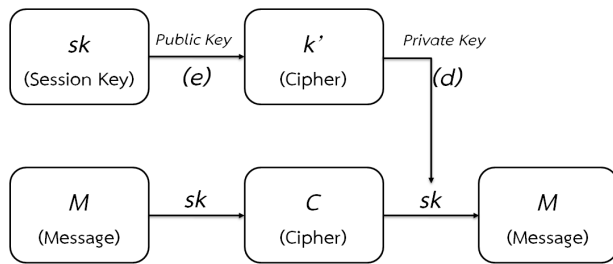


Figure 3 Session Key Concept

จาก (Figure 3) แสดงกระบวนการ Session Key Concept โดยผู้รับจะส่งกุญแจสาธารณะให้กับผู้ส่งข้อมูลจาก นั้นผู้ส่งข้อมูลดำเนินการสุ่มค่า sk ซึ่งเป็น Session Key แล้ว เข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะของผู้รับในขั้นตอนนี้เป็นการ ยืนยันว่าการส่ง Session Key เป็นความลับระหว่างผู้ส่งกับ ผู้รับเนื่องจากมีเพียงผู้รับเท่านั้นที่สามารถถอดรหัส Session Key ได้ เมื่อผู้รับได้รับ k' ซึ่งเป็น Session Key ที่ถูกเข้ารหัส แล้วจะถอดรหัสด้วยกุญแจส่วนตัวได้เป็น sk กล่าวโดยสรุป Session Key Concept มีการตกลงใช้กุญแจระหว่างผู้ส่งและผู้รับก่อนการสื่อสารข้อมูลโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนกุญแจ sk ใช้วิทยาการรหัสลับแบบ PKE และตลอดการสื่อสารข้อมูล ระหว่างผู้ส่งและผู้รับจะใช้กุญแจ sk เข้ารหัสและถอดรหัส ข้อมูลโดยใช้วิทยาการรหัสลับแบบ SKE ข้อเสียของ Session Key Concept มีดังนี้

1) การปลอมตัว (Spoof) โดยการโจมตีแบบ ปลอมตัวคือผู้โจมตีสามารถปลอมเป็นผู้ส่งข้อมูลเพื่อแทรก ระหว่างการสื่อสารข้อมูล โดยที่ทั้งผู้รับไม่สามารถตรวจสอบ ได้ว่าถูกผู้โจมตีปลอมเป็นผู้ส่งข้อมูล เนื่องจากกุญแจ sk ถูก สุ่มขึ้นโดยผู้ส่งข้อมูลและเข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะของผู้รับ ที่ถูกเปิดเผย ดังนั้นการโจมตีด้วยวิธีนี้ผู้โจมตีสามารถสุ่ม กุญแจ sk แล้วเข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะของผู้รับ

2) การปลอมกุญแจสาธารณะ การที่ผู้ส่งข้อมูลใช้ กุญแจสาธารณะของผู้รับเข้ารหัสกุญแจ sk ด้วยกลไกของ Session Key Concept ที่ไม่มีกระบวนการพิสูจน์ความเป็น เจ้าของกุญแจสาธารณะ เมื่อผู้โจมตีแทรกกลางการสื่อสาร ระหว่างผู้ส่งและผู้รับแล้วส่งกุญแจสาธารณะของผู้โจมตีไปให้ ผู้ส่งข้อมูล เมื่อผู้ส่งข้อมูลต้องการส่ง sk ไปยังผู้รับจะใช้กุญแจ สาธารณะของผู้โจมตีเข้ารหัสกุญแจ sk ผู้โจมตีสามารถ ถอดรหัสและทราบกุญแจ sk ได้ จากนั้นผู้โจมตีก็ใช้กุญแจ สาธารณะของผู้รับเข้ารหัสกุญแจ sk แล้วส่งให้ผู้รับข้อมูล ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งผู้ส่ง ผู้รับข้อมูลและผู้โจมตี จะใช้กุญแจ sk เดียวกันในการเข้ารหัสและถอดรหัสทำให้ ผู้โจมตีสามารถถอดรหัสข้อมูลที่ส่งระหว่างผู้ส่งกับผู้รับได้

5. ลายมือชื่อดิจิทัล (Digital Signature)

ลายมือชื่อดิจิทัล (Digital Signature) ใช้หลักการ เข้ารหัสแบบ PKE ทำให้การสื่อสารข้อมูลมีความมั่นคง ลายมือ ชื่อดิจิทัลจะมีการลงนาม (Sign) ในเอกสารหรือข้อความซึ่ง ผลลัพธ์จากการลงนามจะได้เป็นลายมือชื่อดิจิทัลแล้วส่ง ข้อความต้นฉบับพร้อมกับลายมือชื่อดิจิทัลไปยังผู้รับซึ่งข้อดี ของลายมือชื่อดิจิทัลผู้รับปลายทางสามารถพิสูจน์ (Verify) และยืนยันลายมือชื่อดิจิทัลได้ว่าเป็นของผู้ส่งจริงและสามารถ นำลายมือชื่อดิจิทัลไปเป็นหลักฐานในชั้นศาลได้ โดยใน ประเทศไทยมีพระราชบัญญัติว่าด้วยธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์¹⁰ กำหนดหลักเกณฑ์เรื่องลายมือชื่อดิจิทัลในมาตราที่ 9 และ มาตราที่ 26 ตัวอย่างการทำงานของลายมือชื่อดิจิทัลแสดง ตัวอย่างใน (Figure 4)

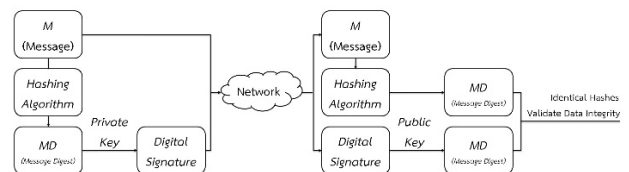


Figure 4 Digital Signature

จาก (Figure 4) แสดงให้เห็นว่าลายมือชื่อดิจิทัลมี กระบวนการคล้ายกับการเข้ารหัสแบบ PKE คือใช้กุญแจคู่ สำหรับลงนามและพิสูจน์ข้อมูล อย่างไรก็ตามลายมือชื่อดิจิทัล มีข้อเสียคือผู้โจมตีสามารถดักจับกุญแจสาธารณะที่ใช้สำหรับ พิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลโดยผู้โจมตีสามารถเปลี่ยนกุญแจ สาธารณะที่แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ เมื่อผู้รับข้อมูลใช้ กุญแจสาธารณะของผู้โจมตีพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลแล้วได้ผล Valid ผู้รับข้อมูลจะเชื่อว่าผู้โจมตีเป็นผู้ส่งและเชื่อว่ากุญแจ สาธารณะที่ถูกใช้งานเป็นของผู้ส่งข้อมูล

6. Certificate Authority (CA)

จากปัญหาของ PKE, Session Key Concept และ ลายมือชื่อดิจิทัลที่ประสบปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลไม่มั่นคงเนื่องจากผู้ส่งข้อมูลไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่ากุญแจสาธารณะที่ใช้เข้ารหัสเป็นของผู้รับจริงหรือไม่ทำให้การเข้ารหัสแบบ PKE และ Session Key Concept ล้มเหลว อีกทั้งในกระบวนการลายมือชื่อดิจิทัลการที่ผู้ส่งข้อมูลไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่ากุญแจสาธารณะที่ใช้เข้ารหัสข้อมูลเป็นของผู้รับ ส่งผลให้เมื่อผู้ส่งใช้กุญแจสาธารณะของผู้โจมตีพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลของผู้โจมตีแล้วจะได้ผล Valid และผู้ส่งข้อมูลจะเชื่อว่าผู้โจมตีเป็นผู้รับข้อมูล

ดังนั้นจึงเกิดหน่วยงานที่เรียกว่า Certificate Authority (CA) ทำหน้าที่รับรองกุญแจสาธารณะ ตัวอย่างการทำงานของ CA เช่น ผู้รับข้อมูลสร้างกุญแจคู่แล้วนำกุญแจสาธารณะและข้อมูลที่ยืนยันความเป็นตัวตนของผู้รับติดต่อยัง CA เมื่อ CA ตรวจสอบข้อมูลและพิสูจน์ได้ว่าเป็นผู้รับจริง CA ก็จะนำกุญแจส่วนตัวของ CA ลงลายมือชื่อดิจิทัลรับรองกุญแจสาธารณะเพื่อออกไปรับรองอิเล็กทรอนิกส์ (Certificate) ให้กับผู้รับข้อมูล เมื่อผู้รับต้องการติดต่อกับผู้ส่งข้อมูลจะส่งไปรับรองอิเล็กทรอนิกส์ไปยังผู้ส่งข้อมูล ซึ่งที่เครื่องผู้ส่งข้อมูลจะต้องติดตั้งกุญแจสาธารณะของ CA เพื่อใช้ในกระบวนการพิสูจน์ใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ของผู้รับข้อมูล ซึ่งการติดตั้งกุญแจสาธารณะของ CA ผู้ส่งข้อมูลจะต้องเชื่อว่ากุญแจสาธารณะเป็นของ CA จริง เมื่อการพิสูจน์ใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ของผู้รับถูกต้องผู้ส่งข้อมูลจึงจะใช้กุญแจสาธารณะของผู้รับเข้ารหัสข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังผู้รับ

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

RSA Algorithm⁸ เสนอโดย Rivest และคณะเมื่อปี ค.ศ. 1978 เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ได้ทั้งการเข้ารหัสข้อมูล ถอดรหัสข้อมูล และการลงลายมือชื่อดิจิทัล RSA Algorithm ออกแบบให้มีคุณสมบัติเป็นการเข้ารหัสแบบ PKE โดยมีกุญแจคู่ประกอบด้วยกุญแจสาธารณะ ใช้สำหรับกระบวนการเข้ารหัสข้อมูลและกุญแจส่วนตัวใช้สำหรับกระบวนการถอดรหัสในส่วนของการลายมือชื่อดิจิทัลเพื่อการยืนยันตัวตนจริงความเป็นเจ้าของข้อมูลจะใช้กุญแจส่วนตัวสำหรับลงลายมือชื่อดิจิทัลและใช้กุญแจสาธารณะสำหรับพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล

ID-Based Encryption (IBE) ถูกเสนอโดย Shamir⁹ เมื่อปี ค.ศ. 1985 จากปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะของ RSA Algorithm โดย IBE มีแนวคิดเสนอการเข้ารหัสแบบ PKE ที่ผู้ใช้สามารถลงลายมือชื่อดิจิทัลและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้โดยไม่ต้องมีกระบวนการแลกเปลี่ยนกุญแจลับหรือกุญแจสาธารณะระหว่างกันและผู้ใช้ไม่ต้องจัดเก็บ

กุญแจลับระหว่างกัน อีกทั้งมีแนวคิดที่ไม่ใช้ Third Party สำหรับรับรองกุญแจสาธารณะให้กับผู้ใช้โดยระบบใช้ Private Key Generator (PKG) สำหรับรับรองกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้ซึ่ง PKG ถูกออกแบบระบบให้ปิดการใช้งานหลังจากรับรองกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้ในระบบ โดย IBE เหมาะสำหรับการใช้กับระบบปิดเช่น ระบบธนาคารหรือระบบสำหรับผู้บริหารระดับสูง เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม IBE ที่ระบุว่าไม่ใช้ Third Party ซึ่งจากการศึกษาพบว่า IBE ใช้ PKG เป็น Third Party สำหรับรับรองกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้มีลักษณะเหมือนกับ CA ที่รับรองกุญแจสาธารณะให้กับผู้ใช้แล้วการใช้งานระบบผู้ใช้ต้องติดตั้งกุญแจสาธารณะของ PKG ไว้บนเครื่องผู้ใช้และข้อเสียของ IBE ที่ผิดหลักความมั่นคง (Information Security) ในกระบวนการรับรอง Identity ของ PKG ที่สามารถรับรองกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้ได้ และค่ากุญแจส่วนตัวที่ได้ไม่ถูกเก็บเป็นความลับเพราะนอกจากผู้ใช้เป็นผู้เป็นเจ้าของ Identity แล้วยังมี PKG ที่ทราบกุญแจส่วนตัวของผู้ใช้ รวมถึง IBE ไม่สามารถแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะเนื่องจากระบบไม่มีกลไกสำหรับตรวจสอบกุญแจสาธารณะของ PKG

Boneh และ Franklin¹¹ ในปี ค.ศ. 2001 เสนองานวิจัยที่นำแนวคิดในงานวิจัยของ Shamir มาปรับปรุงและพัฒนาอัลกอริทึมใหม่เพื่อให้ IBE มีความมั่นคงมากขึ้นจากการศึกษารายละเอียดของงานวิจัยพบว่างานวิจัยยังอาศัยแนวคิดของ Shamir ที่ใช้ PKG เป็น Third Party เพื่อรับรองกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้ อย่างไรก็ตามสิ่งที่งานวิจัยของ Boneh และ Franklin แตกต่างจาก Shamir คือการใช้อัลกอริทึม ElGamal Signature¹² สำหรับเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลแทน RSA Algorithm ที่ Shamir เลือกใช้เนื่องจากอัลกอริทึม ElGamal Signature มีความเร็วในกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสมากกว่า RSA Algorithm

Harn และ Ren¹³ ในปี ค.ศ. 2008 เสนองานวิจัยที่ออกแบบอัลกอริทึมเพื่อแก้ไขปัญหาการถูกโจมตีด้วยวิธี Chosen-Plaintext Attack ซึ่งเป็นวิธีการโจมตีที่ใช้โจมตีการเข้ารหัสข้อมูลที่ผู้โจมตีสามารถเข้าถึงข้อความต้นฉบับและได้กุญแจลับที่ใช้สำหรับถอดรหัส โดยในงานวิจัยเสนอวิธีการสร้างลายมือชื่อดิจิทัลแบบ Multi-Signature โดยกระบวนการรับรอง Identity ออกแบบให้ PKG สร้างกุญแจลับให้กับผู้ใช้ที่สามารถป้องกันการโจมตี Chosen-Plaintext Attack ที่เกิดขึ้นกับกุญแจลับของ PKG และออกแบบกระบวนการลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลแบบ Multi-Signature โดยการสุ่มค่าเพื่อเพิ่มความซับซ้อนให้กับลายมือชื่อดิจิทัล

Tripathi และคณะ¹⁴ ในปี ค.ศ. 2011 เสนองานวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะของ RSA Algorithm โดยใช้ Identity เป็นกุญแจสำหรับการเข้ารหัสจากการศึกษางานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการรับรองความถูกต้องของกุญแจสาธารณะเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับการเข้ารหัสแบบ PKE โดยระบบขนาดใหญ่อย่างเช่นระบบเว็บไซต์ใช้ CA สำหรับรับรองกุญแจสาธารณะ อย่างไรก็ตามปัญหาของ CA มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและระบบไม่มีความมั่นคง ดังนั้นในงานวิจัยจึงเสนอวิธีการหลีกเลี่ยงการใช้ใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์โดยนำ Identity อย่างเช่น Email Address เป็นส่วนของกุญแจสาธารณะเนื่องจาก Identity สามารถยืนยันตัวตนบุคคลได้โดยไม่ต้องได้รับการรับรองจาก Third Party ซึ่งอัลกอริทึมที่เสนอเป็นการปรับปรุงกระบวนการคำนวณส่วนของ Public Key (e) ของ RSA Algorithm

Muhammadi และคณะ¹⁵ ในปี ค.ศ. 2013 เสนองานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับอัลกอริทึมของ Tripathi และคณะ ที่ผลการนำ Identity เป็นส่วนของกุญแจสาธารณะเมื่อนำ Identity ผ่าน Hashing Function แล้วผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับเงื่อนไขของ RSA Algorithm ที่กำหนดให้ส่วนของ Public Key (e) มีค่าตามเงื่อนไข $1 < e < \phi(n)$ และ $\gcd(e, \phi(n)) = 1$ ได้ผลคือ Identity จำนวน 53.33% ที่ไม่สามารถใช้เป็นส่วนของ Public Key (e) ได้ ดังนั้นในงานวิจัยจึงเสนออัลกอริทึมเพื่อปรับปรุงงานวิจัยของ Tripathi และคณะให้มีประสิทธิภาพในการสร้างส่วนของ Public Key (e) มากขึ้น ซึ่งผลจากการพัฒนาอัลกอริทึมแสดงให้เห็นว่ามีจำนวนของ Identity ที่ไม่สามารถเป็นส่วนของ Public Key (e) ลดลงเป็น 33.33%

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปัญหาความมั่นคงของงานวิจัยก่อนหน้า

1) ปัญหาความมั่นคงของ Public Key Encryption (PKE)

ปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะและปัญหาการพิสูจน์ความเป็นเจ้าของกุญแจสาธารณะโดยผู้โจมตีอาศัยวิธีการโจมตีแบบต่างๆ เช่นการโจมตีแบบ Man-In-The-Middle (MITM) attack เพื่อเปลี่ยนแปลงกุญแจสาธารณะก่อนไปถึงผู้ส่งโดยที่ผู้ส่งไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่ากุญแจสาธารณะที่ใช้เข้ารหัสข้อมูลเป็นของจริงหรือไม่ เมื่อข้อมูลถูกเข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะของผู้โจมตี ดังนั้นผู้โจมตีสามารถใช้กุญแจส่วนตัวเพื่อถอดรหัสข้อมูลได้ โดยแสดงตัวอย่างการโจมตีเพื่อเปลี่ยนแปลงกุญแจสาธารณะดัง (Figure 5)

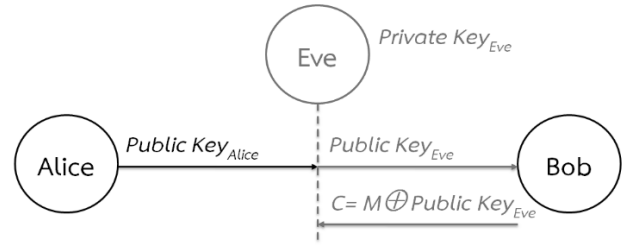


Figure 5 The Problem of Exchanging Public Keys

จาก (Figure 5) เป็นตัวอย่างการโจมตีเพื่อเปลี่ยนแปลงกุญแจสาธารณะโดยให้ Alice และ Bob เป็นคู่สนทนาที่ต้องการใช้วิธีการเข้ารหัสและถอดรหัสด้วย PKE โดยในขั้นตอนแรก Alice จะส่ง Public Key_{Alice} ให้กับ Bob เมื่อข้อมูลถูกส่งไปในช่องทางการสื่อสารอย่างเช่นระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแล้ว Eve เป็นผู้โจมตีโดยที่ Eve ใช้วิธีโจมตีแบบแทรกกลางการสื่อสารระหว่าง Alice กับ Bob เมื่อข้อมูลถึงเครื่อง Eve แล้ว Public Key_{Alice} จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็น Public Key_{Eve} แล้วส่งไปให้กับ Bob เมื่อ Bob ต้องการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อส่งให้กับ Alice จะเชื่อว่า Public Key_{Eve} เป็นของ Alice ซึ่งในขั้นตอนการส่งข้อมูล Cipher Text (C) ข้อมูลก็ถูกส่งผ่านเครื่องของ Eve ดังนั้นข้อมูลที่เข้ารหัสด้วย Public Key_{Eve} ก็สามารถใช้ Private Key_{Eve} สำหรับถอดรหัสข้อมูลได้

จากปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะแสดงให้เห็นว่าการเข้ารหัสแบบ PKE มีปัญหาด้านความมั่นคงเมื่อถูกโจมตีเปลี่ยนแปลงกุญแจสาธารณะผลคือทำให้การสื่อสารข้อมูลถูกดักจับ (Sniff) และการปลอมตัว ซึ่งผู้โจมตีสามารถหลอกลวงเหยื่อได้ว่าเป็นคู่สนทนาในระบบสื่อสารข้อมูล

2) ปัญหาความมั่นคงของ Certificate Authority (CA)

ถึงแม้ CA ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะของการเข้ารหัสแบบ PKE อย่างไรก็ตามจากการศึกษากระบวนการทำงานของ CA ปัญหาความมั่นคงและงานวิจัยที่ถูกเสนอโดย Durumeric และคณะ¹⁶ สามารถสรุปปัญหาของ CA ได้ดังนี้

1. จำนวนของ CA ที่ถูกใช้งานและมีอำนาจในการออกใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์มีเป็นจำนวนมากจึงเป็นปัญหาสำหรับการควบคุมและตรวจสอบใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ว่าเป็นของจริงที่ออกโดย CA ที่น่าเชื่อถือหรือไม่

2. การใช้ CA เพื่อรับรองกุญแจสาธารณะเป็นวิธีที่ถูกเสนอให้เป็นมาตรฐานสำหรับแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะอย่างไรก็ตาม CA ไม่มีความมั่นคงโดยมีงานวิจัยและวิธีการโจมตีมากมายที่ถูกเสนอเพื่อโจมตี

3. มี CA ที่มีอำนาจในการออกใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายจึงเป็นปัญหาสำหรับการควบคุมและตรวจสอบใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ว่าเป็นของจริงที่ออกโดย CA ที่น่าเชื่อถือหรือไม่

4. จากจำนวนของ CA ที่ถูกใช้งานและมีอำนาจในการออกใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์มีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในระบอบองค์กรที่ต้องการควบคุมความมั่นคงและต้องการ CA ที่มีความน่าเชื่อถือดังตัวอย่างการโจมตีเพื่อลบลอบขโมยกุญแจส่วนตัวที่เกิดกับ CA ชื่อ DigiNatar เมื่อ 2 กันยายน ค.ศ. 2011¹ และเมื่อ 12 ตุลาคม ค.ศ. 2015² ได้เกิดปัญหากับ CA ชื่อ Symantec ได้รับความเสียหายจากการตรวจสอบภายในพบว่าไม่มีความโปร่งใสในกระบวนการออกใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ โดยพบใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกโดยไม่ได้รับอนุญาตจำนวน 164 ใบ และมีอีก 2,458 ใบที่รับรองโดเมนที่ไม่เคยมีการจดทะเบียน

5. จากการศึกษาของ Durumeric และคณะ¹⁶ แสดงให้เห็นว่าขนาดของกุญแจที่ CA เลือกใช้ในกระบวนการรับรองกุญแจสาธารณะเพื่อออกใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์มีความอ่อนแอและถูกใช้งานเป็นจำนวนมากในขนาด 1024 bits ซึ่งมีขนาดต่ำกว่ามาตรฐานที่ประกาศล่าสุดเมื่อเดือนพฤษภาคมปี ค.ศ. 2015¹⁷ ระบุว่าขนาดของกุญแจที่ใช้กับ RSA Algorithm ต้องอยู่ระหว่าง 2048 bits ถึง 3072 bits

3) ปัญหาของงานวิจัยที่เสนอ ID-Based Encryption (IBE)

ปัญหาของงานวิจัยที่เสนอให้ใช้ IBE เพื่อแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะของ PKE และ CA จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า

1) การที่ IBE เสนอให้ใช้ PKG เป็น Third Party เพื่อรับรองกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้ ซึ่งผิดหลักความมั่นคงเนื่องจากกุญแจส่วนตัวไม่ได้เป็นความลับที่ผู้ใช้เท่านั้น

2) กลไกของ IBE ไม่สามารถแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะได้เนื่องจากผู้ใช้ต้องติดตั้งกุญแจสาธารณะของ PKG เพื่อพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลซึ่ง IBE ไม่ได้ ออกแบบกลไกสำหรับตรวจสอบว่ากุญแจสาธารณะของ PKG เป็นของจริงหรือไม่หากเกิดการปลอมแปลงกุญแจสาธารณะของ PKG การพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลระหว่างผู้ใช้จะล้มเหลว

2. สรุปปัญหาความมั่นคงของงานวิจัยก่อนหน้า

จากการวิเคราะห์ปัญหาความมั่นคงที่เกิดขึ้นกับงานวิจัยก่อนหน้าแสดงให้เห็นว่าปัญหาความมั่นคงที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะกล่าวโดยสรุปดังนี้

1) ผลจากการที่ PKE ไม่มีกลไกสำหรับตรวจสอบและพิสูจน์ตัวจริงว่าใครเป็นเจ้าของกุญแจสาธารณะ ทำให้ผู้โจมตีสามารถปลอมตัวเป็นคู่สนทนาและดักจับข้อมูลได้

2) ผลจากการที่ Session Key Concept ที่ไม่มีกลไกสำหรับพิสูจน์ตัวจริงว่าใครเป็นเจ้าของกุญแจสาธารณะ ทำให้ผู้โจมตีสามารถปลอมตัวเป็นคู่สนทนาและดักจับ Session Key ได้

3) การออกแบบและพัฒนาให้ CA เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับรองกุญแจสาธารณะให้กับผู้ใช้ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า CA ไม่มีความน่าเชื่อถือ

4) IBE เสนอวิธีแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ โดยการนำ PKG รับรอง Identity เพื่อออกกุญแจส่วนตัวให้กับผู้ใช้ถือว่าผิดหลักความมั่นคงของข้อมูลเนื่องจากกุญแจส่วนตัวถูกเปิดเผยกับ PKG อีกทั้ง IBE ยังไม่ได้ออกแบบกลไกให้กับผู้ใช้ในการตรวจสอบกุญแจสาธารณะของ PKG

3. แนวคิดการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมใหม่

การออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ จึงกำหนดให้มีแนวคิดเพื่อแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ เนื่องจากการสื่อสารหากสามารถพิสูจน์และยืนยันได้ว่ากุญแจสาธารณะที่ใช้เป็นของจริงการรับส่งข้อมูลก็จะมี ความมั่นคง อีกทั้งหากระบบมีกลไกการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะที่มั่นคงจะส่งผลให้ผู้ใช้ไม่ต้องใช้และเชื่อถือหน่วยงาน CA รวมถึงผู้ใช้ไม่ต้องใช้และเปิดเผยกุญแจส่วนตัวให้กับ PKG

ดังนั้นออกแบบอัลกอริทึมใหม่ เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องของลายมือชื่อดิจิทัลให้มีความมั่นคงมากขึ้น เพื่อนำอัลกอริทึมที่ได้ใช้ยืนยันและพิสูจน์ได้ว่ากุญแจสาธารณะเป็นของจริง โดยปรับปรุง RSA Algorithm ร่วมกับข้อดีของ IBE ที่สามารถพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้โดยใช้ Identity เช่น Email Address เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบอัลกอริทึมให้สามารถแก้ไขปัญหของ PKE กับ IBE และปัญหาการใช้งาน Third Party เพื่อรับรองกุญแจสาธารณะที่เกิดขึ้นกับ CA และ IBE

1) อัลกอริทึมที่ใช้ในระบบการลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลแก้ไขปัญหา Third Party ของ CA และ IBE

2) แก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะที่เกิดขึ้นกับ PKE และ IBE

3) พัฒนาระบบลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลให้มีความมั่นคงให้สามารถใช้งานได้จริง

สำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบจากอัลกอริทึมที่ออกแบบให้สามารถใช้งานได้จริงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบต้นแบบจากอัลกอริทึมที่ออกแบบให้สามารถใช้งานได้จริงดังนี้

1) ระบบต้นแบบพัฒนาด้วยภาษา JavaScript สามารถลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้อย่างมั่นคง เนื่องจาก

ภาษา JavaScript สามารถประมวลผลได้หลาย Platform

- 2) สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องติดตั้ง
- 3) รองรับการทำงานแบบ Multi-Platform คือสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์ที่แตกต่างกันเช่นบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC) หรืออุปกรณ์ Smartphone เป็นต้น

4. การกำหนดเกณฑ์สำหรับประเมินประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์สำหรับประเมินระบบต้นแบบที่เสนอในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยก่อนหน้านี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- 1) แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้ สามารถแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะได้อย่างมั่นคง
- 2) ระบบสามารถรองรับการทำงานแบบ Multi-Platform และแสดงเวลาหน่วยเป็น Millisecond (ms) ของการประมวลผลของขั้นตอนประกอบด้วยการสร้างกุญแจ (Generate Key) การลงลายมือชื่อดิจิทัล (Sign) และการพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล (Verify)

5. เครื่องมือและสภาพแวดล้อมสำหรับประเมินประสิทธิภาพ

เครื่องมือและสภาพแวดล้อมที่ถูกกำหนดให้เป็น Test-bed ประกอบด้วย

- 1) PC Desktop คอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบระบบต้นแบบ คือ Intel ® Core ™ 2 Duo 2.66 GHz RAM 4 GB ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Kali Linux 64 bit และ Windows โดยทดสอบในระบบปฏิบัติการ Windows 8
- 2) Macbook Air คือ Intel Core i5 1.6 GHz RAM 4 GB ติดตั้งระบบปฏิบัติการ OS X
- 3) iPhone 5s ติดตั้งระบบปฏิบัติการ iOS 9.2.1
- 4) Samsung Galaxy Tab 10.1 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ ANDROID 4.4
- 5) Web Browser ใช้ Google Chrome ที่สามารถรองรับทั้งระบบปฏิบัติการ Windows, Linux, OS X, iOS และ ANDROID

ผลการวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการประเมิน ผลการออกแบบและผลการพัฒนาระบบต้นแบบโดยอัลกอริทึมและระบบต้นแบบที่เสนอในงานวิจัยนี้เรียกว่า ISAN Identity-based RSA (IIR) เป็นอัลกอริทึมและระบบที่สามารถลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้อย่างมั่นคงและแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยน

กุญแจสาธารณะ รวมถึงแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมใหม่

จากแนวคิดการออกแบบอัลกอริทึมใหม่ของงานวิจัยนี้ที่กำหนดให้สามารถแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ แสดงผลการออกแบบอัลกอริทึมดัง (Figure 6)

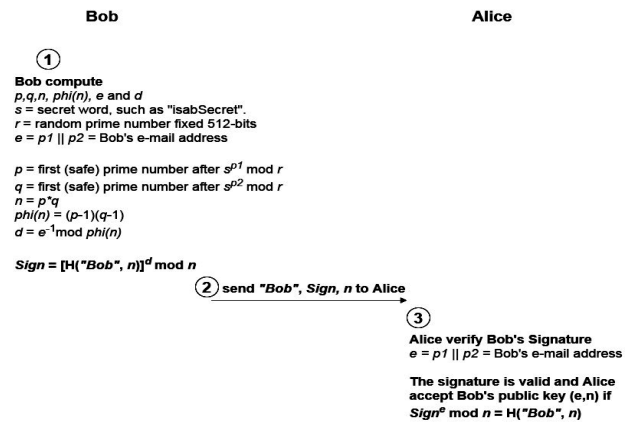


Figure 6 Our Proposed Algorithm

จาก (Figure 6) แสดงผลการออกแบบอัลกอริทึม IIR ที่สามารถลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้อย่างมั่นคงประกอบด้วย 3 ขั้นตอนโดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

- 1) Bob คำนวณกุญแจคู่ที่ประกอบด้วย *Public Key (e, n)* และ *Private Key (d, n)* โดยใช้ขั้นตอนการคำนวณตาม RSA Algorithm อย่างไรก็ตามเพื่อการลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลอย่างมั่นคงในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ค่า $e = p1 || p2 = \text{Bob's Email Address}$ เมื่อ Bob ส่งลายมือชื่อดิจิทัลไปยัง Alice แล้วการพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล Alice สามารถใช้ Email Address ของ Bob เพื่อพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้ ดังนั้นในกระบวนการนี้สามารถแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะที่เกิดขึ้นกับ PKE และ IBE ได้ จากนั้น Bob ลงลายมือชื่อดิจิทัลรับรองข้อความตามสมการ $Sign = [H("Bob", n)]^d \text{ mod } n$ โดยที่ *Sign* คือลายมือชื่อดิจิทัลและ *H* คือ Hashing function
- 2) Bob ส่ง "Bob", Sign, n ให้ Alice
- 3) Alice พิสูจน์ค่า Sign ของ Bob โดยใช้ *Public Key (e, n)* สำหรับพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล ดังนั้นในขั้นตอนนี้ Alice จะใช้ *n* ที่ได้รับจาก Bob และกำหนดค่า $e = p1 || p2 = \text{Bob's Email Address}$ โดยการพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลจะได้ผลลัพธ์ Valid ก็ต่อเมื่อ $Sign^e \text{ mod } n = H("Bob", n)$ หากการพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลได้ผล Valid แล้ว Alice จะยอมรับและกุญแจสาธารณะของ Bob เพื่อใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล

ผลการพัฒนาระบบต้นแบบจากอัลกอริทึมใหม่ให้สามารถใช้งานได้จริง

ระบบต้นแบบที่พัฒนาโดยภาษา JavaScript เป็นระบบต้นแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะได้อย่างมั่นคงและมีประสิทธิภาพสำหรับการลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลโดยแสดงรายละเอียดขั้นตอนการใช้งานระบบต้นแบบ IIR ดัง (Figure 7)

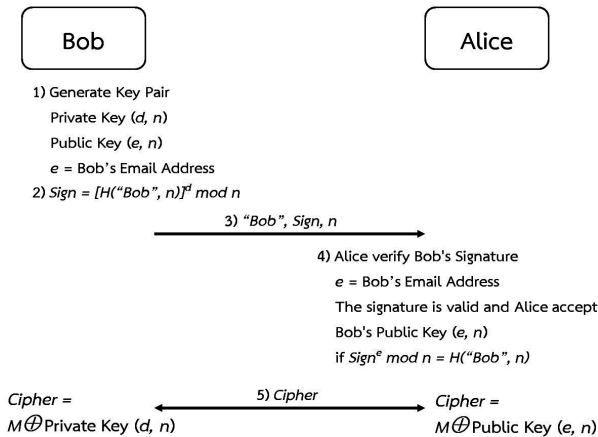


Figure 7 Work Flow of IIR Digital Signature

จาก (Figure 7) แสดงรายละเอียดขั้นตอนการใช้งานระบบต้นแบบ IIR ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

- 1) Bob คำนวณกุญแจคู่ประกอบด้วย Private Key (d, n) และ Public Key (e, n) ตามกระบวนการของ RSA Algorithm โดยที่ระบบต้นแบบที่เสนอโดยงานวิจัยนี้ส่วนของ Public Key (e) กำหนดให้เป็น Identity คือ Email Address ของ Bob
- 2) Bob ลงลายมือชื่อดิจิทัลเพื่อรับรองกุญแจสาธารณะของ Bob ตามสมการ $Sign = [H("Bob", n)]^d \text{ mod } n$
- 3) Bob ส่ง "Bob", Sign, n ให้ Alice
- 4) Alice พิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลของ Bob โดย Alice ใช้ส่วนของ Public Key (e) ที่เป็น Email Address ของ Bob ซึ่ง Alice ทราบอยู่แล้ว โดยที่ Alice จะยอมรับและใช้งาน Public Key (e, n) ของ Bob เมื่อได้ผลลัพธ์ของการพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล Valid
- 5) การสื่อสารข้อความระหว่าง Alice กับ Bob ข้อความที่ถูกส่งจะอยู่ในรูปของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส โดยกุญแจที่ Alice ใช้สำหรับเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลคือ Public Key (e, n) ของ Bob และกุญแจที่ Bob ใช้สำหรับเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลคือ Public Key (e, n) และแสดงตัวอย่างส่วนการทำงานของระบบต้นแบบในขั้นตอนการยืนยันและการพิสูจน์ตัวจริงระหว่าง Alice กับ Bob ดัง (Figure 8) คือขั้นตอนที่

Bob คำนวณกุญแจคู่แล้วลงลายมือชื่อดิจิทัลรับรองกุญแจสาธารณะและ (Figure 9) คือขั้นตอนที่ Alice พิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลของ Bob

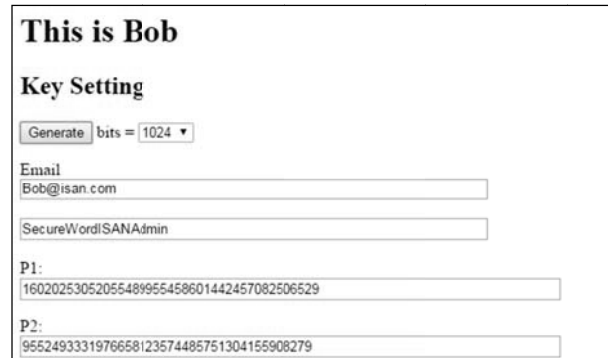


Figure 8 Generating a key pair

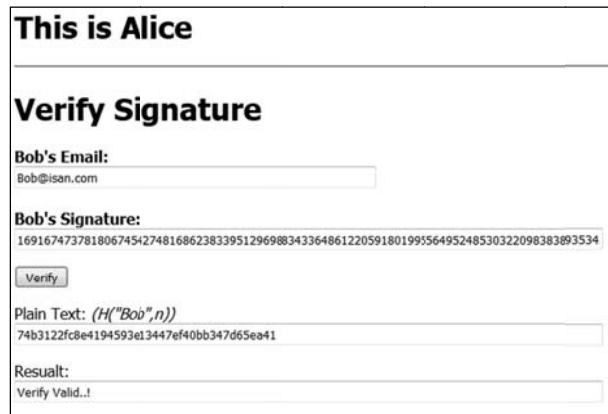


Figure 9 Verifying the digital signature

ผลการประเมินประสิทธิภาพ

1. ผลการวิเคราะห์ความมั่นคงของอัลกอริทึมใหม่
ในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุง RSA Algorithm ที่มีคุณสมบัติลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล เพื่อให้การแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะมีความมั่นคง จาก RSA Algorithm ที่กุญแจคู่ประกอบด้วย Public Key (e, n) และ Private Key (d, n) เมื่อนำ Identity ที่เป็นสาธารณะเช่น Email Address เป็นส่วนของ Public Key (e) ทำให้การนำกุญแจสาธารณะใช้เพื่อพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลมีความมั่นคงมากขึ้น สามารถยืนยันได้ว่าผู้เป็นเจ้าของลายมือชื่อดิจิทัล เป็นตัวจริง ดังตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อ Bob ต้องการส่งลายมือชื่อดิจิทัลเพื่อให้ Alice ตรวจสอบ Alice ก็ทราบอยู่แล้วว่าส่วนหนึ่งของกุญแจสาธารณะที่ใช้เพื่อพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัลของ Bob คือ Email Address ของ Bob โดยที่ไม่ต้องมีกระบวนการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ
- อีกทั้งจากผลการปรับปรุงอัลกอริทึม สามารถแก้ไขปัญหาความมั่นคงในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการใช้งานระบบกับ

หลายๆ Platform อย่างเช่น Alice ต้องการใช้งานระบบกับทั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC) และ Smartphone การใช้งานระบบของ Alice ไม่จำเป็นต้องนำกุญแจส่วนตัวที่ถูกสร้างขึ้นในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาติดตั้งบน Smartphone เพียงแค่ Alice กำหนด Secret Word ก็สามารถสร้างกุญแจคู่แล้วเริ่มขั้นตอนการสนทนากับ Bob ได้ และยังสามารถแก้ไขปัญหาความมั่นคงในกรณีที่ Alice ทำอุปกรณ์สูญหายซึ่งอาจทำให้กุญแจส่วนตัวของ Alice รั่วไหลอีกด้วย

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพ

จากการออกแบบอัลกอริทึม ISAN Identity-based RSA (IIR) และการพัฒนาต้นแบบเพื่อรองรับการใช้งานแบบ Multi-Platform การประเมินประสิทธิภาพแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้จากอัลกอริทึม IIR รองรับการทำงานแบบ Multi-Platform โดยแสดงผลการทดสอบในส่วนของ การสร้างกุญแจคู่ (Generate Key Pair) ดัง (Figure 10) และขั้นตอนการลงลายมือชื่อดิจิทัล (Sign) และพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล (Verify) ดัง (Figure 11)

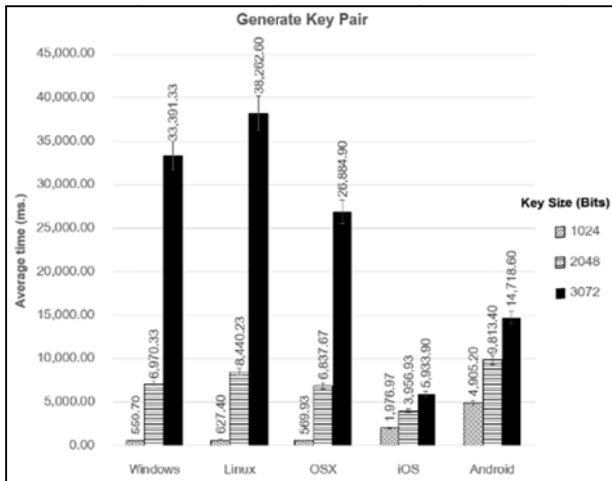


Figure 10 Generating a key pair

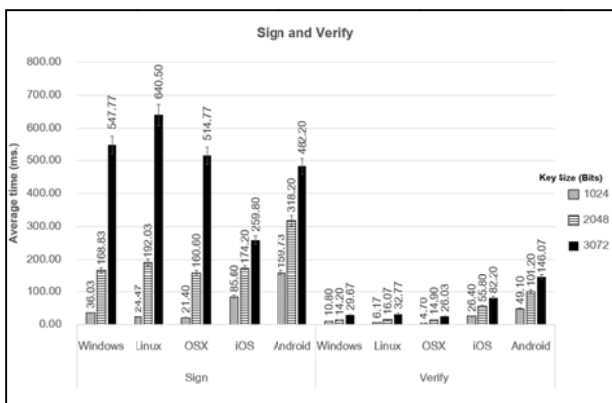


Figure 11 Signing and Verifying the digital signature

จาก (Figure 10) และ (Figure 11) แสดงการทดสอบระบบที่พัฒนาจากอัลกอริทึม IIR รองรับการทำงานกับทุก Platform เนื่องจากภาษา JavaScript ที่งานวิจัยนี้เลือกใช้สำหรับพัฒนาระบบรองรับกับการทำงานบน Web Browser กับทุก Platform และการทดสอบได้กำหนดขนาดกุญแจเป็นไปตามมาตรฐานที่ประกาศใน¹⁷ ที่ระบุว่าขนาดของกุญแจที่ใช้กับ RSA Algorithm สำหรับลงลายมือชื่อดิจิทัลต้องอยู่ระหว่าง 2048 bits ถึง 3072 bits และขนาดกุญแจขั้นต่ำสำหรับเข้ารหัสข้อมูลคือ 1024 bits

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่ายถือเป็นวิธีการสื่อสารข้อมูลที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย สำหรับความมั่นคงของข้อมูลมีความสำคัญสำหรับการสื่อสารข้อมูล ข้อมูลในระบบจะต้องมีความมั่นคงโดยที่ข้อมูลมีความสมบูรณ์ไม่ถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไขระหว่างส่งข้อมูล รักษาข้อมูลให้เป็นความลับเพื่อยืนยันว่าผู้รับเท่านั้นสามารถดูข้อมูลได้เพียงคนเดียวและสามารถพิสูจน์ได้ว่าข้อมูลที่ส่งมายังผู้รับ เป็นการส่งข้อมูลจากผู้ส่งจริง

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึม ISAN Identity-based RSA (IIR) สำหรับลงและพิสูจน์ลายมือชื่อดิจิทัล เพื่อให้การแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะมีความมั่นคง ซึ่งทำให้การสื่อสารข้อมูลสามารถพิสูจน์ตัวตนได้ว่าคู่สนทนาเป็นตัวจริงหรือไม่ และการส่งข้อมูลเป็นความลับ ซึ่งผลของงานวิจัยนี้สามารถแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะของงานวิจัยก่อนหน้า และจากผลการวิเคราะห์ความมั่นคงแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึม IIR สามารถแก้ไขปัญหาการแลกเปลี่ยนกุญแจสาธารณะ รวมถึงผลจากการทดสอบประสิทธิภาพระบบที่พัฒนาจากอัลกอริทึม IIR แสดงให้เห็นว่าระบบรองรับการทำงานแบบ Multi-Platform

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย งบประมาณรายได้คณะวิทยาการสารสนเทศ ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. Arnbak A, Asghari H, Eeten M, et al. Security Collapse in the HTTPS Market. Journal of ACM Queue; 12: 1–15.
2. Symantec Corporation. Online fraud: pharming, 2008, <http://us.norton.com/cybercrime-pharming>.

3. Diffie W, Hellman M. New directions in cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*; 22: 644-654.
4. Dierks T, Allen C. The TLS Protocol Version 1.0: IETF RFC 2246, January 1999.
5. Ibrahim M. Modification of Diffie–Hellman Key Exchange Algorithm for Zero Knowledge Proof. *Proceedings of International Conference on Future Communication Networks*; Baghdad, 2012: 147 - 152.
6. Khader A, Lai D. Preventing Man-In-The-Middle Attack in Diffie-Hellman Key Exchange Protocol. *Proceedings of International Conference on Telecommunications (ICT 2015)*; Sydney, NSW, 2015:204 - 208.
7. Hodges J, Jackson C, Barth A. HTTP Strict Transport Security (HSTS): IETF RFC 6797, November 2012.
8. Rivest R, Shamir A, Adleman L. A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM*, ; 21: 120-126.
9. Shamir A. Identity-based cryptosystems and signature schemes. *Proceedings of the CRYPTO 84 on Advances in cryptology*; New York, USA :47-53.
10. พระราชบัญญัติว่าด้วยธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. 2544 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2551, <http://ictlawcenter.etcha.or.th/files/law/file/3/292de62a21d94b42a21218ba21abe0c5.pdf>.
11. Boneh D, Franklin M. Identity-Based Encryption from the Weil Pairing. *Proceedings of the CRYPTO '01 Proceedings of the Annual International Cryptology Conference on Advances in Cryptology*; California, USA, 2011: 213-229.
12. Elgamal T. A Public Key Cryptosystem and a Signature Scheme Based on Discrete Logarithms. *IEEE Transactions on Information Theory*, 31: 469 - 472.
13. Harn L, Ren J. Efficient identity-based RSA multisignatures. *The International Journal of Computers & Security*; 27: 12-15.
14. Tripathi S, Biswas G, Kisan S. Cryptographic keys generation using identity. *Proceedings of International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing (ARTCom 2011)*; Bangalore, 2011:148 - 151.
15. Muhammadi N, Zaini J, Saman M. Loop-based RSA key generation algorithm using string identity. *Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2013)*; Bangalore, 2013 :255 - 258.
16. Durumeric Z, Kasten J, Bailey M, et al. Analysis of the HTTPS certificate ecosystem. *Proceedings of IMC '13 Proceedings of conference on Internet measurement conference 2013*; New York, USA, 2013: 291-304.
17. Polk W, Dodson D, Burr W, et al. *Cryptographic Algorithms and Key Sizes for Personal Identity Verification*, U.S. Department of Commerce, NIST Special Publication 800-78-4.

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 เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิม หรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลงแก้ไข เนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล และนำไปอ้างอิงได้

การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่เรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 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 ".rft" (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 หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย 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

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

พิจารณา เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. 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

พิจารณา เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. 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 7th 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. การใช้เอทีฟอนกระตุ้น การสูกของพริก. 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. 26th 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. List the information in 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

ท่านสามารถส่งจ่ายธนาคณัติหรือตัวแลกเงิน สั่งจ่าย ปณ.ทำxonยาง ในนาม:

นางฉวีวรรณ อังครระเศษฐัง กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150



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 44150