



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
Department of Medical Sciences

วารสาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

ปีที่ 66 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2567 • Vol. 66 No. 1 January - March 2024



Approved by TCI
during (2022-2024)



ISSN 0125-684X

E-ISSN 2697-4525

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จัดทำโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ทุกสาขา

เจ้าของ	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข	
ที่ปรึกษาด้านบริหาร	นพ.ยงยศ ธรรมวุฒิ นพ.บัลลังก์ อุปพงษ์	นพ.พีเชษฐ บัญญัติ นพ.ปิยะ ศิริลักษณ์
ที่ศึกษาด้านวิชาการ	นางพิมพ์ใจ นัยโกวิท ดร.ปนัดดา ชิลวา ดร.บุษราวรรณ ศรีวรรณะ	ดร.สุมล ปิตวานนท์ ดร.เดือนฉนวน พรหมขัติแก้ว
บรรณาธิการบริหาร	ดร.ประไพ วงศ์สินคณัน	
บรรณาธิการ	ดร.นวรัตน์ วิจัยกนกจินดา	
รองบรรณาธิการ	ดร.อภิวัฏ ธวัชสีน ดร.สุภาพร ภุมมอมร	นางสิริภากร แสงกิจพร
คณะบรรณาธิการ	ศ.เกียรติคุณ ดร.ไฟล์พันธ์ พุฒินะ ศ.ดร.นพ.ประเสริฐ เอื้อวรากุล ดร.दनัย ทิวาเวช ศ.ดร.นพ.เผด็จ สิริยะเสถียร ศ.ดร.พรพิมล กองทิพย์ รศ.ดร.ศรีสรวงค์ ตันทิมาวานิช ดร.สุนี ศิริวิชัยกุล ศ.ดร.พญ.ชนิตรารัฐ จูจิตต์ รศ.ดร.ภญ.พัฒนพิทย์ พงษ์เพชร ภญ.สุวรรณมา จารุนุช ดร.สลักจิต ชุดิพนธ์วีเวท ดร.อุษาวดี ถาวรระ นายสุธน วงษ์ชีรี นางสาววิชชุดา จิตตางกูร ดร.สุภาณี ดวงธีร์ปริธา รศ.ดร.นวลฉวี เวชประสิทธิ์ ดร.วันทนา ปวีณกิตติพร ดร.อรุญากร จันทร์แสง	มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยมหิดล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ
ฝ่ายจัดการ	นางสาวน้ำฝน น้อยประเสริฐ นางสาวประสาน จูลวงษ์ นางสาวอภิญญา จิรวรรณศิริ นายนาบี ศรีวรรมย์ นางสาวภาวนีย์ สุขเจริญ	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
สำนักงานวารสาร	สำนักวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 88/7 ซอยติวานนท์ 14 ถนนติวานนท์ นครบุรี 11000 โทร. 0-2951-0000 ต่อ 99662 โทรสาร 0-2951-1297 E-mail : bull.dmsc@dmsc.mail.go.th	
พิมพ์ที่	บริษัท ธนอรุณการพิมพ์ จำกัด 457/6-7 ถนนพระสมุทร แขวงบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2282-6033-4	

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

ปีที่ 66 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2567

Vol. 66 No. 1 January - March 2024

สารบัญ

หน้า

นิพนธ์ต้นฉบับ

- ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมและชนิดของลูกน้ำยุงกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม
ของพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. 2563 1
โสภาวดี มูลเมฆ เกื้ออนันต์ เตชะโต ชนิษฐา เกิดศรี และ อธิกรม พึ่งสกุล
- ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหารของสารสกัดเอทานอลขมิ้นชัน 18
สุวรรณี ทรัพย์เจริญ และ ณัฐชา ดั่งรัก
- ค่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างหลังการอ่านค่าปริมาณรังสี
ของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด Inlight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่ 34
สถาพร กล่อมแก้ว และ อุดมทรัพย์ จันทพร
- การพัฒนาเครื่องมือทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเองสำหรับคนไทย 43
อายุมากกว่า 50 ปี ในจังหวัดปัตตานี
ศิริลักษณ์ เลิศพงษ์พิรุฬห์ และ อัสวชัย ช่วยพรหม
- การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของ *Salmonella* spp. ในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท 58
พัชรีย์ จิตตพิทักษ์ชัย วชิราภา เขียวรอด และ สุคันธา โอศิริพันธ์
- การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกะหล่ำปลี คื่นหัด
แครอท และส้ม โดยเครื่อง GC-MS/MS 67
พรรคพล ชะพลพรรค และ วาสนี ว่องไว
- การศึกษาประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมในหญิงไทยตั้งครรภ์ ด้วยวิธี 91
Non-Invasive Prenatal Testing (NIPT) เปรียบเทียบกับวิธี Quadruple Test (QT)
พรนภา คำพันธ์ จินตนา ว่องไวรัตน์ และ ศราวุธ เงินจันทร์

รายงานจากห้องปฏิบัติการ

- การประเมินการได้รับสัมผัสโอคราทอกซิน เอ จากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่นของคนไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2564 104
สิริพร สะสีสม ศุภิรา ใจหา และ พนาวัลย์ กลิ่งกลางดอน
- การตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางในช่วงปี พ.ศ. 2563–2565 116
ศศิตา อยู่สุข
- ข้อบกพร่องตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลตรวจสุขภาพคนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ 133
พินิจ งามประสิทธิ์ สิริพรรณ แสงอรุณ สุพรรณณี กาญจนกุล และ ภัทรวีร์ สร้อยสังวาลย์

บทความทั่วไป

- แนวโน้มของข้อบกพร่องจากสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย ระหว่างปี พ.ศ. 2563–2566 143
อุกฤษฏ์ สุกใส ภัทรวดี สุกใส และ สกุลตลา แสงแอ่น

บทความปริทัศน์

- พยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทย 156
อุไรวรรณ ไกรนรา มุรานิชิ

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

ปีที่ 66 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2567

Vol. 66 No. 1 January - March 2024

CONTENTS

Page

Original Articles

- Species Composition and Abundance of Mosquito Larvae Related to Environmental Factors at Chana Power Plant Areas, Songkhla Province in Year 2020** 1
Sopavadee Moonmake, Kuaanan Techato, Khanitta Kerdsri, and Theerakamol Pengsakul
- Antimicrobial Activity of Turmeric Ethanolic Extract against Enteropathogenic Bacteria** 18
Suwandee Sapcharoen and Natthacha Duangrak
- Determination of the Minimum Time for OSL Signal Annealing after Reading Radiation Dose of Inlight® Basic OSL Dosimeter before Reuse** 34
Sataporn Klomkaew and Udomsap Chanthason
- Development of Self-Administered Smell Identification Test kit for Thai People Aged over 50 Years in Pattani Province** 43
Sirilak Lertpongpiroon and Aussavashai Shuayprom
- Quantitative Microbiological Risk Assessment of *Salmonella* spp. in Drinking Water in Sealed Container** 58
Patcharee Chittaphithakchai, Wachirapa Kheowrod, and Sukhuntha Osiriphun
- Method Validation of Pesticide Residues in Cabbage, Kale, Carrots and Oranges by GC-MS/MS** 67
Pakphon Chaphonpak and Wasinee Wongwai

Original Articles

- A Comparative Assessment of Non-Invasive Prenatal Testing (NIPT) and Quadruple Test (QT) for the Detection of Down Syndrome in Pregnant Thai Women** 91

Pornnapa Khampan, Jintana Wongvilairat and Sarawut Ngoenchan

Laboratory Finding

- Dietary Exposure Assessment to Ochratoxin A from the Consumption of Coffee, Dried Chili and Ground Chili among Thai People During 2016–2021** 104

Siriporn Sasrisom, Supira Jaiha, and Panawan Kluengklangdon

- Analysis of Seized Drugs during 2020–2023** 116

Sasida Yoosook

- Non-Comformities of Laboratory Standard for Health Certification for Thai Residents Intending to Work Overseas** 133

Pinit Ngamprasit, Siriphan Saeng-aroon, Supannee Kanjanakun, and Patravee Soisangwan

General Articles

- Trend Analysis of Conditions from Nonconformities to ISO/IEC 17025:2017 and ISO 15189:2012 Requirements of Regional Medical Sciences Center 1/1 Chiang Rai during 2020–2023** 143

Ugrit Suksai, Phattarawadee Suksai, and Sakuntala Saengaen

Review Article

- Anisakis* spp. in Thailand** 156

Uraiwan Krainara Muranishi

ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมและชนิดของลูกน้ำยุง กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. 2563

โสภาวดี มูลเมฆ^{1,2} เกื้ออนันต์ เตชะโต¹ ชนิษฐา เกิดศรี² และ อีรภมร เพ็งสกุล^{1,3}

¹ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

² สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 สงขลา อำเภอเมือง สงขลา 90000

³ ศูนย์วิจัยสุขภาพและสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

บทคัดย่อ การศึกษาชนิดความชุกชุมและการแพร่กระจายของยุงกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า มีความสำคัญในการเป็นข้อมูลพื้นฐานและองค์ความรู้ไปสู่แนวทางการเฝ้าระวังป้องกันโรคติดต่อมาโดยยุง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิด ความชุกชุมลูกน้ำยุง และปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าจะนะ คณะผู้วิจัยได้สำรวจแหล่งเพาะพันธุ์และเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงเพื่อจำแนกชนิดจากบริเวณพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา พบลูกน้ำและตัวโม่งยุง 5 ชนิด ในภาชนะน้ำขัง ได้แก่ ลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) มีความชุกชุมสูงสุดร้อยละ 71.42 รองลงมาเป็นยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) ร้อยละ 26.58 ยุงแม่ไก่ (*Armigeres* sp.) ร้อยละ 1.43 ยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) ร้อยละ 0.43 และยุงยักซ์ (*Toxorhynchites* sp.) ร้อยละ 0.14 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าฤดูกาลระบาด ชนิดและขนาดภาชนะ บริเวณที่พบ อุณหภูมิ น้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์กับชนิดและความชุกชุมลูกน้ำยุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระยะห่างจากโรงไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อุณหภูมิอากาศ และทิศทางลมไม่มีผลต่อความชุกชุมลูกน้ำยุง จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถเป็นข้อมูลและแนวทางในการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อความชุกชุมและการแพร่กระจายของยุงในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: ยุง, ความชุกชุม, โรคติดต่อมาโดยยุง, ปัจจัยสิ่งแวดล้อม, โรงไฟฟ้าจะนะ

Corresponding author E-mail: sopavadee14@yahoo.com

Received: 20 June 2023

Revised: 5 January 2024

Accepted: 22 January 2024

ในพื้นที่ที่มีระดับปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 220 มิลลิเมตร และความชุกชุมลดลงที่ระดับปริมาณน้ำฝนสูงกว่า 220 มิลลิเมตรต่อปี⁽¹⁰⁾ ประเทศสิงคโปร์พบความชุกชุมและการกระจายของยุงพาหะนำโรคในพื้นที่ศึกษาเพิ่มขึ้น 32 สกุล รวม 182 ชนิด⁽¹¹⁾ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และลม มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาการแพร่เชื้อของยุงที่เป็นพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย โรคไข้เลือดออก และโรคไข้สมองอักเสบ⁽¹²⁾ รวมทั้งการถูกรบกวนแหล่งอาหารตามธรรมชาติ ส่งผลต่อการกระจายของแมลงที่เป็นพาหะนำโรค ได้แก่ ยุง รันฝอยทราย และสัตว์ประจำถิ่น⁽¹³⁾ ประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศอบอุ่นจะส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนประชากรยุงและการแพร่เชื้อในพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหามลพิษ⁽¹⁴⁾ ทำให้องค์การอนามัยโลกจัดให้ประเทศไทยมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากยุงและหนู⁽⁷⁾ ประเทศไทยมีรายงานการระบาดของโรคที่เกิดจากยุงเป็นพาหะนำโรคทุกปี ได้แก่ โรคไข้เลือดออก ซึ่งการกระจายของโรคมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่อยู่ตลอดเวลา พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคมีความซับซ้อนและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่⁽¹⁵⁾ อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่ที่มีโรงไฟฟ้าและมีรายงานผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกทุกปี เมื่อพิจารณาข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในพื้นที่อำเภोजะนะ ย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2562 มีจำนวนผู้ป่วยรวมทั้งสิ้น 1,126 ราย พบในตำบลป่าชิง ตำบลคลองเปี๊ยะ และตำบลตลิ่งชัน รวม 51, 57 และ 95 ราย ตามลำดับ ซึ่งเป็นพื้นที่ตั้งอยู่ใกล้โรงไฟฟ้าจะนะ และยังพบผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในทุกตำบลของอำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา⁽¹⁶⁾ จากการรายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี พ.ศ. 2561-2562 พบว่าอำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไข้เลือดออก และจำเป็นต้องดำเนินการควบคุมลูกน้ำยุง^(15,17) โรงไฟฟ้าจะนะเป็นหนึ่งในโรงไฟฟ้าที่มีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x; NO และ NO₂) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) จากการใช้ก๊าซธรรมชาติและใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรอง เกิดการเผาไหม้เพื่อขับเคลื่อนกังหันก๊าซ และโรงไฟฟ้าตั้งอยู่ใกล้ชุมชน ได้แก่ กลุ่มบ้านป่างาม ตำบลตลิ่งชัน กลุ่มบ้านป่าชิง ตำบลป่าชิง และ

วัสดุและวิธีการ

โรงไฟฟ้าจะนะ หมู่ที่ 1 ตำบลปาลิขันธ์ อำเภोजะจะนะ จังหวัดสงขลา พื้นที่ 33.3 ไร่โดยพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในระยะรัศมี 5 กิโลเมตร รอบโรงไฟฟ้าจะนะ⁽¹⁹⁾ แบ่งพื้นที่เป็น 3 ระยะ คือ ระยะห่างจากโรงไฟฟ้าน้อยกว่า 600 เมตร ได้แก่ กลุ่มบ้านควนหัวช้าง ตำบลคลองเป๊ะ ระยะห่าง 600-1,200 เมตร ได้แก่ กลุ่มบ้านปาลิขันธ์ ตำบลปาลิขันธ์ และระยะห่างมากกว่า 1,200 เมตร ได้แก่ กลุ่มบ้านนันท ตำบลตลิ่งชัน กลุ่มบ้านในเมือง ตำบลคลองเป๊ะ และกลุ่มบ้านป่างาม ตำบลตลิ่งชัน มีจำนวนหลังคาเรือน 132, 398, 183, 124 และ 442 หลังคาเรือน ตามลำดับ⁽²⁰⁾ การสำรวจภาชนะน้ำแข็งแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงพื้นที่ดังกล่าวดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2563 ตามฤดูกาลเกิดโรคไข้เลือดออก คือ ช่วงฤดูก่อนระบาด (กุมภาพันธ์-เมษายน) ช่วงฤดูระบาด (พฤษภาคม-สิงหาคม) และช่วงฤดูหลังระบาด (กันยายน-ตุลาคม)⁽²¹⁾ ดังแสดงในภาพที่ 1



การสุ่มสำรวจและเก็บตัวอย่างลูกน้ำ

จำนวนบ้านที่ศึกษาคัดเลือกตัวอย่างแบบสุ่ม (simple random sampling) และพิจารณาจากค่าดัชนีลูกน้ำยุงลายในอดีตที่ใกล้เคียงร้อยละ 50 มากที่สุด⁽²²⁾ ข้อมูลที่ได้จัดเป็นการประมาณค่าสัดส่วนของประชากร (proportion) สูตรที่ใช้คำนวณ⁽²³⁾ ดังนี้

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2} p (1-p)}{d^2}$$

โดยกำหนดค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% คือ $Z_{0.5/2}$ เท่ากับ 1.96

ค่า p กำหนดค่าดัชนีลูกน้ำ (HI) ที่ร้อยละ 50

ค่า d คือ ระดับความเที่ยงในการสำรวจทางกีฏวิทยา กำหนด $d = 0.2$

การศึกษาครั้งนี้สำรวจบ้านแต่ละกลุ่มบ้านจากสูตรการคำนวณ (25 หลังคาเรือน) และพิจารณาจากลักษณะบริบทพื้นที่โดยสุ่มสำรวจบ้านอย่างเป็นระบบ (systematic random sampling) คือสำรวจ 1 บ้าน เว้น 2 บ้าน เพื่อให้ได้ตัวอย่างของบ้านครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ดำเนินการสำรวจกลุ่มบ้านละ 25-50 หลังคาเรือน โดยสำรวจและนับจำนวนภาชนะที่มีน้ำซึ่งว่าพบหรือไม่พบลูกน้ำ สำหรับภาชนะที่พบลูกน้ำดำเนินการเก็บตัวอย่างลูกน้ำและตัวโม่งทั้งหมดจากภาชนะแต่ละอัน (all-larvae-per container method) พร้อมบันทึกชนิดขนาดภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 ลิตร (≤ 20 ลิตร) หรือมากกว่า 20 ลิตร (> 20 ลิตร) ภาชนะที่พบลูกน้ำประเภทน้ำ วัตถุหนุมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำด้วยเครื่อง pH Meter แบบพกพา (SmartSensoren PH818, สาธารณรัฐประชาชนจีน) ตัวอย่างลูกน้ำและตัวโม่งเลี้ยงให้เป็นยุงตัวเต็มวัยในห้องปฏิบัติการและจำแนกชนิดยุงตามคู่มือการจำแนกชนิดยุงในประเทศไทยของ Rattanarithikul R et al.⁽²⁴⁾

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีลูกน้ำยุงเพื่อประเมินความชุกชุมลูกน้ำยุงและตัวโม่ง ได้แก่ ร้อยละของบ้านที่พบลูกน้ำ (house index; HI) ร้อยละของภาชนะที่พบลูกน้ำ

(container Iindex; CI) จำนวนภาชนะที่พบลูกน้ำต่อบ้าน 100 หลังคาเรือน (breteau index; BI) และจำนวนตัวโม่งที่สำรวจพบใน 100 หลังคาเรือน (pupal index; PI) สูตรที่ใช้คำนวณ ดังนี้

$$HI = \frac{\text{จำนวนบ้านที่สำรวจพบลูกน้ำยุง}}{\text{จำนวนบ้านที่สำรวจทั้งหมด}} \times 100$$

$$CI = \frac{\text{จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำยุง}}{\text{จำนวนภาชนะที่สำรวจทั้งหมด}} \times 100$$

$$BI = \frac{\text{จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำยุง}}{\text{จำนวนบ้านที่สำรวจทั้งหมด}} \times 100$$

$$PI = \frac{\text{จำนวนบ้านที่สำรวจพบตัวโม่ง}}{\text{จำนวนบ้านที่สำรวจทั้งหมด}} \times 100$$

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความสัมพันธ์โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย 1) ฤดูกาลระบาด 2) ระยะห่างจากโรงไฟฟ้า 3) ชนิดภาชนะ 4) สถานที่พบภาชนะ และ 5) ขนาดภาชนะ กับตัวแปรตาม (การพบลูกน้ำยุงทั้ง 5 ชนิด) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความสัมพันธ์โดยใช้สถิติการถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression) ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย 1) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 2) อุณหภูมิ 3) ความชื้นสัมพัทธ์ 4) ปริมาณน้ำฝน และ 5) ทิศทางลมกับตัวแปรตาม (ความชุกชุมลูกน้ำยุง)

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัสโครงการ HSC-HREC-63-020-1-3 วันที่อนุมัติ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2563 และคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงสัตว์และใช้สัตว์ของสถาบันมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัสโครงการ (IACUC) 2563-10-033 วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2563

ผล

ผลการสำรวจภาชนะน้ำขังแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ อำเภोजจะนะ จังหวัดสงขลา พบลูกน้ำและตัวโม่งยุงรวม 5 ชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) มีความชุกชุมสูงสุด ร้อยละ 71.42 รองลงมา ยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) ร้อยละ 26.58 ยุงแม่ไก่ (*Armigeres* sp.) ร้อยละ 1.43 ยุงรำคาญ (*Cx. quinquefasciatus*) ร้อยละ 0.43 และยุงยักซ์ (*Toxorhynchites* sp.) ร้อยละ 0.14 ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อแบ่งตามระยะห่างจากโรงไฟฟ้าเป็น 3 ระยะ พบ ยุงลายบ้านและยุงลายสวนกระจายทุกพื้นที่ศึกษา ส่วน ยุงรำคาญพบในพื้นที่บ้านควนหัวช้าง (< 600 เมตร) และบ้านนันท (> 1,200 เมตร) ยุงยักซ์พบในพื้นที่บ้านป่าชิง (600-1,200 เมตร) และบ้านในเมือง (> 1,200 เมตร) ส่วนยุงแม่ไก่พบในพื้นที่บ้านป่าชิง (600-1,200 เมตร) และบ้านนันท (> 1,200 เมตร) แตกต่างจากบ้านป่างาม (> 1,200 เมตร) พบเฉพาะยุงลายบ้านและยุงลายสวน เท่านั้น

จากการศึกษาชนิด จำนวนลูกน้ำยุง และภาชนะที่สำรวจ รวมทั้งผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีลูกน้ำยุงทั้ง 5 ชนิด ตามช่วงฤดูกาลเกิดโรคไข้เลือดออกแต่ละพื้นที่ศึกษาบริเวณรอบโรงไฟฟ้าจะนะ พบว่ากลุ่มบ้านควนหัวช้างพบลูกน้ำยุงรวม 3 ชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้าน มีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาเป็นยุงลายสวนและยุงรำคาญตามลำดับ โดยมักพบลูกน้ำยุงในถังน้ำใช้ขนาดมากกว่า 20 ลิตร ทั้งบริเวณในบ้านและนอกบ้าน ส่วนภาชนะที่มีขนาดน้อยกว่า 20 ลิตร บริเวณนอกบ้านมักพบในยางรถยนต์ ภาชนะไม้ใช้ ถังหินลับมีด ส่วนบริเวณในบ้านพบในชาตู้กันมด โดยมีค่า HI และ CI ช่วงฤดูระบาดสูงสุด (42.31 และ 29.82 ตามลำดับ) ส่วนฤดูก่อนและหลังระบาดมีค่าใกล้เคียงกัน และพบค่า PI สูงสุดช่วงฤดูระบาด รองลงมาเป็นฤดูก่อนและหลังระบาด ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับภาชนะที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงมีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อยู่ในช่วง 5.29-7.99 และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูก่อนระบาด รองลงมาเป็นฤดูระบาดและหลังระบาด (7.05, 6.96 และ 6.43 ตามลำดับ) ส่วนอุณหภูมิอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงฤดูก่อนระบาด รองลงมาเป็นฤดูหลังระบาดและระบาด

(31.62, 30.26 และ 29.70 ตามลำดับ) ขณะเดียวกัน ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงฤดูระบาด รองลงมาเป็นฤดูหลังระบาดและก่อนระบาด (62.55, 61.15 และ 58.14 ตามลำดับ)

กลุ่มบ้านป่าชิง พื้นที่ห่างจากโรงไฟฟ้าระยะ 600-1,200 เมตร พบลูกน้ำยุงรวม 3 ชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้าน ยุงลายสวน และยุงยักซ์ มักพบลูกน้ำยุงในถังน้ำใช้และโอ่งน้ำขนาดมากกว่า 20 ลิตร ทั้งบริเวณในบ้านและนอกบ้าน ส่วนภาชนะที่มีขนาดน้อยกว่า 20 ลิตร บริเวณนอกบ้านมักพบลูกน้ำในภาชนะไม้ใช้ แกลลอน กระถางต้นไม้ กะลา และกะละมัง ส่วนบริเวณในบ้านพบในถาดรองรับน้ำตู้เย็น โดยมีค่า HI, CI และ PI สูงสุดช่วงฤดูระบาด (50.00, 41.98 และ 36.00 ตามลำดับ) รองลงมาเป็นฤดูหลังระบาด (30.00, 23.08 และ 10.00 ตามลำดับ) และก่อนระบาด (22.86, 20.00 และ 8.57 ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับภาชนะที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงมีค่าความกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 5.89-7.62 ส่วนอุณหภูมิอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงฤดูก่อนระบาด รองลงมาเป็นฤดูระบาดและหลังระบาด (33.14, 29.64 และ 28.00 ตามลำดับ) ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงฤดูหลังระบาด รองลงมาเป็นฤดูระบาดและก่อนระบาด (71.54, 62.99 และ 57.00 ตามลำดับ)

กลุ่มบ้านนันท บ้านในเมือง และบ้านป่างาม พื้นที่ห่างจากโรงไฟฟ้าระยะมากกว่า 1,200 เมตร พบลูกน้ำยุงรวม 5 ชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้านมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาเป็นยุงลายสวน ยุงรำคาญ ยุงแม่ไก่ และยุงยักซ์ตามลำดับ โดยมักพบลูกน้ำยุงในถังน้ำใช้และโอ่งน้ำขนาดมากกว่า 20 ลิตร ทั้งบริเวณในบ้านและนอกบ้าน ส่วนภาชนะที่มีขนาดน้อยกว่า 20 ลิตร บริเวณนอกบ้านมักพบลูกน้ำยุงในถ้วยน้ำนก ภาชนะที่ไม่ใช้ ถ้วยน้ำยาง แจกัน ถังหินลับมีด ส่วนบริเวณในบ้านพบถาดรองรับน้ำตู้เย็น พบว่ากลุ่มบ้านในเมืองมีค่า HI สูงสุดช่วงฤดูระบาด

ส่วนกลุ่มบ้านนันทและบ้านป่างามมีค่า HI สูงสุดช่วงฤดูหลังระบาด กลุ่มบ้านในเมืองและบ้านป่างามมีค่า CI สูงสุดช่วงฤดูระบาด และกลุ่มบ้านนันทมีค่า CI สูงสุดช่วงฤดูหลังระบาด สำหรับค่าอุณหภูมิอากาศ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกันแต่ละพื้นที่แต่ละช่วงฤดูกาลเกิดโรคไข้เลือดออก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ชนิดและจำนวนลูกน้ำและสถานะที่สำคัญพบลูกน้ำในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ 3 ระยะ คือ น้อยกว่า 600 เมตร, 600–1,200 เมตร และมากกว่า 1,200 เมตร จากโรงไฟฟ้า

พื้นที่ศึกษา	ชนิดสถานะ	จำนวนสถานะ (ชิ้น)			ชนิดและจำนวนลูกน้ำ (ตัว)				รวม
		สำรวจ	พบ		<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Toxorhynchites</i> sp.	<i>Armigeres</i> sp.
บ้านควนหัวช้าง น้อยกว่า 600 ม.	กระถาง	2	2		0	47	0	0	47
	กะละมัง	11	1		55	0	0	0	55
	ขุดดินมด	21	7		86	0	0	0	86
	ถังแช่ตะไคร้	1	1		63	0	0	0	63
	ถังน้ำ	65	11		346	11	0	0	357
	ถังดินลับมีด	2	2		102	99	0	0	201
	ถ้วยน้ำส้วม	13	2		0	0	15	0	15
	ถาดน้ำตุ๋น	1	1		0	28	0	0	28
	บ่อซีเมนต์	4	0		0	0	0	0	0
	ฝาถังน้ำ	1	1		20	0	0	0	20
	ยางรถยนต์	4	3		285	87	0	0	372
	อ่างบัว	2	1		16	15	0	0	31
	โถ้งน้ำ	11	1		22	0	0	0	22
	ภาชนะไม้ใช้	5	3		169	86	0	0	255
	จำนวนรวม	143	36		1,164	373	15	0	1,552

ตารางที่ 1 ชนิดและจำนวนลูกน้ำยุงและสถานะที่สำรวจพบลูกน้ำยุงที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ 3 ระยะ คือ น้อยกว่า 600 เมตร, 600–1,200 เมตร และมากกว่า 1,200 เมตร จากโรงไฟฟ้า (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	ชนิดสถานะ	จำนวนสถานะ (ชิ้น)			ชนิดและจำนวนลูกน้ำ (ตัว)					รวม จำนวนลูกน้ำยุง ในแต่ละสถานะ
		สำรวจ	พบ		<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Toxorhynchites</i> sp.	<i>Armigeres</i> sp.	
บ้านป้าง (600–1,200 ม.)	กระถาง	4	3		0	48	0	0	0	48
	กะละมัง	17	4		26	52	0	0	0	78
	กะลา	6	3		34	27	0	0	0	61
	แกสลอน	3	3		88	41	0	2	0	131
	แจกัน	4	0		0	0	0	0	0	0
	ถังน้ำ	97	22		412	110	0	3	88	613
	ถังหินลับมีด	2	2		25	28	0	0	0	53
	ถายน้าสัตว์	5	0		0	0	0	0	0	0
	ถาดน้ำตู้เย็น	5	3		0	119	0	0	0	119
	บ่อซีเมนต์	6	1		0	30	0	0	0	30
	บัวรดน้ำ	2	2		27	0	0	0	0	27
	ฝาลังน้ำ	2	1		0	57	0	0	0	57
	ยางรถยนต์	1	1		0	30	0	0	0	30
	อ่างบัว	1	1		14	0	0	0	0	14
	โถ่งน้ำ	17	5		108	30	0	0	0	138
สถานะไม่ใช้		10	4		108	18	0	0	0	126
จำนวนรวม		182	55		842	590	0	5	88	1,525

ตารางที่ 1 ชนิดและจำนวนลูกน้ำและสถานะที่สำรวจพบลูกน้ำยุงที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ 3 ระยะ คือ น้อยกว่า 600 เมตร, 600–1,200 เมตร และมากกว่า 1,200 เมตร จากโรงไฟฟ้า (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	ชนิดสถานะ	จำนวนสถานะ (ชิ้น)		ชนิดและจำนวนลูกน้ำ (ตัว)				รวม จำนวนลูกน้ำ ในแต่ละสถานะ
		สำรวจ	พบ	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Toxorhynchites</i> sp.	<i>Armigeres</i> sp.
บ้านนันท บ้านในเือง บ้านปางาม (มากกว่า1,200 ม.)	กระถาง	3	1	0	33	0	0	33
	กะละมัง	33	8	328	0	0	0	328
	กะลา	5	1	0	15	0	0	15
	แกลลอน	1	1	19	19	0	0	38
	ชาตู้กันมด	8	0	0	0	0	0	0
	แจกัน	9	4	24	0	0	0	24
	ถังแช่ตะไคร้	1	1	0	102	13	0	115
	ถังน้ำ	112	30	1,139	140	0	0	1,279
	ถ้วยน้ำนก	93	20	171	0	0	0	177
	ถ้วยน้ำยาง	8	4	0	46	0	0	46
	ถาดน้ำตู้เย็น	7	2	44	0	0	0	44
	บ่อซีเมนต์	8	6	126	152	0	0	278
	บัวรดน้ำ	3	2	31	43	0	0	74
	ฝาถังน้ำ	2	1	32	0	0	0	32
	อ่างบัว	6	1	60	0	0	0	60
	โถ้งน้ำ	39	12	636	134	0	4	774
	ภาชนะไม่ใช่	23	7	56	21	0	0	77
จำนวนรวม		369	104	2,694	786	13	4	3,503

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีลูกน้ำยุงและค่าสิ่งแวดล้อมพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะแต่ละฤดูกาลระบาดของโรคไข้เลือดออก

ระยะทาง	พื้นที่	ฤดูกาล	ค่าดัชนีลูกน้ำยุง				ค่าสิ่งแวดล้อม (ค่าเฉลี่ย)			
			HI	CI	BI	PI	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำ	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	ปริมาณน้ำฝน (mm.)
น้อยกว่า จากโรงไฟฟ้า	บ้านควนหัวช้าง	ก่อนระบาด	16.00	22.06	60.00	20.00	7.05	31.62	58.14	1.07
		ระบาด	42.31	29.82	65.38	42.31	6.96	29.70	62.55	22.67
		หลังระบาด	16.00	22.22	16.00	16.00	6.43	30.26	61.15	7.40
600-1,200 ม.	บ้านป่าชิง	ก่อนระบาด	22.86	20.00	28.57	8.57	7.00	33.14	57.00	1.07
		ระบาด	50.00	41.98	68.00	36.00	6.91	29.46	62.99	22.67
		หลังระบาด	30.00	23.08	30.00	10.00	7.00	28.00	71.54	7.40
มากกว่า 1,200 ม. จากโรงไฟฟ้า	บ้านนนท์	ก่อนระบาด	24.00	9.68	24.00	20.00	6.86	30.57	59.88	1.07
		ระบาด	32.00	20.69	48.00	28.00	6.48	29.34	69.52	22.67
		หลังระบาด	36.00	45.28	96.00	28.00	6.14	28.21	71.56	7.40
	บ้านในเมือง	ก่อนระบาด	20.00	11.36	20.00	20.00	7.06	31.30	57.55	1.07
		ระบาด	53.85	38.78	73.08	53.85	7.06	34.47	59.56	22.67
		หลังระบาด	40.00	28.20	44.00	32.00	6.74	28.53	70.53	7.40
	บ้านป่างาม	ก่อนระบาด	24.00	28.57	24.00	24.00	6.87	31.95	53.20	1.07
		ระบาด	32.00	42.11	32.00	32.00	6.87	34.21	60.00	22.67
		หลังระบาด	36.00	37.50	36.00	32.00	6.63	27.27	80.58	7.40

หมายเหตุ: HI = House Index, CI = Container Index, BI = Breteau Index, PI = Pupal Index

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการพบลูกน้ำยุงรวม 5 ชนิด พบว่าฤดูกาลระบาด ชนิดภาชนะ บริเวณที่พบภาชนะ และขนาดภาชนะ มีความสัมพันธ์กับการพบลูกน้ำยุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p -value เท่ากับ 0.001, 0.001, 0.001 และ 0.009 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาข้อมูลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลระบาดและระยะทางจากโรงไฟฟ้าในการพบลูกน้ำยุงแต่ละชนิด พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านมีความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลเกิดโรคและระยะทางจากโรงไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p -value เท่ากับ 0.001 และลูกน้ำยุงลายสวนมีความสัมพันธ์กับระยะทางจากโรงไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ p -value เท่ากับ 0.001 ส่วนลูกน้ำยุงรำคาญ ยุงแมกไ้ และยุงยักซ์ ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลเกิดโรคและระยะทางจากโรงไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4 จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) แบบ stepwise multiple regression พบว่าอุณหภูมิ น้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์กับความชุกชุมลูกน้ำยุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p -value เท่ากับ 0.001, 0.025 และ 0.03 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำ อุณหภูมิอากาศ และทิศทางลม ไม่มีความสัมพันธ์ต่อความชุกชุมลูกน้ำยุง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลไคสแควร์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพบลูกน้ำยุงทั้ง 5 ชนิด

ปัจจัยที่ศึกษา	t-value	p-value
ฤดูกาลระบาด	16.27	0.001*
ระยะห่างจากโรงไฟฟ้า	8.61	0.72
ชนิดภาชนะ	57.61	0.001*
บริเวณที่พบภาชนะ	45.70	0.001*
ขนาดภาชนะ	9.33	0.009*

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลไคสแควร์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลระบาด และระยะห่างจากโรงไฟฟ้ากับการพบลูกน้ำยุงแต่ละชนิด

ชนิดลูกน้ำยุง	ตัวแปรอิสระ X	value	p-value
ยุงลายบ้าน	ฤดูกาลระบาด	25.819	0.001*
	ระยะทาง	13.256	0.010*
ยุงลายสวน	ฤดูกาลระบาด	3.816	0.148
	ระยะทาง	18.644	0.001*
ยุงรำคาญ	ฤดูกาลระบาด	0.773	0.879
	ระยะทาง	6.474	0.166
ยุงแม่ไก่	ฤดูกาลระบาด	0.212	0.899
	ระยะทาง	5.030	0.284
ยุงยักซ์	ฤดูกาลระบาด	2.625	0.269
	ระยะทาง	4.989	0.288

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนของตัวแปรพยากรณ์ที่มีอิทธิพลต่อความชุกชุมลูกน้ำยุงทั้ง 5 ชนิด พื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ อำเภोजะจะนะ จังหวัดสงขลา

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม	t	p-value
คุณภาพน้ำภาชนะน้ำขัง		
ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ	-0.58	0.563
อุณหภูมิน้ำ	4.52	0.001*
สภาพภูมิอากาศ		
อุณหภูมิอากาศ	0.03	0.973
ความชื้นสัมพัทธ์	2.25	0.025*
ปริมาณน้ำฝน	2.18	0.030*
ทิศทางการลม	-1.11	0.267

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

วิจารณ์

พื้นที่ศึกษารอบโรงไฟฟ้าจะนะพบแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุง 5 ชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้านมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมา คือ ยุงลายสวน ยุงแม่ไก่ ยุงรำคาญ และยุงยักซ์ตามลำดับ โดยพบลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงลายสวนในทุกพื้นที่ศึกษาและพบบริเวณนอกบ้านมากกว่าในบ้าน สอดคล้องกับรายงานการศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงในพื้นที่จังหวัดตาก บุรีรัมย์ กาญจนบุรี และตราด พบลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงลายสวนบริเวณนอกบ้านมากกว่าในบ้าน⁽²⁵⁾ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และจังหวัดสงขลา พบแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายบ้านในบ้าน (66.30%) มากกว่านอกบ้าน (33.70%)⁽²⁵⁾ เช่นเดียวกับจังหวัดนครราชสีมา⁽²⁶⁾ แหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงลายสวนพบได้ทั้งในบ้านและนอกบ้านในพื้นที่เขตเมืองและชนบท เนื่องจากยุงลายมีความสามารถในการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่ เช่น แหล่งเพาะพันธุ์รวมทั้งมีการพัฒนาการเจริญเติบโตและการอยู่รอด⁽²⁷⁾ จากรายงานการศึกษาความชุกชุมของยุงตัวเต็มวัยบริเวณนอกบ้าน ประเทศแทนซาเนีย พบยุงรำคาญสูงสุด (52.30%) รองลงมาเป็นยุงเสือและยุงลายบ้าน (30.9 และ 16.8%)⁽²⁸⁾ สอดคล้องกับรายงานการศึกษาในประเทศสิงคโปร์ พบยุงรำคาญมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาเป็นยุงลายและยุงก้นปล่อง ตามลำดับ⁽¹¹⁾ ในพื้นที่อาคูรี (Akure) ประเทศไนจีเรีย พบยุงรำคาญมีความชุกชุมสูงสุด (71.7%) รองลงมาเป็นยุงลาย (26.8%) และยุงยักซ์ (0.05%)⁽²⁹⁾ ซึ่งพื้นที่ศึกษารอบโรงไฟฟ้าจะนะ ช่วงฤดูกาลเกิดโรค ชนิดภาชนะ บริเวณที่พบลูกน้ำยุง และขนาดภาชนะ มีความสัมพันธ์กับการพบลูกน้ำยุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลูกน้ำยุงมีความชุกชุมสูงสุดช่วงฤดูระบาดโรคไข้เลือดออก (พฤษภาคม-สิงหาคม) เป็นช่วงต้นฤดูฝน รองลงมา คือ ฤดูหลังระบาด (กันยายน-ตุลาคม) เป็นช่วงปลายฤดูฝน และฤดูก่อนระบาด (กุมภาพันธ์-เมษายน) เป็นช่วงฤดูร้อน ตามลำดับ ฤดูระบาดโรคไข้เลือดออกพบมีประชากรยุงจำนวนมาก โดยเฉพาะช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-พฤศจิกายน)⁽²⁵⁾ ปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่เชื้อโรคไข้เลือดออก⁽³⁰⁾ สำหรับชนิดภาชนะที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงลายสวน

ในพื้นที่ศึกษารอบโรงไฟฟ้าจะนะ ส่วนใหญ่เป็นถังน้ำพลาสติก โอ่งน้ำ อ่างบัว กะละมัง ที่มีขนาดมากกว่า 20 ลิตร ส่วนภาชนะที่มีขนาดน้อยกว่า 20 ลิตร มักพบในภาชนะชนิดถาดรองรับน้ำตุ๋นและชาตุ๋นกันมดบริเวณในบ้าน บริเวณนอกบ้านมักพบในถังหินลับมีด ยางรถยนต์เก่า ถังแกลอน กระถาง ถ้วยน้ำนก แจกัน และภาชนะที่ไม่ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายในประเทศแทนซาเนีย จากรายงานส่วนใหญ่พบลูกน้ำยุงในภาชนะไม่ใช้ แจกัน และภาชนะที่เป็นพลาสติกพบได้ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่⁽²⁸⁾ การศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายในประเทศบูร์กินาฟาโซ พบภาชนะแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำที่มีขนาดกลาง ได้แก่ ถังน้ำ กระป๋อง หม้อ และภาชนะขนาดใหญ่ ได้แก่ ถังขยะ ลัง และกล่อง⁽³¹⁾ ส่วนลูกน้ำยุงรำคาญ ยุงแม่ไก่ และยุงยักซ์ ในพื้นที่ศึกษาบริเวณรอบโรงไฟฟ้าจะนะครั้งนี้พบเฉพาะบริเวณนอกบ้าน โดยพบลูกน้ำยุงรำคาญในถ้วยน้ำสัตว์และถังแช่เตโคร ในพื้นที่ห่างจากโรงไฟฟ้าระยะน้อยกว่า 600 เมตร และมากกว่า 1,200 เมตร ส่วนลูกน้ำยุงแม่ไก่ และยุงยักซ์พบได้ในพื้นที่ห่างจากโรงไฟฟ้าจะนะมากกว่า 600 เมตร โดยลูกน้ำยุงแม่ไก่พบในถังน้ำและถ้วยน้ำนก ส่วนลูกน้ำยุงยักซ์พบในถังน้ำ โอ่งน้ำ และถังแกลอน

จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ระยะห่างจากโรงไฟฟ้าจะนะ 3 ระยะ ไม่มีความสัมพันธ์กับการพบลูกน้ำยุง จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชุกชุมลูกน้ำยุง พบว่าปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความชุกชุมลูกน้ำยุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณน้ำฝนสูงสุดในฤดูระบาดโรคไข้เลือดออกเดือนมิถุนายน (22.67 มิลลิเมตร) รองลงมาเป็นฤดูหลังระบาดในเดือนตุลาคม (7.40 มิลลิเมตร) และฤดูก่อนระบาดเดือนกุมภาพันธ์ (1.07 มิลลิเมตร) ตามลำดับ เห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนสูงในช่วงฤดูระบาดโรคไข้เลือดออก (พฤษภาคม-สิงหาคม) รองลงมาฤดูหลังระบาด (กันยายน-ตุลาคม) และฤดูก่อนระบาด (กุมภาพันธ์-เมษายน) ตามลำดับ จากการรายงานวิจัยพบว่าปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญส่งผลต่อการเพิ่มแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงในประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์^(32,33) สำหรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity; RH) ในพื้นที่

ศึกษารอบโรงไฟฟ้าจะนะในเดือนมิถุนายน (ฤดูร้อน) มีค่าอยู่ในช่วง 25.7–28.5 องศาเซลเซียส และ 59.56–69.52 %RH เดือนตุลาคม (ฤดูหลังร้อน) มีค่าอยู่ในช่วง 25.0–27.9 องศาเซลเซียส และ 61.15–80.56 %RH และเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูก่อนร้อน) มีค่าอยู่ในช่วง 26.9–29.1 องศาเซลเซียส และ 53.20–59.88 %RH จากรายงานการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนต่อความชุกชุมของยุงในประเทศซาอุดีอาระเบีย พบว่าอุณหภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อความชุกชุมของยุง โดยอุณหภูมิอากาศช่วง 6.4–27.7 องศาเซลเซียส เหมาะต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุง และช่วง 15.0–27.7 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อความชุกชุมและการกระจายของยุงตัวเต็มวัยเพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35.0 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงและยุงตัวเต็มวัยลดลง ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความชุกชุมของยุง⁽³⁴⁾ ซึ่งส่วนใหญ่ลูกน้ำยุงรำคาญ ยุงก้นปล่อง และยุงลาย มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ แต่ลูกน้ำยุงรำคาญ ยุงก้นปล่อง และยุงลายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากนี้ลูกน้ำยุงทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่ำกับปริมาณน้ำฝน⁽³⁵⁾ ยุงก้นปล่องพาหะนำโรคมาลาเรีย พบว่าปัจจัยภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะพื้นที่ ระยะห่างจากแหล่งที่อยู่อาศัย และแหล่งเพาะพันธุ์ ส่งผลต่อการกระจายของยุงก้นปล่องบริเวณอ่างเก็บน้ำโรงไฟฟ้า⁽⁹⁾ ผลการศึกษาเกี่ยวกับยุงรำคาญพาหะนำโรคไข้สมองอักเสบ พบว่าที่ระดับปริมาณน้ำฝนสูงกว่า 220 มิลลิเมตรต่อปี มีความชุกชุมน้อยกว่าในพื้นที่ที่มีระดับปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 220 มิลลิเมตรต่อปี⁽¹⁰⁾ จากรายงานการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของยุงรำคาญและเชื้อไวรัสโรคไข้สมองอักเสบเจอี (Japanese encephalitis; JE) ในสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าอุณหภูมิอากาศช่วง 22.0–23.0 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของยุง และที่อุณหภูมิอากาศช่วง 25.0–26.0 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการแพร่เชื้อไวรัสเจอี⁽³⁶⁾ ส่วนยุงลายบ้านและยุงลายสวนมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วช่วงอุณหภูมิ 20.0–30.0 องศาเซลเซียส และ

มีอัตราการตายสูงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35.0 องศาเซลเซียส ในห้องปฏิบัติการ⁽³⁷⁾ จากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่ออัตราการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของยุงลายบ้านในสถานะที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ในประเทศออสเตรเลีย พบว่าในยางรถยนต์ที่อุณหภูมิ 25.3 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอดชีวิตของยุงลายร้อยละ 87 ภาชนะพลาสติกที่อุณหภูมิ 16.6 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอดชีวิตของยุงลายร้อยละ 51.7 ถึงเก็บน้ำฝนที่อุณหภูมิ 26.7 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอดชีวิตของยุงลายร้อยละ 72.4 และพบว่าอุณหภูมิในช่วง 20.0–30.0 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 88–93⁽³⁸⁾ จากรายงานการศึกษากการกระจายและความชุกชุมของยุงต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมในประเทศไนจีเรีย พบว่าการผสมผสานของปัจจัยสิ่งแวดล้อมของอุณหภูมิ 26.5–29.3 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 7.1–7.3 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ 1.4–2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 66.3–108.0 ซีเมนส์ต่อเมตร และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์มีส่วนทำให้ยุงบริเวณพื้นที่ศึกษาของประเทศไนจีเรียเพิ่มมากขึ้น⁽²⁹⁾ จากรายงานการศึกษาอื่น พบว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การพัฒนาเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เป็นสวนยางบริเวณทะเลสาบน้ำจืดชินิ (Chini Lake) ประเทศมาเลเซีย ส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตยุง⁽³⁹⁾ การเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาจากกิจกรรมมนุษย์เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคในสัตว์และโรคติดต่ออุบัติใหม่ในมนุษย์⁽⁴⁰⁾ การศึกษาเกี่ยวกับการเจริญระยะตัวอ่อนระยะตัวเต็มวัย การกระจาย พฤติกรรม และแมลงที่เป็นพาหะนำโรคมีความสำคัญในการเฝ้าระวังการเกิดโรคและการกระจายของชนิดยุงมีความสำคัญในการนำมาเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการวิวัฒนาการและความแตกต่างของยุงแต่ละพื้นที่⁽⁴¹⁾ อีกทั้งการศึกษาความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สามารถนำข้อมูลมาพยากรณ์ความเสี่ยงของการเกิดโรคมาลาเรียและโรคไข้เลือดออกจากการเพิ่มจำนวนประชากรยุง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และลม มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาการแพร่เชื้อของยุงที่เป็นพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย โรคไข้เลือดออก และโรคไข้สมองอักเสบ⁽¹⁴⁾ โดยการศึกษาในครั้งนี้จะเป็น

ข้อมูลแนวทางแก้ปัญหาของพาหะชุกชุมโดยอาศัยความร่วมมือแบบประชารัฐ ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซจากโรงไฟฟ้าที่เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้แก่ ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับความชุกชุม การกระจายและชนิดยุงรอบพื้นที่โรงไฟฟ้า เนื่องจากการปล่อยก๊าซจากโรงไฟฟ้าสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไปสู่ภาวะโลกร้อนที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำในภาชนะที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงต่อไป

สรุป

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมและชนิดของลูกน้ำยุงกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าจะนะ อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2563 พบว่าลูกน้ำยุงมีความชุกชุมสูงในเดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม พบลูกน้ำยุงทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้าน ยุงลายสวน ยุงรำคาญ ยุงแม่ไก่ และยุงยักซ์ โดยลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงลายสวนพบได้ทุกพื้นที่ที่ศึกษาทั้งในบ้านและนอกบ้าน ส่วนลูกน้ำยุงรำคาญ ยุงยักซ์ และยุงแม่ไก่ พบได้ในบางพื้นที่ที่ศึกษา รวมทั้งพบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความชุกชุมลูกน้ำยุงสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน รองลงมา คือ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของน้ำ ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อุณหภูมิอากาศ และทิศทางการไหล ไม่มีความสัมพันธ์กับความชุกชุมลูกน้ำยุง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต และ รศ.ดร.ธีรภมร เพ็งสกุล ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับการให้ข้อเสนอแนะและแนวคิดในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในพื้นที่ศึกษา ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างและข้อมูลเป็นอย่างดี ขอขอบคุณประชาชนผู้พักอาศัย

ในพื้นที่ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือตลอดการศึกษางานวิจัย และขอขอบคุณแหล่งทุนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปี พ.ศ. 2563 ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Agrawal KK, Jain S, Jain AK, Dahiya S. Assessment of greenhouse gas emissions from coal and natural gas thermal power plants using life cycle approach. *Int J Environ Sci Technol* 2014; 11(4): 1157-64.
2. Zagoršková N. The environmental impact of power plants in Slovakia. In: Conference proceedings of the 2nd International Scientific Conference ITEMA 2018; 2018 Nov 8; Graz, Austria. Belgrade: All in One Print Center; 2018. p. 1091-1096.
3. Public Service Commission of Wisconsin. Environmental impacts of power plants. [online]. [cited 2022 Jan 10]; [20 screens]. Available from: URL: <https://psc.wi.gov/Documents/Brochures/Environmental%20Impacts%20of%20PP.pdf>.
4. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (ฉบับประชาชน). [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 15 ม.ค. 2565]; [16 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/2020/02/UNDP_Booklet_310120.pdf.
5. Phanitchat T, Apiwathnasorn C, Sumroiphon S, Samung Y, Naksathit A, Thawornkuno C, et al. The influence of temperature on the developmental rate and survival of *Aedes albopictus* in Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2017; 48: 799-808.
6. Deichstetter P. The effect of climate change on mosquito-borne diseases. *Am Biol Teach* 2017; 79(3): 169-73.
7. Rêgo FD, de Oliveira MA, Carvalho GM, Andrade Filho JD. Biodiversity of hematophagous

- diptera (Culicidae and Psychodidae) in a small hydroelectric power station and surrounding area in the state of Minas Gerais, Brazil. *J Med Entomol* 2020; 57: 312-7.
8. Apiwathnasorn C. Climate change and mosquito vectors. *J Trop Med Parasitol* 2012; 35: 78-85.
 9. Zeilhofer P, dos Santos ES, Ribeiro AL, Miyazaki RD, dos Santos MA. Habitat suitability mapping of *Anopheles darlingi* in the surroundings of the Manso hydropower plant reservoir, Mato Grosso, Central Brazil. *Int J Health Geogr* 2007; 6: 7. (14 pages).
 10. Ha TV, Kim W, Nguyen-Tien T, Lindahl J, Nguyen-Viet H, Thi NQ, et al. Spatial distribution of *Culex* mosquito abundance and associated risk factors in Hanoi, Vietnam. *PLoS Negl Trop Dis* 2021; 15(6): e0009497. (13 pages).
 11. Lam-Phua SG, Yeo H, Lee RM, Chong CS, Png AB, Foo SY, et al. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Singapore: updated checklist and new records. *J Med Entomol* 2019; 56: 103-19.
 12. Bai L, Morton LC, Liu Q. Climate change and mosquito-borne diseases in China: a review. *Global Health* 2013; 9: 10. (22 pages).
 13. Barata RA, Ursine RL, Nunes FP, Morais DH, Araújo HS. Synanthropy of mosquitoes and sand flies near the Aimorés hydroelectric power plant, Brazil. *J Vector Ecol* 2012; 37(2): 397-401.
 14. Kulkarni MA, Duguay C, Ost K. Charting the evidence for climate change impacts on the global spread of malaria and dengue and adaptive responses: a scoping review of reviews. *Global Health* 2022; 18: 1. (18 pages).
 15. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2562. [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 15 ส.ค. 2565]: [53 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1026720200625043825.pdf>.
 16. สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. รายงานโรคในระบบเฝ้าระวัง 506. [ออนไลน์]. 2561; [สืบค้น 10 ม.ค. 2564]: [1 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: http://doe.moph.go.th/surdata/506wk/y61/d84_4861.pdf.
 17. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2561. [ออนไลน์]. 2561; [สืบค้น 15 ส.ค. 2565]: [41 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1026620200625043737.pdf>.
 18. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าจะนะ. [ออนไลน์]. 2565; [สืบค้น 20 ต.ค. 2565]: [5 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: https://www.egat.co.th/home/wp-content/uploads/2022/09/CHN_2565_1.pdf.
 19. สิริมิตร วังสุนทร, ชลิตา เหนียวบุผา, บุษบา อิศรางกูร ณ อยุธยา, สานิต วิเศษนันท์. รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการโรงไฟฟ้าสงขลา อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ: ทีม คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด; 2548.
 20. ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลงที่ 12.2 สงขลา. เอกสารแผนการปฏิบัติงานควบคุมไข้มาลาเรีย ปีงบประมาณ 2566. สงขลา: สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 สงขลา; 2566.
 21. กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. แนวทางการดำเนินงานเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคติดต่อฯ โดยยุงลาย สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข พ.ศ. 2564 [ออนไลน์]. 2564. [สืบค้น 14 พ.ย. 2565]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://online.fliphtml5.com/bcbgi/nfvi/#p=1> (in Thai).
 22. กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. แนวทางและมาตรฐานการสำรวจลูกน้ำยุงลายเพื่อการเฝ้าระวังโรคติดต่อฯ โดยยุงลาย. [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 10 พ.ค. 2566]; [11 หน้า]. เข้าถึงได้จาก: URL: https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2/lavaservay_manual.pdf.
 23. จิตติ จันทรแสง. การสำรวจยุงลายพาหะโรคไข้เลือดออกและการวิเคราะห์ด้านสถิติ. ใน: อุษาวดี ถาวร, บรรณาธิการ. ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย. นนทบุรี: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข; 2544. หน้า 44-59.
 24. Rattanarithikul R, Harrison BA, Panthusiri P, Coleman RE. Illustrated keys to the mosquitoes

- of Thailand I. Background; geographic distribution; lists of genera, subgenera, and species; and a key to the genera. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2005; 36(Suppl 1): 1-80.
25. Chareonviriyaphap T, Akratanakul P, Nattansak S, Huntamai S. Larval habitats and distribution patterns of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes albopictus* (Skuse), in Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2003; 34(3): 529-35.
 26. Surasiang T, Chumkiew S, Martviset P, Chantree P, Jamklang M. Mosquito larva distribution and natural Wolbachia infection in campus areas of Nakhon Ratchasima, Thailand. Asian Pac J Trop Biomed 2022; 15(7): 314-21.
 27. Li Y, Kamara F, Zhou G, Puthiyakunnon S, Li C, Liu Y, et al. Urbanization increases *Aedes albopictus* larval habitats and accelerates mosquito development and survivorship. PLoS Negl Trop Dis 2014; 8(11): e3301. (12 pages).
 28. Ngingo BL, Mboera LEG, Chengula A, Machel I, Makange MR, Msolla M, et al. *Aedes aegypti* abundance, larval indices and risk for dengue virus transmission in Kinondoni district, Tanzania. Trop Med Health 2022; 50: 1. (8 pages).
 29. Joseph AO, Adepeju SO, Omosalewa OB. Distribution, abundance and diversity of mosquitoes in Akure, Ondo State, Nigeria. J Parasitol Vector Biol 2013; 5(10): 132-6.
 30. Polwiang S. The time series seasonal patterns of dengue fever and associated weather variables in Bangkok (2003-2017). BMC Infect Dis 2020; 20: 208. (10 pages).
 31. Ouédraogo WM, Toé KH, Sombié A, Viana M, Bougouma C, Sanon A, et al. Impact of physicochemical parameters of *Aedes aegypti* breeding habitats on mosquito productivity and the size of emerged adult mosquitoes in Ouagadougou City, Burkina Faso. Parasit Vectors 2022; 15: 478. (13 pages).
 32. Wee LK, Weng SN, Raduan N, Wah SK, Ming WH, Shi CH, et al. Relationship between rainfall and *Aedes* larval population at two insular sites in Pulau Ketam, Selangor, Malaysia. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2013; 44(2): 157-66.
 33. Soh S, Aik J. The abundance of *Culex* mosquito vectors for West Nile Virus and other flaviviruses: a time-series analysis of rainfall and temperature dependence in Singapore. Sci Total Environ 2021; 754: 142420. (9 pages).
 34. Jemal Y, Al-Thukair AA. Combining GIS application and climatic factors for mosquito control in Eastern Province, Saudi Arabia. Saudi J Biol Sci 2018; 25(8): 1593-602.
 35. Al-Thukair A, Jemal Y, Nzila A. Influence of climatic factors on the abundance and profusion of mosquitoes in Eastern Province, Saudi Arabia. In: Puerta-Guardo H, Manrique-Saide P, editors. Mosquito research - recent advances in pathogen interactions, immunity, and vector control strategies. London: IntechOpen; 2023. p. 83-99.
 36. Tian HY, Bi P, Cazelles B, Zhou S, Huang SQ, Yang J, et al. How environmental conditions impact mosquito ecology and Japanese encephalitis: an eco-epidemiological approach. Environ Int 2015; 79: 17-24.
 37. Farjana T, Tuno N, Higa Y. Effects of temperature and diet on development and interspecies competition in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. Med Vet Entomol 2012; 26(2): 210-7.
 38. Tun-Lin W, Burkot TR, Kay BH. Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. Med Vet Entomol 2000; 14: 31-7.

39. Pathy TS, Lee JM, Yek SH. Disturbance gradient and mosquito diversity pattern in areas surrounding Chini Lake-the second largest freshwater lake in Peninsular Malaysia. *Biodivers Data J* 2022; 10: e83800. (18 pages).
 40. Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta Trop* 2001; 78(2): 103-16.
 41. Tantely ML, Le Goff G, Boyer S, Fontenille D. An updated checklist of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Madagascar. *Parasite* 2016; 23: 20. (42 pages).
-

Species Composition and Abundance of Mosquito Larvae Related to Environmental Factors at Chana Power Plant Areas, Songkhla Province in Year 2020

Sopavadee Moonmake^{1,2}, Kuaanan Techato¹, Khanitta Kerdsri²,
and Theerakamol Pengsakul^{1,3}

¹Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, Songkla 90110, Thailand

²The Office of Disease Prevention Control 12 Songkla, Muang District, Songkla 90000, Thailand

³Health and Environmental Research Center (HERC), Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

ABSTRACT The study of species, abundance, and distribution of mosquitoes in relation to environmental factors around of the power plant is important to provide baseline information and knowledge that will lead to a means approach to prevent mosquito-borne diseases. The objective of this study was to investigate the relationship between species, abundance of mosquito larvae, and environmental factors around Chana power plant. The survey of mosquito breeding sites was carried out while the larvae samples were collected for identification. From the study, 5 species of mosquito larvae and pupae were found around of Chana power plant in Chana district, Songkhla province. Most larvae of *Aedes aegypti* were found (71.42%), followed by *Ae. albopictus* (26.58%), *Armigeres* sp. (1.43%), *Culex quinquefasciatus* (0.43%), and *Toxorhynchites* sp. (0.14%). The results of statistical analysis showed that epidemic seasons, containers (type and size), finding area, water temperature, relative humidity, and rainfall were significantly correlated with mosquito larval species and abundance ($p < 0.05$). In addition, distance to the power plant, water pH, air temperature, and wind direction did not significantly affect mosquito larval abundance. These results are important information used as a guidance for the study of environmental factors affecting the distribution of mosquitoes in other power plant areas.

Keyword: Mosquitoes, Abundance, Mosquito-borne diseases, Environmental factors, Chana Power Plant

ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร ของสารสกัดเอทานอลขมิ้นชัน

สุวรรณี ทรัพย์เจริญ และ ญัฐชา ดั่งรัก

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 12/1 ตรัง อำเภอเมือง ตรัง 92000

บทคัดย่อ เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพเป็นภัยคุกคามที่สำคัญส่งผลกระทบต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อมในระดับประเทศและระดับโลก การใช้สารสกัดสมุนไพรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้ยาต้านจุลชีพได้ ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L. วงศ์ Zingiberaceae) มีสารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านอักเสบ รักษาความผิดปกติในทางเดินอาหาร การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์หลอดทดลองของสารสกัดหยาบเอทานอลขมิ้นชัน 3 พันธุ์ปลูก ได้แก่ แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหารของคน 6 ชนิด ได้แก่ *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio* spp., *Bacillus cereus*, pathogenic *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* จำนวน 40 สายพันธุ์ (isolate) ผลพบว่าเมื่อทดสอบด้วยวิธี broth microdilution สารสกัดหยาบเอทานอลขมิ้นชันทั้ง 3 พันธุ์ปลูก มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Vibrio* spp., *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ได้ โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ที่ร้อยละ 90 (minimal inhibitory concentration at 90%, MIC₉₀) ของสารสกัดมีค่าเท่ากับ 1-10, 3.3-5.2 และ 3.2-7.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยสารสกัดขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 1 ยับยั้งเชื้ออหิวาต์ (*Vibrio cholerae*) ได้ดีที่สุด ที่ค่า MIC₉₀ เท่ากับ 3.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตามสารสกัดขมิ้นชันทั้งหมดที่ค่าความเข้มข้น 25-1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ pathogenic *Escherichia coli* ข้อมูลจากการศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์ในการพัฒนาขมิ้นชันให้เป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรต่อไป

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย, แบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร

Corresponding author: E-mail: suwandee.s@dmasc.mail.go.th

Received: 21 May 2023

Revised: 8 January 2024

Accepted: 22 January 2024

บทนำ

โรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันและอาหารเป็นพิษ มักพบอุบัติการณ์สูงในทุกปี เนื่องด้วยมีอัตราการป่วยสูง จึงเป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุข^(1,2) สาเหตุของโรค อาจเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว หรืออาจเกิดจากการได้รับสารพิษได้ เช่น สารพิษจากเชื้อแบคทีเรีย บางสายพันธุ์หรือสารพิษจากสาหร่ายบางชนิด เป็นต้น^(2,3) จากการศึกษาผู้ป่วยโรคอุจจาระร่วงของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในปี พ.ศ. 2559 พบว่า เชื้อแบคทีเรียเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้ป่วยมีอาการอุจจาระร่วงประมาณร้อยละ 79.2⁽⁴⁾ เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp., *Plesiomonas shigelloides*, *Edwardsiella tarda*, *Bacillus cereus*, pathogenic *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*^(3,5) นอกจากนี้ยังมีเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต (anaerobic bacteria) บางสปีชีส์ที่สามารถทำให้เกิดโรคนี้ได้เช่นกัน เมื่อผู้ป่วยรับประทาน อาหารหรือดื่มน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบ ทางเดินอาหารหรือสารพิษที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรีย ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ผู้ป่วยจะมีอาการปวดท้อง ถ่ายเหลว คลื่นไส้ อาเจียน บางรายถ่ายเป็นมูกเลือดได้ แพทย์จะให้การรักษาตามอาการ รวมทั้งให้สารน้ำและเกลือแร่ทดแทน ผู้ป่วยส่วนใหญ่นิยมซื้อยาปฏิชีวนะ หรือยาต้านจุลชีพจากร้านขายยารับประทานเอง และอาจรับประทานไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วน หรือเกินความ จำเป็น ส่งผลให้อัตราการดื้อยาของเชื้อมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น⁽⁶⁾

ปัจจุบันปัญหาเชื้อดื้อยาเป็นภัยคุกคามที่สำคัญ ส่งผลกระทบในวงกว้างต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ทั้งในระดับประเทศและระดับโลก⁽⁷⁾ ประเทศไทย มีแนวปฏิบัติเพื่อตอบโต้กับเชื้อดื้อยาด้านจุลชีพ โดย จัดทำแผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยาด้านจุลชีพ ประเทศไทย พ.ศ. 2560–2564 ขึ้น มีเป้าประสงค์ 5 ข้อ คือ 1) การป่วยจากเชื้อดื้อยาด้านจุลชีพลดลง ร้อยละ 50 2) ปริมาณการใช้ยาด้านจุลชีพสำหรับมนุษย์ลดลง

ร้อยละ 20 3) ปริมาณการใช้ยาด้านจุลชีพสำหรับสัตว์ ลดลง ร้อยละ 30 4) ประชาชนมีความรู้เรื่องเชื้อดื้อยาด้านจุลชีพและตระหนักในการใช้ยาด้านจุลชีพอย่างเหมาะสมเพิ่มขึ้น ร้อยละ 20 และ 5) ระบบจัดการการดื้อยาด้านจุลชีพมีสมรรถนะตามเกณฑ์สากลไม่ต่ำกว่าระดับ 4 การใช้สารสกัดสมุนไพรจากธรรมชาติเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ยาด้านจุลชีพสำหรับมนุษย์ได้ สมุนไพรหลายชนิดมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย แก้อาการท้องเสีย เช่น ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.)⁽⁸⁾ ฟักทะลายโจร⁽⁹⁾ ตามบัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ. 2566 ขมิ้นชันมีข้อบ่งใช้เพื่อบรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด⁽¹⁰⁾ จากองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนโบราณของอินเดีย Ayurveda, Siddha และ Unani medicine พบว่าขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ช่วยสมานแผล ต้านอักเสบ ช่วยย่อยอาหาร และต้านมะเร็งได้⁽⁸⁾ ขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจในทางการแพทย์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแถบทวีปเอเชีย ในประเทศมาเลเซีย^(8,11,12) ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรที่ปลูกอย่างแพร่หลายในภาคใต้ของประเทศ นำมาใช้เป็นอาหาร เครื่องสำอาง และยา ในประเทศไทยขมิ้นชันที่ได้รับการขึ้นทะเบียนโดยกรมวิชาการเกษตร ปัจจุบันมีจำนวน 5 พันธุ์ปลูก ได้แก่ ขมิ้นชันทับปุด (พังงา) ขมิ้นชันตาขุน (สุราษฎร์ธานี) ขมิ้นชันแดงสยาม ขมิ้นชันส้มปรารณา และขมิ้นชันเหลืองนนทบุรี รวมทั้งพันธุ์ที่ผ่านการรับรองจำนวน 2 พันธุ์ปลูก ได้แก่ ขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 1 และขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 84-2⁽¹³⁾ ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดที่ได้จากขมิ้นชัน ประกอบด้วยสาร 2 กลุ่มหลัก คือ น้ำมันหอมระเหยและสารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids)⁽¹⁴⁾ สารเคอร์คูมินอยด์มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีเคอร์คูมิน (curcumin) เป็นสารสำคัญ ในปริมาณมากที่สุดร้อยละ 70–75 และให้สีเหลืองส้ม การสกัดสารเคอร์คูมินนิยมใช้เอทานอล⁽¹²⁾ ขณะที่เคอร์คูมินอยด์ ประกอบด้วย เคอร์คูมิน และอนุพันธ์ของเคอร์คูมิน 2 ชนิด ได้แก่ demethoxy-curcumin พบได้ร้อยละ 15–20 และ bisdemethoxy-curcumin พบได้ร้อยละ 3⁽¹⁵⁾ โดยมีเคอร์คูมินเป็นส่วนประกอบหลัก จากการศึกษาของทิวพร พรหมรัตน์

และวัลย์รัตน์ จันทรปานนท์ เปรียบเทียบวิธีการสกัดสารจากขมิ้นชันเพื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียพบว่าการสกัดด้วยเอทานอล 95% เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด⁽¹⁶⁾ จากการจำแนกองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดขมิ้นชัน (turmeric extract) โดยการสกัดด้วยเมทานอล (methanol) และไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether) จากนั้นตรวจด้วยวิธี LC-ESI-Q-TOF-MS พบสารสำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin และ turmerone ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ⁽⁸⁾

อาการทางคลินิกของโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันคือถ่ายอุจจาระเหลวอย่างน้อย 3 ครั้ง ใน 24 ชั่วโมงหรือถ่ายเป็นมูกเลือดอย่างน้อย 1 ครั้ง อาจร่วมกับอาเจียนหรือขาดน้ำ จากรายงานการเฝ้าระวังโรคกรมควบคุมโรคประจำปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลัน 1,078,923 ราย อัตราป่วย 1,622.77 ต่อประชากรแสนคน เสียชีวิต 9 ราย อัตราป่วยตายน้อยละ 0.0008⁽¹⁷⁾ แนวปฏิบัติการรักษาโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันมี 3 ประการ คือ การป้องกันและรักษาภาวะขาดน้ำ การป้องกันภาวะทุพโภชนาการโดยการให้อาหารระหว่างมีอาการอุจจาระร่วงและหลังจากหายแล้ว และการให้ยาต้านจุลชีพและยาต้านอุจจาระร่วง โรคอุจจาระร่วงส่วนใหญ่หายเองได้หากมีการป้องกันและรักษาภาวะขาดน้ำและได้รับสารอาหารที่เหมาะสม องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้ยาต้านจุลชีพในผู้ป่วยอุจจาระร่วงที่มีสาเหตุจากการติดเชื้ออหิวาต์และ *Shigella* ส่วนเชื้อ *Salmonella* ถ้าเป็นเด็กเล็กหรือเด็กที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องต้องให้ยาปฏิชีวนะเข้าหลอดเลือดเพื่อการจัดการติดเชื้อนอกระบบทางเดินอาหาร⁽¹⁸⁻²⁰⁾ ในประเทศไทยมีการใช้สมุนไพรในการรักษาโรคเป็นระยะเวลานาน แต่ยังมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนค่อนข้างน้อย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบเอทานอลจากขมิ้นชัน 3 ชนิดพันธุ์ปลูก ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารของคนในหลอดทดลองจำนวน 40 สายพันธุ์ (isolate) ได้แก่ *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio* spp., *Bacillus cereus*, pathogenic *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

วัสดุและวิธีการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องเขย่าสาร GFL 3017 (GFL, Germany), เครื่อง Sonication (Elma S100lt, Germany), เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) (Buchi, Germany), เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 0.01 มิลลิกรัม Mettler toledo XPE205 (Mettler toledo, Switzerland), เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Agilent Technologies, USA), Biological Safety Cabinets (NUAIRE, USA), ตู้บเพาะเชื้อ 35±2 องศาเซลเซียส (Mettmert, Germany), เครื่องวัดความชื้น DEN-1B (Biosan, Latvia), microtiter plate (NUNC, Denmark), Auto pipette (eppendorf, Germany), ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Hitachi, Thailand), ตู้บอุณหภูมิ 50±2 องศาเซลเซียส (Mettmert, Germany), กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ขนาดรูกรอง 11 ไมโครเมตร (GE Healthcare Life Sciences, China), เครื่องบดไฟฟ้า (Bossmall, Thailand) และแรงเบอร์ 40 (Endecotts, France)

สารมาตรฐานและสารเคมี

Dimethyl sulfoxide (DMSO) (ความบริสุทธิ์ ≥ 99.9%), เอทานอล 95% (Merck, Germany), น้ำเกลือปราศจากเชื้อ (Clinical Diagnostics, Thailand), สารละลายมาตรฐาน Curcumin 30 mg Reference Standard (USP, India), อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Blood agar (Oxoid, Thermofisher, USA), อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Mueller-Hinton broth (MHB) (Thermo Scientific, USA), อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Mueller-Hinton Agar (MHA) (Oxoid, Thermofisher, USA), McFarland Equivalence Turbidity Standard 0.5 (remel, United Kingdom) และแผ่นยาแอมพิซิลินขนาด 10 ไมโครกรัม (Oxoid, Thermofisher, USA)

ตัวอย่าง

การศึกษาเลือกขมิ้นชันจากแหล่งปลูกในพื้นที่จังหวัดตรังและจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งมีการพัฒนาพันธุ์ปลูก

(cultivars) โดยเกษตรกรในพื้นที่ภายใต้การควบคุมดูแลของศูนย์วิจัยพืชสวนตรังให้มีปริมาณสารสำคัญสูงและเหมาะสมกับพื้นที่ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม ขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 1 และขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 84-2

ขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม เนื้อในเหง้ามีสีส้มอมแดง กลิ่นฉุนมาก มีสารสำคัญเคอร์คูมินอยด์เฉลี่ยร้อยละ 9.60-12.50 ลำต้นสูงประมาณ 60 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 8-12 เดือน⁽²¹⁾

ขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 1 เนื้อในเหง้ามีสีเหลืองส้ม มีสารสำคัญเคอร์คูมินอยด์เฉลี่ยร้อยละ 10.62 น้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยร้อยละ 7.99 ลำต้นสูง 55-100 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 8-11 เดือน⁽²²⁾

ขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 84-2 เนื้อในเหง้ามีสีส้มแกมแดง มีสารสำคัญเคอร์คูมินอยด์เฉลี่ยร้อยละ 11.04 น้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยร้อยละ 7.78 ลำต้นสูง 90-110 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 11 เดือน⁽²³⁾

การเตรียมตัวอย่างขมิ้นชัน: นำเหง้าของขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 จากแหล่งปลูกในพื้นที่จังหวัดตรังและจังหวัดใกล้เคียง ล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตากให้แห้ง เป็นเวลา 3 วัน นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าผ่านแรงเบอร์ 40 จนเป็นผง

การเตรียมสารสกัดจากขมิ้นชัน: การศึกษานี้ใช้วิธีการสกัดด้วยการหมักในตัวทำละลาย (maceration) ซึ่งผงขมิ้นชัน 100 กรัม ห่อด้วยผ้าขาวบางมัดให้แน่น หมักด้วยเอทานอล 95% ปริมาณ 150 มิลลิลิตร (ให้ท่วมผงขมิ้น) ในขวดแก้วปิดฝาให้สนิท เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ในแต่ละวันเขย่าให้ผงขมิ้นชันกับตัวทำละลายเข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร GFL 3017 เป็นเวลา 30 นาที และใช้เครื่อง Sonication เป็นเวลา 30 นาที จนครบ 5 วัน แยกส่วนที่เป็นของเหลวออกจากกากด้วยการกรอง โดยนำกากมาหมักซ้ำอีกครั้งด้วยเอทานอล 95% ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ทำซ้ำเช่นเดิมจนครบ 5 วัน นำสารสกัดที่กรองได้ออกจากกากมารวมกัน โดยเทเก็บไว้ในขวดสำหรับระเหยรวมกับส่วนที่ได้จากรอบแรก จากนั้นจึงนำมาระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้สารสกัดหยาบสีน้ำตาลเข้ม มีลักษณะเหนียวข้น นำสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่ได้มาเตรียมเป็นสารละลายใน dimethyl sulfoxide (DMSO) เพื่อใช้ทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยชั่งสารสกัดหยาบด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 0.01 มิลลิกรัม Mettler toledo XPE205 และละลายด้วย dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้ได้ความเข้มข้น 25, 50, 100, 200, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ขนาดรูกรอง 11 ไมโครเมตร และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส⁽²⁴⁾

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์จากผงขมิ้นชัน: วิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ด้วยวิธี Ultraviolet-Visible (UV-Vis) Spectrophotometry ตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopoeia, THP 2021)⁽²⁵⁾ โดยสร้างกราฟมาตรฐานของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร จากสารละลายมาตรฐาน curcumin 30 mg reference standard ความเข้มข้น 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 และ 6.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์จากขมิ้นชันทั้ง 3 พันธุ์ เตรียมสารละลายตัวอย่างด้วยการชั่งผงขมิ้นชันปริมาณ 300 มิลลิกรัม ในขวด erlenmeyer flask เติมน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปิดขวดให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ปิเปิดสารละลายส่วนใส ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในขวด volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จากนั้นปิเปิดสารละลายที่ได้ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในขวด volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร อีกครั้งและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล วิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer จากนั้นคำนวณปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในสารละลายตัวอย่างขมิ้นชันโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณร้อยละของน้ำหนักผงขมิ้นชัน (%w/w)

การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย: นำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้จากตัวอย่างอาหารและน้ำของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุขและศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 12/1 ตรัง กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเชื้อสายพันธุ์มาตรฐาน

ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ได้แก่ *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio* spp., *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ pathogenic *Escherichia coli* จำนวน 40 สายพันธุ์ (isolate) เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด blood agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีเชื้อที่เจริญแล้วมาปรับความขุ่นในน้ำเกลือปราศจากเชื้อให้ได้ 0.5 McFarland Standard เท่ากับเชื้อแบคทีเรียประมาณ 1.5×10^8 CFU/mL โดยมีเชื้อสายพันธุ์มาตรฐานในการทดสอบควบคุมคู่ไปกับเชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างอาหารและน้ำ ได้แก่ *Salmonella ser. Typhimurium* ATCC 13311, *Shigella sonnei* ATCC 11060, *Vibrio cholerae* O1, Classical, Ogawa ATCC 14035, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 9144 และ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 รายละเอียดชนิดและ isolate ของเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 1

วิธีการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย: การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี disk diffusion อ้างอิงตามคู่มือที่จัดทำโดยสถาบันห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ (Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing ใน Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) ฉบับ M100 32nd Edition ปี 2022)⁽²⁶⁾ โดยนำไม้พินสำลีปราศจากเชื้อจุ่มลงในสารละลายเชื้อและป้ายลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Mueller-Hinton agar (MHA) ฝ่าให้ได้ 3 ระบาย จากนั้นนำแผ่นกระดาษกรอง Whatman Grade AA DISCS ปราศจากเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ที่หยดด้วยสารสกัดหยาบเข้มข้นความเข้มข้น 25, 50, 100, 200, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตรแผ่นละ 25 ไมโครลิตร วางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นวิธีการที่ดัดแปลงจากบทความของพรชัย สันเจริญโกโดย และคณะ⁽²⁷⁾ โดยใช้ยาแอมพิซิลิน ขนาด 10 ไมโครกรัม ทดสอบกับเชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 เป็นตัวควบคุมคุณภาพระบบในแต่ละรอบการทดสอบ ควรมี

เส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone อยู่ระหว่าง 15–22 มิลลิเมตร อ้างอิงตามคู่มือที่จัดทำโดยสถาบันห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ (CLSI) ฉบับ M100 32nd Edition ปี 2022 และ DMSO (ความบริสุทธิ์ $\geq 99.9\%$) เป็นตัวควบคุมลบของเชื้อที่ทำการทดสอบ ผลการทดสอบไม่ควรมี inhibition zone ใด ๆ (DMSO ที่ใช้เป็นตัวแทนทำลายสารสกัดหยาบเข้มข้นไม่ส่งผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย) บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง และวัดผลการยับยั้งเชื้อโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (inhibition zone) เป็นหน่วยมิลลิเมตร ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 2 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย นำเชื้อกลุ่มที่มี inhibition zone มาทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบเข้มข้นในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (minimum inhibitory concentration, MIC) ด้วยวิธี broth microdilution ซึ่งดัดแปลงจากบทความของพรเทพ เต็มรังสี⁽²⁸⁾ โดยนำสารสกัดหยาบเข้มข้นมาเจือจางในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Mueller-Hinton broth (MHB) ให้ความเข้มข้นลดลงครึ่งละ 2 เท่า (two-fold serial dilution) จำนวน 10 ความเข้มข้น ตั้งแต่ความเข้มข้น 64–0.125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นดูดสารสกัดแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงใน microtiter plate หลุมที่ 1–10 เตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรียที่มีความขุ่นเท่ากับ 0.5 McFarland Standard และเจือจางใน MHB ในอัตราส่วน 1:200 ดูดสารละลายเชื้อแบคทีเรียปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมลงใน microtiter plate ที่มีสารสกัดหยาบเข้มข้น ใช้ MHB และ DMSO เป็นตัวควบคุมลบ และใช้เชื้อแต่ละชนิดผสม MHB เป็นตัวควบคุมการเจริญของเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง อ่านผลโดยดูจากหลุมสุดท้ายที่ไม่มีตกตะกอนหรือความขุ่นเกิดขึ้น บันทึกค่า MIC ในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 2 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย การควบคุมคุณภาพการเจริญของเชื้อ 1 หลุมทดสอบ (MHB+เชื้อ) ผลการทดสอบแต่ละหลุมต้องมีความขุ่นหรือเชื้อตกตะกอนเป็นเม็ดกระดุม การควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB 1 หลุมทดสอบต่อเพลต และ DMSO 1 หลุมทดสอบ

ผลการทดสอบ MHB และ DMSO ต้องใส ไม่มีการเจริญของเชื้อหรือไม่พบเชื้อตกตะกอนเป็นเม็ดกระดุม

การวิเคราะห์ข้อมูล: ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ผลหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile) ของค่า MIC ที่ตำแหน่ง 50 และ 90 (MIC_{50} และ MIC_{90}) ของ

กลุ่มประชากรหลากหลาย isolate จากเชื้อสปีชีส์เดียวกัน ต่อสารสกัดหยาบขมิ้นชันแต่ละพันธุ์เพื่อเป็นค่ากลาง ดังนั้นค่า MIC_{50} หรือ MIC_{90} ของแต่ละ isolate บ่งชี้ว่าร้อยละ 50 และ 90 ของ isolate ดังกล่าว มีค่า MIC ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่ากลางนั้นๆ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ชนิดและ isolate ของเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ

ชื่อเชื้อ	DMST No.	Lab No.
<i>Salmonella ser. Enteritidis</i>	15676	-
<i>Salmonella ser. Agona</i>	10638	-
<i>Salmonella ser. Weltevreden</i>	15677	-
<i>Salmonella ser. Typhimurium</i> ATCC 13311	562	-
<i>Shigella flexneri</i>	7767	-
<i>Shigella sonnei</i> ATCC 11060	561	-
<i>Vibrio cholerae</i> O1, Classical, Ogawa ATCC 14035	4278	-
<i>Vibrio cholerae</i> O139	9701	-
<i>Vibrio cholerae</i> non O1/nonO139	2873	-
<i>Vibrio cholerae</i> non O1/nonO139	-	66005174001
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5665	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	15285	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	30368	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	30665	-
<i>Vibrio alginolyticus</i>	33638	-
<i>Vibrio alginolyticus</i>	14800	-
<i>Vibrio alginolyticus</i>	31366	-
<i>Vibrio alginolyticus</i>	33579	-
<i>Vibrio alginolyticus</i>	30666	-
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	5040	-
<i>Bacillus cereus</i>	6229	-
<i>Bacillus cereus</i>	12126	-
<i>Bacillus cereus</i>	12127	-
<i>Bacillus cereus</i>	16007	-
<i>Bacillus cereus</i>	-	65117944005
<i>Bacillus cereus</i>	-	66005284001
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 9144	2933	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	8840	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	65082656001
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	65033532007
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	4212	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (ETEC)	26450	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (EIEC)	30544	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (EIEC)	30545	-

ตารางที่ 1 ชนิดและ isolate ของเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ (ต่อ)

ชื่อเชื้อ	DMST No.	Lab No.
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (EPEC)	30546	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (EPEC)	30547	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (EAEC)	68994	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (EAEC)	68995	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (STEC)	30537	-
pathogenic <i>Escherichia coli</i> (STEC)	30538	-

หมายเหตุ: - DMST No. (Department of Medical Sciences Thailand number) หมายถึง isolate เชื้อจากศูนย์เก็บรักษาและรวบรวมสายพันธุ์จุลินทรีย์ทางการแพทย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
 - Lab No. (Laboratory number) หมายถึง isolate เชื้อจากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 12/1 ตรัง

ผล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์คำนวณเป็นเคอร์คูมินด้วยวิธี UV-Vis Spectrophotometry โดยคำนวณจากกราฟมาตรฐานของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเคอร์คูมิน (แกน x) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (แกน y) จากขมิ้นชันทั้ง 3 พันธุ์ปลูก ได้แก่ แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 มีค่าเท่ากับ 5.8 ± 0.7 , 7.0 ± 1.1 และ 7.9 ± 1.4 %w/w ตามลำดับ

ผลการคัดกรองเบื้องต้นของสารสกัดหยาบขมิ้นชันด้วยเอทานอลต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารด้วยวิธี disk diffusion พบว่ามีเชื้อ 3 ชนิด ไม่พบ inhibition zone รอบแผ่นกระดาษกรองชุบสารสกัดหยาบขมิ้นชัน ได้แก่ *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ pathogenic *Escherichia coli* และมีเชื้อ 5 ชนิด พบ inhibition zone รอบแผ่นกระดาษกรองชุบสารสกัดหยาบขมิ้นชัน ได้แก่ *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ดังแสดงในตารางที่ 2

ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งของสารสกัดหยาบขมิ้นชันด้วยวิธี broth microdilution ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานเพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สารสกัดหยาบขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารของคน

พบว่าขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 สามารถยับยั้งเชื้ออหิวาต์ (*Vibrio cholerae*) ได้ในช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย 0.5-8, 0.5-4 และ 0.375-16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดทั้ง 3 ชนิด ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ร้อยละ 90 (MIC_{90}) มีค่าเท่ากับ 6.4, 3.2 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สามารถยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ได้ในช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย 1-3, 1-4 และ 0.25-2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่า MIC_{90} มีค่าเท่ากับ 2.6, 2.8 และ 1.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สามารถยับยั้งเชื้อ *Vibrio alginolyticus* ได้ในช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย 1-2, 0.5-1 และ 0.375-1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับค่า MIC_{90} มีค่าเท่ากับ 2, 1 และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับเชื้อ *Bacillus cereus* สารสกัดหยาบขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 สามารถยับยั้งเชื้อได้ในช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย 1-8, 1-4 และ 0.5-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่า MIC_{90} มีค่าเท่ากับ 5.2, 3.3 และ 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ในช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย 0.5-8, 0.375-4 และ 0.25-12 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่า MIC_{90} มีค่าเท่ากับ 5.2, 3.2 และ 7.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการคัดกรองเบื้องต้นของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบอบทางเดินอาหารของคน 8 ชนิด ด้วยสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ด้วยวิธี disk diffusion

เชื้อแบคทีเรีย	จำนวน (Isolate)	ค่าเฉลี่ย Inhibition zone ของสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (มิลลิเมตร±SD)											
		ขมิ้นชันผงแดงสยาม ความเข้มข้น (mg/mL)						ขมิ้นชันผงสุตรัง 1 ความเข้มข้น (mg/mL)					
		25	50	100	200	500	1,000	25	50	100	200	500	1,000
<i>Vibrio cholerae</i>	4	7.6±0.4	7.8±0.6	8.0±0.7	8.4±0.4	9.1±0.5	9.5±0.9	7.5±0.6	7.6±0.5	7.9±0.6	8.3±0.9	8.5±0.7	9.0±0.9
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4	7.8±0.5	8.0±0.5	8.4±0.7	9.2±0.6	9.6±0.9	10.3±1.2	8.5±1.0	8.5±1.0	8.9±1.4	9.1±1.9	9.8±1.6	10.3±1.6
<i>Vibrio alginolyticus</i>	5	8.1±0.7	8.5±0.9	8.9±0.7	9.0±0.7	9.8±0.4	10.1±0.7	8.4±0.5	8.7±1.0	9.0±0.8	9.3±1.2	10.3±0.7	10.6±1.1
<i>Bacillus cereus</i>	7	7.5±0.5	7.7±0.5	7.9±0.6	8.4±0.7	8.6±0.8	8.5±0.8	7.9±0.9	7.9±0.8	8.0±0.8	8.8±0.8	9.3±1.1	9.3±1.1
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	7.4±0.6	7.6±0.7	7.8±0.7	7.8±0.6	8.3±1.1	8.8±1.1	7.1±0.6	7.4±0.7	7.4±0.7	8.0±0.7	8.6±1.1	9.0±0.7
<i>Salmonella</i> spp.	4	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
<i>Shigella</i> spp.	2	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
pathogenic <i>Escherichia coli</i>	10	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI

หมายเหตุ: - NI (Non-Inhibition zone) หมายถึง ไม่พบ inhibition zone รอบแผ่นกระดาษกรองชุบสารสกัดหยาบขมิ้นชัน
หมายเหตุ: - ยาแอมพิซิลิน ขนาด 10 ไมโครกรัม ทดสอบกับเชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone อยู่ระหว่าง 15-22 มิลลิเมตร เป็นตัวควบคุมภาพระบบในแต่ละรอบการทดสอบ

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบขมิ้นชันที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ด้วยวิธี broth microdilution

เชื้อแบคทีเรีย	จำนวน (Isolate)	ชนิดพันธุ์ปลูกของสารสกัดหยาบขมิ้นชัน											
		ขมิ้นชันผงแดงสยาม						ขมิ้นชันผงสุตรัง 1					
		Mean* (mg/mL)	MIC ₅₀ (mg/mL)	MIC ₉₀ (mg/mL)	Mean* (mg/mL)	MIC ₅₀ (mg/mL)	MIC ₉₀ (mg/mL)	Mean* (mg/mL)	MIC ₅₀ (mg/mL)	MIC ₉₀ (mg/mL)	Mean* (mg/mL)	MIC ₅₀ (mg/mL)	MIC ₉₀ (mg/mL)
<i>Vibrio cholerae</i>	4	1, 0.5, 4, 8	2.5	6.4	0.5, 1, 2, 4	1.5	3.2	0.375, 0.5, 1, 16	0.75	10			
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4	3, 1, 2, 2	2	2.6	4, 1, 1, 1	1	2.8	2, 0.25, 0.25, 0.25	0.25	1.3			
<i>Vibrio alginolyticus</i>	5	2, 2, 2, 1, 1	2	2	1, 1, 1, 0.5, 1	1	1	1, 1, 0.75, 0.5, 0.375	0.75	1			
<i>Bacillus cereus</i>	7	1, 1, 1.5, 2, 2, 8, 4	2	5.2	1, 2, 1, 1, 4, 3	1	3.3	0.5, 1, 0.5, 0.5, 4, 4	0.5	4			
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	1, 1, 8, 0.5	1	5.2	2, 2, 4, 0.375	2	3.2	1, 0.5, 12, 0.25	0.625	7.5			

หมายเหตุ: * Mean ได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของ MIC (mg/mL) จากผลการทดสอบ 2 ซ้ำ ของเชื้อแต่ละ isolate
MIC₅₀ คือ ความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ร้อยละ 50
MIC₉₀ คือ ความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ร้อยละ 90



วิจารณ์

การทดสอบนี้ใช้เหง้าของขมิ้นชันมาสกัดโดยวิธีการหมักด้วยเอทานอล 95% จากการศึกษาผลของการสกัดขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95% ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร เนื่องจากแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดได้ง่ายและสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในการสกัด ซึ่งจากผลการศึกษาของพรเทพ เต็มรังสี, 2554 รายงานว่าการสกัดขมิ้นชันด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ให้ผลผลิต (%yield) มากกว่าการสกัดด้วยวิธีการต้ม⁽²⁸⁾ และจากการทดสอบของธิดา ไซวงศรี, 2555 พบว่าวิธีการหมักขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95% ให้ผลการทดสอบ %yield ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำ ซึ่งการสกัดขมิ้นชันด้วยเอทานอล 95% และน้ำสามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. Group D โดยมี inhibition zone เท่ากับ 13.3, 8.0 และ 10.0, 0 มิลลิเมตร ตามลำดับ⁽²⁹⁾

การศึกษานี้วิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์จากผงขมิ้นชันด้วยวิธี UV-Vis Spectrophotometry ตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย⁽²⁵⁾ นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ด้วยเทคนิค high-performance liquid chromatography (HPLC)⁽³⁰⁾ ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์และอนุพันธ์ของสารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์แต่ละชนิด แม้เป็นวิธีที่มีความจำเพาะเจาะจงแต่ห้องปฏิบัติการบางแห่งอาจไม่มีเครื่องมือนี้ เนื่องจากต้นทุนสูงและยังไม่เป็นวิธีมาตรฐานในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย

วิธี disk diffusion เป็นวิธีที่ใช้สำหรับทดสอบคัดกรองเบื้องต้น เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อ inhibition zone เช่น อัตราการแพร่ของสารสกัดบนอาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำหนักโมเลกุลของสารสกัด เป็นต้น จึงควรมีการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้เพิ่มเติมต่อไป เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงการแปลผลยังไม่ชัดเจน การศึกษานี้จึงนำเชื้อที่มี inhibition zone มาทดสอบต่อ ซึ่งเชื้อที่มี inhibition zone เกิดขึ้นรอบแผ่นกระดาษกรองถือว่าสารสกัดขมิ้นชันมีผลบวกของการแสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียชนิดนั้นได้ในเบื้องต้น

การทดสอบนี้ให้ผล inhibition zone แคบกว่าการศึกษาอื่น ในขณะที่ใช้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียเท่ากัน (1.5×10^8 CFU/mL) อาจเนื่องจากปริมาณสารออกฤทธิ์ในสารสกัดที่มีไม่เท่ากัน⁽³¹⁾ ขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งที่แตกต่างกันระหว่าง disk diffusion และ agar well diffusion ซึ่งวิธี disk diffusion มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณสารสกัดที่ซึมซับบนแผ่นกระดาษกรองได้น้อยกว่า และวิธี agar well diffusion เป็นการเจาะหลุมบนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยตรง แม้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมจะมีขนาด 6 มิลลิเมตร เท่ากับขนาดแผ่นกระดาษกรอง แต่สามารถเติมสารละลายลงในหลุมได้ในปริมาณที่มากกว่า ส่งผลให้ปริมาณสารสกัดที่ใช้ทดสอบแตกต่างกัน โดยวิธี agar well diffusion มีปริมาณสารสกัดมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเชื้อชนิดเดียวกัน การศึกษานี้ใช้วิธี disk diffusion ด้วยการสารสกัดหยาบขมิ้นชันความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หยดลงบนแผ่นกระดาษกรองปริมาตร 25 ไมโครลิตร ซึ่งปริมาณสารสกัดเท่ากับ 5 มิลลิกรัม ค่าเฉลี่ย inhibition zone ของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ต่อสารสกัดหยาบขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 เท่ากับ 8, 8.5 และ 8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่วัชรินทร์ รังสีภานุรัตน์ และคณะ, 2559 ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 เช่นกัน ด้วยวิธี agar well diffusion โดยเตรียมสารสกัดหยาบขมิ้นชันความเข้มข้น 256 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เจาะหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อและเติมสารสกัดขมิ้นชัน ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ซึ่งปริมาณสารสกัดเท่ากับ 12.8 มิลลิกรัม พบว่าสารสกัดหยาบขมิ้นชันยับยั้งเชื้อได้มีค่าเฉลี่ย inhibition zone เท่ากับ 12 มิลลิเมตร⁽⁹⁾

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นที่ใช้วิธี disk diffusion ให้ผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ที่สอดคล้องกัน การศึกษาของพรเทพ เต็มรังสี, 2554 ใช้สารสกัดหยาบขมิ้นชันความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หยดลงบนแผ่นกระดาษกรองปริมาตร 20 ไมโครลิตร ซึ่งปริมาณสารสกัดเท่ากับ 10 มิลลิกรัม ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดเหง้าขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านเชื้อ

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* โดยมีค่าเฉลี่ย inhibition zone เท่ากับ 8.56 มิลลิเมตร⁽²⁸⁾ และการศึกษาของนุศวดี พจนานุกิจ และสมใจ ขจรชีพ-พันธุ์งาม, 2553 ให้ผลที่สอดคล้องกัน สารสกัดหยาบขมิ้นชันที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ทุกความเข้มข้น (300, 200 และ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)⁽³¹⁾

การทดสอบคัดกรองเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทั้งพันธุ์แดงสยาม ตรัง 1 และตรัง 84-2 ที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ต่อเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี disk diffusion พบว่ามีเพียงเชื้อบางชนิดที่มี inhibition zone รอบแผ่นกระดาษกรองหยาบสารสกัดหยาบขมิ้นชัน ซึ่งอาจมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Vibrio* spp., *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ได้ โดยหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าว (MIC) ด้วยวิธี broth microdilution ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน พบค่าอยู่ที่ 0.25, 0.5 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้สารสกัดขมิ้นชันทั้ง 3 พันธุ์ปลูกพบว่าไม่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่ม *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ pathogenic *Escherichia coli* ที่ค่าความเข้มข้นระหว่าง 25–1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อาจเนื่องจากโครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกประกอบด้วยสารหลัก คือ เพปทิโดไกลแคน (peptidoglycan) ขณะที่โครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบมีความซับซ้อนกว่า ประกอบด้วย เยื่อหุ้มชั้นนอก (ประมาณร้อยละ 80) และเพปทิโดไกลแคน (ประมาณร้อยละ 20)⁽⁹⁾ ผลการยับยั้งเชื้อที่ได้ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ พรชัยสินเจริญโกไคย และคณะ, 2552 ซึ่งทดสอบผลการยับยั้งของสารสกัดหยาบขมิ้นชันต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิดในคนและสัตว์บางชนิด พบว่าสารสกัดหยาบขมิ้นชันด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจำนวน 11 ชนิด คือ *Vibrio harveyi*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis* และ *Edwardsiella tarda* มีค่า MIC ในช่วง 3.91–125

มิลลิกรัม/มิลลิลิตร⁽²⁷⁾ ดังนั้นสารสกัดหยาบขมิ้นชันมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในคนได้บางชนิด การศึกษานี้ให้ผลสอดคล้องกับพรเทพ เต็มรังสี, 2554 ซึ่งทดสอบการยับยั้งเชื้อด้วยวิธี disk diffusion พบว่าสารสกัดหยาบขมิ้นชันเดี่ยวไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*⁽²⁸⁾ และให้ผลที่สอดคล้องกันกับวัชรินทร์ รังสีภาณุรัตน์ และคณะ, 2559 ซึ่งทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922 ของสารสกัดหยาบขมิ้นชันด้วยวิธี agar well diffusion พบว่าสารสกัดหยาบขมิ้นชันไม่ยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* โดยไม่พบ inhibition zone ใดๆ⁽⁹⁾ อีกทั้งยังให้ผลที่สอดคล้องกับการทดสอบของธิดา ไชยวงศ์ศรี, 2555 โดยทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion พบว่าขมิ้นชันสกัดหยาบด้วยเอทานอล 95% สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ มีค่าเฉลี่ย inhibition zone เท่ากับ 13.3 ± 2.2 มิลลิเมตร แต่ให้ผลไม่สอดคล้องกับการทดสอบเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. Group D ซึ่งพบว่าสารสกัดขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อได้ มีค่าเฉลี่ย inhibition zone เท่ากับ 7.5 ± 0.6 และ 8.0 ± 0.8 มิลลิเมตรตามลำดับ ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดี มี inhibition zone กว้าง และสามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. ได้เช่นกัน แต่มี inhibition zone ค่อนข้างแคบ⁽²⁹⁾

สำหรับการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของขมิ้นชันสกัดหยาบของพรเทพ เต็มรังสี, 2554 ทดสอบเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ค่า MIC อยู่ในช่วง 2.5–5 และมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ⁽²⁸⁾ รวมถึงวัชรินทร์ รังสีภาณุรัตน์ และคณะ, 2559 ทดสอบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ซึ่งรายงานค่า MIC ที่ 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร⁽⁹⁾

จากอุบัติการณ์ของเชื้อดื้อยาที่เพิ่มสูงขึ้นงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นในเรื่องการรักษาโรค คณะนักวิจัยจึงเริ่มมีการสำรวจเพื่อประเมินและค้นหาสารทางเลือกอื่น ซึ่งอาจเป็นสารจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพได้ ขมิ้นชันเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจโดย

มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ จากการศึกษาของ Cheng AL. et al, 2001 ที่ให้ผู้ป่วยมะเร็งรับประทานเคอร์คูมิน ปริมาณสูงถึง 8 กรัมต่อวัน แต่ไม่พบผลข้างเคียงหรือ การเป็นพิษต่อผู้ป่วย⁽³²⁾ จากตารางที่ 3 แสดงค่า MIC₉₀ ของขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม ตรง 1 และตรง 84-2 ที่ยับยั้ง เชื้อ *Vibrio* spp. เท่ากับ 2-6.4, 1-3.2 และ 1-10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัดทั้ง 3 ชนิด มีค่า การยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* เท่ากับ 5.2, 3.3, 4 และ 5.2, 3.2, 7.5 มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยสารสกัดขมิ้นชันพันธุ์ตรง 1 มีฤทธิ์ดีที่สุดต่อเชื้ออหิวาต์ (*Vibrio cholerae*) เนื่องจาก มีค่า MIC₉₀ ระดับต่ำที่สุดที่ 3.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ในการศึกษานี้สารสกัดขมิ้นชันไม่สามารถยับยั้ง เชื้อ *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ pathogenic *Escherichia coli* ได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Dai C. et al, 2022 ที่พบว่าเคอร์คูมินสามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella enterica* serotype Typhimurium ได้⁽³³⁾ อาจเนื่องจากชนิดของสารสกัด ขมิ้นชันที่นำมาใช้ทดสอบ โดยการศึกษาของ Tyagi P. et al, 2015 ใช้สารเคอร์คูมินบริสุทธิ์สำเร็จรูป (ความ บริสุทธิ์ $\geq 97\%$) ผลการศึกษาพบว่าเคอร์คูมินสามารถ ทำลายเชื้อได้ทั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ เช่น เชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 μM แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ซึ่งไม่สามารถยับยั้งได้ เนื่องจากใช้สารสกัดหยาบขมิ้นชันในการทดสอบ ซึ่ง อาจมีเคอร์คูมินในปริมาณแตกต่างกัน⁽³⁴⁾ นอกจากนี้ สารประกอบอื่นในขมิ้นชันที่นอกเหนือจากเคอร์คูมิน อาจมีผลต่อการทดสอบเช่น น้ำมันขมิ้นชัน (turmeric oil) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่า แกรมลบ⁽³⁵⁾ Sanchez-Villamil JI. et al, 2019 รายงานว่าพืชที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลจะมีฤทธิ์ยับยั้ง เชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งขมิ้นชันมีโครงสร้างของสารประกอบ กลุ่มโพลีฟีนอลเช่นกัน⁽³⁶⁾ การศึกษาของ Taguri T. et al, 2004 กล่าวถึงพืชที่มีโพลีฟีนอลสูงให้ผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio* spp. ได้ดีกว่า

Salmonella spp. และ *Escherichia coli*⁽³⁷⁾ ซึ่งสนับสนุน การศึกษาครั้งนี้ที่สารสกัดหยาบขมิ้นชันไม่สามารถยับยั้ง เชื้อ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* รวมถึง *Shigella* spp. ได้ อีกปัจจัยหนึ่ง คือ ชนิดของขมิ้นชัน ที่แตกต่างกันจะมีสัดส่วนของสารประกอบในขมิ้นชัน ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแตกต่างกัน โดยขมิ้นชัน ทั้ง 3 พันธุ์ปลูก ที่นำมาศึกษานี้มีปริมาณสารสำคัญ เคอร์คูมินอยด์แตกต่างกันและอาจมีสารประกอบชนิดอื่น ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ทำให้ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ของขมิ้นชันทั้ง 3 พันธุ์ปลูกแตกต่างกัน ชูชีวิน กาญจน-ถาวรวิบูล และคณะ, 2564 ทำการวิเคราะห์ปริมาณสาร กลุ่มเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชันพันธุ์แดงสยามที่ปลูก ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี จำนวน 22 ตัวอย่าง จาก 4 อำเภอ ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีชนิดของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) พบปริมาณเคอร์คูมินอยด์ร้อยละ 4.10-10.35 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ของผงขมิ้นชันพันธุ์แดงสยามในการศึกษานี้มีค่า เคอร์คูมินอยด์เท่ากับร้อยละ 5.8 ± 0.7 โดยน้ำหนัก เท่านั้น⁽³⁰⁾ การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ เคอร์คูมินอยด์เท่านั้น ซึ่งไม่ได้วิเคราะห์หาปริมาณ สารประกอบชนิดอื่นๆ

สารเคอร์คูมินมีกลไกการออกฤทธิ์ในการยับยั้ง เชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ดังนี้ 1) เคอร์คูมินรบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ โดย เคอร์คูมินจะทำลายระบบการซึมผ่านและความสมบูรณ์ ของเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์ตาย ได้แก่ เชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* 2) เคอร์คูมิน ยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม โดยยับยั้งระบบการสื่อสารของ เชื้อ (quorum sensing system) ทำให้เชื้อเกาะติด กับผิวเซลล์และการสร้างไบโอฟิล์ม (biofilm) ได้แก่ เชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* 3) เคอร์คูมินยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ โดยยับยั้ง Filament temperature-sensitive protein Z (FtsZ) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีความจำเป็นในการแบ่งเซลล์ ได้แก่ เชื้อ *Bacillus subtilis* และ *Escherichia coli* และ 4) เคอร์คูมินกระตุ้นให้เกิดความเครียดภายในเซลล์ทำให้ เซลล์ตาย ได้แก่ เชื้อ *Salmonella* ser. Typhimurium

และ *Escherichia coli*⁽³³⁾ จากการศึกษาของแสงอุษา ประดิษฐ์ศิลป์ และพรนิกา ศิริเพิ่มพูล, 2554 แสดงให้เห็นว่าการออกฤทธิ์ของเคอร์คูมินอยด์นั้นเป็นแบบ dose-dependent คือ การออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อของเคอร์คูมินอยด์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสาร และพบว่าเคอร์คูมินอยด์สามารถทำให้เซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* เปลี่ยนแปลงรูปร่างจากท่อนโค้งเป็นรูปร่างกลมและซากเซลล์อย่างรวดเร็ว⁽¹⁵⁾ ซึ่งมีหลายการศึกษาอธิบายถึงกลไกการออกฤทธิ์ของเคอร์คูมินในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย การศึกษาของ Rai D. et al, 2008 พบว่าเคอร์คูมินจับกับ FtsZ และลดการรวมกลุ่มของโปรโตฟิลาเมนต์ (protofilaments) ของ *Bacillus subtilis* ในหลอดทดลอง ทำให้ยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียได้⁽³⁸⁾ การศึกษาของ Mun SH. et al, 2014 พบว่าเคอร์คูมินสามารถยับยั้งเชื้อในกลุ่ม MRSA และ MSSA ได้โดยกระตุ้นให้เกิดการจับกันระหว่าง ATPase inhibitor และ detergent เกิดเป็นสารประกอบ ATP-binding cassette (ABC) transporter ส่งผลกระทบต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียได้⁽³⁹⁾ และอีกหนึ่งกลไกการออกฤทธิ์ คือ เคอร์คูมินจับกับเปปติโดไกลแคน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้⁽¹²⁾

การศึกษานี้ ใช้เชื้อ *Aeromonas* spp. และ *Plesiomonas shigelloides* ที่เก็บรักษาในคลังตัวอย่าง แล้วนำมาเพาะเลี้ยงใหม่เชื้อไม่เจริญเติบโต ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ทดสอบได้ และมีเชื้อบาง isolate ที่นำมาทดสอบให้ค่า MIC แตกต่างจากเชื้อชนิดเดียวกันมาก ดังนั้นควรเพิ่มจำนวนเชื้อแต่ละชนิดไม่น้อยกว่า 30 isolates ในการทดสอบเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ครอบคลุมและชัดเจนมากยิ่งขึ้น และควรเพิ่มเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่แยกได้จากผู้ป่วยเพื่อให้ตรงกับประโยชน์ในการใช้ทดแทนยาต้านจุลชีพ รวมถึงควรใช้ยาต้านจุลชีพเป็นสารควบคุมบวก เพื่อควบคุมคุณภาพระบบการทดสอบในวิธี broth micro-dilution ด้วยในการศึกษาครั้งต่อไป

สรุป

สารสกัดหยาบจากขมิ้นชันทั้งพันธุ์แดงสยาม ตราง 1 และตราง 84-2 ที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี broth microdilution สามารถยับยั้งเชื้อ *Vibrio* spp., *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ได้ โดยค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าว (MIC₉₀) เท่ากับ 1-10, 3.3-5.2 และ 3.2-7.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งขมิ้นชันพันธุ์ตราง 1 สามารถยับยั้งเชื้ออหิวาต์ (*Vibrio cholerae*) ได้ดีที่สุดที่ MIC₉₀ เท่ากับ 3.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* พบว่าค่า MIC₉₀ เท่ากับ 3.3 และ 3.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ขมิ้นชันทั้ง 3 พันธุ์ปลูก ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ pathogenic *Escherichia coli* ได้ ที่ค่าความเข้มข้นระหว่าง 25-1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนายาสมุนไพรจากสารสกัดหยาบขมิ้นชันเพื่อไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และขอบคุณศูนย์วิจัยพืชสวนตรังที่ให้อาณูเคราะห์ผงขมิ้นชันเพื่อนำมาใช้ทดสอบ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Pruksananonda P, Athirakul K, Worawattanakul M, Varavithya W, Pisithpun A, Kitayaporn D, et al. Diarrhea among children admitted to a private tertiary-care hospital, Bangkok, Thailand: a case series. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2008; 39(3): 434-42.

2. ถนอมพงษ์ เสถียรลัดดา, เฉลิมศรี ภูมิมากร, พุทธรัตน์ ชันหาษา. ข้อเสนอแนะในการรักษาโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันสำหรับเภสัชกรชุมชน. ว. เภสัชศาสตร์อีสาน 2561; 14(4): 1-17.
3. เสาวนิตย์ บุญพัฒนศักดิ์, กมลรัตน์ ศิริโยธา. แบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษในเขตสุขภาพที่ 2 และจังหวัดพิจิตร ระหว่าง ปีงบประมาณ 2556-2560. ว. วิชาการป้องกันควบคุมโรค สคร.2 พิษณุโลก 2562; 6(1): 1-15.
4. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข. รายงานการศึกษาความชุกและการพัฒนาการตรวจวิเคราะห์เชื้อก่อโรคในผู้ป่วยโรคท้องร่วงเฉียบพลันที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล. [ออนไลน์]. 2561; [สืบค้น 9 พ.ย. 2565]; [3 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <http://nih.dmsc.moph.go.th/research/showimgdetil.php?id=654>
5. อรุณ บำตรระกุลนนท์, นพรัตน์ หมากริม, ภิรมย์ ทับทิมเทศ, ชุมพจน์ อมาตยกุล, สุมาลี บุญมา. การศึกษาหาเชื้อโรคอุจจาระร่วงในผู้ป่วยแกร็บโรงพยาบาลศรีธัญญา. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2539; 5(1): 55-64.
6. กิตติญา เอี่ยมถาวร, ยิ่งมณี ตระกูลพั้ว. การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโพรพอลิส นมผึ้ง และฟ้าทะลายโจร. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติ The 4th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2012. วันที่ 11-12 กุมภาพันธ์ 2555. คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2555. หน้า 112-119.
7. Wall S. Prevention of antibiotic resistance – an epidemiological scoping review to identify research categories and knowledge gaps. Glob Health Action 2019; 12: 1756191. (27 pages).
8. Czernicka L, Grzegorzczak A, Marzec Z, Antosiewicz B, Malm A, Kukula-Koch W. Antimicrobial potential of single metabolites of *Curcuma longa* assessed in the total extract by thin-layer chromatography-based bioautography and image analysis. Int J Mol Sci 2019; 20(4): 898. (12 pages).
9. วชิรินทร์ รัชชานันท์, พัชร กัมมารเจษฎากุล, อิสยา จันทรวินยานุชิต. ฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรไทย 10 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ATCC 25922. วารสาร มฉก. วิชาการ 2559; 19(38): 35-48.
10. ประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ เรื่อง บัญชียาหลักแห่งชาติด้านสมุนไพร พ.ศ. 2566. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 140 ตอนพิเศษ 130 ง (วันที่ 2 มิถุนายน 2566). หน้า 45.
11. Hewlings SJ, Kalman DS. Curcumin: a review of its' effects on human health. Foods 2017; 6(10): 92. (11 pages).
12. Teow SY, Liew K, Ali SA, Khoo AS, Peh SC. Antibacterial action of curcumin against *Staphylococcus aureus*: a brief review. J Trop Med 2016; 2016: 2853045. (10 pages).
13. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. เอกสารทางวิชาการ ชมันชัน *Curcuma longa* L. [ออนไลน์]. 2566; [สืบค้น 3 มี.ค. 2566]; [64 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2023/02/เอกสารวิชาการ-ชมันชัน-กลุ่มวิชาการ-สวส-1.pdf>
14. ชวัลลภ ช่างทำ. คุณประโยชน์และฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายของสมุนไพรชมันชัน. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 2558; 1(2): 94-109.
15. แสงอุษา ประดิษฐ์ศิลป์, พรนิภา ศิริเพิ่มพูล. ผลของเคอร์คูมินอยด์จากชมันชันต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและจำนวนของเซลล์โคแบคทีเรียโพลีไร. ว. วิทยาศาสตร์บูรพา 2554; 16(2): 75-82.
16. ทิวาพร พรหมรัตน์, วลัยรัตน์ จันทพานนท์. การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากชมันชันและฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. วันที่ 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549. กรุงเทพฯ; 2549. หน้า 250-257.
17. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2562. [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 23 พ.ย. 2566]; [802 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://ddc.moph.go.th/uploads/public/1129820210620030431.pdf>
18. วันดี วราวิทย์, จิราศรี วัชรดุส, ประพันธ์ อ่านเปรื่อง, พรพิมล พัวประดิษฐ์, ยง ภู่วรรณ, บุษบา วิวัฒน์เวดิน, และคณะ. แนวปฏิบัติการรักษาโรคอุจจาระร่วง

- เฉียบพลัน. [ออนไลน์]. 2566; [สืบค้น 23 พ.ย. 2566]; [18 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://platform.who.int/docs/default-source/mca-documents/policy-documents/guideline/THA-CH-23-02-GUIDELINE-2001-tha-Guidelines-for-treatment-of-Acute-diarrhea.pdf>.
19. World Health Organization. WHO recommendations on the management of diarrhoea and pneumonia in HIV-infected infants and children: integrated management of childhood illness (IMCI). Geneva: WHO; 2010.
 20. World Health Organization. The treatment of diarrhoea: a manual for physicians and other senior health workers. 4th ed. Geneva: WHO; 2005.
 21. วิเชียร กิรตินิจกาล, สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง, นันทวรรณ จิมพลี, โสภิตา ชิตชื่นเชย, ชัยมงคล ตะนะสอน, วัฒนา อาจวิชัย, และคณะ. ขมิ้นชันพันธุ์แดงสยาม. [ออนไลน์]. 2558; [สืบค้น 9 พ.ย. 2565]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN/search_detail/result/318043.
 22. กรมวิชาการเกษตร. ขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 1. [ออนไลน์]. 2553; [สืบค้น 9 พ.ย. 2565]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://www.doa.go.th/share/docs/cultivarhort/suggestcv/turmerictrang1.pdf>.
 23. กรมวิชาการเกษตร. ขมิ้นชันพันธุ์ตรัง 84-2. [ออนไลน์]. 2553; [สืบค้น 9 พ.ย. 2565]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://www.doa.go.th/share/docs/cultivarhort/suggestcv/turmerictrang84-2.pdf>.
 24. Zhang QW, Lin LG, Ye WC. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. Chin Med 2018; 13: 20. (26 pages).
 25. Khamin chan. In: Department of Medical Sciences. Thai herbal pharmacopoeia 2021 volume 1. Nonthaburi: Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health; 2018. p. 177-185.
 26. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). M100--Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 32nd ed. USA: CLSI; 2022.
 27. พรชัย สิ้นเจริญโกโคย, อองอาจ เลหาวินิจ, พัชรีย์ สุนทรนันท์, งามผ่อง คงคาทิพย์, สุริยัน สุทธิประภา, บุญส่ง คงคาทิพย์. ผลการยับยั้งของสารสกัดขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิดในคนและสัตว์บางชนิด. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. วันที่ 28-20 มีนาคม 2552. กรุงเทพฯ; 2552. หน้า 244-53.
 28. พรเทพ เต็มรังสี.ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดสมุนไพรต่อเชื้อที่แยกได้จากแผลติดเชื้อ [วิทยานิพนธ์]. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะแพทยศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2554. หน้า 31-62.
 29. ธิดา ไชยวงศ์. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ. วนเรศวรพะเยา 2555; 5(3): 334-42.
 30. ชูชีวิน กาญจนถาวรวิบูล, เขาวลิต มณฑล, หทัยรัตน์ อุไรรงค์. ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชันที่ปลูกด้วยระบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2564. วันที่ 30 เมษายน 2564. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต; 2564. หน้า 14-25.
 31. นุศวัตติ พจนานุกิจ, สมใจ ขจรชีพนันธุ์งาม. เปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุดขมิ้นชันและใบบัวบก. ว มหวิทยาลัยนเรศวร 2553; 18(1): 1-9.
 32. Cheng AL, Hsu CH, Lin JK, Hsu MM, Ho YF, Shen TS, et al. Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent, in patients with high-risk or pre-malignant lesions. Anticancer Res 2001; 21: 2895-2900.
 33. Dai C, Lin J, Li H, Shen Z, Wang Y, Velkov T, et al. The natural product curcumin as an antibacterial agent: current achievements and problems. Antioxidants 2022; 11(3): 459. (21 pages).
 34. Tyagi P, Singh M, Kumari H, Kumari A, Mukhopadhyay K. Bactericidal activity of curcumin I is associated with damaging of bacterial membrane. PLoS One 2015; 10(3): e0121313. (15 pages).
 35. Murali N, Kumar-Phillips GS, Rath NC, Marcy J, Slavik MF. Effect of marinating chicken meat with lemon, green tea and turmeric against

- foodborne bacterial pathogens. *Int J Poult Sci* 2012; 11(5): 326-32.
36. Sanchez-Villamil JI, Navarro-Garcia F, Castillo-Romero A, Gutierrez-Gutierrez F, Tapia D, Tapia-Pastrana G. Curcumin blocks cytotoxicity of enteroaggregative and enteropathogenic *Escherichia coli* by blocking Pet and EspC proteolytic release from bacterial outer membrane. *Front Cell Infect Microbiol* 2019; 9: 334. (13 pages).
37. Taguri T, Tanaka T, Kouno I. Antimicrobial activity of 10 different plant polyphenols against bacteria causing food-borne disease. *Biol Pharm Bull* 2004; 27(12): 1965-9.
38. Rai D, Singh JK, Roy N, Panda D. Curcumin inhibits FtsZ assembly: an attractive mechanism for its antibacterial activity. *Biochem J* 2008; 410: 147-55
39. Mun SH, Kim SB, Kong R, Choi JG, Kim YC, Shin DW, et al. Curcumin reverse methicillin resistance in *Staphylococcus aureus*. *Molecules* 2014; 19(11): 18283-95.
-

Antimicrobial Activity of Turmeric Ethanolic Extract against Enteropathogenic Bacteria

Suwandee Sapcharoen and Natthacha Duangrak

Regional Medical Sciences Center 12/1 Trang, Muang District, Trang 92000, Thailand

ABSTRACT Antimicrobial resistance bacteria is a major threat that widely impacts humans, animals, and environments at both national and global levels. The use of herbal drugs is an alternative approach to reduce the use of antibiotics in humans. Since Turmeric (*Curcuma longa* L., Family Zingiberaceae) contains curcuminoids as the main compounds, it has been reported for various pharmacological activities such as antibacterial, anti-inflammatory and gastrointestinal disorder treatment. Therefore, the turmeric ethanolic crude extracts from 3 cultivars, Daeng Siam, Trang 1 and Trang 84-2, were selected to study for antimicrobial activities against 40 strains of human enteropathogenic bacterial isolated from food and water, and also reference strains, which were *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio* spp., *Bacillus cereus*, pathogenic *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. The extracts from all these 3 cultivars showed growth inhibitory activities on *Vibrio* spp., *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* using the broth microdilution method, with the minimum inhibitory concentrations (MIC₉₀) at 1-10, 3.3-5.2 and 3.2-7.5 mg/mL, respectively. While Trang 1 cultivar revealed the highest inhibitory effect on *Vibrio cholerae* at MIC₉₀ 3.2 mg/mL. However, all extracts at the concentrations of 25-1,000 mg/mL did not show antimicrobial activities against *Salmonella* spp., *Shigella* spp. and pathogenic *Escherichia coli*. This study information will be useful for further developing of herbal products from turmeric.

Keywords: *Curcuma longa* L., Antimicrobial, Enteropathogenic bacteria

ค่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้าง หลังการอ่านค่าปริมาณรังสีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด Inlight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่

สถาพร กล่อมแก้ว และ อุดมทรัพย์ จันทพร

สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ แผ่นวัดรังสีโอเอสแอล (OSL) ชนิด InLight® Basic เป็นอุปกรณ์วัดรังสีประจำบุคคลที่นำมาใช้วัดปริมาณรังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีเบตา ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ โดยการอาบแสงจากเครื่องล้างสัญญาณโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติและค่าปริมาณรังสีหลังล้างสัญญาณตกค้างต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต พบว่าการใช้ระยะเวลาล้างสัญญาณตกค้างของแผ่นวัดรังสี OSL ดังกล่าวไม่มีความชัดเจนเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการล้างสัญญาณเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างหลังการอ่านค่าปริมาณรังสีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่ และพบว่าระยะเวลาที่ใช้ล้างสัญญาณที่ 0, 10, 20, 40, 50, 60, 80 และ 160 วินาที อ่านค่าปริมาณรังสีตกค้างเท่ากับ 9.59, 0.78, 0.27, 0.07, 0.06, 0.05, 0.03 และ 0.03 มิลลิซีเวิร์ต ตามลำดับ ดังนั้นระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณ คือ 40 วินาที สำหรับแผ่นวัดรังสี OSL ที่ได้รับปริมาณรังสีสูงสุดไม่เกิน 10 มิลลิซีเวิร์ต ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ช่วยลดเวลาในการล้างสัญญาณและเวลาในการปฏิบัติงานได้

คำสำคัญ: แผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิด InLight® Basic, การล้างสัญญาณตกค้างใน OSL, ระยะเวลาล้างสัญญาณแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล

Corresponding author E-mail: sataporn.k@dmsc.mail.go.th

Received: 18 October 2023

Revised: 11 January 2024

Accepted: 22 January 2024

บทนำ

แผ่นวัดรังสีโอเอสแอล (optical stimulated luminescence dosimeter; OSL) เป็นอุปกรณ์วัดรังสีประจำบุคคลที่มีคุณสมบัติสามารถวัดรังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีเบตา จึงถูกนำมาใช้เพื่อเฝ้าระวังการได้รับรังสีให้กับผู้ปฏิบัติงานทางรังสี โดยเฉลี่ยในช่วงห้าปีติดต่อกันค่าปริมาณรังสีที่ได้รับไม่ควรเกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ทั้งนี้ในแต่ละปีจะรับรังสีได้ไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต และตลอดช่วงห้าปีติดต่อกันต้องได้รับรังสีรวมกันทั้งหมดไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561 และพระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559⁽¹⁾ แผ่นวัดรังสี OSL ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ประกอบด้วย ยี่ห้อ InLight®, BeOSL⁽²⁾ และ myOSL⁽³⁾ ซึ่งห้องปฏิบัติการรังสีบุคคลสำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มีการใช้งานแผ่นวัดรังสี OSL ยี่ห้อ InLight® แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ แผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic แผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Environmental แผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight®

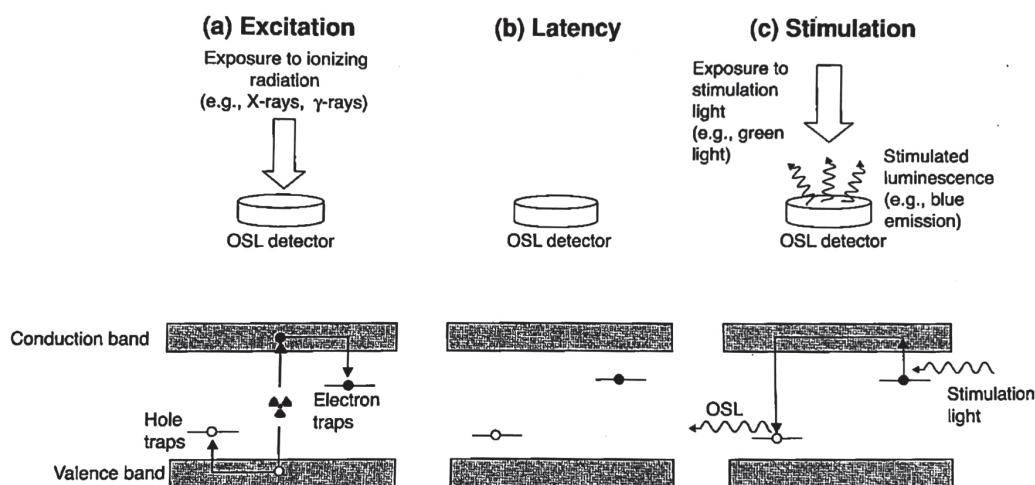
Albedo Neutron และแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® nanoDot™ การศึกษานี้ใช้แผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 63 × 38 × 9 มิลลิเมตร ประกอบด้วยช่องหุ้มแผ่นวัดรังสี (case) ทำจากพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) และแผ่นวัดรังสี (detector) ที่ทำจากผลึกสารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์เจือด้วยธาตุคาร์บอน (aluminum oxide doped with carbon; $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$) จำนวน 4 หัววัด ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อหัววัดได้รับรังสี อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้น valence band ถูกกระตุ้นไปยัง conduction band โดยจำนวนอิเล็กตรอนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่แผ่นวัดรังสีได้รับ ดังแสดงในภาพที่ 2a จากนั้นอ่านค่าปริมาณรังสีที่แผ่นวัดรังสีได้รับโดยใช้แสงสีเขียวกระตุ้นอิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้น conduction band ถูกกระตุ้นไปยัง valence band พร้อมกับปล่อยสัญญาณ OSL ออกมา ดังแสดงในภาพที่ 2c โดยปริมาณสัญญาณ OSL ที่ปล่อยออกมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณรังสีที่แผ่นวัดรังสีได้รับ



ภาพที่ 1 แผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic⁽⁴⁾

ข้อดีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic คือ สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ (reuse)⁽⁶⁾ โดยแผ่นวัดรังสีต้องผ่านกระบวนการอบแสงจากต้นกำเนิดแสงเพื่อล้างสัญญาณตกค้างจากการกระตุ้นด้วยแสง โดยใช้เครื่องล้างสัญญาณโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 3 ทั้งนี้ในการล้างสัญญาณตกค้างในแผ่นวัดรังสีจำเป็นต้องล้างด้วยเครื่องล้างยี่ห้อที่ผลิตแผ่นวัดรังสีเท่านั้น ไม่สามารถใช้ร่วมกับยี่ห้ออื่นได้ เนื่องจากห้องปฏิบัติการรังสีบุคคลมีเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีและเครื่องล้างสัญญาณโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบมาให้ใช้กับแผ่นวัดรังสี OSL ยี่ห้อ InLight® เท่านั้น โดยมีหลักการทำงานของเครื่องล้างสัญญาณดังนี้ เมื่อแผ่นวัดรังสีได้รับการอบแสงสีน้ำเงินจากหลอด LED จะทำให้อิเล็กตรอนที่ตกค้างใน conduction band กลับลงสู่ valence band การใช้เวลาในการล้างสัญญาณ

ตกค้างในแผ่นวัดรังสี OSL ที่ผ่านการนำไปใช้งานแล้ว⁽⁷⁾ ใช้เวลาต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่แผ่นวัดรังสีได้รับ ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมค่าปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีได้รับขณะปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงกำหนดค่าปริมาณรังสีที่ 10 มิลลิซีเวิร์ต⁽⁸⁾ เมื่อล้างสัญญาณตกค้างแล้ว นำแผ่นวัดรังสีมาอ่านค่าปริมาณรังสีอีกครั้งก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้ต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต ซึ่งเป็นค่าปริมาณรังสีที่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency; IAEA) แนะนำ⁽⁹⁾ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาหาช่วงเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างหลังการอ่านค่าปริมาณรังสีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่ โดยค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้ต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต



ภาพที่ 2 หลักการทำงานของ optically stimulated luminescence⁽⁵⁾



ภาพที่ 3 เครื่องล้างสัญญาณโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติ

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic สำหรับฉายรังสีเอกซ์

เตรียมแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic แผ่นใหม่ (LANDAUER®, สหรัฐอเมริกาและฝรั่งเศส) มีช่วงการตอบสนองต่อพลังงานสำหรับโฟตอนที่พลังงาน 5 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ถึง 20 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ จำนวน 80 แผ่น จากนั้นอ่านค่าปริมาณรังสีก่อนฉายรังสีเอกซ์ด้วยเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี OSL ชนิดอัตโนมัติ (LANDAUER®, รุ่น A200, สหรัฐอเมริกาและฝรั่งเศส) ดังแสดงในภาพที่ 4 ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้ต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต นำแผ่นวัดรังสีติดลงบนหุ่นจำลอง slab phantom ทำจากวัสดุ polymethyl methacrylate

(PMMA) ขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตรหนา 15 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 5 จำนวน 8 แผ่นต่อการฉายรังสีเอกซ์ 1 ครั้ง ฉายรังสีเอกซ์ด้วยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐาน (General Electric, รุ่น Isovolt Titan, สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี) ณ ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ดังแสดงในภาพที่ 6 ที่ระยะ 1 เมตร จากหลอดเอกซเรย์ใช้ลำรังสีแบบ N-series ตั้งค่าความต่างศักย์ 80 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และค่าปริมาณรังสี 10 มิลลิซีเวิร์ต⁽⁸⁾ เมื่อฉายรังสีเสร็จแล้วทำซ้ำโดยเปลี่ยนแผ่นวัดรังสีชุดใหม่กระทั่งฉายรังสีจนครบ จำนวน 80 แผ่น อ่านค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีทั้งหมดและบันทึกค่าปริมาณรังสีที่ได้



ภาพที่ 4 เครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติ



ภาพที่ 5 หุ่นจำลอง slab phantom



ภาพที่ 6 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐาน

การเตรียมแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic สำหรับล้างสัญญาณตกค้าง

แบ่งแผ่นวัดรังสีที่ฉายรังสีแล้วเป็น 8 ชุด ๆ ละ 10 แผ่น ดังนี้ ชุดที่ 1 ไม่ต้องนำแผ่นวัดรังสี ล้างสัญญาณชุดที่ 2 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 10 วินาทีชุดที่ 3 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 20 วินาทีชุดที่ 4 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 40 วินาทีชุดที่ 5 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 50 วินาทีชุดที่ 6 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 60 วินาทีชุดที่ 7 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 80 วินาทีและชุดที่ 8 นำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณ เป็นเวลา 160 วินาที จากนั้นนำแผ่นวัดรังสีล้างสัญญาณตกค้างด้วย

เครื่องล้างสัญญาณโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติ ตั้งเวลาล้างสัญญาณ OSL ตามเวลาที่กำหนดของแต่ละชุด จากนั้นอ่านค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี OSL ชนิดอัตโนมัติ และบันทึกค่าปริมาณรังสีที่ได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้ก่อนและหลังล้างสัญญาณ OSL ที่ตกค้าง คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากสมการที่ 1 และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการที่ 2 จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ล้างสัญญาณตกค้างของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic กับค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้หลังล้างสัญญาณตกค้าง

ค่าเฉลี่ย

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

สมการที่ 1

เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง
 $\sum x_i$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 n = จำนวนตัวอย่าง

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n-1}$$

สมการที่ 2

เมื่อ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 x_i = ตัวอย่าง
 $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง
 n = จำนวนตัวอย่าง

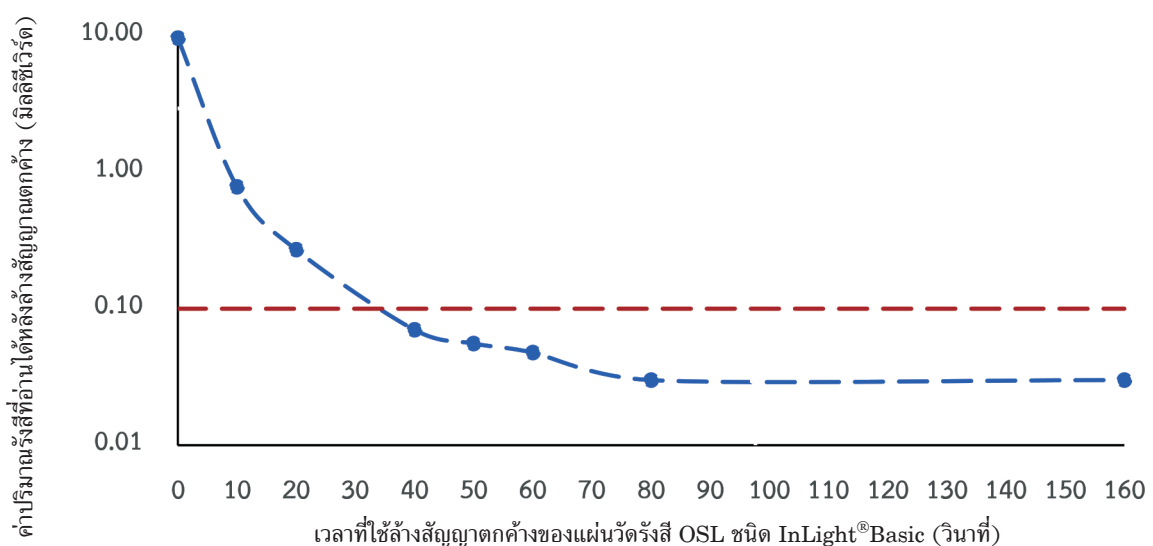
ผล

จากผลการหาค่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างหลังการอ่านค่าปริมาณรังสีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่ พบว่าค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยก่อนล้างสัญญาณตกค้างในชุดที่ 1–8 เท่ากับ 9.59, 9.50, 9.46, 9.77, 9.70, 9.61, 9.50 และ 9.55 มิลลิซีเวิร์ต ตามลำดับ สำหรับค่าปริมาณรังสีหลังการล้างสัญญาณตกค้างในชุดที่ 1–6 เท่ากับ 9.59,

0.78, 0.27, 0.07, 0.06, 0.05, 0.03 และ 0.03 มิลลิซีเวิร์ต ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้น้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต ใช้เวลาในการล้างสัญญาณที่เวลา 40, 50, 60, 80 และ 160 วินาทีตามลำดับ จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ล้างสัญญาณตกค้างกับค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้หลังล้างสัญญาณตกค้างในแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลแต่ละชุด ดังแสดงในภาพที่ 7

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณรังสีก่อนและหลังล้างสัญญาณตกค้าง

ปริมาณรังสี ที่ฉาย (มิลลิซีเวิร์ต)	เวลาที่ใช้ล้างสัญญาณ ตกค้าง (วินาที)	ค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยก่อนและหลังล้าง สัญญาณตกค้าง (มิลลิซีเวิร์ต) (Mean±SD)	
		ก่อน	หลัง
10	0	9.59±0.67	9.59±0.67
	10	9.50±0.75	0.78±0.12
	20	9.46±0.72	0.27±0.05
	40	9.77±0.52	0.07±0.02
	50	9.70±0.54	0.06±0.01
	60	9.61±0.56	0.05±0.01
	80	9.50±0.65	0.03±0.01
	160	9.55±0.70	0.03±0.01



ภาพที่ 7 เวลาที่ใช้ล้างสัญญาณตกค้างของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic กับค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้หลังล้างสัญญาณตกค้าง

วิจารณ์

จากผลการหาค่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างหลังการอ่านค่าปริมาณรังสีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่ จากข้อแนะนำของ IAEA แผ่นวัดรังสีที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ต้องมีค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้หลังล้างสัญญาณตกค้างน้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 1 พบว่าค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้น้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต ใช้เวลาในการล้างสัญญาณที่ 40, 50, 60, 80 และ 160 วินาที ซึ่งมีค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้เท่ากับ 0.07, 0.06, 0.05, 0.03 และ 0.03 มิลลิซีเวิร์ต ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ล้างสัญญาณตกค้างกับค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้หลังล้างสัญญาณตกค้าง พบว่าค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้น้อยกว่า 0.1 มิลลิซีเวิร์ต เริ่มจากระยะเวลาที่ 40 วินาที เป็นต้นไป ดังนั้นเพื่อความรวดเร็วในการปฏิบัติงานล้างสัญญาณตกค้าง ควรใช้เวลาที่ 40 วินาที ซึ่งเป็นเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้าง ผลที่ได้จากการศึกษานี้สอดคล้องกับกราฟในคู่มือการใช้งานเครื่องล้างสัญญาณโอเอสแอลชนิดอัตโนมัติ⁽¹⁰⁾

ปัจจัยควบคุมในการศึกษานี้ คือ แผ่นวัดรังสี OSL ที่ใช้ศึกษาเป็นแผ่นใหม่ชนิด InLight® Basic ฉายรังสีเอกซ์ด้วยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐานที่ระยะ 1 เมตร จากหลอดเอกซ์เรย์ โดยใช้ลำรังสีแบบ N-series ตั้งค่าความต่างศักย์ 80 กิโลโวลต์กรอนโวลต์ และเลือกใช้ปริมาณรังสี 10 มิลลิซีเวิร์ต ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการล้างสัญญาณ OSL ที่ตกค้าง โดยศึกษาที่ระยะเวลา 10, 20, 40, 50, 60, 80 และ 160 นาที ตามลำดับ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องเวลาที่ใช้ในการล้างสัญญาณตกค้างให้มีช่วงความละเอียดของเวลามากขึ้น และศึกษาแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic ที่ผ่านการใช้งานแล้ว เช่น 1 หรือ 2 ปี เป็นต้น กับชนิดของรังสีอื่น ๆ เช่น รังสีแกมมาและเบตา รวมทั้งใช้ลำรังสีแบบอื่น เช่น ลำรังสีแบบ radiation qualities in radiation beam (RQR) เป็นต้น

สรุป

การหาค่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างหลังการอ่านค่าปริมาณรังสีของแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด InLight® Basic ก่อนนำมาใช้งานใหม่ พบว่าระยะเวลาน้อยที่สุดในการล้างสัญญาณตกค้างสำหรับแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลที่ได้รับปริมาณรังสีสูงสุดไม่เกิน 10 มิลลิซีเวิร์ต คือ 40 วินาที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการรังสีบุคคล สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้คำแนะนำในการศึกษานี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้คำแนะนำสำหรับเทคนิคการใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เรย์มาตรฐานจนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. หมวด 6 ข้อ 17 ชีตจำกัดปริมาณรังสี. ใน: กฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561 ตามพระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 135 ตอนที่ 79 ก (วันที่ 5 ตุลาคม 2561) หน้า 13.
2. Dosimetrics GmbH, Ltd. Whole body dosimeters. [online]. 2021; [cited 2021 Dec 17]; Available from: URL: <https://www.dosimetrics.de/dosimeters>.
3. RadPro International GmbH. 4 Element dosimeter. [online]. 2021; [cited 2021 Dec 17]; Available from: URL: <https://www.myosl.eu/myosl-4-0>.
4. Personal dosimetry. In: Yukihiro EG, McKeever SW. Optically stimulated luminescence: fundamentals and applications. United Kingdom: John Wiley & Sons; 2011. p. 147.
5. Theory and practical aspects. In: Yukihiro EG, McKeever SW. Optically stimulated luminescence: fundamentals and applications. United Kingdom: John Wiley & Sons; 2011. p. 14.

6. Nagase Landauer, Ltd. OSL dosimeters, InLight® systems, InLight® dosimeter. [online]. 2021; [cited 2021 Dec 17]; Available from: URL: <https://www.nagase-landauer.co.jp/english/inlight/dosimeters.html>.
7. ดวงมล วรรณวิกรม, พวชน โพทัพ, คณนันท อุทิศสาร, ศุภวิทู สุขเพ็ง. การศึกษาคุณลักษณะของอุปกรณ์วัดรังสีโอเอสแอล ชนิดนาโนดอทสำหรับพลังงานรังสีเอกซ์ 6 เมกะโวลต์ในงานรังสีรักษา. ว. สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย 2563; 26(2): R14-29.
8. สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์. ข้อมูลค่าปริมาณรังสีสูงสุดของผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีที่ได้รับขณะปฏิบัติงานจากการใช้แผ่นวัดรังสีโอเอสแอลชนิด InLight® Basic XA ปี 2563-2565. นนทบุรี: ห้องปฏิบัติการรังสีบุคคลกรมหาวิทยาลัยการแพทย์; 2565.
9. International Atomic Energy Agency. Occupational radiation protection, IAEA safety standards series no. GSG-7. Vienna; IAEA; 2018. p. 149.
10. Appendix F: standard annealing efficiency. In: LANDAUER. InLight reader annealer software user manual version 2.0. Glenwood, IL: Landauer; 2018. p. 96.

Determination of the Minimum Time for OSL Signal Annealing after Reading Radiation Dose of Inlight® Basic OSL Dosimeter before Reuse

Sataporn Klomkaew and Udomsap Chanthason

Bureau of Radiation and Medical Devices, Department of Medical Sciences, Nonthaburi 11000, Thailand

ABSTRACT The Inlight® Basic OSL radiation dosimeter is a personal radiation measurement device used to measure X-ray, gamma ray and beta ray, which can be reused by a light exposure from an automatic OSL signal annealer and the residual radiation dose value after annealing must be less than 0.1 millisievert. It is important to find proper time being used to erase the OSL signal of dosimeters to achieve maximum efficiency. This study aimed to determine of the minimum time of OSL signal annealing after reading the radiation dose of Inlight® Basic before reuse. It was found that the annealing times of 0, 10, 20, 40, 50, 60, 80 and 160 seconds, gave rise to radiation dose of 9.59, 0.78, 0.27, 0.07, 0.06, 0.05, 0.03 and 0.03 mSv, respectively. Therefore, the minimum time for OSL signal annealing was 40 seconds for those OSL dosimeters that received a radiation dose not more than 10 mSv. This Information from the study will be useful to reduce the time it takes to anneal OSL and thus the operation time.

Keywords: The InLight® Basic OSL dosimeter, OSL signal anneal, OSL signal annealing time

การพัฒนาเครื่องมือทดสอบระบุชนิดของกลิ่น ด้วยตนเองสำหรับคนไทยอายุมากกว่า 50 ปี ในจังหวัดปัตตานี

ศิริลักษณ์ เลิศพงษ์พิรุฬห์¹ และ อัสวชัย ช่วยพรหม²

¹ โรงพยาบาลปัตตานี สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปัตตานี ปัตตานี 94000

² กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนพหลโยธิน 11000

บทคัดย่อ การทดสอบระบุชนิดของกลิ่นใช้ตรวจวินิจฉัยติดตามการรักษาผู้ที่มีปัญหาการรับกลิ่นบกพร่องของแพทย์เฉพาะทางหู คอ จมูก ซึ่งประเทศไทยยังไม่มีชุดเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ทดสอบระบุชนิดของกลิ่นในประชากรไทย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่นที่สามารถทำการทดสอบได้ด้วยตนเอง (Self-administered smell identification test kit; SASIT kit) แบบ 16 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก ที่ใช้งานง่าย มีราคาถูก ใช้ครั้งเดียวทิ้ง โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครคนไทยปกติ อายุมากกว่า 50 ปี จำนวน 60 ราย ที่โรงพยาบาลปัตตานี ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2566 อาสาสมัครผ่านการคัดกรองการตรวจจมูกเป็นปกติ ผ่านการทดสอบการแยกกลิ่นด้วย n-butanol ไม่มีภาวะซึมเศร้าระดับรุนแรงและไม่มีภาวะสมองเสื่อม จากนั้นทดสอบด้วย SASIT kit ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครเป็นเพศชายต่อเพศหญิง อัตราส่วน 1:3 ช่วงอายุ 51-86 ปี เฉลี่ย 69.1 ± 10.9 ปี ใช้เวลาเฉลี่ยในการทดสอบ 16.9 นาที และมีค่าคะแนนความยากง่าย 84.6 คะแนน อาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องเท่ากับ 14 ± 1.95 กลิ่น และอาสาสมัครทั้งหมดสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 75 จำนวน 14 กลิ่นจาก 16 กลิ่น ผลการศึกษารูปได้ว่า SASIT kit ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการตรวจวินิจฉัย ติดตามการรักษาการรับกลิ่นบกพร่องในการปฏิบัติทางคลินิกตามปกติของแพทย์เฉพาะทางหู คอ จมูก โดยอาจใช้ทดแทนเครื่องมือแบบดั้งเดิมที่ใช้ร่วมกันและต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้

คำสำคัญ: การพัฒนา, การรับกลิ่นบกพร่อง, ชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่น

Corresponding author: E-mail: sirilert060@gmail.com

Received: 21 August 2023

Revised: 11 January 2024

Accepted: 22 January 2024

บทนำ

ความสามารถในการรับกลิ่น ทำให้มนุษย์สามารถแยกแยะวัตถุและสิ่งแวดล้อมรอบตัวโดยเฉพาะการแยกวัตถุที่มีอันตรายต่อร่างกาย เช่น แก๊สพิษ ควัน หรืออาหารที่เน่าเสียได้ การรับกลิ่นที่ลดลงจึงส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและเป็นอาการแสดงแรกของโรคความเสื่อมระบบประสาททั้งหลาย เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน เป็นต้น ความผิดปกติของการรับกลิ่นมีความชุกอยู่ที่ร้อยละ 22.2 (95% CI 14.8–30.6)⁽¹⁾

การรับกลิ่นบกพร่อง (olfactory dysfunction) เป็นอาการระยะแรกเริ่มและพบบ่อยของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยพบก่อนเกิดการเคลื่อนไหวผิดปกติ (motor symptoms) เป็นระยะเวลาหลายเดือนถึงหลายปี ซึ่งการรับกลิ่นบกพร่องพบร้อยละ 75–90 ของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน การทดสอบการรับกลิ่น (smell test) เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้น (early screening tool) สำหรับผู้ที่มีความเสี่ยงจะเป็นโรคพาร์กินสัน^(2,3) โดยปัจจุบันการทดสอบการรับกลิ่นถูกบรรจุให้เป็นข้อบ่งชี้ในการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน⁽⁴⁾ รวมถึงโรคที่สัมพันธ์กันระหว่างการรับกลิ่นบกพร่องกับภาวะความจำเสื่อม เช่น โรคอัลไซเมอร์⁽⁵⁾ เป็นต้น

ปัญหาการรับกลิ่นเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยทั้งในผู้ป่วยโรคทางจักษุและผู้ป่วยโรคทางระบบประสาท ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีเครื่องมือมาตรฐานที่สามารถประเมินการสูญเสียการรับกลิ่นได้ ส่งผลกระทบให้ผู้ป่วยที่มีปัญหาการรับกลิ่นไม่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม

การทดสอบการรับกลิ่น ทดสอบได้ 3 วิธี คือ การวัดระดับความเข้มข้นของกลิ่นที่น้อยสุด (smell detection threshold) การวัดระดับความสามารถในการแยกแยะกลิ่น (smell discrimination test) และการวัดระดับความสามารถในการระบุชนิดของกลิ่น (smell identification test) ซึ่งการทดสอบระบุชนิดของกลิ่นสามารถใช้เป็นเครื่องมือเสริมในการวินิจฉัยผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทในระยะเริ่มแรกทั้งโรคอัลไซเมอร์^(6–8) และโรคพาร์กินสัน⁽⁹⁾ โรคความเสื่อมของระบบประสาทอื่น ๆ เช่น Huntington's disease⁽¹⁰⁾ multiple sclerosis⁽¹¹⁾ โรคทางจิตเวช เช่น schizophrenia⁽¹²⁾ เป็นต้น ทั้งนี้ปัญหาสำคัญของการทดสอบระบุชนิด

ของกลิ่น คือ กลิ่นที่ประชากรแต่ละประเทศ สังคม และวัฒนธรรม ค่อนข้างไม่เหมือนกัน ทำให้หลายประเทศต้องผลิตเครื่องมือทดสอบระบุชนิดของกลิ่นเป็นของตัวเอง เพื่อป้องกันความผิดพลาดของผลการทดสอบที่เกิดขึ้นจากการไม่รู้จำกลิ่นนั้น เช่น ชุดทดสอบ odor stick identification test for Japanese (OSIT-J)⁽¹³⁾ ของประเทศญี่ปุ่น ชุดทดสอบ University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT)⁽¹⁴⁾ ชุดทดสอบ Connecticut Chemosensory Clinical Research Center (CCCRC)⁽¹⁵⁾ และชุดทดสอบ cross-cultural smell identification test (CC-SIT)⁽¹⁶⁾ ของประเทศสหรัฐอเมริกา ชุดทดสอบ Korean version of the Sniffin'stack (KVSS)⁽¹⁷⁾ ของประเทศเกาหลีใต้ และชุดทดสอบ Sniffin'stacks test (SST)⁽¹⁸⁾ ของประเทศเยอรมนี เป็นต้น ปัจจุบันเครื่องมือทดสอบระบุชนิดของกลิ่นที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ คือ Sniffin'stacks test ซึ่งเป็นต้นแบบและหลายประเทศได้พยายามนำมาพัฒนาและปรับใช้

การศึกษาการรับกลิ่นของผู้ใหญ่ชาวไทยในประเทศไทย ปี ค.ศ. 2013 Chaiyasate S. et al⁽¹⁹⁾ ได้รายงานการศึกษาความสามารถในการรับกลิ่นและการระบุชนิดของสารให้กลิ่นในคนไทย โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครจำนวน 81 คน ช่วงอายุระหว่าง 22–60 ปี ทดสอบความสามารถในการรับกลิ่นโดยใช้ชุดทดสอบ n-butanol test (n-butanol threshold) ในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน 11 ระดับ พบว่าค่าการรับกลิ่นส่วนใหญ่อยู่ในระดับขวดที่ 9 (ระดับความเข้มข้น 0.06663 มิลลิโมล/ลิตร) จำนวน 33 ราย (ร้อยละ 40.7) และการทดสอบระบุชนิดของกลิ่นจำนวน 15 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก พบว่าอาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องเฉลี่ย 13.6 ± 1.4 กลิ่น โดยมีกลิ่นจำนวน 13 ใน 15 กลิ่น ที่อาสาสมัครสามารถตอบได้ถูกมากกว่าร้อยละ 75 กลิ่นที่ตอบถูกและคุ้นเคยมากที่สุดได้แก่ น้ำปลา (ร้อยละ 100) ส่วนกลิ่นที่ตอบถูกและคุ้นเคยน้อยที่สุด ได้แก่ มะนาว (ร้อยละ 44.4)

ในปี ค.ศ. 2019 Riyaparn K.⁽²⁰⁾ ได้รายงานการศึกษาภาวะการรับกลิ่นและปัจจัยที่มีผลต่อการ

รับกลิ่นในผู้สูงอายุชาวไทย ทำการศึกษาในอาสาสมัคร อายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 80 คน ช่วงอายุระหว่าง 51–84 ปี ศึกษาความสามารถในการรับกลิ่น โดยใช้ชุดทดสอบ n-butanol test ในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน 11 ระดับ พบว่าค่าการรับกลิ่นส่วนใหญ่อยู่ในระดับขวดที่ 7 (ระดับความเข้มข้น 0.59963 มิลลิโมล/ลิตร) จำนวน 22 ราย (ร้อยละ 27.5) และการระบุชนิดของกลิ่นจำนวน 10 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก พบว่าอาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องเฉลี่ย 8.66 ± 1.4 กลิ่น โดยมีกลิ่นจำนวน 6 ใน 10 กลิ่น ที่อาสาสมัครสามารถตอบได้ ถูกมากกว่าร้อยละ 70 กลิ่นที่ตอบถูกและคุ้นเคยมากที่สุด ได้แก่ น้ำมันเครื่อง (ร้อยละ 79) ส่วนกลิ่นที่ตอบถูกและคุ้นเคยน้อยที่สุด ได้แก่ มะลิ (ร้อยละ 53)

ในปี ค.ศ. 2014 Kijjavijit T. et al⁽²¹⁾ ได้รายงาน การศึกษานำร่องการใช้ชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่น Sniffin'sticks แบบ 16 กลิ่น ในประชากรไทยที่เป็น โรคพาร์กินสัน พบว่าผู้ป่วยโรคพาร์กินสันของไทยมีความบกพร่องทางการรับกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันของประเทศอื่นๆ การทดสอบระบุชนิดของกลิ่นสามารถใช้จำแนกผู้ป่วยโรคพาร์กินสันออกจากคนปกติ (กลุ่มควบคุม) ได้ กลิ่นที่ใช้ในการทดสอบระบุชนิดของกลิ่น Sniffin'sticks test จำนวน 5 ใน 16 กลิ่น เป็นกลิ่นที่กลุ่มอาสาสมัครทั้งกลุ่มผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและกลุ่มควบคุมไม่รู้จัก

รายงานการศึกษาในปี ค.ศ. 2015 ของ Pinkaew B. et al⁽²²⁾ เกี่ยวกับการแยกกลิ่นและคะแนนระบุชนิดของกลิ่นในคนไทยที่การรับกลิ่นปกติ ทำการศึกษาในอาสาสมัครปกติ ช่วงอายุระหว่าง 18–60 ปี จำนวน 128 คน คัดกรองอาสาสมัครที่มีการรับกลิ่นปกติด้วยวิธี phenethyl alcohol (PEA) olfactory threshold test พบว่าการวัดระดับความสามารถในการแยกแยะกลิ่นเท่ากับ 16 (13.5–16.0) และการระบุชนิดของกลิ่นจำนวน 10 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบไม่มีตัวเลือก พบว่าอาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องเฉลี่ย 8 ± 1.5 กลิ่น โดยมีกลิ่นจำนวน 6 ใน 10 กลิ่น ที่อาสาสมัครสามารถตอบได้ถูกมากกว่าร้อยละ 75 กลิ่นที่ตอบถูกมากที่สุด ได้แก่ กาแฟ (ร้อยละ 96.2) ส่วนกลิ่นที่ตอบถูกน้อยที่สุด ได้แก่ บุหรี่ (ร้อยละ 49.23)

ซึ่งการให้คะแนนในการทดสอบการระบุชนิดของกลิ่นในรายงานการศึกษาดังกล่าวข้างต้น^(19–22) จะแตกต่างจาก Sniffin'sticks test ทำให้ไม่สามารถแปลผลเปรียบเทียบจุดตัดค่าต่าง ๆ ตาม threshold-discrimination-identification score (TDI score) ของ Sniffin'sticks test⁽²³⁾ ได้

รายงานการศึกษาของ Pitipakorn K. et al⁽²⁴⁾ ได้พัฒนาการทดสอบระบุชนิดของกลิ่น สำหรับคนไทยแบบ 16 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก เพื่อให้สามารถแปลผลเปรียบเทียบจุดตัดค่าต่าง ๆ ตาม TDI score ของ Sniffin'sticks test ได้โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครปกติจำนวน 35 คน ช่วงอายุระหว่าง 20–60 ปี พบว่าสามารถคัดเลือกกลิ่นที่อาสาสมัครคุ้นเคย ได้กลิ่นทั้งหมด 16 กลิ่น ที่อาสาสมัครสามารถตอบได้ถูกมากกว่าร้อยละ 75 (ร้อยละ 88.6–100) กลิ่นที่ตอบถูกมากที่สุด (ร้อยละ 100) ได้แก่ ส้ม น้ำอบไทย ช็อคโกแลต กระเทียม สับปะรด ตะไคร้ น้ำปลา กุหลาบ และข้าวโพด ส่วนกลิ่นที่ตอบถูกน้อยที่สุด คือ มะพร้าว (ร้อยละ 88.6) โดยการศึกษาใช้กลิ่นในการทดสอบที่ต่างจาก Sniffin'sticks test จำนวน 10 กลิ่น

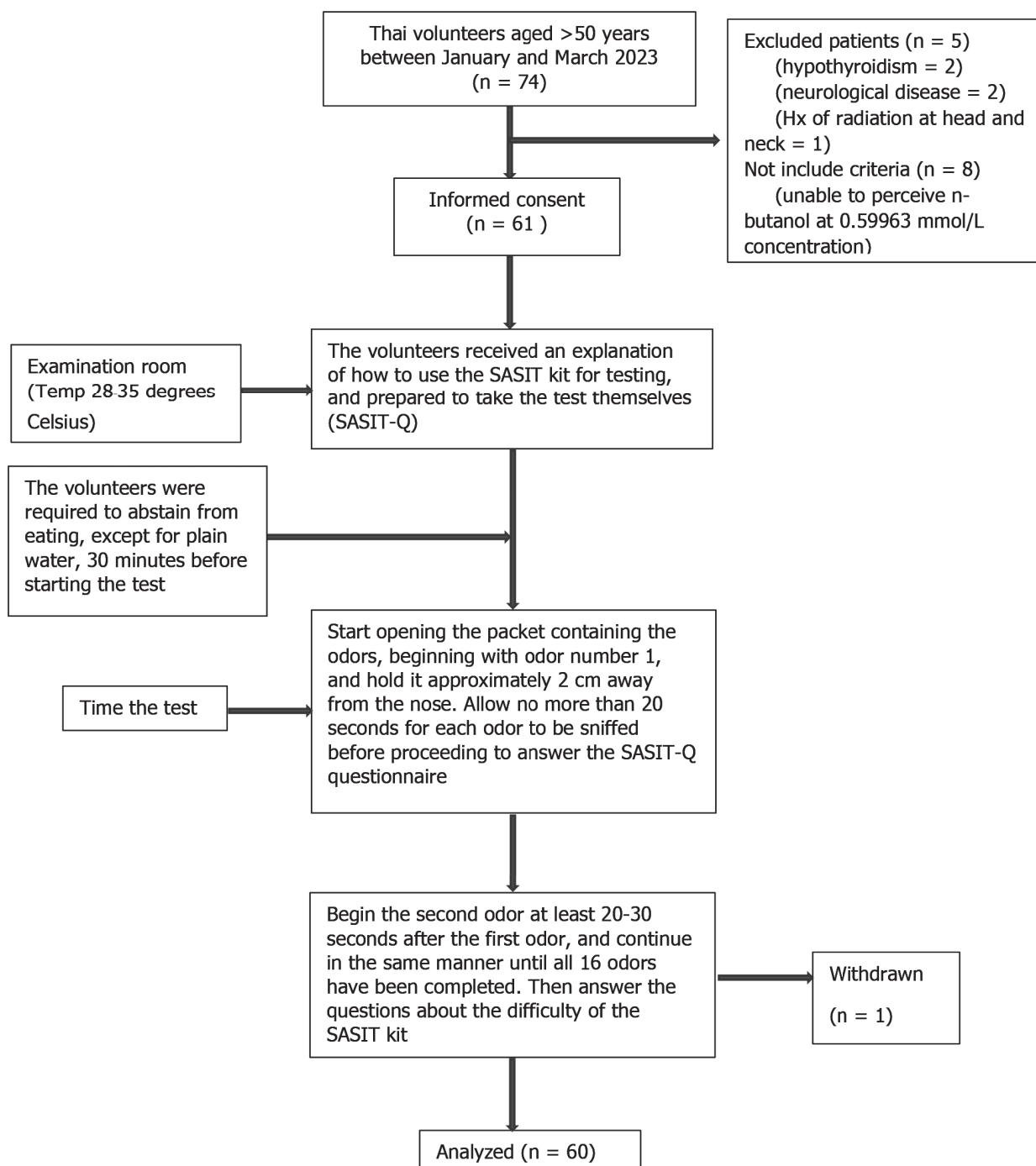
เนื่องจากกลิ่นเป็นเรื่องความคุ้นเคยหรือพฤติกรรมทางวัฒนธรรมและการรับประทานอาหารของแต่ละประเทศ การทดสอบความสามารถในการรับกลิ่นจึงต้องเลือกสารให้กลิ่นที่ผ่านการทดสอบว่าเหมาะสมกับวัฒนธรรมนั้น ๆ เพื่อพัฒนาให้เหมาะสมกับประชากรแต่ละประเทศ โดยปัจจุบันการศึกษาเรื่องการทดสอบการรับกลิ่นยังมีน้อย นอกจากนี้ยังไม่มีเครื่องมือทดสอบระบุชนิดของกลิ่นที่เป็นมาตรฐานสำหรับคนไทยโดยเฉพาะ และยังไม่มีค่าปกติระบุชนิดของกลิ่นในแต่ละกลุ่มอายุของประชากรอายุมากกว่า 50 ปี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือทดสอบระบุชนิดของกลิ่นที่สามารถทดสอบได้ด้วยตนเอง (self-administered smell identification test kit; SASIT kit) จำนวน 16 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก อุปกรณ์ใช้ต่อ 1 คนแล้วทั้ง และเพื่อหาค่าปกติระบุชนิดของกลิ่นในแต่ละกลุ่มอายุของประชากรไทยอายุมากกว่า 50 ปี ที่การได้กลิ่นปกติ

วัสดุและวิธีการ

รูปแบบการศึกษา เป็นการศึกษาชนิด methods-
oriented research ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยเป็น prospec-

tive observational cross-sectional design ดำเนิน
การศึกษาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือน
มีนาคม พ.ศ. 2566 ดังแสดงในภาพที่ 1

Study flow diagram



ภาพที่ 1 Study flow diagram

วัสดุ

กระดาษทดสอบน้ำหอมหรือน้ำมันหอมระเหย (paper strip) ขนาด 13×1.5 เซนติเมตร และซองอลูมิเนียมฟอยล์ทึบแสงสีดำขนาด 5×7 เซนติเมตร (CLHB1688, The Sea store, สาธารณรัฐประชาชนจีน)

สารให้กลิ่น

สารให้กลิ่นจำนวน 16 กลิ่น คัดเลือกโดยอ้างอิงจากกลิ่นที่มีรายงานวิจัยก่อนหน้านี้^(19-22,24) และเป็นกลิ่นที่มีการผลิตและจำหน่ายในภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศไทย รายละเอียดดังนี้

1. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นส้ม (orange flavour) Bath: 22070415-3 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
2. น้ำหอมกลิ่นน้ำอบไทย (Thai perfume fragrance) Batch: 20221107 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
3. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นช็อกโกแลต (chocolate flavour) Batch: 20221107 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
4. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นกระเทียม (garlic flavour) Bath: 22061125-6 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
5. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นสับปะรด (pineapple flavour) Bath: 220606452-2 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
6. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้าน (lemon grass essential oil) Batch: 27671231 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
7. น้ำปลาตราคนแบกกุ้ง (fish sauce) บริษัท อุตสาหกรรมน้ำปลาระยอง จำกัด
8. น้ำมันหอมระเหยกุหลาบ (floraline rose 61) Bath: 3029172 บริษัท สงฮวด จำกัด
9. กลิ่นผสมอาหารข้าวโพด (corn flavour) Bath: 22071051-4 บริษัท นีโอแอคทีฟ จำกัด
10. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นมะขาม (tamarind flavour) Bath: 22070415-4 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
11. น้ำมันหอมระเหยการบูร (camphor oil) Bath: 20220707 บริษัท นีโอแอคทีฟ จำกัด

12. แคร่ บลู (CARE BLUE) หัวน้ำหอมกลิ่น Bath: 0000068017 บริษัท สงฮวด จำกัด

13. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นทุเรียน (durian flavour) Bath: TF642274 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด

14. กลิ่นละลายน้ำเข้มข้นมินต์ (mint flavour) Bath: 22060698-1 บริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด

15. น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (eucalyptus essential oil) Bath: 20211208 บริษัท นีโอแอคทีฟ จำกัด

16. กลิ่นผสมอาหารมะพร้าว (coconut flavour) Bath: 22051145-2 บริษัท นีโอแอคทีฟ จำกัด

ชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง (self-administered smell identification test kit; SASIT kit)

ชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง เตรียมขึ้นโดยนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 โดยชุดทดสอบ ประกอบด้วย ซองอลูมิเนียมฟอยล์ทึบแสงสีดำ ปิดสนิทขนาด 5×7 เซนติเมตร ภายในบรรจุกระดาษทดสอบน้ำหอมหรือน้ำมันหอมระเหย ที่มีสารให้กลิ่น ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตรต่อซอง (กลิ่นมีความแรงในระดับที่มีการตอบสนองต่อการกระตุ้น; suprathreshold level) ทำการดูตอกอากาศออกและซีลปิดด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ ระบุหมายเลขด้านหน้าในแต่ละซองเพื่อให้ผู้ทดสอบระบุชนิดของกลิ่นตามลำดับหมายเลขที่ได้รับ จำนวน 16 ซอง ประกอบด้วย ส้ม น้ำอบไทย ช็อคโกแลต กระเทียม สับปะรด ตะไคร้ น้ำปลา กุหลาบ ข้าวโพด มะขาม การบูร แป้งเด็ก ทุเรียน สระแหน่ ยูคาลิปตัส และมะพร้าว โดยแต่ละซองอลูมิเนียมฟอยล์จะถูกบรรจุอีกครั้งในซองซิปปลาสติคชนิด PE (polyethylene) ขนาด 7×10 เซนติเมตร ปิดปากซองสนิท ทั้งนี้ต้นทุนวัสดุในการทำชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง อยู่ที่ประมาณ 23 บาท ต่อ 1 ชุดการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 2 และแบบทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก (self-administered smell identification test questionnaire; SASIT-Q) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง (แบบ 16 กลิ่น)

Self-administered smell identification test questionnaire (SASIT-Q)

ชื่ออาสาสมัคร.....เวลาเริ่ม.....เวลาสิ้นสุด.....
รวมเวลาทดสอบ.....นาที

กรุณากาบาทลงบนข้อความที่ท่านคิดว่าเป็นกลิ่นที่ท่านได้กลิ่น เรียงตามลำดับเบอร์ 1-16
และให้คะแนนความคุ้นเคยต่อกลิ่นที่ดมตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดยระดับที่ 1 คะแนน คือ ไม่คุ้นเคยเลย จนถึง
ระดับที่ 5 คะแนน คือ คุ้นเคยมาก

เบอร์	ตัวเลือกกลิ่น				ความคุ้นเคยกลิ่น (1-5 คะแนน)
1	เนย	กล้วย	ฝรั่ง	ส้ม	
2	น้ำอบไทย	การบูร	ตะไคร้	ทุเรียน	
3	มะพร้าว	น้ำผึ้ง	ลำไย	ซ็อกโกแลต	
4	น้ำมันงา	ฝรั่ง	กระเทียม	น้ำปลา	
5	โคล่า	สบู่	แตงโม	สับปะรด	
6	กระเจี๊ยบแดง	โหระพา	ตะไคร้	กาแฟ	
7	ส้ม	กระเทียม	ควินบูห์	น้ำปลา	
8	น้ำผึ้ง	กุหลาบ	มะพร้าว	กระเทียม	
9	กระเทียม	ตะไคร้	ข้าวโพด	ทุเรียน	
10	ใบเตย	ลำไย	มะขาม	แตงโม	
11	ตะไคร้	การบูร	มะม่วง	โคล่า	
12	แบ่งเด็ก	ขมิ้น	มะลิ	กุหลาบ	
13	ขมิ้น	ทุเรียน	ลำไย	การบูร	
14	สตอเบอรี่	ตะไคร้	มะลิ	สัระแทน	
15	ยูคาลิปตัส	สับปะรด	แบ่งเด็ก	โคล่า	
16	ข้าวโพด	ซ็อกโกแลต	มะพร้าว	น้ำปลา	

ให้คะแนนความยากง่ายในการทำแบบทดสอบการระบุชนิดของกลิ่นที่ดมเต็ม 100 คะแนน

0 คือ ยากมาก และ 100 คือ ง่ายมากคะแนน

ภาพที่ 3 แบบทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก (self-administered smell identification test questionnaire; SASIT-Q)

กลุ่มประชากรศึกษา

คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม Stata Version 16 ภายใต้สมมติฐานจาก Oleszkiewicz A. et al, 2019⁽²³⁾ โดยศึกษาในอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 9,139 คน อายุ 5 ปี ถึง มากกว่า 81 ปี แบ่งเป็นกลุ่มอายุ 5-10 ปี, 11-20 ปี, 21-30 ปี, 31-40 ปี, 41-50 ปี, 51-60 ปี, 61-70 ปี, 71-80 ปี และมากกว่า 81 ปีขึ้นไป พบว่าค่าเฉลี่ย (mean) TDI ของกลุ่ม 51-60 ปี เปรียบเทียบกับกลุ่ม 61-70 ปี มีค่าเท่ากับ -1.59 และค่าเฉลี่ย TDI ของกลุ่ม 61-70 ปี เปรียบเทียบกับกลุ่ม 71-80 ปี มีค่าเท่ากับ -3.33 ซึ่งค่าผลต่างระหว่างสัมประสิทธิ์ความชัน (slope coefficient) ภายใต้สมมติฐานของการลดลงของค่า TDI เมื่ออายุมากขึ้นทุกๆ 10 ปี โดยกำหนดให้ความต่างของ slope ของช่วงอายุที่ต่างกันทุก 10 ปี คือ -0.174

Null: effect = ไม่ลดลงในแต่ละกลุ่มอายุ

Alternative: effect = ลดลงกลุ่มอายุละ 17.4%

ใช้การคำนวณ sample size โดยทดสอบความชันเชิงเส้น (linear regression slope test) ในแต่ละกลุ่มช่วงอายุ มีค่าเฉลี่ย TDI ลดลงเรื่อย ๆ ในขนาด -0.174 จำนวนจำนวนประชากรในการศึกษาได้ 53 ราย เพื่อต้องการตรวจพบการลดลงของคะแนน TDI ทุก 10 ปี ที่ 17.4% ที่ระดับ significance = 0.05 และ power = 0.80 กำหนดให้ค่า covariate standard deviation = 1 และค่า standard deviation = 0.5 แบ่งเป็นประชากรศึกษาจำนวน 15 ราย ในแต่ละกลุ่มช่วงอายุทั้ง 4 กลุ่ม (ช่วงอายุมากกว่า 50-60 ปี, 61-70 ปี, 71-80 ปี และมากกว่า 81 ปีขึ้นไป) รวมทั้งหมด 60 ราย

ขั้นตอนการวิจัย

เตรียมการทดสอบ

ประชาสัมพันธ์เชิญชวนอาสาสมัครชาวไทยทั้งเพศชายและเพศหญิงทุกศาสนา อายุ 50 ปีขึ้นไป ในจังหวัดปัตตานี โดยติดป้ายประชาสัมพันธ์ในโรงพยาบาล และผ่านช่องทางกลุ่มไลน์ต่างๆ เพื่อเข้าร่วมวิจัย โดยทำการทดสอบที่แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลปัตตานี ซึ่งอาสาสมัครจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับงานวิจัยและสอบถามข้อมูลพื้นฐานตามแบบบันทึกข้อมูล

เกณฑ์การคัดอาสาสมัครเข้า

เกณฑ์การคัดอาสาสมัครเข้า ประกอบด้วย

1) ผ่านการตรวจจมูกว่าปกติ ด้วยวิธีการตรวจช่องจมูกทางด้านหน้า (anterior rhinoscopy) 2) ผ่านการทดสอบการแยกกลิ่น n-butanol โดยสามารถระบุขวดที่บรรจุสาร n-butanol ความเข้มข้น 0.59963 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งเป็นระดับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในการรับกลิ่น n-butanol ของคนไทยที่มีอายุมากกว่า 50 ปี⁽²⁰⁾ จากอีก 2 ขวด ที่ป็นน้ำเปล่าได้ 3) ผ่านการคัดกรองว่าไม่มีภาวะซึมเศร้าระดับรุนแรง โดยใช้แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า 2 คำถาม และ 9 คำถาม (patient health questionnaire-2; PHQ-2 และ patient health questionnaire-9; PHQ-9) และ 4) ผ่านการทดสอบเพื่อคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุว่าไม่มีภาวะความจำเสื่อม โดยใช้แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (mini mental state examination-Thai 2002; MMSE-Thai 2002) จากนั้นอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์เข้าร่วมงานวิจัย จะถูกถามเกี่ยวกับการได้กลิ่นสารบางอย่างแล้วทำให้เกิดอาการแพ้รุนแรงหรือมีความผิดปกติอื่นๆ ก่อนลงนามในเอกสารแสดงความยินยอม (informed consent)

เกณฑ์การคัดอาสาสมัครออก

เกณฑ์การคัดอาสาสมัครออก ประกอบด้วย การรับรสหรือการรับกลิ่นผิดปกติ มีโรคทางจมูก โรคทางระบบประสาท โรคทางจิตเวช มีอาการหวัดก่อนการทดสอบ 1 สัปดาห์ มีประวัติการบาดเจ็บของกระดูกใบหน้าหรือสมอง ประวัติผ่านการฉายแสงบริเวณศีรษะ และลำคอ ไทรอยด์ทำงานต่ำ และยังสูบบุหรี่อยู่

การทดสอบบุคลิกของกลิ่นด้วยตนเอง (self-administered smell identification test; SASIT)

ขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้ 1) อาสาสมัครรับประทานอาหารยกเว้นน้ำเปล่าก่อนเริ่มการทดสอบ 30 นาที อยู่ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 28-35 องศาเซลเซียส ไม่มีเสียงดังหรือกลิ่นรบกวนการทดสอบ รับฟังคำอธิบายวิธีการใช้ชุดทดสอบบุคลิกของกลิ่นด้วยตนเองอย่างละเอียดก่อนเริ่มทำการทดสอบ และรับปากก 1 ด้าม เพื่อใช้กากบาทคำตอบด้วยตนเองตามเอกสารแบบทดสอบบุคลิกของกลิ่นด้วยตนเอง ระหว่าง

การทดสอบให้อาสาสมัครปิดปากตลอดการทดสอบ เพื่อไม่ให้กลิ่นและลมหายใจผ่านเข้าทางปาก (retro nasal breathing) 2) นำชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่น ด้วยตนเองให้อาสาสมัครเปิดช่องชิปพลาสติก จิกของ อลูมิเนียมฟอยล์ที่บดและดมสารให้กลิ่นที่บรรจุอยู่ ภายในซองครึ่งละ 1 ซอง เรียงลำดับตามหมายเลข 1-16 โดยถือซองให้ห่างจากจมูก 2 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารบริเวณจมูกของอาสาสมัคร ระหว่างการจิกของห้ามมือเปื้อนสารให้กลิ่น 3) ใช้เวลา ในการดมแต่ละกลิ่นประมาณ 20 วินาที เพื่อให้บทวน ความจำถึงกลิ่นว่าเป็นกลิ่นของอะไร และให้อาสาสมัคร ตอบหลังจากดมกลิ่นแต่ละซองว่าเป็นกลิ่นอะไร โดยการกาบาทลงบนตัวเลือกที่คิดว่าเป็นกลิ่นของสาร ให้กลิ่นที่กำลังดมอยู่จาก 4 ตัวเลือก ถ้าอาสาสมัครไม่รู้ ว่าเป็นกลิ่นอะไร อาสาสมัครต้องเลือกตอบตัวเลือกใด ตัวเลือกหนึ่ง (force-choice) หากตอบชนิดของกลิ่นได้ ถูกต้องให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิด ให้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน 4) อาสาสมัครให้คะแนน ความคุ้นเคยต่อกลิ่นที่ดม (familiarity rating) โดย คะแนนมีค่าตั้งแต่ 1-5 คะแนน (likert scale 1-5) ระดับที่ 1 คะแนน หมายถึงอาสาสมัครไม่คุ้นเคยกลิ่นเลย จนถึงระดับที่ 5 คะแนน หมายถึงอาสาสมัครคุ้นเคย กลิ่นมาก 5) หลังจากดมแล้วให้ทั้งสารให้กลิ่นลงในซองชิป และปิดซอง เพื่อป้องกันการกระจายของกลิ่นในอากาศ และเว้นระยะเวลายาวอย่างน้อย 20-30 วินาที ก่อนดมกลิ่น ถัดไป เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดความล้าของประสาทการ รับกลิ่นทำให้ความไวของประสาทการรับกลิ่นลดลง (olfactory desensitization) และ 6) เมื่ออาสาสมัคร ทำเอกสารแบบทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง ครบทั้ง 16 กลิ่น อาสาสมัครให้คะแนนความยากง่าย ในการทำแบบทดสอบ มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน โดย ระดับที่ 0 หมายถึง ยากมาก และระดับที่ 100 หมายถึง ง่ายมาก

จริยธรรมการวิจัย

ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัย โรงพยาบาลปัตตานี หมายเลข รับรอง 003/2565 เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2565

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานทางสถิติด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเสนอค่าเฉลี่ย ของผลการทดสอบการระบุชนิดของสารให้กลิ่น ในรูป จำนวนกลิ่นที่อาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูก ต้อง (คะแนน SASIT) ระยะเวลาเฉลี่ยในการทำแบบ ทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง ความยากง่ายของ แบบทดสอบจาก visual analog scale (VAS) score โดยจำแนกตามเพศและกลุ่มอายุ

ผล

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 60 ราย เป็นชาย ต่อหญิงในอัตราส่วน 1:3 อายุ 51-86 ปี เฉลี่ย 69.1 ปี (SD = 10.9) จัดกลุ่มอาสาสมัครตามอายุ 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ได้แก่ อายุมากกว่า 50-60 ปี, 61-70 ปี, 71-80 ปี และมากกว่า 81 ปีขึ้นไป นับถือศาสนาอิสลามต่อศาสนา พุทธ เท่ากับ 1:4 การศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่า ร้อยละ 45 มีโรคประจำตัวร้อยละ 78.4 คือ เบาหวาน (ร้อยละ 10) ความดันโลหิตสูง (ร้อยละ 35) มะเร็ง (ร้อยละ 1.7) โรคประจำตัวอื่นๆ (ร้อยละ 31.7) เช่น ไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจ เป็นต้น ส่วนใหญ่ไม่เคย สูบบุหรี่ (ร้อยละ 85) และไม่มีอาการของโรคซึมเศร้า (ร้อยละ 93.3) ดังแสดงในตารางที่ 1

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีกลิ่นจำนวน 14 กลิ่นจากทั้งหมด 16 กลิ่น ที่อาสาสมัครสามารถตอบถูก มากกว่าร้อยละ 75 โดยกลิ่นที่อาสาสมัครตอบถูกมากที่สุด 6 กลิ่น ได้แก่ ทูเรียน ช็อคโกแลต (ร้อยละ 96.7) กระเทียม ตะไคร้ มะขาม การบูร (ร้อยละ 95) ส่วนกลิ่น ที่ตอบถูกและคุ้นเคยมากที่สุด คะแนนเกินร้อยละ 90 ได้แก่ ตะไคร้ (ร้อยละ 95.0) กระเทียม (ร้อยละ 95.0) ทูเรียน (ร้อยละ 96.7) แป้งเด็ก (ร้อยละ 75.0) ตามลำดับ ส่วนกลิ่นที่ตอบถูกน้อยที่สุด คือ กลิ่นมะพร้าว (ร้อยละ 61.7) และกลิ่นที่คุ้นเคยน้อยที่สุด คือ กลิ่นสระแทน (ร้อยละ 54.4) ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง อาสาสมัครใช้เวลาในการทดสอบเฉลี่ย 16.9 นาที และ มีค่าความยากง่ายของการทดสอบเท่ากับ 84.6 คะแนน จำนวนกลิ่นที่อาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้

ตารางที่ 1 Demographic data of participants

Factors	n (%)
Gender	
Male	15 (25.0)
Female	45 (75.0)
Age	15 (25.0)
>50–60	15 (25.0)
61–70	15 (25.0)
71–80	15 (25.0)
Over 81	15 (25.0)
Mean ± SD	69.1±10.9
Religious	
Buddhist	48 (80.0)
Islam	12 (20.0)
Christian	–
Education	
No education	3 (5.0)
Elementary school	16 (26.7)
High school	14 (23.3)
Bachelor degree or higher	27 (45.0)
Underlying disease	
None	13 (21.6)
Diabetes mellitus	6 (10.0)
Hypertension	21 (35.0)
Malignancy	1 (1.7)
Others	19 (31.7)
Smoking status	
Never smoked	51 (85.0)
Stopped smoking (years)	
0–1	–
1–5	3 (5.0)
5–10	1 (1.7)
Over 10	5 (8.3)
PHQ-2 & PHQ-9 score	
None	56 (93.3)
Minimal depression	1 (1.7)
Mild depression	3 (5.0)
Moderate depression	–

ตารางที่ 2 Smell identification on selected odorants (%) and familiarity rating (scale 4-5, in %)

Item	Odorant	Correct identification	Familiarity rating
1	Orange	86.7	84.6
2	Thai traditional scented water	80.0	77.1
3	Chocolate	96.7	86.2
4	Garlic	95.0	98.3
5	Pineapple	65.0	82.0
6	Lemongrass	95.0	100
7	Fish sauce	91.7	81.8
8	Rose	85.0	76.5
9	Corn	93.3	83.9
10	Tamarind	95.0	86.0
11	Camphor	95.0	87.7
12	Baby powder	75.0	93.3
13	Durian	96.7	96.6
14	Mint	76.7	54.4
15	Eucalyptus	83.3	80.0
16	Coconut	61.7	81.1

ถูกต้องเฉลี่ย 14 ± 1.95 กลิ่น หรือมีค่าเฉลี่ยคะแนน SASIT เท่ากับ 14 ± 1.95 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงกำหนดค่าปกติของการทดสอบระบุชนิดของกลิ่นด้วย

ตนเองในประชากรไทยปกติอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป เท่ากับ 14 ± 1.95 โดยค่าเฉลี่ยคะแนน SASIT ระหว่างเพศหญิง (13.3-14.7) และเพศชาย (12.3-14.2) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Normative values for SASIT by age and gender

Age (year)	n	SASIT (0–16)				VAS score	Test duration(min)
		Mean	SD	Min	Max		Mean
Female							
> 50–60	10	13.9	1.4	12	16	93.1	16.8
61–70	13	14.7	0.6	14	16	88.9	15.1
71–80	12	13.5	2.1	9	16	81.5	19.1
> 81	10	13.3	3.0	7	16	78.0	17.0
Male							
> 50–60	5	14.2	1.5	12	16	80.8	13.8
61–70	2	14.0	2.8	12	16	77.5	16.0
71–80	3	12.3	2.3	11	15	93.3	19.0
> 81	5	12.4	2.1	10	15	79.0	18.2
Total							
> 50 to > 81	60	14	1.95	7	16	84.6	16.9

วิจารณ์

จากผลการศึกษาการพัฒนาเครื่องมือทดสอบระบบชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง แบบ 16 กลิ่น คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก ในกลุ่มประชากรไทยอายุมากกว่า 50 ปี ที่โรงพยาบาลปัตตานี จังหวัดปัตตานี ซึ่งเป็นสังคมพหุวัฒนธรรม พบว่าสามารถใช้งานชุดทดสอบได้ง่าย (มีค่าความยากง่าย 84.6 คะแนน) ราคาถูก (ต้นทุนวัสดุในการทำชุดทดสอบระบบชนิดของกลิ่นด้วยตนเองอยู่ที่ประมาณ 23 บาท ต่อ 1 ชุดการทดสอบ) ทดสอบได้ด้วยตนเองจริง (เวลาเฉลี่ยในการทดสอบ 16.9 นาที) แต่ในกลุ่มสูงอายุที่มีปัญหาด้านภาษาและสายตา การอ่านตัวเลือกอาจต้องมีผู้ช่วยเหลือในการทำแบบทดสอบ

เครื่องมือทดสอบระบบชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง ใช้วินิจฉัยผู้ป่วยที่มีปัญหาการรับกลิ่นบกพร่อง สามารถทดสอบได้ด้วยตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางมาทดสอบที่โรงพยาบาล และจำนวนกลิ่นที่อาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องหรือค่าเฉลี่ยคะแนน SASIT ของการศึกษานี้เท่ากับ 14 ± 1.95 สามารถใช้เป็นค่าอ้างอิงในงานวิจัย หากพบว่าค่าคะแนนที่ได้ผิดปกติสามารถเข้ารับการทดสอบหรือรักษาที่โรงพยาบาลเพื่อหาสาเหตุและตรวจเพิ่มเติม เช่น ส่องกล้องจมูก ตรวจทางรังสีด้วย (DAT) SPECT imaging^(25,26) transcranial ultrasound⁽²⁷⁾ เป็นต้น ในสถานการณ์ปัจจุบันประเทศไทยมีค่ามลพิษทางอากาศที่สูงมาก ส่งผลทำให้เกิดความบกพร่องทางการรับกลิ่นซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดพยาธิสภาพบริเวณกระเปาะรับกลิ่น (olfactory bulb; OB) นำมาสู่โรคการเสื่อมของระบบประสาทร่วมด้วย⁽²⁸⁾ ควรคัดกรองโดยใช้ชุดทดสอบระบบชนิดของกลิ่นด้วยตนเอง หรือในอนาคตหากมีโรคทางเดินหายใจอุบัติใหม่เช่นเดียวกับโควิด 19 ที่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องการรับกลิ่นบกพร่อง สามารถใช้ชุดทดสอบนี้เพื่อเป็นเครื่องมือเสริมในการคัดกรองโรคได้เช่นกัน แต่อาจเพิ่มขนาดตัวอย่างทั้งกลุ่มประชากรปกติและกลุ่มผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทในระยะเริ่มแรกทั้งโรคอัลไซเมอร์ และโรคพาร์กินสัน พัฒนาเป็นตารางค่าปกติและค่าที่ผิดปกติของการระบบชนิดของกลิ่นในคนไทยสูงอายุทั่วประเทศ จำแนกตามเพศและอายุ รวมทั้งอาจเพิ่มกลิ่นทดสอบใหม่ทดแทน 3 กลิ่น ที่ตอบถูกน้อยและคุ้นเคย

น้อยที่สุด คือ ลับปะรด มะพร้าว และสระแหน่ ทดแทนด้วยกลิ่นกาแฟ สบู่ และมะนาว ซึ่งมีการวิจัยว่าได้คะแนนตอบถูกมากกว่าร้อยละ 75⁽²⁴⁾ เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนอีกครั้งหรืออาจถูกนำมาใช้ทดแทนกลิ่นในงานวิจัยนี้ในโอกาสต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนกลิ่นที่อาสาสมัครสามารถตอบคำถามกลิ่นได้ถูกต้องหรือค่าเฉลี่ยคะแนน SASIT ตามกลุ่มอายุและเพศของการศึกษากับงานวิจัยก่อนหน้านี้ใช้ Sniffin'sticks test⁽²³⁾ ในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี พบว่าการศึกษานี้ได้ค่าคะแนนเฉลี่ยหรืออัตราการระบุความถูกต้องของกลิ่นดีกว่าเล็กน้อยหรือใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบทุกกลุ่มอายุ ในกลุ่มอายุ > 50–60 ปี หญิง (13.9 vs 13.11) ชาย (14.2 vs 12.85) กลุ่มอายุ 61–70 ปี หญิง (14.7 vs 12.27) ชาย (14 vs 12.20) กลุ่มอายุ 71–80 ปี หญิง (13.5 vs 11.20) ชาย (12.3 vs 10.71) และกลุ่มอายุมากกว่า 81 ปี หญิง (13.3 vs 8.04) ชาย (12.4 vs 9.17)

การศึกษานี้ใช้อุปกรณ์ทดสอบระบบชนิดของกลิ่นเป็นซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่บดแสงสีดำปิดสนิท บรรจุกระดาษทดสอบน้ำหอมหรือน้ำมันหอมระเหยที่มีสารให้กลิ่นอยู่ภายในทดแทนอุปกรณ์ทดสอบระบบชนิดของกลิ่นแบบดั้งเดิม (รูปแบบขวดหรือแบบปากกาที่ต้องใช้ร่วมกัน) โดยอุปกรณ์ทดสอบกลิ่นที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้สามารถเตรียมขึ้นด้วยวิธีการที่ง่าย สะดวก และรวดเร็วเหมาะสำหรับการปฏิบัติทางคลินิกตามปกติของแพทย์เฉพาะทางหู คอ จมูก

เมื่อนำเครื่องมือทดสอบระบบชนิดของกลิ่นด้วยตนเองที่พัฒนาขึ้นนี้เปรียบเทียบกับทดสอบระบบชนิดของกลิ่นที่มีรายงานวิจัยไว้ก่อนหน้านี้ พบว่าเครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้กลิ่นทดสอบกลิ่นเดียวกับการทดสอบที่มีรายงานวิจัยไว้ก่อนหน้านี้จำนวน 9 กลิ่น ได้แก่ ส้ม^(19–22) น้ำอบไทย⁽²⁰⁾ ซ็อกโกแลต⁽²²⁾ กระเทียม^(21,22) ลับปะรด⁽²¹⁾ ตะไคร้^(19,20) น้ำปลา^(19,20) กุหลาบ^(19,21) และมะพร้าว^(19,20)

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Pitipakorn K. et al, 2021⁽²⁴⁾ ซึ่งใช้กลิ่นที่ทดสอบเหมือนกันทั้ง 16 กลิ่น แต่มีคะแนนการตอบถูกของกลิ่นแตกต่างกันไป โดยเครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้นนี้มีกลิ่นที่อาสาสมัคร

ตอบถูกมากที่สุด (ร้อยละ 96.7) 2 กลิ่น คือ ทุเรียนและ
ช็อคโกแลต รองลงมา (ร้อยละ 95) มี 4 กลิ่น คือ
กระเทียม ตะไคร้ มะขาม และการบูร ส่วนกลิ่นที่ตอบถูก
น้อยกว่าร้อยละ 75 มี 2 กลิ่น คือ สับปะรด (ร้อยละ 65)
และมะพร้าว (ร้อยละ 61.7) ในขณะที่งานวิจัยของ
Pitipakorn K. et al⁽²⁴⁾ ตอบถูกมากที่สุด (ร้อยละ 100)
มี 9 กลิ่น ได้แก่ ส้ม น้ำอบไทย ช็อคโกแลต กระเทียม
สับปะรด ตะไคร้ น้ำปลา กุหลาบ และข้าวโพด กลิ่นที่
ตอบถูกต่ำที่สุด (ร้อยละ 88.6) คือ มะพร้าว โดยไม่มีกลิ่น
ที่ตอบถูกต่ำกว่า ร้อยละ 75 และกลิ่นที่ตอบถูกน้อยที่สุด
ในทั้ง 2 งานวิจัยเหมือนกัน คือ กลิ่นมะพร้าว ซึ่งในงาน
วิจัยของ Pitipakorn K. et al⁽²⁴⁾ แต่ละกลิ่นถูกบรรจุ
อยู่ในขวดขนาด 15 มิลลิลิตร ที่ปราศจากเชื้อ โดยอาสา
สมัครที่ทดสอบระบุชนิดของกลิ่นจะใช้ขวดนี้ทดสอบกลิ่น
ร่วมกัน ดังนั้นเพื่อป้องกันการระบาดของโรคโควิด 19
หรือโรคติดเชื้อทางเดินหายใจอื่น อุปกรณ์ทดสอบกลิ่น
ที่การศึกษานี้พัฒนาขึ้นจึงมีความเหมาะสมกว่าเนื่องจาก
เป็นอุปกรณ์ใช้ต่อ 1 คน แล้วทิ้ง

นอกจากนี้จากผลการวิจัยคะแนนการตอบถูกของ
กลิ่นที่ต่างกัน มีความเป็นไปได้ว่ากลุ่มอาสาสมัครใน
งานวิจัยไม่เหมือนกัน โดยในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งเป็น
กลุ่มอาสาสมัครที่ไม่มีโรคประจำตัว อายุ 20-60 ปี แต่
ในงานวิจัยนี้เป็นอาสาสมัครอายุมากกว่า 50 ปี และมีโรค
ประจำตัวร่วมด้วย อาจทำให้ความสามารถในการบอกชนิด
สารให้กลิ่นได้ถูกต้องลดลง เนื่องจากระดับการรับกลิ่น
จะลดลงเมื่ออายุมากขึ้นทำให้ความสามารถในการบอก
ชนิดสารให้กลิ่นได้ถูกต้องมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้น
จากอุบัติการณ์มักเกิดขึ้นเมื่ออายุ 60 ปี แต่เพศชาย
มักได้รับผลกระทบมากกว่าเพศหญิง กลไกการเกิดการ
รับกลิ่นที่ลดลงยังไม่ทราบแน่ชัด โดยทั่วไปคนสูงอายุ
ระบบประสาทส่วนปลายในส่วนของเยื่อผิวประสาท
การรับกลิ่น (olfactory neuroepithelium) ในช่องจมูก
จะมีเซลล์ประสาทรับกลิ่นแบบตัวเต็มวัย (mature
olfactory neurons) ลดลงและถูกแทนที่ด้วยเยื่อผิวทาง
เดินหายใจแทน (respiratory epithelium) และมีการ
ลดลงของการเพิ่มจำนวนเซลล์ฐาน (decrease in basal
cell proliferation) ทั้งในภาวะปกติและการบาดเจ็บ
ส่วนในประสาทส่วนกลางมีการลดลงของการหมุนเวียน
ของเซลล์ประสาทประสานงาน (interneuron)

ในกระเปาะรับกลิ่น (olfactory bulb) และมีการลดลง
ของการทำงานในส่วนเปลือกสมองส่วนรับกลิ่น (olfactory
cortex) เมื่อมีการกระตุ้นเกิดขึ้น⁽²⁹⁾ รวมทั้งมีหลายปัจจัย
ที่ทำให้การรับกลิ่นลดลงในผู้สูงอายุทั้งด้านพันธุกรรม
สิ่งแวดล้อม และโภชนาการ⁽³⁰⁾

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่ได้ทำการศึกษา
ในกลุ่มอาสาสมัครที่เป็นสังคมลักษณะพหุวัฒนธรรม
เนื่องจากโรงพยาบาลปัตตานี ตั้งอยู่ในเขต 3 จังหวัด
ชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีกลุ่มคนที่อยู่อาศัย
หลากหลายเชื้อชาติและศาสนาทั้งชาวไทยศาสนาพุทธ
ชาวไทยศาสนาอิสลาม (มุสลิม) และชาวไทยเชื้อสายจีน
ความหลากหลายทางวัฒนธรรมจึงเป็นลักษณะ
พหุวัฒนธรรม ส่งผลให้เกิดความหลากหลายของการใช้
กลิ่นในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจแตกต่างจากรายงานวิจัยก่อน
หน้าที่อยู่ในส่วนเมืองหลวงและมีลักษณะวัฒนธรรม
แบบเดียว

สรุป

เครื่องมือชุดทดสอบระบุชนิดของกลิ่นที่สามารถ
ทดสอบได้ด้วยตนเองหรือ SASIT kit แบบ 16 กลิ่น
คำตอบกลิ่นแบบ 4 ตัวเลือก ที่การศึกษานี้พัฒนาขึ้น
ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ปลอดภัย ราคาถูก ใช้งานในผู้สูงอายุ
อาจใช้ทดแทนเครื่องมือแบบดั้งเดิมที่ใช้ร่วมกันและ
ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และสามารถใช้ในการตรวจ
วินิจฉัย ติดตามการรักษาโรคการรับกลิ่นบกพร่องของ
แพทย์เฉพาะทางหู คอ จมูก องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้
อาจถ่ายทอดให้แก่โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาล
ส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล และอาสาสมัครสาธารณสุข
ประจำหมู่บ้าน เพื่อช่วยในการคัดกรองประชากรสูงอายุ
ที่มีปัญหาการรับกลิ่นบกพร่องตามชุมชน โดยไม่จำเป็นต้อง
เดินทางมาทดสอบที่โรงพยาบาล

โอกาสในการพัฒนาต่อ คือ เพิ่มขนาดตัวอย่าง
ทั้งกลุ่มประชากรปกติและกลุ่มผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้อง
ระบบประสาทในระยะเริ่มแรกทั้งโรคอัลไซเมอร์และโรค
พาร์กินสัน พัฒนาเป็นตารางค่าปกติการระบุชนิดของ
กลิ่นของคนไทยสูงอายุทั่วประเทศ จำแนกตามเพศและ
อายุ เพื่อสามารถนำชุดทดสอบไปใช้เป็นเครื่องมือเสริม
ในการคัดกรองผู้ป่วยโรคทางระบบประสาทระยะเริ่มแรก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศ.ดร.นพ.ชยันตร์ธร ปทุมานนท์ และดร.จิตรา นพรัตน์ ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลและให้คำแนะนำในงานวิจัย ขอขอบคุณ รศ.นพ.พีรพันธุ์ เจริญชาติรี นพ.โชติ วงศ์โขง และนายอนิรุต เกป็น ที่ช่วยให้ความรู้และดูแลเรื่องข้อมูลงานวิจัย และขอขอบคุณ นพ.โชติ พัฒนปรีชากุลนางนงลักษณ์ อินทกาญจน์ และนางลภัสร์ดา บัวศรี ที่ช่วยเหลือการทํารวบรวมข้อมูลกับอาสาสมัคร รวมทั้งขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เข้าร่วมงานวิจัยทํางานวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Desiato VM, Levy DA, Byun YJ, Nguyen SA, Soler ZM, Schlosser RJ. The prevalence of olfactory dysfunction in the general population: a systematic review and meta-analysis. *Am J Rhinol Allergy* 2021; 35(2): 195-205.
2. Ross GW, Petrovitch H, Abbott RD, Tanner CM, Popper J, Masaki K, et al. Association of olfactory dysfunction with risk for future Parkinson's disease. *Ann Neurol* 2008; 63(2): 167-73.
3. Doty RL. Olfaction in Parkinson's disease and related disorders. *Neurobiol Dis* 2012; 46(3): 527-52.
4. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Olanow CW, Oertel W, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord* 2015; 30(12): 1591-601.
5. Tabert MH, Liu X, Doty RL, Serby M, Zamora D, Pelton GH, et al. A 10-item smell identification scale related to risk for Alzheimer's disease. *Ann Neurol* 2005; 58(1): 155-60.
6. Serby M, Larson P, Kalkstein D. The nature and course of olfactory deficits in Alzheimer's disease. *Am J Psychiatry* 1991; 148(3): 357-60.
7. Lange R, Donathan CL, Hughes LF. Assessing olfactory abilities with the University of Pennsylvania smell identification test: a rasch scaling approach. *J Alzheimers Dis* 2002; 4(2): 77-91.
8. Duff K, McCaffrey RJ, Solomon GS. The Pocket Smell Test: successfully discriminating probable Alzheimer's dementia from vascular dementia and major depression. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2002; 14(2): 197-201.
9. Haehner A, Boesveldt S, Berendse HW, Mackay-Sim A, Fleischmann J, Silburn PA, et al. Prevalence of smell loss in Parkinson's disease--a multicenter study. *Parkinsonism Relat Disord* 2009; 15(7): 490-4.
10. Bylsma FW, Moberg PJ, Doty RL, Brandt J. Odor identification in Huntington's disease patients and asymptomatic gene carriers. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 1997; 9(4): 598-600.
11. Hawkes CH, Shephard BC, Kobal G. Assessment of olfaction in multiple sclerosis: evidence of dysfunction by olfactory evoked response and identification tests. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1997; 63(2): 145-51.
12. Keshavan MS, Vora A, Montrose D, Diwadkar VA, Sweeney J. Olfactory identification in young relatives at risk for schizophrenia. *Acta Neuropsychiatr* 2009; 21(3): 121-4.
13. Kobayashi M. The odor stick identification test for the Japanese (OSIT-J): clinical suitability for patients suffering from olfactory disturbance. *Chem Senses* 2005; 30(Suppl 1): i216-7.
14. Doty RL, Shaman P, Kimmelman CP, Dann MS. University of Pennsylvania Smell Identification Test: a rapid quantitative olfactory function test for the clinic. *Laryngoscope* 1984; 94(2): 176-8.
15. Cain WS, Goodspeed RB, Gent JF, Leonard G. Evaluation of olfactory dysfunction in the Connecticut chemosensory clinical research center. *Laryngoscope* 1988; 98(1): 83-8.

16. Doty RL, Marcus A, Lee WW. Development of the 12-item Cross-Cultural Smell Identification Test (CC-SIT). *Laryngoscope* 1996; 106(3): 353-6.
17. Cho JH, Jeong YS, Lee YJ, Hong SC, Yoon JH, Kim JK. The Korean version of the Sniffin' stick (KVSS) test and its validity in comparison with the cross-cultural smell identification test (CC-SIT). *Auris Nasus Larynx* 2009; 36(3): 280-6.
18. Hummel T, Sekinger B, Wolf SR, Pauli E, Kobal G. 'Sniffin' sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chem Senses* 1997; 22(1): 39-52.
19. Chaiyasate S, Roongrotwattanasiri K, Hanprasertpong N, Fooanant S. Normal smell identification score and N-butanol threshold in Thai adults. *J Med Assoc Thai* 2013; 96(3): 324-8.
20. Riyaparn K. Olfaction and influencing factors in Thai elderly. *Chiangrai Medical Journal*. 2019; 11(2): 100-5.
21. Kijjavijit T, Jagota P, Boonrod N, Kaewwilai L, Jitkritisadakul O, Bhidayasiri R. The use of Sniffin' Stick-16 smell identification test in Thai Parkinson's disease patients: a pilot study. In: *Movement disorders*. NJ, USA: Wiley-Blackwell; 2014. p. S48-S48.
22. Pinkaew B, Assanasen P, Bunnag C. Smell discrimination and identification scores in Thai adults with normosmia. *Asian Biomed* 2015; 9(6): 789-95.
23. Oleszkiewicz A, Schriever VA, Croy I, Hähner A, Hummel T. Updated Sniffin' Sticks normative data based on an extended sample of 9139 subjects. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2019; 276(3): 719-28.
24. Pitipakorn K. Development of Thai version of smell Identification test using 16 items of familiar odors with 4 descriptors. 50th anniversary RCOT academic conference 1/2021; May 5-7; Thailand 2021.
25. Ponsen MM, Stoffers D, Wolters EC, Booij J, Berendse HW. Olfactory testing combined with dopamine transporter imaging as a method to detect prodromal Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010; 81(4): 396-9.
26. Berendse HW, Ponsen MM. Diagnosing premotor Parkinson's disease using a two-step approach combining olfactory testing and DAT SPECT imaging. *Parkinsonism Relat Disord* 2009; 15(3): S26-30.
27. Izawa MO, Miwa H, Kajimoto Y, Kondo T. Combination of transcranial sonography, olfactory testing, and MIBG myocardial scintigraphy as a diagnostic indicator for Parkinson's disease. *Eur J Neurol* 2012; 19(3): 411-6.
28. Calderón-Garcidueñas L, Franco-Lira M, Henríquez-Roldán C, Osnaya N, González-Maciel A, Reynoso-Robles R, et al. Olfactory dysfunction, olfactory bulb pathology and urban air pollution. *Exp Toxicol Pathol* 2010; 62(1): 91-102.
29. Kondo K, Kikuta S, Ueha R, Suzukawa K, Yamasoba T. Age-related olfactory dysfunction: epidemiology, pathophysiology, and clinical management. *Front Aging Neurosci* 2020; 12: 208. (16 pages).
30. Olofsson JK, Ekström I, Larsson M, Nordin S. Olfaction and aging: a review of the current state of research and future directions. *Iperception* 2021; 12(3): 1-24.

Development of Self-Administered Smell Identification Test kit for Thai People Aged over 50 Years in Pattani Province

Sirilak Lertpongpiroon¹ and Aussavashai Shuayprom²

¹ Pattani Hospital, Pattani Provincial Public Health Office, Pattani 94000, Thailand

² Department of Medical Sciences, 11000, Thailand

ABSTRACT Smell identification testing is employed for diagnostic and treatment monitoring purposes by otolaryngologists in cases of olfactory dysfunction. However, Thailand has no standardized toolkit available for smell identification testing within the Thai population. Therefore, this study aimed to develop a self-administered smell identification test kit (SASIT kit) comprising 16 odors with a 4-choice response format. The SASIT kit was designed to be user-friendly, cost-effective, and disposable. The study was conducted with 60 normal Thai volunteers aged over 50 years at the Pattani Hospital from January to March 2023. Participants underwent a check for normal nasal conditions and passed the n-butanol smell test. Besides, they were initially screened to be free from severe depressive symptoms and cognitive impairment. Following these evaluations, participants were subjected to the SASIT kit. The results showed that male participants outnumbered female participants at a ratio of 1:3, with an age range of 51 to 86 years and an average age of 69.1 ± 10.9 years. The average test duration was 16.9 minutes, with a difficulty level of approximately 84.6 points. The participants accurately responded to olfactory questions, with a mean SASIT score of 14 ± 1.95 . Moreover, most of the participants exhibited a correct olfactory response rate exceeding 75% for 14 out of the 16 smells. In conclusion, the developed SASIT kit is suitable for diagnosing and monitoring olfactory dysfunction within the clinical practices of otolaryngologists. This tool might be used to replace previously imported.

Keywords: Development, Olfaction disorder, Self-administered smell identification test kit

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของ *Salmonella* spp. ในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท

พัชรีย์ จิตตพิทักษ์ชัย¹ วชิราภา เขียวรอด¹ และ สุคันธา โอศิริพันธ์²

¹ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม อำเภอเมือง สมุทรสงคราม 75000

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50100

บทคัดย่อ ซาลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขเนื่องจากก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษในมนุษย์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบจากซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท โดยสุ่มตัวอย่าง 15 จังหวัด ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงกันยายน พ.ศ. 2564 รวม 346 ตัวอย่าง พบปนเปื้อน 1 ตัวอย่าง คิดเป็นความชุก ร้อยละ 0.29 ความเข้มข้นซาลโมเนลลาเท่ากับ 0.01 CFU/mL ปริมาณน้ำที่ควรได้รับต่อวันเท่ากับ 2.151 ลิตร ปริมาณ จุลินทรีย์ที่รับสัมผัสเท่ากับ 21.51 CFU การตอบสนองต่อการสัมผัสได้ค่าความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยเท่ากับ 0.0000108 และ 0.0452 โดยประเมินด้วย exponential model และ beta-Poisson model ตามลำดับ จากการสร้างแบบจำลอง dose-response assessment model ปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ 10 CFU มีค่าความน่าจะเป็นในการ เจ็บป่วยที่ 0.02324 การประเมินการรับสัมผัสได้ค่าความน่าจะเป็นของโอกาสที่จะรับสัมผัสซาลโมเนลลาเท่ากับ 0.00289 ดังนั้น ความเสี่ยงจากการเจ็บป่วยเนื่องจากการดื่มน้ำในภาชนะปิดสนิทที่ปนเปื้อนซาลโมเนลลา เท่ากับ 0.000000031 และ 0.000130619 ตาม exponential model และ beta-Poisson model ตามลำดับ ผลจากการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ ในครั้งนี้ พบว่าน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทในพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้และมีความปลอดภัย การศึกษานี้ สามารถใช้เป็นต้นแบบอย่างหนึ่งของการประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา โดยประยุกต์ใช้สำหรับชนิดอาหารหรือจุลินทรีย์ ก่อโรคอื่นๆ ได้

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ, ซาลโมเนลลา, น้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท

Corresponding author E-mail: patcharee.c@dmsc.mail.go.th

Received: 17 March 2023

Revised: 12 January 2024

Accepted: 5 February 2024

บทนำ

ซาลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ มีรูปร่างลักษณะเป็นแท่งติดสี่แตรกลมลบ เจริญเติบโตได้ในที่มีหรือไม่มีอากาศ มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับการดำรงชีพในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดโรคอุจจาระร่วงที่เรียกว่า Salmonellosis เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ อาเจียน ท้องร่วง ตะคริว และมีไข้ โดยทั่วไปมีอาการประมาณสองวันและค่อย ๆ หายไปในหนึ่งสัปดาห์ สำหรับผู้ที่ภูมิคุ้มกันต่ำ ซาลโมเนลลาสามารถแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น ๆ และทำให้เกิดความเจ็บป่วยที่รุนแรงได้ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขที่พบได้เกือบทุกแห่งทั่วโลก และมีแนวโน้มที่จะมีอุบัติการณ์เพิ่มมากขึ้น⁽¹⁾ ซึ่งสอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524)⁽²⁾ และฉบับที่ 416 (พ.ศ. 2563)⁽³⁾ ต้องไม่พบการปนเปื้อน *Salmonella* spp. ในน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

แนวทางในการควบคุมโรคอาหารเป็นพิษของคณะกรรมการโคเดกซ์ (the Codex Alimentarius Commission; CAC) ซึ่งเป็นองค์ระหว่างประเทศในการกำหนดมาตรฐานอาหารระดับสากลได้แนะนำไว้ คือ การวิเคราะห์ความเสี่ยง (risk analysis) ประกอบด้วย 3 กระบวนการซึ่งมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน การประเมินความเสี่ยง (risk assessment) เป็นกระบวนการประเมินเพื่อให้ทราบถึงระดับความเสี่ยงของผู้บริโภค หากค่าความเสี่ยงมีระดับสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ต้องมีการควบคุมหรือลดระดับความเสี่ยงให้อยู่ในเกณฑ์ โดยกระบวนการที่เรียกว่า การจัดการความเสี่ยง (risk management) และการสื่อสารความเสี่ยง (risk communication) คือ กระบวนการของผู้ที่ประเมินความเสี่ยงและผู้จัดการความเสี่ยงดำเนินการติดต่อและประสานงานกัน เชื่อมโยงองค์ความรู้ในการประเมินความเสี่ยงและจัดการความเสี่ยง รวมถึงการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย (FAO/WHO 2012) ทั้งนี้ให้หมายรวมถึง 3 ภาคหลัก คือ ภาคเอกชนที่ทำหน้าที่ผลิต แปรรูป นำเข้า ส่งออก และจัดจำหน่ายอาหาร ภาครัฐบาลที่ทำหน้าที่กำกับดูแลความปลอดภัยอาหาร และภาคผู้บริโภคซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบหรือ

ความเสี่ยงในการบริโภคอาหารในขั้นตอนสุดท้ายของห่วงโซ่อาหาร (food chain)⁽¹⁾

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (quantitative microbial risk assessment; QMRA) ใช้เป็นเครื่องมือในการประมาณค่าความเสี่ยง เช่น จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจากจุลินทรีย์ก่อโรคซาลโมเนลลา การประเมินความเสี่ยงจุลินทรีย์เชิงปริมาณตามแนวทางของ CAC ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุอันตราย (hazard identification) การอธิบายอันตราย (hazard characterization) การประเมินการสัมผัสสัมผัส (exposure assessment) และการอธิบายความเสี่ยง (risk characterization)⁽⁴⁾ การประเมินความเสี่ยงได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่เป็นเทคโนโลยีกระบวนการใหม่จากหลักการค้นคว้าเพื่อได้อาหารที่มีความเสี่ยงต่ำที่สุดที่จะเป็นไปได้⁽⁵⁾

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบจากซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังทางด้านความปลอดภัยอาหาร และเป็นต้นแบบหนึ่งของการประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา รวมทั้งหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลกำกับกระบวนการผลิตสามารถนำข้อมูลจากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการให้ความรู้แก่ผู้เกี่ยวข้องต่อไป

วัสดุและวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง กันยายน พ.ศ. 2564 ตามโครงการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในพื้นที่เขตรับผิดชอบของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และสุพรรณบุรี ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 7 ขอนแก่น จำนวน 4 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11/1 ภูเก็ต จำนวน 3 จังหวัด ได้แก่ กระบี่ พังงา และภูเก็ต

วิธีการเก็บตัวอย่างสุ่มเก็บจากร้านค้าที่จำหน่าย การนำส่งของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด และการนำส่ง ของผู้ผลิตเอง รวม 346 ตัวอย่าง วิเคราะห์ทำการปนเปื้อน ซาลโมเนลลาตามวิธีมาตรฐาน ISO 19250:2010⁽⁶⁾ นำข้อมูลดังกล่าวมาประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ ของซาลโมเนลลา

การประเมินความเสี่ยง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

การระบุอันตราย (hazard identification)

การทบทวนและยืนยันการเจ็บป่วยจริง ซึ่งเป็น ขั้นตอนในการเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจมีการเจริญ เติบโตเพิ่มขึ้นหรือถูกทำลายลง ขั้นตอนการระบุอันตราย อาศัยข้อมูลที่มีความชัดเจนว่าโรคอาหารเป็นพิษเกิดจาก จุลินทรีย์ก่อโรค เช่น ข้อมูลทางระบาดวิทยา⁽⁷⁾ จุลินทรีย์ ก่อโรคที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ซาลโมเนลลา เนื่องจาก ซาลโมเนลลามีโอกาสปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะ ปิดสนิทและมีความสอดคล้องกับประกาศกระทรวง สาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524)⁽²⁾ และฉบับที่ 416 (พ.ศ. 2563)⁽³⁾ ต้องไม่พบการปนเปื้อน *Salmonella* spp. ในน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทต่อ 100 มิลลิลิตร

การอธิบายอันตราย (hazard characterization) หรือการประเมินการตอบสนองต่อการสัมผัส (dose-response assessment)

การตอบสนองของมนุษย์เมื่อร่างกายได้รับ จุลินทรีย์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เนื่องจากมีปัจจัย มากมายที่เข้ามาเกี่ยวข้อง แต่สามารถแจกแจงได้เป็น ความสัมพันธ์ของ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ จุลินทรีย์

ก่อโรค (pathogen) ร่างกายมนุษย์ (host factor) และ สิ่งแวดล้อม (environment) ซึ่งอาหารหรือน้ำที่บริโภค เข้าไปจะแสดงอาการผิดปกติต้องมี 3 องค์ประกอบ ที่เหมาะสมกัน ประเด็นสำคัญของแต่ละองค์ประกอบ ที่ต้องพิจารณา คือ ความรุนแรงของจุลินทรีย์ก่อโรค (virulence) ระดับความต้านทานของร่างกาย (Immunity) และลักษณะของอาหารที่ทำหน้าที่เป็น สิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและ การอยู่รอดของจุลินทรีย์ (growth and survival)⁽⁷⁾ ในการศึกษาถึงผลการตอบสนอง (response) ต่อ ซาลโมเนลลา จำเป็นต้องพิจารณาพร้อมกันทั้ง 3 องค์ประกอบ หากพัฒนาให้เป็นการประเมินความเสี่ยง เชิงปริมาณจำเป็นต้องมีการประเมินเป็นตัวเลขที่ชัดเจน โดยการนำปริมาณซาลโมเนลลา (dose) ที่ก่อเกิด ความเจ็บป่วย (response) ในระดับต่างๆ มาหาความสัมพันธ์ด้วยจำนวนข้อมูลการระบาด (outbreaks) กับ ข้อมูลที่มีให้เป็นเส้นโค้ง (curve) และสร้างเป็นแบบ จำลองการตอบสนองต่อเชื้อ (dose-response model) จากข้อมูลการระบาดทั้งหมด⁽⁸⁾ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้อธิบายอันตราย ในการศึกษาใช้แบบจำลอง การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณจุลินทรีย์ในรูป ของความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองทวีคูณ (exponential model) และแบบ จำลองเบตาพัวซอง (beta-Poisson model) ดังนี้

แบบจำลอง exponential model มีสมมติฐาน คือ ทุกเซลล์ของจุลินทรีย์มีความน่าจะเป็นเท่ากันในการ ทำให้เกิดการติดเชื้อในกลุ่มผู้บริโภค และความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของเซลล์ที่ร่างกาย ได้รับเข้าไป คำนวณได้จากสมการที่ 1⁽⁸⁾

$$P_i = 1 - (\exp(-rd)) \quad \text{สมการที่ 1}$$

กำหนดให้ P_i คือ ความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย (ตามแบบจำลอง exponential model)

r คือ ตัวแปรแบบจำลอง exponential บุคคลที่มีสุขภาพแข็งแรง เท่ากับ 0.0000005 และบุคคลที่มีปัญหาสุขภาพ เท่ากับ 0.01⁽⁹⁾

d คือ ปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัส (CFU)

คำนวณได้จากสมการ $d = c \times m$

โดย c คือ ความเข้มข้นจุลินทรีย์ที่ศึกษา (CFU/mL)

m คือ ปริมาณน้ำที่ควรได้รับต่อวัน (mL)

แบบจำลอง beta-Poisson model อาศัยข้อมูลจากการประเมินการรับสัมผัส โดยวิธีจำลองในรูปของสมการคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ ซึ่งขึ้นกับชนิดของ

จุลินทรีย์ก่อโรค (ไม่ขึ้นกับชนิดของอาหาร) คำนวณได้จากสมการที่ 2⁽¹⁰⁾

$$P_{ill} = 1 - \left(1 + \frac{Dose}{\beta}\right)^{-\alpha} \quad \text{สมการที่ 2}$$

กำหนดให้ P_{ill} คือ ความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย (ตามแบบจำลอง beta-Poisson model)

Dose คือ ปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัส (CFU)

คำนวณได้จากสมการ $d = c \times m$

โดย c คือ ความเข้มข้นจุลินทรีย์ที่ศึกษา (CFU/mL)

m คือ ปริมาณน้ำที่ควรได้รับต่อวัน (mL)

α เท่ากับ 0.1324⁽⁷⁾

β เท่ากับ 51.45⁽⁷⁾

การประเมินการรับสัมผัส (exposure assessment)

กระบวนการเพื่อประมาณความน่าจะเป็น (probability) หรือความเป็นไปได้ (likelihood) ที่คนแต่ละคนหรือประชากรที่สนใจจะรับสัมผัส (expose) อันตราย (hazard) ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องทราบข้อมูล 2 ส่วน คือ โอกาสในการรับสัมผัสกับจุลินทรีย์ก่อโรคและจำนวนเชื้อที่เข้าสู่ร่างกายหรือ dose เพื่อให้สามารถประเมินการสัมผัสอย่างเป็นรูปธรรม

การศึกษานี้เป็นขั้นตอนในการคำนวณโอกาสในการรับสัมผัสจุลินทรีย์จากการดื่มน้ำบริโภคในขณะเปิดสนิทที่มีการปนเปื้อนซาลโมเนลลา โดยอ้างอิงข้อมูลความชุกและจำนวนซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำบริโภคในขณะเปิดสนิท รวมถึงปริมาณน้ำที่ควรได้รับในแต่ละวัน การคำนวณความน่าจะเป็นในการรับสัมผัสซาลโมเนลลา (probability of exposure) คำนวณได้จากสมการที่ 3⁽⁷⁾

$$P_E = P(1 - e^{-mc}) \quad \text{สมการที่ 3}$$

กำหนดให้ P_E คือ ความน่าจะเป็นในการสัมผัสจุลินทรีย์

P คือ ค่าความชุกของจุลินทรีย์ คำนวณจากสัดส่วนจำนวนตัวอย่างน้ำบริโภคที่ตรวจพบการปนเปื้อนซาลโมเนลลาต่อจำนวนตัวอย่างน้ำบริโภคทั้งหมดที่ตรวจวิเคราะห์

m คือ ปริมาณน้ำที่ควรได้รับต่อวัน (mL)

c คือ ความเข้มข้นจุลินทรีย์ที่ศึกษา (CFU / mL)

การอธิบายความเสี่ยง (risk characterization)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงและคำนวณจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคอาหารเป็นพิษจากการดื่มน้ำบริโภคในขณะเปิดสนิทที่ปนเปื้อนซาลโมเนลลา โดยวิธีบูรณาการเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการอธิบายอันตรายและขั้นตอนการประเมินการรับสัมผัส

เข้าด้วยกัน จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์และคำนวณค่าประมาณความเสี่ยงที่บ่งบอกระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการดื่มน้ำบริโภคในขณะเปิดสนิท หรือจำนวนผู้ป่วยต่อจำนวนประชากรที่ดื่มน้ำบริโภคในขณะเปิดสนิท คำนวณได้จากสมการที่ 4^(7,10)

$$\text{Risk} = P_E \times (P_i \text{ หรือ } P_{ill})$$

สมการที่ 4

โดยที่	P_E	ค่าจากสมการที่ 3	ขั้นตอนการประเมินการสัมผัส
	P_i	ค่าจากสมการที่ 1	ขั้นตอนการอธิบายอันตราย
	P_{ill}	ค่าจากสมการที่ 2	ขั้นตอนการอธิบายอันตราย

ผล

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุอันตราย (hazard identification) 2) การอธิบายอันตราย (hazard characterization) 3) การประเมินการรับสัมผัส (exposure assessment) และ 4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (risk characterization) ดังนี้

การระบุอันตราย (hazard identification)

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทสามารถก่อโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดการทำงานที่ผิดปกติ เช่น โรคอุจจาระร่วง จากสถานการณ์โรคอาหารเป็นพิษในปี พ.ศ. 2564 ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2564 ถึง 13 ธันวาคม พ.ศ. 2564 พบผู้ป่วยจำนวน 53,540 ราย เสียชีวิต 1 ราย กลุ่มอายุที่พบผู้ป่วยมากที่สุดคือ อายุ 15-24 ปี รองลงมา คือ อายุ 25-34 ปี และอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป⁽¹¹⁾ ซาลโมเนลลาทำให้เกิดการติดเชื้อในคนและอาศัยอยู่ในคนได้นาน สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิร่างกายของคนและสัตว์ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 30-45 องศาเซลเซียส การปรุงอาหารให้สุกโดยการให้ความร้อนจะทำให้เชื้อตายไม่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ อาการของโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจากซาลโมเนลลา แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่หนึ่งมีอาการของระบบทางเดินอาหารและลำไส้อักเสบ ประเภทที่สองมีอาการของไข้ไทฟอยด์และพาราไทฟอยด์⁽¹⁾ ซาลโมเนลลาเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในประเทศไทยอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน การปนเปื้อนซาลโมเนลลาในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เนื่องจากโดยธรรมชาติของซาลโมเนลลามีการกระจายตัวอยู่ทั่วไปในธรรมชาติสิ่งแวดล้อม และสามารถอาศัยอยู่ในสัตว์และคนได้

จากข้อมูลการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ในปี พ.ศ. 2564 จำนวน 346 ตัวอย่าง การทดสอบด้านจุลินทรีย์พบการปนเปื้อนซาลโมเนลลาจำนวน 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.29

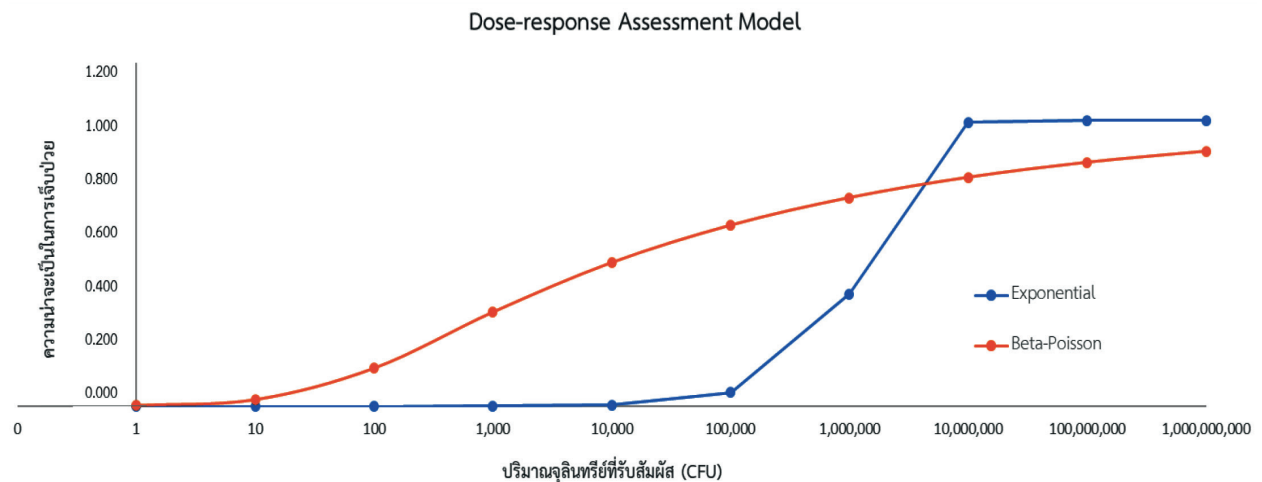
การอธิบายอันตราย (hazard characterization) หรือการประเมินการตอบสนองต่อการสัมผัส (dose-response assessment)

จากผลการประเมินการรับสัมผัสกับผลกระทบที่เกิดขึ้นหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดจากการเจ็บป่วยหาค่า dose-response assessment ของซาลโมเนลลาในน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยใช้แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง exponential model (P_i) เมื่อปริมาณน้ำที่ควรได้รับต่อวัน (mL) ได้จากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับกลุ่มบุคคลวัยต่างๆ ตั้งแต่ทารก 6 เดือนขึ้นไป ถึงผู้ใหญ่อายุมากกว่า 71 ปี อ้างอิงข้อมูลปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563⁽¹²⁾ ประมาณ 2,151 มิลลิลิตรต่อวัน เมื่อคูณกับความเข้มข้นของซาลโมเนลลาตาม ISO 19250:2010 เท่ากับ 0.01 CFU/ mL จะได้เป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัส (d) เท่ากับ 21.51 CFU และเมื่อแทนค่าตัวแปรแบบจำลองบุคคลที่มีสุขภาพแข็งแรง (r) เท่ากับ 0.0000005 ในสมการที่ 1 ได้ความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย (P_i) เท่ากับ 0.0000108 และแบบจำลอง beta-Poisson model (P_{ill}) เมื่อแทนค่าปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัส (dose) ในสมการที่ 2 ได้ความน่าจะเป็นที่ต่อเนื่องจากการสัมผัสกับจุลินทรีย์ก่อโรค (P_{ill}) เท่ากับ 0.0452

การประเมินการตอบสนองต่อการสัมผัสจากการสร้างแบบจำลอง ปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัสหรือ dose ในระดับต่างๆ มาหาความสัมพันธ์ร่วมกับ exponential

model และ beta-Poisson model ได้ค่าความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย จำนวน 2 ชุดข้อมูล ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ 100,000 CFU และ 10 CFU

มีค่าความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วย 0.04877 และ 0.02324 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยจากซาลโมเนลลาในน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทด้วย exponential model และ beta-Poisson model

การประเมินการรับสัมผัส (exposure assessment)

เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนจำนวนตัวอย่างน้ำบริโภคที่ตรวจพบการปนเปื้อนซาลโมเนลลาต่อจำนวนตัวอย่างน้ำบริโภคทั้งหมดที่ตรวจวิเคราะห์ (P) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.00289 เมื่อแทนค่าในสมการที่ 3 พบว่าค่าความน่าจะเป็นของโอกาสที่จะรับสัมผัสซาลโมเนลลา (P_E) เท่ากับ 0.00289

การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (risk characterization)

เมื่อแทนค่า P_E , P_i และ P_{ill} ในสมการที่ 4 ได้ความเสี่ยงจากการเจ็บป่วย เนื่องจากซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทตาม exponential model และ beta-Poisson model เท่ากับ 0.000000031 และ 0.000130619 ตามลำดับ

วิจารณ์

การปนเปื้อนซาลโมเนลลาในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เนื่องจากซาลโมเนลลามีการกระจายตัวอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ

สิ่งแวดล้อม และสามารถอาศัยอยู่ในสัตว์และคนได้ ความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยจากซาลโมเนลลาตาม exponential model (P_i) และแบบจำลอง beta-Poisson model (P_{ill}) เท่ากับ 0.0000108 และ 0.0452 หมายถึงหากได้รับปริมาณซาลโมเนลลาประมาณ 22 CFU จำนวน 100,000 ครั้ง และ 100 ครั้ง มีโอกาสเจ็บป่วย 1-2 ครั้ง และ 4-5 ครั้ง ตามลำดับ จากข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 1 ปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัสต่ำสุดที่ 10 CFU มีความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยและความน่าจะเป็นในการเจ็บป่วยจะมากขึ้นเมื่อมีปริมาณที่รับสัมผัสเพิ่มมากขึ้น โดยปริมาณจุลินทรีย์ที่รับสัมผัส 10,000,000 CFU ขึ้นไป มีโอกาสเกิดการเจ็บป่วยในทุกครั้ง

ความชุกของซาลโมเนลลาในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทจากข้อมูลการศึกษานี้เท่ากับร้อยละ 0.29 ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะได้รับสัมผัสจุลินทรีย์หรือซาลโมเนลลาจากการดื่มน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทเท่ากับ 0.00289 หมายถึงหากดื่มน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทจำนวน 1,000 ครั้ง มีโอกาสได้รับซาลโมเนลลา 2-3 ครั้ง

การประเมินความเสี่ยงของซาลโมเนลลาจากการดื่มน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท จากการศึกษาครั้งนี้ exponential model เท่ากับ 0.000000031 หมายถึงผู้ที่ดื่มน้ำจำนวน 100,000,000 คน มีผู้เจ็บป่วยประมาณ 3 คน ซึ่งน้อยมาก และ beta-Poisson model เท่ากับ 0.000130619 หมายถึงผู้ที่ดื่มน้ำจำนวน 10,000 คน มีผู้เจ็บป่วยประมาณ 1-2 คน ทั้งนี้จำนวนผู้ป่วยจะสูงขึ้นตามสัดส่วนของผู้บริโภค ปัจจุบันประเทศไทยมีจำนวนประชากรประมาณ 66 ล้านคน⁽¹³⁾ โดยจะมีประชากรไทยที่ป่วยด้วยซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทประมาณ 2-8,450 คน/ปี ซึ่งเป็นค่าที่มีความแปรปรวนสูง

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยจากสถานการณ์โรคอาหารเป็นพิษ ตามรายงานของกระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2564 จำนวน 53,540 คน สอดคล้องกับข้อมูลการป่วยด้วยซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิท 2-8,450 คน/ปี ทั้งนี้การเกิดโรคอาหารเป็นพิษทั้งหมดอาจไม่ได้เข้าสู่ระบบการรายงานของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งมีผลทำให้จำนวนที่รายงานต่ำกว่าความเป็นจริง ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าความแปรปรวนของประชากรที่ป่วยต่อปี ดังนั้นต้องมีการเก็บข้อมูลและทวนสอบความถูกต้องของผลการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณและดำเนินการประเมินความเสี่ยงในผลิตภัณฑ์และเชื้อโรคอาหารเป็นพิษชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลของประเทศไทยต่อไป การประเมินความเสี่ยงด้านจุลชีววิทยาควรดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เนื่องจากการพัฒนาที่นำวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญระดับประเทศโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา หลักการดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้สำหรับประเมินอันตรายด้านชีววิทยาในอาหารอื่น ๆ ได้⁽¹⁴⁾

สรุป

การศึกษาการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของซาลโมเนลลาในน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิททำให้ทราบค่าประเมินความเสี่ยง สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจพิจารณาเกณฑ์หรือกำหนดมาตรฐานการ

ปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค หรือกำหนดมาตรการด้านการจัดการความเสี่ยงในขั้นตอนการผลิตได้ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าน้ำบริโภคในภาชนะปิดสนิทในพื้นที่การศึกษาอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และมีความปลอดภัย ทั้งนี้ควรมีการเก็บข้อมูลและประเมินสถานการณ์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน การศึกษานี้สามารถใช้เป็นต้นแบบอย่างหนึ่งของการประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา และหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลกำกับกระบวนการผลิตสามารถนำข้อมูลจากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการให้ความรู้แก่ผู้เกี่ยวข้องต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวเกษร บุญรักษโยธิน ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม ที่สนับสนุนการดำเนินงาน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 7 ขอนแก่น และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11/1 ภูเก็ต ที่ได้ให้ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์เพื่อนำมาประเมินความเสี่ยง และขอขอบคุณ รศ.น.สพ.ดร. ศุภชัย เนื่อนวลสุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาความรู้ด้านวิชาการและคำแนะนำในการเขียนงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ศุภชัย เนื่อนวลสุวรรณ. ความปลอดภัยของอาหาร (Food Safety). กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2549.
2. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 98 ตอนที่ 157 (วันที่ 24 กันยายน 2524). หน้า 52.
3. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 (พ.ศ. 2563) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไขและวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 237 ง (วันที่ 9 ตุลาคม 2563). หน้า 9.

4. Codex Alimentarius Commission. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment. CAC/GL-30. [online]. 1999; [cited 2021 Apr 27]; [6 screens]. Available from: URL: <http://www.fao.org/3/y1579e/y1579e05.htm>.
5. Ramos GL, Nascimento JS, Margalho LP, Duarte MC, Esmerino EA, Freitas MQ, et al. Quantitative microbiological risk assessment in dairy products: Concepts and applications. Trends Food Sci Technol 2021; 111: 610-6.
6. ISO 19250:2010. Water quality-detection of *Salmonella* spp. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2010.
7. ศุภชัย เนื่อนวลสุวรรณ. ความปลอดภัยของอาหาร (Food Safety). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
8. ศุภชัย เนื่อนวลสุวรรณ, โอกาส วงศ์นิติพัฒน์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง ประเมินความเสี่ยงของลิสทีเรีย โมโนไซโตจีเนสในผลิตภัณฑ์ไก่. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารแห่งชาติ; 2550.
9. Clarke R, Peyton D, Healy MG, Fenton O, Cummins E. A quantitative microbial risk assessment model for total coliforms and *E. coli* in surface runoff following application of biosolids to grassland. Environ Pollut 2017; 224: 739-50.
10. Buchanan RL, Smith JL, Long W. Microbial risk assessment: dose-response relations and risk characterization. Int J Food Microbiol 2000; 58(3): 159-72.
11. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. พยากรณ์โรคและภัยสุขภาพรายสัปดาห์ ฉบับที่ 44/2564 ประจำสัปดาห์ที่ 51 (วันที่ 19 - 25 ธ.ค. 64). [ออนไลน์]. 2564; [สืบค้น 15 พ.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: URL: https://ddc.moph.go.th/brc/news.php?news=22377&deptcode=brc&news_views=4996.
12. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563. [ออนไลน์]. 2563; [สืบค้น 20 พ.ย. 2566]; [18 หน้า]. เข้าถึงได้จาก: URL: <https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/book/download/?did=194515&id=47232&reload=>.
13. สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. สถิติประชากรทางการทะเบียนราษฎร (รายเดือน). [ออนไลน์]. [สืบค้น 20 พ.ย. 2566]. เข้าถึงได้จาก: URL: <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/stat-new/statMONTH/statmonth/#/mainpage>.
14. นคราญ เรื่องประพันธ์, มุทิตา คนทา, กิตติมา ไมตรีประดับศรี, อรอนงค์ วงษ์เอียด. การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย. ว กรมวิทย พ 2564; 63(4): 793-808.

Quantitative Microbiological Risk Assessment of *Salmonella* spp. in Drinking Water in Sealed Container

Patcharee Chittaphithakchai,¹ Wachirapa Kheowrod,¹ and Sukhuntha Osiriphun²

¹Regional Medical Sciences Center 5 Samut Songkhram, Muang District, Samut Songkhram 75000, Thailand

²Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai 50180, Thailand

ABSTRACT *Salmonella* spp. are pathogens of serious public health concern as they cause food poisoning in humans. The objective of this study was to quantitatively evaluate the risks associated with *Salmonella* contamination of consumable bottled water in 15 randomly selected provinces of Thailand between October 2020 and September 2021. The study revealed that one out of a total of 346 samples was positive for *Salmonella*. The prevalence of *Salmonella* contamination was 0.29%, while the concentration of *Salmonella* was 0.01 CFU/mL. The amount of water to be consumed per day was 2.151 L, and the number of exposed microorganisms was 21.51 CFU. The response to dose assessment showed the risk or probability of illness at 0.0000108 and 0.0452, as estimated by the exponential model and the beta-Poisson model, respectively. Based on the dose-response assessment model, at the concentration of microbial exposure of at least 10 CFU/mL, the probability of illness was 0.02324. The exposure assessment showed the probability of exposure to *Salmonella* at 0.00289. Thus, the risks of illness due to drinking bottled water contaminated with *Salmonella* were 0.000000031 and 0.000130619 according to the exponential model and the beta-Poisson model, respectively. The quantitative microbial risk assessment revealed that the bottled water consumption in the study area was within acceptable and safe risk criteria. This study approach could be used as a prototype for microbiological risk assessments and applicable to other food types or pathogenic microorganisms.

Keywords: Quantitative microbial risk assessment, *Salmonella* spp., Bottled water

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตกค้างในกะหล่ำปลี คื่นหอย แครอท และส้ม โดยเครื่อง GC-MS/MS

พรรคพล ชะพลพรรค และ วาสนี ว่องไว

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย อำเภอเมือง เชียงราย 57100

บทคัดย่อ ผักและผลไม้สดเป็นอาหารที่บริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นแหล่ง วิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร ดังนั้นผักและผลไม้ที่ปลูกในเชิงพาณิชย์จึงมีการใช้สารเคมีเพิ่มผลผลิต ซึ่งมีความเสี่ยงสารเคมีตกค้างเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ห้องปฏิบัติการได้ทวนสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 122 ชนิดสาร ในกะหล่ำปลี คื่นหอย แครอท และส้ม โดยสกัดและกำจัดสิ่งรบกวนในตัวอย่างด้วยวิธี quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS) และนำมาตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS/MS โดยเทคนิค multiple reaction monitoring (MRM) เพื่อลดสารรบกวน วิธีนี้มีช่วงความเป็นเส้นตรงของการวิเคราะห์ที่ 5-500 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ ($R^2 > 0.98$) ความแม่นยำ (accuracy) ในกะหล่ำปลี คื่นหอย แครอท และส้ม มีค่ากลับคืน %recovery ในช่วง 63.6-112.12%, 70.01-117.46%, 61.74-111.24% และ 49.00-117.74% ตามลำดับ และความเที่ยง (precision) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ไม่เกินร้อยละ 20.00 ค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD) และขีดจำกัดการตรวจพบเชิงปริมาณ (LOQ) 0.01 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เพื่อให้ทราบสถานการณ์การตกค้าง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จึงนำวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้ตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้จำนวน 217 ตัวอย่าง พบว่ามีผักและผลไม้สดไม่ผ่านมาตรฐานจำนวน 63 ตัวอย่าง (ร้อยละ 29.03) ซึ่งสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ chlorfenapyr และ cypermethrin ดังนั้นวิธีดังกล่าวในคื่นหอยผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด ในกะหล่ำปลี แครอท และส้มผ่านเกณฑ์จำนวน 88 สาร และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 34 สาร อย่างไรก็ตามต้องมีการทวนสอบวิธีให้ผ่านเกณฑ์ครอบคลุมประเภทของผัก ผลไม้ และชนิดสารตามที่กฎหมายกำหนดต่อไป

คำสำคัญ: สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง, GC-MS/MS, ผักและผลไม้สด

Corresponding author E-mail: pakphon.c@dmsc.mail.go.th

Received: 6 June 2023

Revised: 15 January 2024

Accepted: 5 February 2024

บทนำ

ผักและผลไม้เป็นอาหารที่มีแร่ธาตุ วิตามิน และใยอาหารมากมาย องค์การอนามัยโลกแนะนำให้บริโภคผักและผลไม้อย่างน้อย 400 กรัมต่อคนต่อวัน เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและมะเร็งบางชนิด⁽¹⁾ ซึ่งการบริโภคผักและผลไม้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด ควรเลือกบริโภคผักและผลไม้ที่หลากหลายชนิด เพื่อให้ได้คุณค่าสารอาหาร แร่ธาตุ วิตามิน และใยอาหารอย่างครบถ้วน ความนิยมบริโภคผักและผลไม้ที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ผู้ประกอบการและเกษตรกรมีการเพาะปลูกเชิงพาณิชย์ และเพื่อเพิ่มผลผลิตเกษตรกรอาจมีการใช้ปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี เป็นต้น ทำให้มีความเสี่ยงการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลิตผลการเกษตรซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั้งแบบเรื้อรังและเฉียบพลันตามปริมาณของสารที่ได้รับ โดยสารเคมีเหล่านี้จะทำให้ร่างกายมีผลกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้ ประเทศไทยมีการกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้สดตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 387) พ.ศ. 2560 อาหารที่มีสารพิษตกค้าง⁽²⁾ เกี่ยวข้องกับการกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (maximum residue limits; MRLs) แสดงข้อมูลของวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ค่าดีฟอลต์ลิ้มิต (default limits) สำหรับพืชและปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (extraneous maximum residue limit; EMRL) เพื่อควบคุม กำกับดูแล ตรวจสอบสินค้านำเข้า และสินค้าเพื่อจำหน่ายภายในประเทศให้ได้มาตรฐาน มีคุณภาพ และความปลอดภัย

การวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย เดิมใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography; GC) ที่มีหน่วยตรวจวัด 2 ชนิด คือ ไมโครอิเล็กตรอนแคปเจอร์ดีเทกเตอร์ (micro electron capture detector; μ ECD) และเอฟพีดี (flame photometric detector; FPD)

สามารถตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ 53 ชนิดสาร เท่านั้น โดย μ ECD ตรวจวิเคราะห์ได้จำนวน 30 สาร และ FPD จำนวน 23 สาร วิธีการนี้มีขั้นตอนยุ่งยาก ใช้ระยะเวลาและกระบวนการวิเคราะห์นาน รวมทั้งมีข้อจำกัดด้านข้อบ่งชี้ชนิดสารที่วิเคราะห์ ปัจจุบันได้พัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยใช้เทคนิค quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS)⁽³⁾ ตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์ (gas chromatography-mass spectrometer/mass spectrometer; GC-MS/MS) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว ประหยัดสารเคมี และสามารถวิเคราะห์ชนิดและจำนวนสารได้มากขึ้น ทั้งลดการเสี่ยงสัมผัสสารเคมีและตัวทำละลายที่ใช้ในขั้นตอนสกัดและการวิเคราะห์ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในระยะยาวได้ มีข้อบ่งชี้การตรวจวิเคราะห์ 122 ชนิดสาร ซึ่งได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากโครงการพัฒนาศักยภาพเครือข่ายห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จากสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อให้ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์และเครือข่ายห้องปฏิบัติการได้มีศักยภาพในการตรวจวิเคราะห์ได้เอง ลดปัญหาการออกผลตรวจวิเคราะห์ล่าช้า และไม่ต้องส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ที่สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร เมื่อพัฒนาวิธีและทดสอบความใช้ได้ของวิธีตรวจวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS แล้ว ได้นำวิธีที่พัฒนานี้ใช้ในการสำรวจเพื่อตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างผักและผลไม้ เพื่อเฝ้าระวังการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่นำเข้าผ่านด่านอาหารและยาแม่สาย เชียงแสน และเชียงของ ซึ่งเป็นพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 โดยรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้วิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อสื่อสารกับเครือข่ายห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อหาแนวทาง ป้องกัน แก้ไข กำหนดมาตรการ และพัฒนาในพื้นที่ต่อไป

วัสดุและวิธีการ

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมี: acetonitrile (C_2H_3N) HPLC grade (J.T.Baker, USA.), acetone (C_3H_6O) AR grade (Merck, Germany), n-Hexane (C_6H_{14}) HPLC grade (J.T.Baker, USA.), ethyl acetate ($C_4H_8O_2$) HPLC grade (RCI Labscan, Ireland.), magnesium sulfate anhydrous ($MgSO_4$) AR grade (Merck, Germany), sodium acetate ($C_2H_3NaO_2$) AR grade (Merck, Germany), 1% glacial acetic acid. ($C_2H_4O_2$) AR grade (Merck, Germany), น้ำกรองบริสุทธิ์ 18.2 M Ω , dispersive SPE I ประกอบด้วย magnesium sulfate ($MgSO_4$) 150 mg, primary secondary amine sorbent (PSA) 50 mg และ graphite carbon black (GCB) 50 mg, dispersive SPE II ประกอบด้วย magnesium sulfate ($MgSO_4$) 150 mg, silica (SiO_2) type irregular particles 40–63 micron, 6 angstroms, 50 mg, primary secondary amine sorbent (PSA) 50 mg และ graphite carbon black (PSA) 50 mg (Vertical, Thailand)

สารมาตรฐาน: สารละลายผสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 122 ชนิดสาร ความเข้มข้นอ้างอิงประมาณ 97.0–103.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รายละเอียดชื่อสารมาตรฐานทั้ง 122 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 mass transition ของสารๆ ในเครื่อง GC-MS/MS เกรดวัสดุอ้างอิง certified reference material สารทั้งหมดเป็นผลิตภัณฑ์ของ CPACChem, C.P.A. Chem Ltd., France

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง gas chromatograph-mass spectrometer/mass spectrometer (GC-MS/MS): (Agilent 7890 B, TQ 7000C Triple Quadrupole MS/MS, Agilent technologies, USA), เครื่องชั่งชนิด electronic balance 0.01 mg (Sato-

rius, BSA224S-CW, Satorius group, France), moulinox (Marvel-X, MV289, Thailand), centrifuge ความเร็วรอบ 3,500–4,000 rpm (Dynamica, Velocity 14R), heating box (Thermo, TS-18822, Thermo Fisher Scientific, USA), vortex mixer (SI, vortex genie2, Scientific Industries, Thailand), freezer -18°C (Panasonic, SF-PC1497, Thailand), micropipette ขนาด 0.5–1,000 μ l, (Accumax, Smart, India), คอลัมน์ HP-5MS, 30 m, 250 μ m id, 0.25 μ m film thickness (Agilent, HP-5MS, Agilent technologies, USA), centrifuge tube ขนาด 15 ml และ 50 ml, volumetric flask ขนาด 100 ml และ 200 ml, amber vial ขนาด 2 ml, graduated tube ขนาด 10 ml และ bottom glass insert ขนาด 400 μ l

ตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบความใช้ได้ของวิธี ได้แก่ กะหล่ำปลี คื่นหอย แครอท และส้ม ซึ่งผ่านอาหารและยาเชิงของส่งทดสอบ และไม่พบสัญญาณพีคบกพร่องสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างทั้ง 122 ชนิดสาร เตรียมตัวอย่างตาม CAC/GL 41-1993⁽⁴⁾ โดยกะหล่ำปลี คื่นหอย และส้มใช้หมดทุกส่วน แครอทใช้หัวทั้งหมดที่ตัดส่วนก้านใบออก แล้วนำตัวอย่างมาบดปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยแต่ละตัวอย่างมีน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ชั่งแบ่งตัวอย่างใส่ในหลอดcentrifuge tube ตัวอย่างละ 10.0 กรัม (analytical portion) ตัวอย่างที่ยังไม่ได้นำมาวิเคราะห์ เก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18°C ก่อนนำไปเตรียมและทดสอบด้วยเครื่อง GC-MS/MS

วิธีเตรียมสารมาตรฐาน

Stock standard (122 ชนิดสาร) ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ปีเปิด stock standard ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบด้วย acetone

Intermediate standard ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ปิเปต stock standard ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงใน amber vial ขนาด 2 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย matrix solution 900 ไมโครลิตร

Working standard ความเข้มข้น 500, 250, 100, 50, 20, 10 และ 5 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

ปิเปต intermediate standard ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 500, 250, 100, 50, 20, 10 และ 5 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงใน amber vial ขนาด 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย matrix solution จนมีปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร

วิธีการสกัดและการ clean up ตัวอย่าง ด้วยวิธี QuEChERS (extraction)^(5,6)

ซึ่งตัวอย่างที่บดละเอียด 10.0 กรัม ลงใน centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน acetonitrile

ที่เติม 1% glacial acetic acid 10 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 1 นาที เติมน magnesium sulfate anhydrous 4 กรัม และ sodium acetate 1 กรัม เขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปปั่นตกตะกอน (centrifuge) ด้วยความเร็วรอบประมาณ 3,500-4,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที แบ่งสารสกัดส่วนใสที่ได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ใน centrifuge tube ขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปทำให้บริสุทธิ์ clean up โดยการเติมน dispersive SPE I เขย่าเป็นเวลา 1 นาที และนำไป centrifuge อีกครั้งด้วยความเร็วรอบประมาณ 3,500-4,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที แบ่งสารสกัดส่วนใสที่ได้ 2 มิลลิลิตร ใส่ใน graduated tube ขนาด 10 มิลลิลิตร นำไประเหยด้วย heating block ให้แห้ง ปรับปริมาตรด้วยสารละลายผสม n-hexane:ethyl acetate (3:1) จนครบ 1 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่อง vortex mixer นำไปทดสอบหาชนิดและปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างด้วยเครื่อง GC-MS/MS

รายงานผลทดสอบในหน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณของสารที่ตรวจพบคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{multiplier factor} = \frac{\text{volume of extraction solvent} \times \text{final volume}}{\text{weight sample} \times \text{aliquot}}$$

volume of extraction solvent	=	ปริมาตรสารละลายที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)
weight sample	=	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
aliquot	=	ปริมาตรสารสกัดก่อนนำมาระเหย (มิลลิลิตร)
final volume	=	ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

$$\text{ดังนั้น multiplier factor} = \frac{10 \text{ mL} \times 1 \text{ mL}}{10 \text{ g} \times 2 \text{ mL}} = 0.5 \text{ mL/g}$$

$$\text{ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช, P (mg/kg)} = \frac{\text{amount (ng/mL)} \times \text{multiplier factor (mL/g)}}{1000}$$

โดย	P	=	ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (mg/kg)
	amount	=	ปริมาณความเข้มข้นของตัวอย่างที่อ่านจากจากเครื่อง (ng/mL)
	multiplier factor	=	แฟกเตอร์ตัวคูณของวิธี

การตรวจวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

การตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารเคมี
ป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยเทคนิค GC-MS/MS
(สภาวะของเครื่องมือพัฒนาขึ้นเองโดยห้องปฏิบัติการ)
ใช้คอลัมน์: HP-5MS, 30 m, 250 µm id, 0.25 µm film
thickness ที่สภาวะ Injector ALS, pulsed splitless
mode, initial temp. 80°C, hold time 0.1 min,
300°C to 300°C cryogenic use temp. 50°C โดย
injection volume เท่ากับ 3 µl GC oven temperature
program เป็น initial temp. 70°C hold time

1 min, rate 50°C/min to 150°C, rate 6°C/min
to 200°C, rate 16°C/min to 280°C hold time 8.5
min, rate 50°C/min to 300°C hold time 5.5 min,
post-run temp. 70°C, equilibration time 2 min, ion
source temp 280°C ใช้ Quadrupole temperature
MS1 Quand และ MS2 Quand ที่ 180°C และใช้
constant pressure mode 23.6 psi ปริมาตรที่ฉีด
4 ไมโครลิตร จากนั้นตรวจวัดปริมาณโดยใช้ MRM mode
ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Mass transition ของสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช 122 ชนิดสาร ในเครื่อง GC-MS/MS

Pesticides	RT (min)	Transition 1			Transition 2		
		Quantifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)	Qualifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)
1. DDE-p,p'	13.89	315.8 > 246.0	10	15	246.1 > 176.2	10	15
2. DDT-p,p'	15.19	235.0 > 165.2	10	20	237.0 > 165.2	10	20
3. DDD-p,p'	14.60	234.9 > 165.1	10	20	234.9 > 199.1	10	15
4. acephate	5.19	136.0 > 94.0	10	10	142.0 > 96.0	10	5
5. alachlor	10.94	188.1 > 160.2	10	10	188.1 > 132.1	10	15
6. aldrin	11.80	262.9 > 192.9	20	35	262.9 > 190.9	20	35
7. ametryn	10.98	227.0 > 58.1	10	10	185.0 > 170.0	10	5
8. bendiocarb	16.02	166.0 > 151.1	20	15	126.0 > 52.1	20	5
9. BHC-alpha	8.07	218.9 > 183.0	10	5	180.9 > 145.0	10	15
10. BHC-beta	8.92	216.9 > 181.1	20	5	181.0 > 145.0	10	15
11. BHC-delta	9.48	217.0 > 181.1	10	5	219.0 > 183.1	10	5
12. BHC-gamma	8.92	216.9 > 181.0	20	15	181.0 > 145.0	20	5
13. bifenthrin	15.94	181.2 > 166.2	10	25	181.2 > 165.2	10	10
14. bromacil	11.59	207.0 > 190.0	10	15	205.0 > 188.0	10	15
15. bromophos-ethyl	13.20	358.7 > 302.8	10	15	241.9 > 96.9	10	30
16. bromopropylate	15.93	341.0 > 185.0	10	20	338.8 > 182.9	10	20
17. buprofezin	13.99	105.0 > 77.0	20	20	105.0 > 104.1	20	10
18. butachlor	13.43	176.1 > 147.1	10	10	160.1 > 132.1	10	10
19. cadusafos	7.76	158.8 > 97.0	20	15	158.8 > 131.0	20	5
20. carboxin	13.97	234.9 > 143.0	10	10	234.9 > 87.0	10	20
21. chlordane-cis	13.41	372.9 > 265.9	10	20	374.9 > 265.9	10	20
22. chlordane-oxy	12.64	114.9 > 51.1	20	25	114.9 > 87.0	20	15
23. chlordane-trans	13.12	372.8 > 265.8	20	15	374.8 > 265.8	20	15
24. chlorfenapyr	14.28	246.9 > 227.0	10	15	327.8 > 246.8	10	15
25. chlorfenvinphos	12.83	266.9 > 159.1	20	15	268.9 > 161.0	20	15
26. chlorobenzilate	14.38	251.1 > 139.1	10	15	139.1 > 75.1	10	30
27. chloroneb	5.75	191.0 > 113.0	20	15	208.0 > 193.1	20	10
28. chlorpropham	7.30	213.0 > 171.0	20	5	213.0 > 127.0	20	5
29. chlorpyrifos	11.90	196.9 > 169.0	15	15	198.9 > 171.0	15	15

ตารางที่ 1 Mass transition ของสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช 122 ชนิดสาร ในเครื่อง GC-MS/MS (ต่อ)

Pesticides	RT (min)	Transition 1			Transition 2		
		Quantifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)	Qualifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)
30. chlorpyrifos-methyl	10.59	285.9 > 92.9	15	20	124.9 > 78.9	15	5
31. cyanophos	8.96	242.9 > 109.0	20	10	108.9 > 79.0	20	5
32. cyfluthrin I	18.02	226.0 > 206.0	30	10	162.9 > 91.1	30	5
33. cyfluthrin II	18.12	226.0 > 206.0	30	10	162.9 > 127.1	30	5
34. cyfluthrin III+IV	18.26	162.9 > 90.9	30	15	198.9 > 170.1	30	25
35. cyhalothrin-lambda	16.67	197.0 > 141.0	20	10	197.0 > 161.0	20	10
36. cypermethrin I	18.40	181.0 > 152.0	30	20	181.2 > 152.1	10	25
37. cypermethrin II	18.52	162.9 > 91.1	30	5	209.0 > 141.0	30	20
38. cypermethrin III+IV	18.67	163.0 > 127.0	30	5	165.0 > 91.0	30	10
39. DCPA	12.02	300.9 > 223.0	20	25	313.8 > 257.8	10	25
40. DEET	6.47	119.1 > 91.0	10	10	119.1 > 65.1	10	20
41. deltamethrin	21.05	253.0 > 174.0	10	8	181.0 > 152.0	10	25
42. demeton-S-methyl	6.95	88.0 > 60.0	10	5	112.0 > 79.0	10	5
43. diazinon	9.28	199.1 > 93.0	30	15	179.0 > 137.0	30	20
44. dichlorvos	3.75	109.0 > 79.0	10	5	144.9 > 109.0	10	10
45. dicofol	11.95	139.0 > 111.0	10	10	250.0 > 139.0	20	8
46. dicrotophos	7.56	127.0 > 109.0	10	15	127.0 > 95.0	10	15
47. dieldrin	13.83	277.0 > 241.0	10	5	262.9 > 191.0	10	30
48. dimethoate	8.34	92.9 > 63.0	10	10	86.9 > 86.0	10	5
49. dioxathion	8.83	270.0 > 197.0	30	5	152.9 > 96.9	30	10
50. disulfoton	8.94	153.0 > 96.9	10	10	142.0 > 109.0	10	5
51. ditalimfos	13.48	130.0 > 102.1	10	10	148.0 > 130.1	10	10
52. Endosulfan-alpha	13.35	241.0 > 206.0	10	25	194.9 > 160.0	10	5
53. Endosulfan-beta	14.39	206.9 > 172.0	10	15	194.9 > 158.9	10	10
54. Endosulfan-sulfate	15.08	272.0 > 237.0	10	14	273.8 > 236.9	10	15
55. endrin	14.22	262.8 > 193.0	10	35	263.0 > 228.0	10	25
56. EPN	15.88	169.0 > 141.1	20	5	157.0 > 110.0	20	15
57. ethion	14.61	231.0 > 129.0	10	25	230.9 > 175.0	10	10
58. ethoprofos	7.10	138.9 > 97.0	20	5	157.9 > 114.0	20	5
59. etrimfos	9.85	291.0 > 181.0	10	5	181 > 153.1	10	5
60. fenclorophos	11.01	285.0 > 269.9	10	15	286.9 > 272.0	10	15
61. fenitrothion	11.37	277.0 > 260.1	10	5	125.1 > 79.0	10	5
62. fenobucarb	6.80	149.9 > 121.1	20	5	121.0 > 77.0	20	15
63. fenpropathrin	15.98	181.1 > 152.1	10	25	265.0 > 210.0	10	10
64. fenthion	11.85	278.0 > 109.0	10	15	124.9 > 79.0	10	5
65. fenvalerate I	19.73	167.0 > 125.1	10	5	225.0 > 119.0	10	17
66. fenvalerate II	20.06	125.0 > 89.0	10	20	181.0 > 152.0	10	25
67. fipronil	12.88	350.8 > 254.8	10	15	254.9 > 228.0	10	15
68. fosthiazate I	12.30	195.0 > 139.0	10	5	199.0 > 102.0	10	5
69. fosthiazate II	12.35	195.0 > 103.0	10	5	199.0 > 102.0	10	5
70. heptachlor	10.76	271.7 > 236.9	10	15	273.7 > 236.9	10	15
71. eptachlor epoxide-cis	12.62	182.9 > 118.9	10	25	216.9 > 181.9	10	20

ตารางที่ 1 mass transition ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 122 ชนิดสาร ในเครื่อง GC-MS/MS (ต่อ)

Pesticides	RT (min)	Transition 1			Transition 2		
		Quantifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)	Qualifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)
72. heptachlor epoxide-trans	13.40	352.8 > 262.9	10	15	354.8 > 264.9	10	15
73. heptenophos	6.45	124.0 > 89.0	10	10	124.0 > 63.0	10	35
74. hexachlorobenzene	8.19	283.8 > 213.9	10	35	283.8 > 248.8	10	15
75. hexazinone	15.31	171.0 > 71.1	10	10	171.0 > 85.0	10	10
76. isofenphos	12.82	212.9 > 121.1	10	10	212.9 > 185.1	10	5
77. isoprocab	6.04	121.0 > 77.7	10	20	126.0 > 121.1	10	10
78. isoxathion	14.16	177.1 > 130.0	10	10	105.0 > 77.1	10	15
79. malathion	11.66	126.9 > 99.0	20	5	172.9 > 99.0	20	15
80. metalaxyl	10.97	234.0 > 146.1	10	20	234.0 > 174.1	10	10
81. methacrifos	5.65	208.0 > 180.0	10	5	208.0 > 93.0	10	15
82. methamidophos	3.84	141.0 > 95.0	10	5	95.0 > 64.0	10	10
83. methidathion	13.15	144.9 > 85.0	10	5	144.9 > 58.1	10	15
84. methoxychlor	15.96	227.0 > 141.1	10	35	227.0 > 169.0	10	25
85. metolachlor	11.78	238.0 > 162.2	10	10	162.2 > 133.2	10	15
86. metribuzin	10.40	198.0 > 82.0	10	15	198.0 > 55.0	10	30
87. mevinphos	5.00	127.0 > 109.0	10	10	127.0 > 95.0	10	15
88. monocrotophos	7.78	127.1 > 109.0	10	10	127.1 > 95.0	10	15
89. omethoate	6.75	155.9 > 110.0	10	5	155.9 > 79.0	10	20
90. parathion	11.93	290.9 > 109.0	10	10	138.9 > 109.0	10	5
91. parathion-methyl	10.59	262.9 > 109.0	10	10	125.0 > 47.0	10	10
92. permethrin I	15.87	183.1 > 168.1	10	10	183.1 > 165.1	10	10
93. permethrin II	15.96	182.9 > 155.1	10	10	182.9 > 168.1	10	10
94. phenthoate	12.88	274.0 > 121.0	10	10	274.0 > 125.0	10	15
95. phorate	7.85	121.0 > 65.0	10	10	128.9 > 65.0	10	15
96. phosalone	16.43	182.0 > 111.0	10	15	182.0 > 102.1	10	15
97. phosmet	15.89	160.0 > 77.1	10	20	160.0 > 133.1	10	10
98. phosphamidon	10.35	127.0 > 95.0	10	15	192.9 > 127.0	10	5
99. picoxystrobin	13.59	145.0 > 102.1	10	25	145 > 117.1	10	10
100. pirimiphos-ethyl	12.42	318.1 > 166.1	10	10	318.1 > 182.0	10	10
101. pirimiphos-methyl	11.43	290.0 > 125.0	10	20	232.9 > 125.0	10	5
102. profenofos	13.75	338.8 > 268.7	10	15	296.8 > 268.7	10	5
103. propachlor	6.87	120.0 > 77.1	10	5	120.0 > 92.0	10	5
104. propargite	15.38	135.0 > 107.1	10	10	149.9 > 135.1	10	5
105. propetamphos	8.97	138.0 > 110.0	10	5	138.0 > 64.0	10	15
106. prothiofos	13.69	266.9 > 239.0	10	5	308.9 > 238.9	10	15
107. pyrimethanil	9.20	198.0 > 183.1	10	15	198 > 158.1	10	20
108. quinalphos	12.88	146.0 > 118.0	10	10	157.0 > 129.1	10	15
109. quintozone	8.96	295.0 > 237.0	10	15	295.0 > 265.0	10	10
110. simazine	8.45	201.1 > 173.1	10	5	173.0 > 138.2	10	5
111. tebufenpyrad	16.02	332.9 > 171.0	10	20	332.9 > 276.0	10	5
112. tecnazene	6.82	260.9 > 203.0	10	10	214.9 > 179.0	10	10
113. terbacil	9.54	160.0 > 117.1	20	5	161.1 > 144.1	20	10

ตารางที่ 1 Mass transition ของสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช 122 ชนิดสาร ในเครื่อง GC-MS/MS (ต่อ)

Pesticides	RT (min)	Transition 1			Transition 2		
		Quantifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)	Qualifier (m/z)	Dwell Time (ms)	CE (eV)
115. tetrachlorvinphos	13.36	330.8 > 108.9	10	15	328.8 > 108.9	10	15
116. tetradifon	16.28	226.9 > 199.0	10	15	356.0 > 159.0	10	10
117. thiometon	8.12	125.0 > 79.0	10	10	125.0 > 47.0	10	15
118. tolclofos-methyl	10.87	265.0 > 250.0	10	5	124.9 > 47.0	10	5
119. tolylfluanid	12.73	237.9 > 137.0	10	15	136.9 > 91.1	10	20
120. triadimefon	11.98	208.0 > 181.1	10	5	208.0 > 127.0	10	15
121. triazophos	14.84	161.2 > 134.2	10	5	161.2 > 106.1	10	10
122. trifluralin	7.58	305.9 > 264.0	10	5	264.0 > 160.1	10	15

การทดสอบความใช้ได้ของวิธี (method validation)^(7,8)

การทดสอบความจำเพาะเจาะจงของวิธี (specificity)

ฉีดสารมาตรฐานความเข้มข้น 500 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 7 ขั้ว บันทึกค่า retention time (RT) และ ion intensity ratio เป็นการแสดงการแตกตัวเป็นไอออนและค่าพลังงานอิเล็กตรอนของสารมาตรฐานเพื่อให้เกิดความจำเพาะเจาะจงของสารแต่ละชนิด ทดสอบ method blank โดยสกัดตามวิธีที่พัฒนาซึ่งใช้น้ำกลั่น 10.0 กรัม จำนวน 7 ขั้ว และทดสอบ matrix blank สกัดตามวิธีที่พัฒนาจำนวน 7 ขั้ว โดยนำตัวอย่างกะหล่ำปลี คื่นห่อ และส้ม ที่ไม่มีการตกค้างของสารที่สนใจ นำมาทดสอบตามกระบวนการเตรียมตัวอย่างการสกัด และนำไปทดสอบหาชนิดและปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างด้วยเครื่อง GC-MS/MS เมื่อไม่พบพีคสัญญาณหรือพบพีคที่มีสัญญาณ signal-to-noise (S/N) น้อยกว่า 3 หรือ RT ขึ้นใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน แสดงว่าวิธีมีความจำเพาะเจาะจง

ความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน (calibration curve)⁽⁹⁾

สร้างกราฟมาตรฐานแบบ matrix-matched calibration (MMC) โดยใช้สารสกัดในแต่ละชนิดจากกะหล่ำปลี คื่นห่อ และส้ม ที่เป็น blank เป็นตัวทำลาย เจือจาง intermediate standard solution

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 50, 100, 250 และ 500 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 3 ขั้ว และฉีดเข้าเครื่อง GC-MS/MS สร้าง calibration curve ระหว่าง concentration และ peak area นำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (determination coefficient, R^2) เกณฑ์การยอมรับต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.98⁽¹⁰⁾

ขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection; LOD)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานผสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 122 ชนิดสาร ลงในตัวอย่างกะหล่ำปลี คื่นห่อ และส้ม ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 7 ขั้ว และทดสอบตามวิธีที่พัฒนา ผลที่ได้ต้องตรวจพบสัญญาณของสารมาตรฐานโดยที่ค่า S/N มากกว่า 3 และมี RT เท่ากับสารมาตรฐานนั้น ๆ

ขีดจำกัดของการตรวจพบเชิงปริมาณ (limit of quantitation; LOQ)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานผสมของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 122 ชนิดสาร ลงในตัวอย่างกะหล่ำปลี คื่นห่อ และส้ม ที่ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 7 ขั้ว และทดสอบตามวิธีที่พัฒนา จากนั้นคำนวณหาปริมาณสารที่ตรวจพบ

เทียบกับสารมาตรฐาน %recovery ต้องผ่านเกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วง 70–120%⁽⁸⁾ %RSD มีเกณฑ์การยอมรับต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20⁽⁸⁾ มี S/N มากกว่าหรือเท่ากับ 10 และมี mass ratio เป็นไปตามเกณฑ์

ช่วงความเป็นเส้นตรงของการวิเคราะห์ (linearity and working range)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานลงในตัวอย่างกะหล่ำปลี คื่นหีว แครอท และส้ม ที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 50, 100, 250 และ 500 ไมโครกรัมต่อกรัมทดสอบระดับละ 3 ซ้ำ และทดสอบตามวิธี สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติม (x-axis) กับความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ตรวจพบ (y-axis) จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เกณฑ์การยอมรับต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.98⁽¹⁰⁾

การทดสอบความแม่นยำและความเที่ยง (accuracy and precision)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานในตัวอย่างกะหล่ำปลี คื่นหีว แครอท และส้ม (sample blank) ที่ระดับ LOQ, 5 เท่า LOQ และ 25 เท่า LOQ ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับทดสอบระดับละ 7 ซ้ำ และคำนวณ %recovery และ %RSD โดยเกณฑ์การยอมรับความแม่นยำ %recovery ในช่วง 70–120%⁽⁸⁾ และคำนวณ %RSD เกณฑ์การยอมรับต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20⁽⁸⁾

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (uncertainty)^(11–13)

การวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้สด ทดสอบโดยใช้วิธีการของ EURACHEM โดยความไม่แน่นอนของการวัดต้องคำนึงถึงแหล่งความไม่แน่นอนทุกแหล่งที่มีผลกระทบต่อค่าวิเคราะห์ จากนั้นนำมาคำนวณค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ค่า $k = 2$

การสำรวจสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้สด

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 นำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปใช้สำรวจปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 122 ชนิดสาร ในผักและผลไม้สดจำนวน 217 ตัวอย่าง ได้รับตัวอย่างจากด้านอาหารและยาเชียงใหม่ และแม่สาย โดยแบ่งกลุ่มดังนี้^(14,15)

ตัวอย่างผักใบ (leafy vegetables) จำนวน 49 ตัวอย่าง เช่น คื่นหีว ผักกาดฮ่องเต้ ผักกาดเขียววางตุ้ง และผักใบเขียว เป็นต้น

ตัวอย่างผักตระกูลกะหล่ำ ยกเว้นผักใบของตระกูลกะหล่ำ (Brassica vegetables, except Brassica leafy vegetables) จำนวน 17 ตัวอย่าง เช่น กะหล่ำปลี บรอกโคลี และผักตระกูลกะหล่ำปลี เป็นต้น

ตัวอย่างผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) จำนวน 21 ตัวอย่าง เช่น ส้ม ส้มโอ และเลมอน เป็นต้น

ตัวอย่างผักรากและหัว (root and tuber vegetables) จำนวน 1 ตัวอย่าง เช่น แครอท และแรดิช เป็นต้น

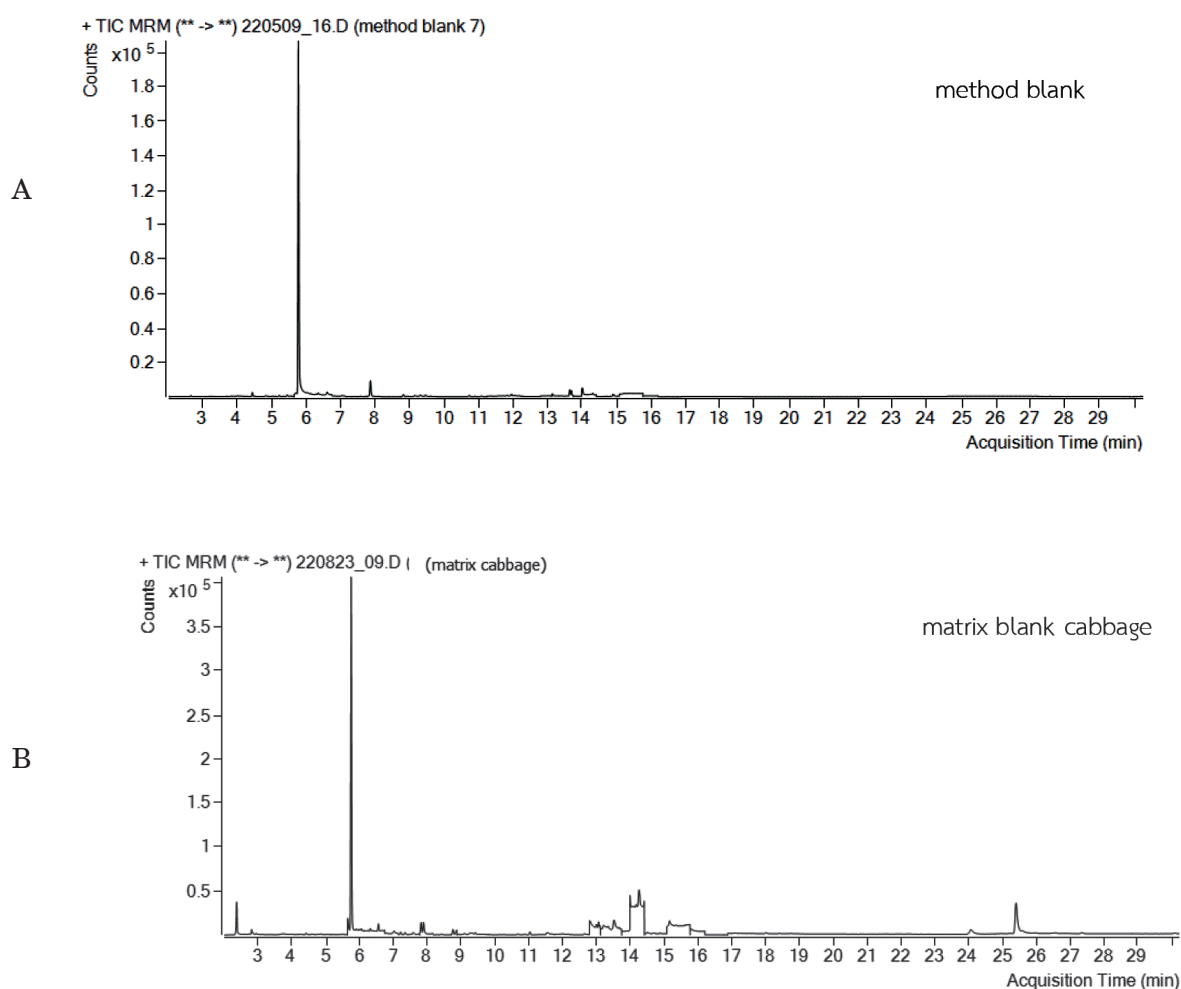
ตัวอย่างผักและผลไม้อื่น จำนวน 129 ตัวอย่าง เช่น ขึ้นฉ่าย ผักชี ถั่วลันเตา พริก แอปเปิ้ล และองุ่น เป็นต้น

ผล

การศึกษานี้ใช้วิธีการสกัดและการกำจัดสิ่งรบกวนด้วยวิธี quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS) และการตรวจวิเคราะห์แบบ multiple reaction monitoring (MRM) ด้วยเครื่อง GC-MS/MS จากทดสอบ method blank โดยใช้ น้ำกลั่น 10 กรัม และการทดสอบ matrix blank โดยใช้ตัวอย่างกะหล่ำปลี คื่นหีว แครอท และส้ม สกัดตามวิธีที่พัฒนา ผลตรวจไม่พบสารรบกวนที่ให้สัญญาณผิดพลาดหรือใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน ทำให้สามารถตรวจวัดสัญญาณพิษสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ชัดเจน ไม่มีสิ่งรบกวนจากเมทริกซ์ที่ศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 1 และการสร้างกราฟสารมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น (concentration) กับพื้นที่ใต้พีค (peak area) โดยที่ความเป็นเส้นตรงที่สนใจมีความเข้มข้น

ในช่วง 5-500 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linearity) โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.9950-0.9999 โดยกราฟมาตรฐานของสารทุกชนิดมีค่า (R^2) สูงกว่า 0.98 ดังแสดงในภาพที่ 2 วิธีที่พัฒนามีขีดจำกัดของการตรวจพบและขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณเท่ากับ 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าความแม่นยำในกะหล่ำปลี คื่นหะ และส้ม อยู่ในช่วง 63.6-112.12%, 70.01-117.46%, 61.74-111.24% และ 49.00-117.74% ตามลำดับ โดยมีชนิดสารที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับในตัวอย่างคะน้าทุกชนิดสาร ในตัวอย่างกะหล่ำปลี แครอท

และส้ม จำนวน 94, 117 และ 121 ชนิดสาร ตามลำดับ มีความเที่ยงอยู่ในช่วง 0.82-18.83%, 0.52-18.95%, 0.46-19.57% และ 0.73-20.00% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ซึ่งวิธีการที่พัฒนานี้ค่าความไม่แน่นอนที่คำนวณจาก chlorpyrifos ในตัวอย่างกะหล่ำปลี เท่ากับ 0.0149 ± 0.0085 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสารที่ไม่สามารถตรวจพบได้ที่มีความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 8 ชนิดสาร คือ dioxathion ในกะหล่ำปลี คื่นหะ และ acephate, BHC-delta, metribuzin, omethoate, phosmet, phosphamidon และ terbacil ในแครอท



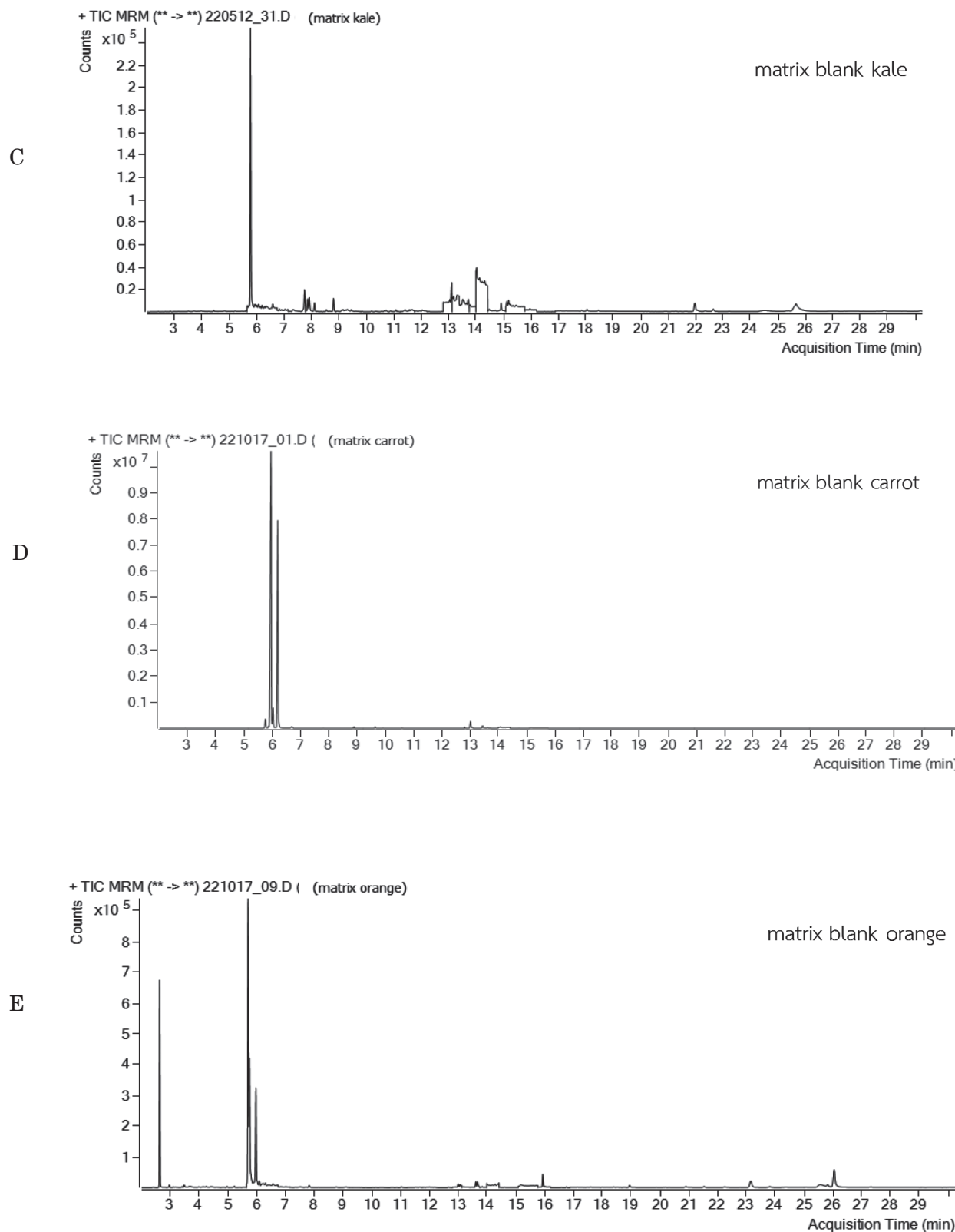
ภาพที่ 1 โครมาโทแกรมแสดงสัญญาณที่ปราศจากสารรบกวนและสารมาตรฐาน

a = method blank,

b = matrix blank cabbage,

c = matrix blank kale, d = matrix blank carrot,

e = matrix blank orange และ f = พิกัดสารมาตรฐาน standards 122 ชนิดสาร



ภาพที่ 1 โครมาโทแกรมแสดงสัญญาณที่ปราศจากสารรบกวนและสารมาตรฐานของ (ต่อ)

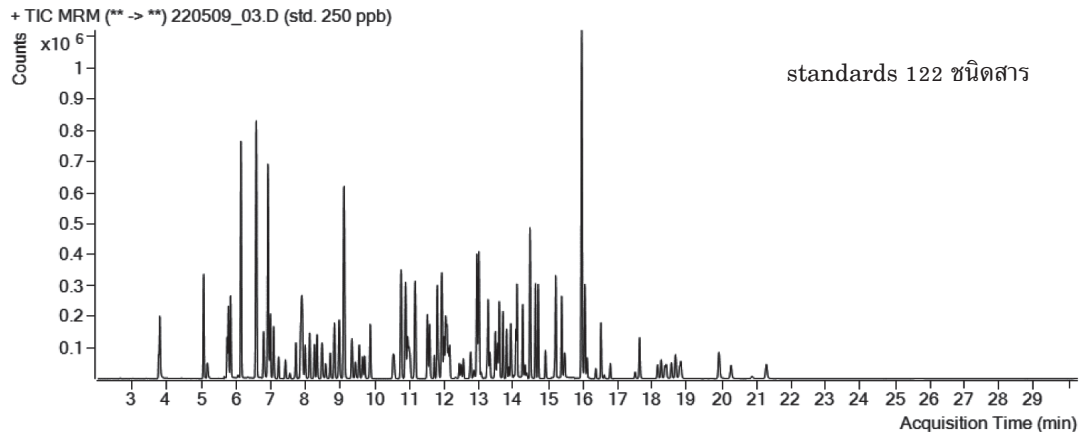
a = method blank,

b = matrix blank cabbage,

c = matrix blank kale, d = matrix blank carrot,

e = matrix blank orange และ f = พิกัดสารมาตรฐาน standards 122 ชนิดสาร

F



ภาพที่ 1 โครมาโทแกรมแสดงสัญญาณที่ปราศจากสารรบกวนและสารมาตรฐานของ (ต่อ)

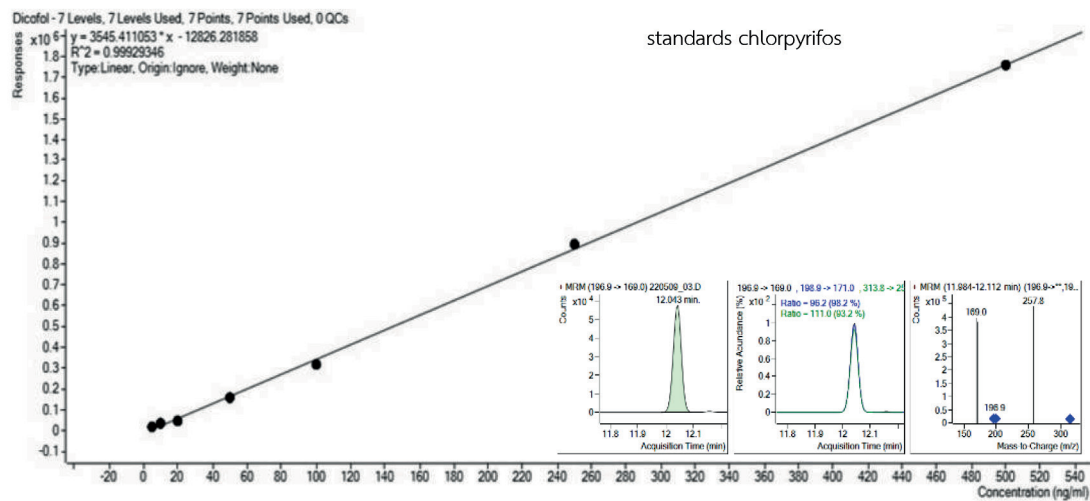
a = method blank,

b = matrix blank cabbage,

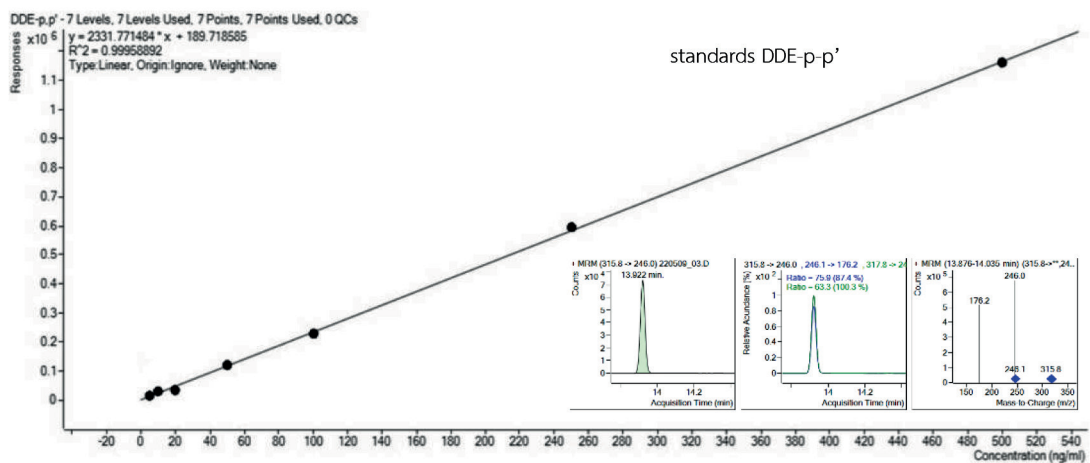
c = matrix blank kale, d = matrix blank carrot,

e = matrix blank orange และ f = พืชสารมาตรฐาน standards 122 ชนิดสาร

A



B



ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานและโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน

A = chlorpyrifos และ B = DDE-p-p'

ตารางที่ 2 ความแม่นยำและความเที่ยงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 µg/kg ในกะหล่ำปลีและคื่นช่าย

Pesticides	กะหล่ำปลี						คื่นช่าย					
	20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg		20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg	
	n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7	
	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD
1. DDE-p,p'	86.60	9.46	73.60	3.48	80.00	2.75	79.67	7.20	105.52	1.01	100.34	0.95
2. DDT-p,p'	82.33	14.31	71.75	3.91	70.41	9.18	82.13	11.10	85.20	2.78	95.23	1.06
3. DDD-p,p'	91.78	13.99	72.65	3.37	95.20	4.36	76.50	6.97	96.35	2.52	92.68	1.03
4. acephate	72.91	8.18	109.53	3.63	75.23	4.45	91.95	1.62	74.90	8.86	87.72	2.53
5. alachlor	85.85	13.47	72.33	2.09	76.49	4.49	73.54	7.90	91.22	4.34	92.51	1.05
6. aldrin	85.88	10.56	76.34	3.34	84.41	2.34	79.48	6.12	102.64	1.32	100.16	1.38
7. ametryn	80.99	11.03	75.81	3.57	78.71	4.75	81.82	9.68	105.38	1.51	108.57	0.93
8. atrazine	86.36	10.93	74.71	3.72	78.95	3.11	77.44	7.69	104.87	1.30	106.04	1.07
9. BHC-alpha	84.12	9.92	75.52	3.84	83.87	3.08	83.22	9.27	94.92	0.83	95.77	0.08
10. BHC-beta	85.00	18.83	73.89	4.71	81.71	2.38	70.53	10.89	96.57	1.99	93.43	1.93
11. BHC-delta	81.43	14.18	73.22	5.91	65.77	2.40	81.26	8.30	97.55	1.82	95.87	1.51
12. BHC-gamma	87.62	8.58	73.89	4.87	63.60	2.54	76.87	1.98	86.58	1.47	92.86	1.30
13. bifenthrin	89.90	12.91	75.90	4.25	83.11	2.02	76.22	10.88	106.26	0.83	104.35	0.88
14. bromacil	79.32	17.18	73.16	2.33	72.43	6.10	74.45	6.06	113.78	1.44	112.12	1.38
15. bromophos-ethyl	79.65	9.95	71.96	3.98	68.63	3.89	85.66	11.45	107.17	1.39	102.09	1.05
16. bromopropylate	86.52	14.20	76.62	0.82	77.19	2.97	73.26	8.22	101.70	1.05	98.88	0.67
17. buprofezin	84.06	17.09	75.17	2.07	87.81	2.38	78.55	11.22	99.02	3.91	94.00	1.15
18. butachlor	82.05	12.88	77.50	1.94	66.86	8.25	76.21	2.88	100.16	1.76	93.82	1.56
19. cadusafos	87.67	11.90	74.54	4.21	93.51	2.94	73.29	7.50	102.94	2.17	101.89	1.11
20. carboxin	79.43	7.30	77.32	2.66	71.93	6.70	75.58	14.28	110.71	1.24	101.47	0.52
21. chlordane-cis	85.85	11.56	73.78	4.62	79.57	2.86	71.13	10.03	101.11	7.82	101.15	0.71
22. chlordane-oxy	88.93	10.93	73.35	2.66	84.78	2.43	71.52	8.57	94.73	1.06	93.99	7.37
23. chlordane-trans	86.69	11.80	74.54	4.70	77.44	2.18	72.30	9.57	109.29	1.38	105.07	1.52
24. chlorfenapyr	88.27	13.18	76.68	4.04	78.58	2.27	72.61	7.62	103.96	1.64	97.25	1.46
25. chlorfenvinphos	81.39	16.77	74.48	2.25	68.50	4.33	115.84	5.79	100.90	2.07	95.89	0.99
26. chlorobenzilate	89.81	13.25	72.87	3.82	84.30	2.29	72.75	8.32	96.38	0.92	89.76	1.39
27. chloroneb	93.65	14.60	71.29	3.46	89.08	3.69	71.36	8.40	93.94	3.05	93.65	2.28
28. chlorpropham	85.93	10.05	73.91	2.12	72.80	7.25	80.41	12.94	95.34	3.92	96.88	0.89
29. chlorpyrifos	84.04	12.42	71.56	4.09	73.65	4.21	77.45	2.66	108.44	1.25	103.64	1.35
30. chlorpyrifos-methyl	81.31	15.79	74.97	2.60	69.60	11.35	76.01	4.34	77.41	8.02	91.30	1.45
31. cyanophos	81.65	15.93	75.07	2.96	70.00	8.35	72.72	8.20	97.35	1.67	96.01	1.02
32. cyfluthrin I	87.43	17.42	93.36	9.55	75.07	4.06	70.75	9.93	81.75	3.08	83.05	1.48
33. cyfluthrin II	74.81	11.60	78.41	4.23	91.16	6.18	72.86	9.00	113.07	3.53	100.47	1.28
34. cyfluthrin III+IV	71.49	3.88	85.51	2.16	93.13	4.20	74.18	7.65	113.56	3.31	113.08	1.11
35. cyhalothrin-lambda	89.95	17.45	70.38	2.14	90.28	7.02	72.84	10.28	91.87	2.11	93.37	1.07
36. cypermethrin I	82.75	18.04	72.20	1.79	83.22	17.12	80.06	12.21	94.48	3.89	111.01	4.29
37. cypermethrin II	83.10	17.52	87.16	2.66	87.85	4.70	72.12	9.00	91.98	3.72	99.58	0.87
38. cypermethrin III+IV	84.13	15.25	85.52	2.91	92.35	4.81	86.60	7.46	96.02	4.02	100.13	1.24
39. DCPA	87.02	11.59	70.12	2.96	78.01	2.65	71.48	7.34	100.30	1.45	95.20	1.03
40. DEET	91.47	13.53	75.05	3.23	93.25	2.25	83.68	6.09	105.60	1.83	100.44	1.42
41. deltamethrin	71.66	8.91	87.54	1.74	81.37	14.82	72.69	8.11	85.23	9.42	99.52	8.92
42. demeton-s-methyl	80.30	15.37	81.41	3.01	68.53	5.91	76.68	3.21	109.50	6.81	114.36	1.98
43. diazinon	89.13	12.23	74.94	4.00	87.99	2.51	71.11	7.98	107.93	1.67	106.09	0.92
44. dichlorvos	78.08	13.11	70.96	4.31	80.40	12.74	79.37	4.67	109.36	1.99	111.21	1.68
45. dicofol	91.51	15.79	85.69	1.92	67.33	9.43	72.52	17.20	115.30	3.43	111.88	2.79

ตารางที่ 2 ความแม่นยำและความเที่ยงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 µg/kg ในกะหล่ำปลีและคะน้า (ต่อ)

Pesticides	กะหล่ำปลี						คะน้า					
	20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg		20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg	
	n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7	
	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD
46. dicrotophos	74.56	15.33	86.93	3.40	68.55	5.19	ND	ND	74.48	10.41	80.94	1.70
47. dieldrin	86.12	11.03	77.31	4.98	75.84	3.32	75.49	6.81	101.30	1.69	97.56	2.46
48. dimethoate	77.11	16.70	80.23	4.23	66.94	8.63	95.06	7.41	82.64	9.23	97.10	5.87
49. dioxathion	ND	ND	110.11	3.30	87.45	6.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND
50. disulfoton	81.99	10.29	87.67	2.24	96.14	2.73	102.04	14.24	99.42	2.04	101.24	1.00
51. ditalimfos	72.19	9.79	87.39	9.51	73.40	9.93	112.42	5.81	116.95	2.68	116.00	1.51
52. endosulfan-alpha	84.17	12.79	74.68	5.34	69.66	2.69	71.46	7.24	113.57	1.30	105.25	1.82
53. endosulfan-beta	84.84	9.58	72.68	2.18	76.10	4.85	72.98	7.90	101.07	1.27	93.71	1.64
54. endosulfan- sulfate	80.43	1.84	74.22	3.84	67.16	15.89	71.18	6.97	91.98	1.31	84.04	2.38
55. endrin	81.97	10.06	72.52	2.18	72.95	3.27	78.69	1.87	95.47	0.84	91.96	1.29
56. EPN	93.57	11.78	76.90	5.46	73.04	9.55	75.26	7.76	82.33	4.73	92.12	2.28
57. ethion	84.69	15.64	82.55	6.34	79.83	4.85	74.41	5.45	85.35	5.67	89.21	1.16
58. ethoprosfos	86.49	11.73	71.59	3.44	90.08	3.81	72.86	8.14	103.79	2.95	103.71	1.06
59. etrimfos	86.09	14.36	74.29	2.89	80.70	5.94	75.04	6.11	117.17	2.50	117.46	1.17
60. fenclorophos	82.89	13.71	73.36	1.95	67.06	7.21	78.39	7.22	96.67	1.65	95.59	1.15
61. fenitrothion	77.97	11.78	76.80	3.13	80.68	13.42	108.28	7.19	70.15	7.73	80.07	2.61
62. fenobucarb	86.74	12.86	76.07	3.79	88.86	4.56	77.43	6.97	101.88	2.65	100.56	0.95
63. fenpropathrin	88.27	14.32	70.31	3.08	72.16	3.56	74.17	9.78	103.67	0.82	100.91	1.20
64. fenthion	84.67	15.56	83.56	3.01	67.77	6.81	71.62	8.43	105.93	1.62	98.13	1.05
65. fenvalerate I	76.29	4.04	84.56	6.10	86.62	5.93	73.44	8.34	110.38	3.05	114.54	3.90
66. fenvalerate II	88.97	12.50	77.48	5.32	92.06	7.80	99.29	18.56	81.70	5.84	87.17	2.49
67. Fipronil	89.28	6.45	74.01	3.17	81.06	6.95	82.25	8.24	114.60	7.98	95.50	1.50
68. fosthiazate I	87.46	12.27	87.64	4.71	65.45	4.07	105.54	7.92	92.34	11.90	78.56	4.20
69. fosthiazate II	91.42	8.74	87.57	6.56	64.57	3.88	93.49	9.38	99.47	5.17	77.63	13.95
70. heptachlor	75.51	5.84	71.10	3.20	80.87	4.68	94.38	10.09	77.61	8.79	89.12	0.98
71. heptachlor epoxidecis	87.40	11.99	73.53	3.76	68.44	6.49	73.78	12.10	105.90	13.98	100.75	11.80
72. heptachlor epoxidetrans	87.41	13.93	74.33	1.98	79.97	2.26	73.78	9.52	96.25	0.98	94.01	1.39
73. heptenophos	95.91	4.15	72.79	3.46	68.45	5.79	75.21	5.42	79.68	4.89	82.13	1.93
74. hexachlorobenzene	91.58	11.87	74.21	4.55	90.18	2.21	71.87	7.53	88.94	1.76	88.96	1.25
75. hexazinone	83.02	11.55	72.87	1.79	72.20	7.02	98.45	7.85	111.99	5.36	108.91	1.49
76. Isofenphos	83.82	11.29	74.76	1.77	80.76	2.94	71.37	10.17	104.29	1.12	95.33	1.05
77. Isoproc carb	92.62	14.48	75.53	4.55	87.81	4.12	85.82	5.80	99.34	1.89	100.21	1.45
78. Isoxathion	93.90	13.90	75.90	2.60	71.78	2.59	75.63	9.58	83.93	2.79	80.37	1.89
79. malathion	77.02	16.10	73.06	2.67	68.36	11.60	72.22	7.00	95.17	4.02	92.81	1.31
80. metalaxyl	82.82	11.16	74.50	4.27	68.25	5.13	73.15	5.92	106.23	1.36	96.99	1.34
81. metacrifos	81.48	13.63	70.62	5.31	81.21	5.22	79.33	6.51	94.77	1.26	95.77	2.54
82. methamidophos	86.78	9.80	78.02	4.22	72.45	4.81	76.45	0.99	89.05	8.59	103.21	2.73
83. methidathion	95.25	14.19	84.76	3.54	73.17	6.18	110.08	5.03	89.55	3.55	84.86	1.80
84. methoxychlor	85.45	16.64	71.18	4.27	71.28	7.78	76.93	13.64	84.48	3.21	94.41	0.84
85. metolachlor	83.76	14.30	70.23	2.74	71.86	4.01	70.23	9.77	104.63	1.58	98.52	3.27
86. metribuzin	86.39	10.57	71.37	4.91	68.60	3.89	86.97	8.60	112.71	3.37	109.67	2.03
87. mevinphos	83.77	10.47	72.59	5.28	74.30	5.71	70.53	6.22	99.98	7.08	107.74	2.87
88. monocrotophos	97.37	9.85	107.06	3.94	72.44	7.41	74.63	4.43	76.12	11.94	82.13	2.49
89. omethoate	77.73	13.05	109.67	3.72	94.98	6.20	70.01	18.95	84.28	15.05	96.09	2.80
90. parathion	79.17	18.82	72.24	2.71	72.34	11.51	109.04	7.10	71.34	6.09	87.82	3.63

หมายเหตุ: ND คือ Not detected

ตารางที่ 2 ความแม่นยำและความเที่ยงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 µg/kg ในกะหล่ำปลีและคื่นหอย (ต่อ)

Pesticides	กะหล่ำปลี						คื่นหอย					
	20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg		20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg	
	n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7	
	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD
91. parathion-methyl	82.11	16.08	70.28	4.57	71.32	10.52	75.39	4.47	77.62	7.34	91.53	1.28
92. permethrin I	92.67	13.29	72.65	5.20	85.56	1.50	74.11	9.03	105.64	2.91	103.72	0.99
93. permethrin II	81.31	15.89	70.97	2.40	72.81	8.14	79.89	12.85	95.08	5.49	97.32	1.34
94. phenthoate	80.39	12.90	72.73	3.86	67.96	4.88	75.87	6.29	89.24	6.78	93.97	1.05
95. phorate	86.82	9.29	72.01	5.30	93.21	2.98	75.64	7.08	94.10	2.98	97.55	1.15
96. phosalone	82.65	14.67	74.83	4.39	69.06	5.56	94.04	4.15	96.25	5.64	91.61	1.42
97. phosmet	83.66	8.22	100.10	13.67	72.24	9.17	77.51	8.47	71.60	4.27	84.95	2.43
98. phosphamidon	88.41	7.01	81.07	4.86	86.25	8.75	89.41	10.53	90.56	14.65	95.25	2.10
99. picoxystrobin	89.46	11.72	71.03	6.07	88.54	1.91	71.04	6.63	101.70	1.15	90.84	0.86
100. pirimiphos-ethyl	82.30	13.33	71.16	4.64	76.02	2.04	72.05	7.93	99.40	1.45	94.75	1.68
101. pirimiphos-methyl	82.82	14.15	70.60	4.97	77.50	3.45	72.21	8.22	98.29	1.23	95.24	1.11
102. profenofos	82.21	12.82	75.45	3.53	70.94	5.40	99.47	4.92	92.02	1.83	86.08	2.26
103. propachlor	84.95	12.98	72.33	2.59	77.01	6.94	71.97	8.79	101.42	3.00	97.35	2.81
104. propargite	95.04	10.00	71.01	1.34	70.32	9.68	70.89	10.01	116.80	1.68	108.73	6.41
105. propetam phos	86.60	13.28	85.67	2.88	90.61	2.94	106.11	9.30	96.76	3.63	97.70	1.07
106. prothiofos	85.05	10.70	75.53	3.88	72.94	3.95	74.98	6.31	99.61	0.86	95.69	1.11
107. pyrimethanil	75.86	3.78	72.89	4.72	81.10	3.54	111.50	12.62	101.80	0.72	101.28	1.23
108. quinalphos	80.56	12.25	78.42	3.29	69.73	8.20	74.58	6.61	106.44	1.49	97.99	1.17
109. quintozone	79.88	7.45	71.04	3.64	68.98	11.27	89.12	17.26	74.88	8.27	91.18	1.46
110. simazine	83.94	10.16	74.27	5.01	78.37	4.00	75.33	6.05	101.61	1.28	102.81	0.89
111. tebufenpyrad	86.01	13.40	71.22	4.66	75.75	2.86	71.71	10.51	113.33	0.56	109.90	0.78
112. tecnazene	81.51	7.68	71.59	5.04	73.48	4.84	97.38	17.80	77.57	7.74	91.64	1.49
113. terbacil	85.00	14.76	74.35	2.62	66.09	7.74	70.74	7.38	109.36	5.65	104.93	1.02
114. terbufos	85.61	10.85	85.54	2.01	90.75	2.90	72.42	8.27	93.28	4.60	97.63	1.04
115. tetrachlorvinphos	80.79	8.63	80.94	5.32	65.89	9.21	94.40	2.77	94.99	1.92	80.65	3.56
116. tetradifon	87.68	12.52	72.56	2.23	67.40	1.93	72.76	8.50	109.50	0.81	106.25	0.72
117. thiometon	84.13	9.33	85.86	3.03	84.41	4.52	70.34	10.70	102.18	1.67	103.83	1.35
118. tolclofos-methyl	85.26	12.60	71.04	2.98	79.51	4.33	70.33	6.51	98.84	2.54	95.28	3.28
119. tolylfluanid	72.24	17.21	112.12	2.90	79.46	16.43	97.93	4.62	101.93	6.17	91.97	3.67
120. triadimefon	81.63	10.73	73.66	2.28	77.92	4.19	70.10	8.96	104.24	0.91	95.85	1.23
121. triazophos	86.83	10.39	74.45	6.25	70.98	6.42	109.16	5.49	90.49	3.09	88.82	1.37
122. trifluralin	85.33	14.98	88.26	1.72	70.06	9.34	78.73	4.84	70.95	5.05	89.68	1.58

ตารางที่ 3 ความแม่นยำและความเที่ยงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 µg/kg ในแครอทและส้ม

Pesticides	กะหล่ำปลี						คะน้า					
	20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg		20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg	
	n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7	
	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD
1. DDE-p,p'	103.07	5.07	104.10	3.59	91.18	1.28	86.53	9.03	109.99	2.23	102.52	1.32
2. DDT-p,p'	91.12	6.05	74.73	4.67	80.17	9.78	79.42	7.41	110.86	1.07	90.99	5.45
3. DDD-p,p'	107.26	5.10	97.87	2.32	83.50	4.05	75.77	3.81	90.19	2.68	94.73	7.18
4. acephate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	94.76	14.64	104.95	6.76	103.92	2.23
5. alachlor	106.13	4.84	91.68	1.90	77.29	1.36	83.16	13.78	99.03	1.38	99.60	7.10
6. aldrin	96.59	3.24	100.87	1.52	86.87	1.63	80.63	9.27	104.99	3.72	112.04	3.91
7. ametryn	102.92	4.95	90.08	2.15	78.46	2.07	90.04	8.60	94.78	1.79	98.79	8.61
8. atrazine	100.69	6.04	93.56	1.19	81.44	2.41	71.68	2.55	104.68	1.96	110.37	2.04
9. BHC-alpha	97.00	5.23	91.80	0.92	82.33	1.56	87.72	7.77	97.59	3.68	110.38	1.83
10. BHC-beta	86.14	2.52	89.30	1.28	71.57	2.48	85.21	9.33	103.82	3.79	98.92	7.31
11. BHC-delta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	79.89	9.36	93.99	2.86	97.21	5.47
12. BHC-gamma	85.69	1.95	87.67	1.59	84.86	2.97	73.64	2.79	100.33	1.29	81.59	17.51
13. bifenthrin	95.21	5.65	85.71	6.50	71.49	2.08	75.62	5.69	84.71	5.49	93.68	4.65
14. bromacil	86.22	11.99	74.59	4.03	71.48	10.31	84.62	4.61	92.53	2.15	103.68	3.26
15. bromophos-ethyl	104.06	6.49	92.62	2.84	83.56	2.63	82.68	12.10	98.69	0.99	95.77	5.97
16. bromopropylate	88.84	3.73	81.30	8.10	71.99	5.97	84.36	9.93	88.49	10.94	97.06	3.41
17. buprofezin	91.01	13.37	83.87	3.80	81.71	3.14	79.65	7.74	95.57	1.53	93.98	4.87
18. butachlor	101.68	7.16	71.71	3.60	73.12	0.90	72.47	11.40	107.71	1.51	101.85	6.85
19. cadusafos	101.07	5.77	93.89	0.91	80.26	7.92	75.50	11.04	99.34	2.59	106.13	3.42
20. carboxin	81.08	11.09	71.98	6.59	94.40	6.84	77.59	5.08	81.49	10.53	93.13	3.64
21. chlordane-cis	105.55	4.59	103.25	5.55	91.35	4.07	83.20	13.47	107.61	3.48	95.38	5.88
22. chlordane-oxy	100.68	3.06	92.30	1.71	79.60	0.93	88.08	9.49	104.60	1.95	111.28	2.17
23. chlordane-trans	108.41	2.89	101.07	3.17	91.14	1.01	70.31	5.63	103.01	4.76	101.55	6.31
24. chlorfenapyr	99.98	3.81	77.93	6.37	70.92	1.61	70.69	6.02	93.15	3.61	97.00	6.19
25. chlorfenvinphos	108.46	2.51	74.75	3.52	87.03	2.12	84.76	9.96	95.17	5.52	95.20	7.72
26. chlorobenzilate	100.15	4.40	87.34	5.42	77.83	1.44	83.56	9.59	94.20	3.11	93.21	3.45
27. chloroneb	87.09	5.86	100.50	7.56	82.19	0.97	87.27	10.31	94.49	12.18	99.24	1.24
28. chlorpropham	91.20	9.06	111.24	2.80	87.22	2.18	73.79	5.85	107.69	3.23	109.06	3.24
29. chlorpyrifos	101.18	5.89	91.38	1.62	79.36	1.35	73.78	8.42	102.28	4.14	99.60	4.38
30. chlorpyrifos-methyl	98.90	4.91	75.94	2.01	90.03	2.74	85.93	7.74	96.25	5.72	112.05	2.84
31. cyanophos	103.87	5.17	74.63	6.04	76.58	4.71	78.82	6.04	97.95	2.57	106.85	4.14
32. cyfluthrin I	92.33	4.19	76.55	3.42	93.32	8.11	96.73	10.49	85.76	2.28	71.81	5.75
33. cyfluthrin II	87.93	13.22	74.35	2.58	86.13	7.42	91.11	11.69	106.82	2.84	93.36	3.22
34. cyfluthrin III+IV	85.80	4.82	72.80	3.45	94.14	2.69	75.48	6.23	107.24	1.90	97.54	5.36
35. cyhalothrin- lambda	90.74	3.58	74.09	3.71	83.26	9.88	85.51	5.41	100.76	2.94	112.22	1.70
36. cypermethrin I	86.32	6.81	75.50	2.88	96.86	2.07	89.24	3.88	113.03	2.04	110.02	3.36
37. cypermethrin II	87.27	6.65	76.12	4.84	92.53	2.45	81.46	3.71	105.71	4.97	91.05	9.89
38. cypermethrin III+IV	82.29	10.78	75.66	3.02	95.33	7.01	82.81	3.96	101.57	6.42	78.25	3.49
39. DCPA	105.76	4.42	103.63	1.95	91.03	3.50	71.89	5.52	102.55	5.28	97.84	5.11
40. DEET	93.78	6.17	99.42	1.10	85.27	1.44	85.10	3.11	101.03	5.88	97.00	2.81
41. deltamethrin	91.24	8.35	72.17	4.26	71.36	4.76	71.11	4.15	105.04	3.49	108.83	1.88
42. demeton-s-methyl	98.21	7.11	75.73	1.46	73.81	3.66	97.13	6.50	96.86	1.53	108.62	1.98
43. diazinon	99.58	4.89	99.46	0.84	87.24	1.57	71.28	5.50	98.38	1.69	110.64	0.96
44. dichlorvos	108.36	8.28	84.48	6.68	70.55	0.46	99.50	8.22	102.86	9.61	92.98	4.19

หมายเหตุ: ND คือ Not detected

ตารางที่ 3 ความแม่นยำและความเที่ยงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 µg/kg ในแครอทและส้ม (ต่อ)

Pesticides	กะหล่ำปลี						คื่นหีว					
	20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg		20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg	
	n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7	
	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD
46. dicrotophos	79.80	13.10	85.74	2.90	71.64	3.15	83.21	10.41	106.02	3.23	97.91	3.23
47. dieldrin	109.04	1.85	100.97	3.38	91.71	2.56	71.67	7.18	106.91	1.99	92.51	5.14
48. dimethoate	90.95	5.07	90.83	0.63	81.88	4.81	80.99	14.85	92.56	3.88	100.11	3.36
49. dioxathion	76.44	15.76	103.39	3.82	98.70	1.81	80.49	10.94	86.78	7.09	77.11	11.23
50. disulfoton	100.80	6.78	96.68	0.87	86.19	3.95	76.35	11.53	98.11	2.90	113.66	2.82
51. ditalimfos	93.75	6.68	88.64	6.75	73.45	3.80	71.04	4.37	115.85	0.87	109.81	3.75
52. Endosulfan-alpha	100.12	4.39	92.51	2.86	85.31	3.03	72.66	11.73	102.20	7.55	92.06	6.00
53. endosulfan-beta	107.43	2.97	85.94	5.46	76.01	6.28	73.36	7.92	103.60	1.03	98.39	2.20
54. endosulfan-sulfate	100.96	7.62	72.65	5.01	75.87	4.45	73.80	13.83	103.43	2.63	101.60	1.87
55. endrin	106.60	3.40	92.24	4.19	87.67	1.13	72.13	7.98	96.46	5.86	93.78	5.86
56. EPN	80.28	7.18	79.08	8.75	74.51	4.58	98.65	3.56	86.33	8.48	110.07	3.27
57. ethion	98.24	6.97	70.49	4.71	74.59	4.85	71.98	5.43	92.64	2.38	95.81	4.71
58. ethoprosfos	102.80	4.79	93.01	0.82	81.04	0.94	70.58	5.97	97.40	2.34	111.58	3.35
59. etrimfos	96.08	12.52	88.77	0.99	76.38	1.67	74.04	3.16	94.27	1.40	108.36	2.08
60. fenclorophos	93.68	4.19	80.32	0.98	72.81	0.93	76.02	6.59	95.92	1.55	111.35	3.22
61. fenitrothion	85.92	4.17	97.83	7.42	93.20	2.25	91.16	7.43	96.44	8.00	99.96	2.79
62. fenobucarb	105.36	4.83	91.82	0.88	76.75	1.78	74.34	4.64	98.71	3.05	101.24	2.44
63. fenpropathrin	89.27	4.81	73.32	2.43	75.00	4.30	73.55	4.22	85.50	4.72	97.35	2.41
64. fenthion	107.20	2.75	74.87	1.89	71.69	1.56	76.63	5.19	103.56	3.22	94.67	4.58
65. fenvalerate I	89.54	7.86	75.40	7.13	90.25	1.98	77.51	3.93	105.90	2.97	103.41	3.41
66. fenvalerate II	84.88	19.27	74.77	4.99	92.65	2.19	86.08	6.13	102.62	7.04	93.23	4.93
67. fipronil	77.96	10.28	103.20	5.33	76.85	5.35	49.00	5.72	94.04	4.98	73.04	4.13
68. fosthiazate I	96.67	10.15	102.44	1.40	74.56	4.99	91.49	15.30	96.91	2.91	97.32	2.96
69. fosthiazate II	104.63	5.67	92.79	8.68	75.44	3.43	111.43	5.97	107.31	3.04	104.39	2.10
70. heptachlor	97.69	5.34	90.15	2.03	82.74	6.98	72.53	6.43	96.96	3.24	112.78	2.79
71. heptachlor epoxide-cis	101.59	7.78	89.78	6.84	81.47	1.80	87.80	12.66	106.88	3.57	101.44	9.20
72. heptachlor epoxide-trans	102.10	5.03	98.95	1.71	87.66	1.07	70.63	5.57	103.37	3.60	108.70	2.91
73. heptenophos	105.63	8.39	75.38	4.78	73.47	4.29	97.60	16.09	98.07	9.59	99.74	1.63
74. hexachloro benzene	81.37	5.63	103.16	1.44	88.91	0.92	90.74	4.67	94.47	1.84	110.64	3.10
75. hexazinone	75.36	9.70	74.65	4.80	74.51	4.99	72.02	6.78	100.78	4.66	96.87	2.84
76. isofenphos	109.95	1.83	94.64	2.58	86.13	3.40	82.16	11.75	103.40	5.09	94.27	7.78
77. isoprocarb	102.21	4.08	92.57	0.68	77.07	1.12	80.31	3.74	92.76	8.77	97.08	3.47
78. isoxathion	80.50	12.72	75.56	2.25	76.73	4.19	83.96	12.96	90.25	6.36	96.10	2.55
79. malathion	108.70	3.32	85.27	6.49	86.57	6.48	98.06	16.36	104.11	5.40	102.76	1.74
80. metalaxyl	108.48	4.43	83.06	3.81	73.58	2.61	80.70	4.43	100.40	2.97	92.86	9.55
81. metacrifos	95.08	5.44	92.33	7.11	78.20	3.66	76.35	11.91	94.08	11.83	101.92	1.24
82. methamidophos	74.41	4.61	84.56	1.47	74.97	3.49	96.76	19.50	96.17	10.94	95.47	2.54
83. methidathion	104.15	6.08	71.88	1.90	71.86	3.91	92.37	10.82	96.24	3.70	110.92	1.99
84. methoxychlor	86.86	9.03	73.54	4.10	73.35	4.28	78.05	7.88	84.17	4.38	99.18	3.09
85. metolachlor	110.31	1.16	86.87	2.38	76.27	2.04	90.95	5.72	110.30	2.08	103.90	4.12
86. metribuzin	ND	ND	79.26	2.90	75.49	2.63	92.75	9.28	109.50	1.89	106.56	4.52
87. mevinphos	89.11	14.63	74.39	7.61	81.02	7.26	103.44	12.86	82.40	11.58	96.15	2.33
88. monocrotophos	107.49	10.69	83.07	8.80	80.83	5.27	89.16	20.00	106.55	5.85	85.76	8.81

หมายเหตุ: ND คือ Not detected

ตารางที่ 3 ความแม่นยำและความเที่ยงของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 122 ชนิดสาร ที่ความเข้มข้น 20, 100 และ 500 µg/kg ในแครอทและส้ม (ต่อ)

Pesticides	กะหล่ำปลี						คะน้า					
	20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg		20 µg/kg		100 µg/kg		500 µg/kg	
	n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7		n = 7	
	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD	%Rec	%RSD
89. omethoate	ND	ND	ND	ND	61.74	1.53	86.19	4.17	111.61	2.69	90.12	4.66
90. parathion	109.73	4.26	62.70	3.66	87.40	3.17	81.71	4.44	94.62	4.46	96.17	5.37
91. parathion-methyl	91.61	13.94	67.86	2.03	82.61	10.94	86.12	7.64	95.91	5.01	109.81	3.52
92. permethrin I	90.01	7.67	84.24	5.39	71.75	4.72	81.47	8.31	82.95	6.44	87.42	14.05
93. permethrin II	70.55	11.47	75.03	4.83	70.46	5.69	82.73	8.23	87.06	9.87	108.18	4.25
94. phenthoate	104.71	3.46	62.08	3.45	84.45	5.39	76.90	9.45	104.86	4.01	94.74	2.94
95. phorate	96.48	4.42	92.50	0.80	82.26	1.14	71.17	6.15	97.50	1.89	107.43	2.72
96. phosalone	74.16	7.87	64.32	1.15	78.11	1.22	88.06	10.89	87.94	8.72	108.71	3.65
97. phosmet	ND	ND	ND	ND	ND	ND	99.66	20.00	96.17	10.94	88.35	7.62
98. phosphamidon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	86.01	17.08	117.74	12.80	115.76	5.91
99. picoxystrobin	100.47	3.32	92.54	4.92	81.31	2.53	72.30	11.61	98.34	0.73	102.14	5.79
100. pirimiphos-ethyl	103.14	5.32	102.27	2.04	87.99	1.80	70.90	5.34	104.08	4.70	96.65	4.49
101. pirimiphos-methyl	102.99	6.36	94.62	1.33	83.70	1.44	71.86	5.22	100.05	1.69	103.11	5.86
102. profenofos	100.47	7.35	74.67	2.87	71.07	5.49	112.92	3.00	96.27	1.90	100.55	3.64
103. propachlor	105.49	5.52	81.92	1.04	70.97	0.76	76.23	5.04	98.72	2.89	100.37	3.25
104. propargite	94.60	9.68	72.75	5.27	75.24	2.79	74.73	10.70	92.60	1.88	86.59	4.52
105. propetamphos	104.81	5.78	98.94	0.97	87.36	3.22	79.50	4.98	97.13	1.97	106.48	6.23
106. prothiofos	107.58	6.99	84.70	2.37	76.22	4.81	71.21	5.98	110.88	2.18	105.52	3.45
107. pyrimethanil	72.74	1.07	94.88	1.43	81.66	4.82	79.95	5.98	95.99	2.32	108.17	3.12
108. quinalphos	105.68	6.95	74.51	3.84	75.10	2.42	72.34	6.49	102.64	5.58	95.03	8.13
109. quintozene	81.24	3.94	86.60	1.69	88.35	5.92	76.41	14.65	92.71	5.86	113.35	8.32
110. simazine	90.74	19.57	90.40	2.10	76.91	0.78	81.05	4.13	94.81	1.17	103.95	3.07
111. tebufenpyrad	82.52	2.98	81.35	7.31	75.87	2.83	71.90	6.26	85.96	3.04	103.30	1.84
112. tecnazene	90.58	5.25	80.06	9.94	75.55	11.93	83.82	10.27	95.35	5.76	102.46	2.75
113. terbacil	ND	ND	ND	ND	ND	ND	85.81	5.41	95.06	2.09	96.79	10.97
114. terbufos	97.45	5.30	96.07	0.74	86.49	4.31	77.67	14.42	99.16	4.32	112.47	1.64
115. tetrachlorvin Phos	101.20	8.76	77.39	2.81	82.05	6.99	72.11	12.42	116.10	2.11	102.31	1.82
116. tetradifon	79.24	3.83	78.52	3.93	72.32	2.25	82.14	11.66	91.35	1.34	111.45	2.57
117. thiometon	91.44	5.04	90.83	0.63	81.06	2.26	72.91	5.60	98.77	2.28	105.29	1.62
118. tolclofos-methyl	100.18	5.32	100.73	0.87	87.41	2.58	74.12	6.35	97.44	1.55	104.42	3.46
119. tolylfluanid	100.87	10.14	73.22	4.82	85.10	2.10	73.11	14.33	106.47	1.91	99.37	6.88
120. triadimefon	108.56	2.56	87.32	3.00	81.06	2.77	83.66	7.68	103.49	6.22	94.79	6.37
121. triazophos	91.55	5.39	76.24	2.04	75.81	2.22	74.79	5.28	73.56	1.78	93.76	4.14
122. trifluralin	99.46	4.24	92.70	2.13	70.72	6.75	75.17	4.36	90.89	5.93	113.25	3.48

หมายเหตุ: ND คือ Not detected

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้สด ทำการทดสอบโดยใช้วิธีการของ EURACHEM ซึ่งความไม่แน่นอนของการวัดจากกระบวนการทดสอบความใช้ได้ของวิธี เช่น calibration curve การหา

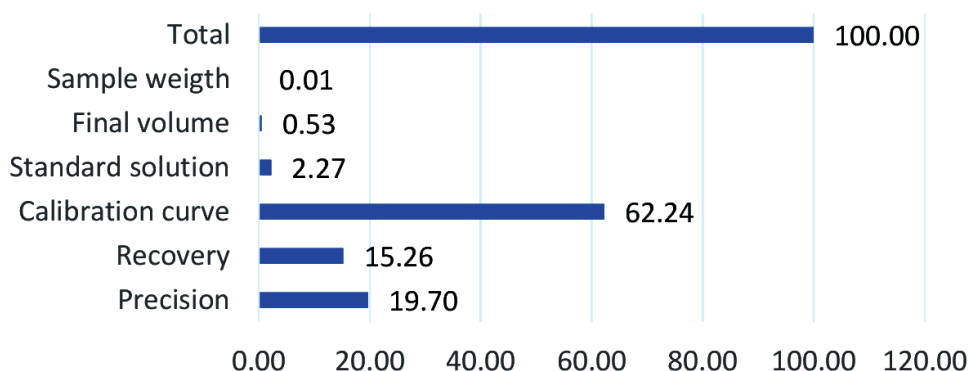
precision และ recovery และการชั่งตัวอย่าง เป็นต้น นำมาคำนวณค่าความไม่แน่นอนขยายที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ค่า k = 2 จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนของสาร chlorpyrifos ในตัวอย่างกะหล่ำปลี มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 0.0149 ± 0.0085 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

พบว่าแหล่งความไม่แน่นอนส่วนใหญ่มาจาก calibration curve ของสารมาตรฐาน (Co) 62.24% รองลงมา คือ method precision 19.70% final recovery 15.26% ส่วน standard solution และ final volume คือ 2.27% และ 0.53% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3

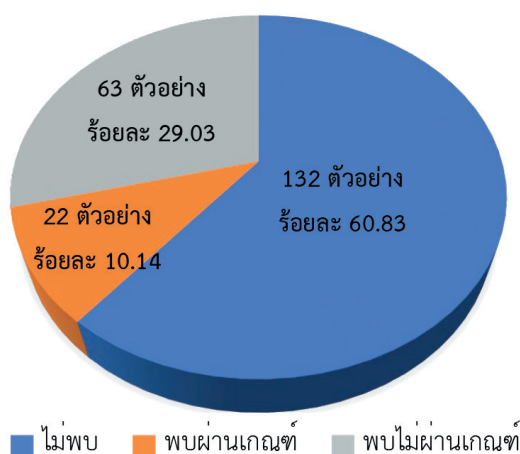
เมื่อนำวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นมาตรวจวิเคราะห์ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้สด ที่ส่ง ตรวจวิเคราะห์ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย จำนวน 217 ตัวอย่าง พบว่าผลการตรวจ วิเคราะห์ไม่พบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 132 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.83 พบสารเคมีป้องกันกำจัด ศัตรูพืช จำนวน 85 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 39.17 ซึ่ง ในจำนวนนี้มีตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐาน จำนวน 22 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 10.14 และไม่ผ่านมาตรฐาน จำนวน

63 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 29.03 ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งพบในกลุ่มผักใบ (leafy vegetables) จำนวน 21 ตัวอย่าง ผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) จำนวน 15 ตัวอย่าง ผักตระกูลกะหล่ำยกเว้นผักใบของตระกูลกะหล่ำ (Brassica vegetables, except Brassica leafy vegetables) จำนวน 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างผักและผลไม้อื่น จำนวน 26 ตัวอย่าง โดยพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตกค้างในจำนวนตัวอย่างมากที่สุด 5 อันดับชนิดสาร คือ chlorfenapyr, cypermethrin, pyrimethanil, chlorpyrifos และ lambda-cyhalothrin โดยมีปริมาณ ที่พบในช่วงน้อยกว่า 0.02-0.94, น้อยกว่า 0.02-4.13, น้อยกว่า 0.02-0.48, น้อยกว่า 0.02-1.14 และน้อยกว่า 0.02-0.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

Relative uncertainty (%)



ภาพที่ 3 สัดส่วนองค์ประกอบแหล่งค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวิเคราะห์ chlorpyrifos ในกะหล่ำปลี



ภาพที่ 4 การตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 217 ตัวอย่าง

วิจารณ์

วิธีวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่พัฒนานี้เป็นแบบ multi pesticide residue analysis สามารถตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้จำนวน 122 ชนิดสารใน matrix ที่เป็นกะหล่ำปลี คื่นช่าย แครอท และส้ม ด้วยเครื่อง GC-MS/MS โดยใช้ QuEChERS ในการสกัดตัวอย่างวิธีกำจัดสิ่งรบกวน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในการเตรียมตัวอย่างซึ่งสามารถสกัดและกำจัดสิ่งรบกวนได้ในคราวเดียวกันพบว่าวิธีการที่พัฒนาคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์มีความจำเพาะสูง เนื่องจากใช้หน่วยตรวจวัดที่เป็น mass spectrometer ค่าขีดจำกัดของการตรวจพบเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าขีดจำกัดของการตรวจพบเชิงปริมาณเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งค่า LOQ ยังไม่เหมาะสมสำหรับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่มีการกำหนดค่า MRL ซึ่งต้องใช้ค่า default limit คือ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับความแม่นยำมีค่ากลับคืน %recovery อยู่ในช่วง 49.00–117.74 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วงร้อยละ 70–120⁽⁸⁾ พบว่าส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ไม่ใช้ความเข้มข้นต่ำสุด ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการเตรียมตัวอย่างจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป ส่วนความเที่ยงมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ %RSD เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.46–20.00 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับทุกสาร คือ ไม่เกินร้อยละ 20⁽⁸⁾ วิธีการนี้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linearity) โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.9950–0.9999 โดยกราฟมาตรฐานของสารทุกชนิดมีค่า (R^2) สูงกว่า 0.98⁽¹⁰⁾ อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ วิธีการพัฒนานี้มีความเหมาะสมใช้ตรวจวิเคราะห์สารที่ศึกษา แต่ยังมีสารที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับจำนวน 8 ชนิดสาร และไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ 8 ชนิดสาร คือ dioxathion ในกะหล่ำปลี คื่นช่าย และ acephate, BHC-delta, metribuzin, omethoate, phosmet, phosphamidon และ terbacil ในแครอท ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น เมื่อสารมาตรฐานอยู่ใน matrix ของผักและผลไม้ ทำให้ตรวจไม่พบสารบางชนิด เนื่องจากเกิด matrix effect⁽¹⁶⁾ วิธีที่ใช้ในการ

วิเคราะห์เป็นวิธี multi residues มีข้อดี คือ สามารถสกัดครั้งเดียวได้สารพร้อมกันหลายชนิดสาร แต่มีข้อจำกัด คือ สารแต่ละชนิดมีธรรมชาติและความเสถียรของสารต่างกัน มีสารบางชนิด เช่น fipronil และการสกัดโดยใช้ acetonitrile เป็นตัวทำละลาย ในการสกัดนี้เหมาะกับตัวอย่างที่มีปริมาณไขมันต่ำ เนื่องจากไขมันไม่สามารถละลายใน acetonitrile ด้วยสาเหตุนี้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายได้ดีในไขมันจึงไม่สามารถถูกสกัดออกจากตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคุณสมบัติหลากหลายทั้งมีขี้และไม่มีขี้ ดังนั้นการวิเคราะห์สารกลุ่มมีขี้ต่ำและละลายได้ดีในไขมันควรใช้ตัวทำละลายที่ไม่มีขี้เป็นตัวสกัด เช่น n-hexane การวิเคราะห์แบบนี้มีข้อจำกัด คือ จะละลายไขมันออกมาและทำให้เกิดปัญหาการใช้เครื่องมือหากไม่มีการทำให้บริสุทธิ์ก่อนหรือมีการกำจัดไขมันไม่ดี ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องมือลดลงโดยส่งผลถึงความไว (sensitivity) ลดต่ำลงหรือมีสัญญาณรบกวนทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ผล (interpretation) จึงต้องนำมาจัดสิ่งปนเปื้อนโดยใช้ dispersive-solid phase extraction (d-SPE) ที่มีส่วนผสมของ $MgSO_4$, PSA และ GCB ซึ่งเหมาะสมกับตัวอย่างผักและผลไม้สด เช่น กะหล่ำปลี คื่นช่าย และส้ม โดยใน d-SPE มีองค์ประกอบเป็น carbon black รวมอยู่ด้วย มีคุณสมบัติสามารถดูดซับสีและรงควัตถุต่าง ๆ ทำให้ตัวอย่างมีความสะอาดยิ่งขึ้นก่อนวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS/MS ส่วนตัวอย่างกลุ่ม root & tuber vegetables เช่น แครอท มีคุณค่าทางโภชนาการ ต่อ 100 กรัม โดยมีคาร์โบไฮเดรต (แป้ง) 9.6 กรัม โปรตีน 0.93 กรัม และไขมัน 0.24 กรัม⁽¹⁷⁾ จึงวิเคราะห์ได้ยากและมีสารรบกวน (interference) ทำให้บดบังสัญญาณของสารมาตรฐาน อาจทำให้แปลผลผิดพลาด ตัวอย่างกลุ่มนี้จึงไม่เหมาะสมกับการใช้ d-SPE ที่มีส่วนผสมของ $MgSO_4$, PSA และ GCB ในการขจัดสิ่งปนเปื้อน จำเป็นต้องเพิ่มส่วนผสมของ C18 เพิ่มเข้าไปซึ่งสามารถเลือกใช้ dispersive SPE ชนิดอื่นได้เพื่อขจัดกรดไขมันและน้ำตาลบางชนิด

แม้วิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นนี้ยังมีข้อจำกัดเรื่องคุณลักษณะของวิธีที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์และยังไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ครอบคลุมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 387

แต่วิธีการนี้มีศักยภาพและความรวดเร็วกว่าวิธีการเดิมที่ใช้อยู่ คือ เครื่อง GC โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิด flame photometric detector (FPD) และ micro electron capture detector (μ ECD) นอกจากนี้ยังมีความถูกต้องและแม่นยำกว่าการใช้ชุดทดสอบ GPO TM kit ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย จึงนำมาใช้ในการปฏิบัติงานสามารถให้บริการการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้ ที่นำเข้ามาทางด่านอาหารและยาในจังหวัดเชียงราย 3 ด่าน คือ ด่านอาหารและยาแม่สาย เชียงแสน และเชียงของ ซึ่งมีผักและผลไม้สดเป็นสิ่งที่เน่าเสียง่ายนำเข้ามาจำนวนมาก และเพื่อสร้างความมั่นใจให้ผู้ให้บริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย ได้ทำการทดสอบความชำนาญ (proficiency testing; PT) ร่วมกับสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีผลผ่านเกณฑ์การยอมรับเป็นที่น่าพอใจทุกครั้ง นอกจากนี้ในการดำเนินงานส่วนที่เป็นข้อจำกัดและปัญหาดำเนินการปรึกษาและส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ซ้ำที่สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

จากการนำวิธีทดสอบที่พัฒนาขึ้นนี้ตรวจวิเคราะห์ผักและผลไม้สด ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จำนวน 217 ตัวอย่าง แบ่งเป็นผักและผลไม้สดที่จัดอยู่ในขอบข่ายและไม่อยู่ในขอบข่ายของวิธีที่พัฒนา จำนวน 88 และ 129 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบว่าตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง จำนวน 85 ตัวอย่าง พบเกินเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 22 ตัวอย่าง และไม่พบการตกค้าง จำนวน 132 ตัวอย่าง ในการตรวจเพื่อเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น ตรวจพบสาร chlorpyrifos ซึ่งเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ที่ห้ามผลิต นำเข้า ส่งออก นำผ่าน หรือมีไว้ครอบครองตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีวัตถุอันตราย ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2563)⁽¹⁸⁾ และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 419 พ.ศ. 2563⁽¹⁹⁾ ถึงแม้ว่ายังตรวจพบ chlorpyrifos แต่จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบนั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนประกาศเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 อย่างไรก็ตาม ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย มีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาสมรรถนะของวิธีวิเคราะห์ให้ครอบคลุมชนิด

ของผักและผลไม้สดอย่างน้อย 10 กลุ่ม จาก 16 กลุ่ม ตัวอย่าง commodity class⁽²⁰⁾ ให้สอดคล้องกับชนิดตัวอย่างผักและผลไม้สดนำเข้า ครอบคลุมชนิดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามมาตรฐานสากลของคณะกรรมการโครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex)⁽²¹⁾ และครอบคลุมตามที่กฎหมายกำหนดต่อไป

สรุป

วิธีการตรวจวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS แบบ multi pesticide residue analysis ที่พัฒนาขึ้นนี้เหมาะสมกับสารตรวจวิเคราะห์ จำนวน 114 ชนิดสาร แม้ว่ามีข้อจำกัดเรื่องคุณลักษณะของวิธี แต่เป็นวิธีการที่มีขีดความสามารถในการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วดีกว่าวิธีการเดิมที่ใช้วิเคราะห์ด้วย GC ซึ่งสามารถตรวจวิเคราะห์ผักและผลไม้สดนำเข้าจากด่านอาหารและยาได้ดีระดับหนึ่ง จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์ที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามเกณฑ์ครอบคลุมผักและผลไม้ทุกประเภทและครอบคลุมชนิดของสารตามกฎหมายของประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวอัมรา โยวัง ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย ดร.ศุภฤกษ์ นิภาพฤกษ์ ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9 นครราชสีมา สำหรับคำแนะนำและข้อเสนอแนะ ขอขอบคุณ นางสาววาสนี ว่องไว และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี กลุ่มคุ้มครองผู้บริโภคด้านสาธารณสุข ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย ที่ช่วยในกระบวนการเก็บ เตรียม และสกัดตัวอย่าง สำหรับดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Diet and nutrition in the prevention of chronic disease. WHO technical report series 916. Geneva: World Health Organization; 2003 p. 24

2. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 387 (พ.ศ. 2560) เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 228 ง (วันที่ 18 กันยายน 2560). หน้า 8.
3. Anastassiades M, Lehotay SJ, Stajnbaher D, Schenck FJ. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "dispersive solid-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce. *J AOAC Int* 2003; 86(2): 412-31.
4. CAC/GL41-1993. Analysis of pesticide residues: portion of commodities to which codex MRLs apply and which is analyzed. Rome, Italy: Codex Alimentarius; 2010.
5. AOAC official method 2007.01 pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with Magnesium Sulfate. In: Latimer GW, editor. Official methods of analysis of AOAC international. 22nd ed. Oxford, Untited Kingdom: AOAC International; 2023. p. 16-26.
6. Hollosi L, Bousova K, Godula M. Validation of the method for determination of pesticide residues by Gas Chromatography-triple-stage quadrupole mass spectrometry. Dreieich, Germany: Food Safety Response Center; 2016.
7. Magnusson B. Eurachem guide: the fitness for purpose of analytical methods: a laboratory guide to method validation and related topics. 2nd ed. Untited Kingdom: LGC (Teddington) Ltd; 2014.
8. EU Reference Laboratories for Residues of pesticides. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed SANTE 11312/2021. SANTE 2021; 11312: 1-55.
9. How should methods be validated. In: Magnusson B. Eurachem guide: the fitness for purpose of analytical methods: a laboratory guide to method validation and related topics. 2nd ed. Untited Kingdom: LGC (Teddington) Ltd; 2014. p. 5-25.
10. CAC/GL 40-1993. Guidelines on good laboratory practice in pesticide residue analysis: apply and which is analyzed. Rome, Italy: Codex Alimentarius; 2010. p. 20.
11. Ellison SL, Williams A, editors. Eurachem/CITAC guide: quantifying uncertainty in analytical measurement. 3rd ed. Untited Kingdom: LGC (Teddington) Ltd; 2012.
12. ทิพวรรณ นิ่งน้อย. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว: นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2550.
13. สุวรรณ จารุณช, และคณะ. แนวปฏิบัติการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดทางเคมี. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2550.
14. SANCO/10684/2009. Method validation and quality control procedures for pesticides residues analysis in food and feed. United Kingdom: European Commission; 2012; p. 22-23.
15. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9045-2559. ใน: ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: การจัดกลุ่มสินค้าเกษตร: พืช. ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนพิเศษ 264 ง (วันที่ 18 พฤศจิกายน 2559). หน้า 6.
16. Ferrer C, Lozano A, Agüera A, Girón AJ, Fernández-Alba AR. Overcoming matrix effects using the dilution approach in multiresidue methods for fruits and vegetables. *J Chromatogr A* 2011; 1218(42): 7634-9.
17. เมดไทย. แครอท สรรพคุณและประโยชน์ของแครอท 25 ข้อ! (Carrot). [ออนไลน์]. 2565; [สืบค้น 20 ก.ย.2566]; [4 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://medthai.com/แครอท>.

18. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อ
วัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2563. ราชกิจจานุเบกษา
เล่ม 137 ตอนพิเศษ 117 ง (วันที่ 19 พฤษภาคม
2563). หน้า 56.
19. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 419) พ.ศ. 2563
ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522
เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ฉบับที่ 3). ราชกิจจานุ
เบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 257 ง (วันที่ 2 พฤศจิกายน
2563). หน้า 27.
20. CAC/GL 40-1993. Guidelines on good laboratory
practice in pesticide residue analysis: apply
and which is analyzed. Rome, Italy: Codex
Alimentarius; 2010. p. 30.
21. Codex Alimentarius International Food
Standard. Codex pesticides residues in food
online database. [online]. 2022; [cited 2023 Sep
20]; [1 screen]. Available from: URL: [https://
www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/
codex-texts/dbs/pestres/en](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en).

Method Validation of Pesticide Residues in Cabbage, Kale, Carrots and Oranges by GC-MS/MS

Pakphon Chaphonpak and Wasinee Wongwai

Regional Medical Sciences Center 1/1 Chiang Rai, Muang District, Chiang Rai 57100, Thailand

ABSTRACT Fresh fruits and vegetables are the most popular and widely consumed foods as they are rich sources of vitamins, minerals and fiber. Therefore, in commercial farming, using pesticides for increasing agricultural production is inevitable, resulting in pesticide residues affecting consumers' health. This study aimed to validate the method for multi-pesticide residue analysis of 122 pesticides in cabbage, kale, carrot and orange. The Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe (QuEChER) method was employed for the sample extraction and clean-up process. Then it was analyzed by GC-MS/MS with the multiple reaction monitoring (MRM) technique to reduce interference. The method's linearity range was 5–500 µg/kg, with $R^2 > 0.98$; the accuracy %recovery rates in cabbage, kale, carrot, and orange were 63.6–112.12%, 70.01–117.46%, 61.74–111.24%, and 49.00–117.74%, respectively; and the precision %RSD was less than 20%. The method showed a limit of detection (LOD) and a limit of quantification (LOQ) of 0.01 and 0.02 mg/kg, respectively. In the fiscal year 2022, the method was used to analyze pesticides in 217 samples of fruits and vegetables. It was found that 63 samples did not meet standards (29.03%). The top two commonly detected pesticide residues were chlorfenapyr and cypermethrin. In conclusion, this method for kale met all acceptance criteria. In cabbage, carrots, and oranges, 88 substances met the criteria, but the other 34 substances did not. So, further studies on this matter to meet the multi-pesticide residue analysis criteria for fruit and vegetable categories and all pesticides according to the laws and regulations should be carried out.

Keywords: Multi-pesticide residues, GC-MS/MS, Fresh vegetables and fruits

การศึกษาประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรม ในหญิงไทยตั้งครรภ์ ด้วยวิธี Non-Invasive Prenatal Testing (NIPT) เปรียบเทียบกับ วิธี Quadruple Test (QT)

พรณภา คำพันธ์ จินตนา ว่องวิไลรัตน์ และ ศราวุธ เงินจันทร์
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ อำเภอเมือง นครสวรรค์ 60000

บทคัดย่อ ปัจจุบันการตรวจคัดกรองด้วยวิธี quadruple test (QT) สามารถคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 21 ได้ร้อยละ 81 เมื่อพบความเสี่ยงสูงต้องเจาะน้ำคร่ำตรวจยืนยันซึ่งทำให้มีความเสี่ยงแท้งบุตรจากการเจาะร้อยละ 0.5 รายงานการตรวจดีเอ็นเอทารกในครรภ์จากตัวอย่างเลือดมารดาด้วยวิธี noninvasive prenatal testing (NIPT) มีความแม่นยำสูง การวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ด้วยวิธี NIPT เปรียบเทียบกับวิธี QT โดยวิธีเจาะน้ำคร่ำเพื่อตรวจโครโมโซม (karyotyping) เป็นวิธียืนยัน ผลการตรวจกลุ่มหญิงตั้งครรภ์จำนวน 2,120 ราย จากโรงพยาบาล 24 แห่ง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 พบว่าวิธี NIPT ตรวจได้ผลเสี่ยงสูงจำนวน 19 ราย (ร้อยละ 0.90) เจาะน้ำคร่ำส่งตรวจ karyotype จำนวน 19 ราย พบทารกมีความผิดปกติทั้งหมดในขณะวิธี QT พบผลเสี่ยงสูงจำนวน 669 ราย (ร้อยละ 31.56) เจาะน้ำคร่ำส่งตรวจ karyotype จำนวน 563 ราย มีผลโครโมโซมผิดปกติจำนวน 19 ราย (ร้อยละ 3.37) การติดตามทารกจำนวน 1,557 ราย (ผล QT เสี่ยงต่ำ 1,451 ราย และปฏิเสธการเจาะน้ำคร่ำ 106 ราย) ที่อายุหนึ่งเดือนหลังคลอดไม่พบทารกมีกลุ่มอาการดาวน์ การประเมินด้วยสถิติ Kappa ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบวิธี NIPT กับวิธี QT พบว่าไม่มีความสอดคล้องกัน ($KC = 0.040$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเจาะน้ำคร่ำเพื่อตรวจยืนยันทางโครโมโซม พบว่าวิธี NIPT มีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก ($KC = 1.000$) ในขณะที่วิธี QT ไม่มีความสอดคล้อง ($KC = 0.000$) สรุปได้ว่าการตรวจด้วยวิธี NIPT มีความแม่นยำสูงและช่วยลดอัตราการเจาะน้ำคร่ำเพื่อส่งตรวจยืนยันเมื่อเทียบกับวิธี QT ได้ร้อยละ 30.66 สามารถนำไปใช้ตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ของทารกในครรภ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรม, Noninvasive prenatal testing, Quadruple test, การตรวจโครโมโซม

Corresponding author E-mail: pornnapa.k@dmasc.mail.go.th

Received: 6 July 2023

Revised: 28 February 2024

Accepted: 29 February 2024

บทนำ

กลุ่มอาการดาวน์ (Down's syndrome) เป็นภาวะบกพร่องทางปัญญาที่สำคัญโรคหนึ่งซึ่งเกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 21 ที่มี 3 แท่ง (trisomy 21; T21) โดยมีลักษณะการแสดงออกทางระดับสติปัญญาต่ำกว่าคนปกติ คือ มีระดับสติปัญญา (intelligence quotient: IQ) ประมาณ 25–50 นอกจากนี้ผู้ป่วยยังมีลักษณะหน้าตาที่จำเพาะ เช่น ศีรษะเล็กกลม (small head) ท้ายทอยแบน (flattened occiput) ลิ้นใหญ่ จุกปาก (tongue protrusion) ทางตาซัน (up-slanting palpebral fissures) ตั้งจมูกแบน (flat nasal bridge) ผิวหนังบริเวณต้นคอหยาบ (redundant nuchal tissue) ลายฝ่ามือตัดขวาง (single transverse palmar crease) กระดูกข้อกลางของนิ้วก้อยสั้นหรือหายไป (hypoplasia of the middle phalanx of the fifth finger) ช่องว่างระหว่างนิ้วเท้าที่หนึ่งและสองกว้างกว่าปกติ (sandal-toe-gap) พบภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง (hypotonia) และหัวใจพิการแต่กำเนิดโดยเฉพาะภาวะผนังกันห้องหัวใจรั่ว (endocardial cushion defects) ลำไส้อุดตัน (duodenal atresia) ต่อมไทรอยด์ทำงานผิดปกติ (hypothyroidism) และเพิ่มโอกาสเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) เป็นต้น⁽¹⁾ โดยอุบัติการณ์ของการทารกกลุ่มอาการดาวน์ในประเทศไทยพบประมาณ 1 ใน 800 ถึง 1 ใน 1,000 ของการคลอดทั้งหมด^(2–5)

การตรวจคัดกรองสตรีตั้งครรภ์เพื่อลดอุบัติการณ์การมีบุตรในกลุ่มอาการดาวน์มีการพัฒนาการตามลำดับ ได้แก่ การใช้อายุของสตรีตั้งครรภ์ การตรวจสารชีวเคมีในเลือดหลายชนิด ได้แก่ pregnancy-associated plasma protein (PAPP-A), alpha-fetoprotein (AFP), unconjugated estriol (uE3), beta-human chorionic gonadotropin (β -hCG) และ dimeric inhibin-A ร่วมกับการตรวจความผิดปกติด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง รวมทั้งมีการผสมผสานใช้หลายวิธีทั้งในไตรมาสแรกและไตรมาสที่สองของการตั้งครรภ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจคัดกรองให้สูงขึ้น^(1,3) สำหรับประเทศไทยใช้วิธีการตรวจคัดกรองด้วยวิธี

quadruple test (QT) โดยตรวจสารชีวเคมีในเลือดสตรีตั้งครรภ์ไตรมาสที่ 2 จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ AFP, uE3, β -hCG และ Dimeric inhibin-A ซึ่งอยู่ในชุดสิทธิประโยชน์การส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติในประกาศ เรื่อง ประเภทและขอบเขตของบริการสาธารณสุข (ฉบับที่ 10) เมื่อวันที่ 7 เมษายน 2559 ตรวจคัดกรองในกลุ่มเป้าหมายหญิงตั้งครรภ์อายุ 35 ปี ขึ้นไป และในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ขยายสิทธิประโยชน์ให้ตรวจคัดกรองครอบคลุมหญิงตั้งครรภ์ทุกช่วงอายุ ข้อมูลการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ตามแนวทางเวชปฏิบัติของราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย พบว่าวิธี QT มีความไวในการคัดกรองทารกที่เป็นดาวน์ซินโดรมร้อยละ 81 โดยมีผลบวกลวงร้อยละ 5⁽⁶⁾ ข้อมูลจากงานบริการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ด้วยวิธี QT ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ (ศวก. ที่ 3) ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2564 มีการตรวจตัวอย่างซีรัมของหญิงตั้งครรภ์ที่ได้รับจากโรงพยาบาลทั่วประเทศจำนวน 62,625 ราย จำแนกเป็นหญิงตั้งครรภ์อายุ 35 ปีขึ้นไปจำนวน 12,238 และอายุต่ำกว่า 35 ปี จำนวน 50,387 ราย พบผลตรวจเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงต่อการมีทารกในครรภ์เป็นดาวน์ซินโดรมรวม จำนวน 4,778 ราย (ร้อยละ 7.63) โดยเป็นหญิงตั้งครรภ์อายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไป ร้อยละ 18.69 (จำนวน 2,287 ราย) ซึ่งสูงมากกว่าหญิงตั้งครรภ์กลุ่มอายุน้อยกว่า 35 ปี ที่พบความเสี่ยงสูงร้อยละ 4.94 (จำนวน 2,491 ราย) กลุ่มที่มีผลตรวจคัดกรองเสี่ยงสูง แพทย์จะทำการเจาะน้ำคร่ำก่อนคลอดเพื่อส่งวินิจฉัยดาวน์ซินโดรมด้วยวิธีตรวจโครโมโซม (karyotyping) แต่การเจาะน้ำคร่ำถือเป็นการตรวจแบบรุกราน (invasive testing) และอาจทำให้หญิงตั้งครรภ์มีความเสี่ยงต่อการแท้งบุตรจากการเจาะร้อยละ 0.5⁽⁷⁾

ปัจจุบันมีการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์แบบไม่รุกราน (noninvasive prenatal testing; NIPT) ซึ่งเป็นการตรวจดีเอ็นเอของทารกในครรภ์โดยใช้ตัวอย่างเลือดมารดา (cell-free DNA) เป็นวิธีที่มีรายงานว่ามีประสิทธิภาพสูง มีความแม่นยำมากกว่าและให้ผลบวกลวง

น้อยกว่าการตรวจด้วยวิธี QT⁽⁷⁾ วิธี NIPT สามารถตรวจพบดีเอ็นเอของทารกในครรภ์ที่อยู่ในกระแสเลือดมารดาตั้งแต่อายุครรภ์ 5–7 สัปดาห์^(8,9) ซึ่งผลการทดสอบจะแม่นยำมากขึ้นเมื่อตรวจในมารดาที่มีอายุครรภ์ตั้งแต่ 10 สัปดาห์ขึ้นไป เนื่องจากมีปริมาณของ cell-free DNA เพิ่มขึ้น⁽⁹⁾ โดย NIPT มีความไวในการตรวจพบทารกในครรภ์เป็นดาวน์ซินโดรมร้อยละ 99.3 ด้วยอัตราการบวกผลร้อยละ 0.1⁽¹⁰⁾ การตรวจคัดกรองด้วยวิธี NIPT ช่วยลดจำนวนการเจาะน้ำคร่ำในหญิงตั้งครรภ์และลดความเสี่ยงแท้งของทารกในครรภ์จากการเจาะน้ำคร่ำจากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมของทารกในครรภ์ด้วย NIPT ในประเทศไทยพบได้น้อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความไว (sensitivity) ความจำเพาะ (specificity) ค่าการทำนายผลบวก (positive predictive value) ค่าการทำนายผลลบ (negative predictive value) และความสอดคล้อง (agreement) ของการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมในหญิงไทยตั้งครรภ์ด้วยวิธี NIPT เปรียบเทียบกับวิธี QT และประเมินวิธี NIPT ต่อการลดปริมาณหญิงตั้งครรภ์ที่ต้องถูกเจาะน้ำคร่ำเพื่อตรวจวินิจฉัยความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 21 โดยการเจาะน้ำคร่ำด้วยวิธี karyotyping ในการยืนยัน

วัสดุและวิธีการ

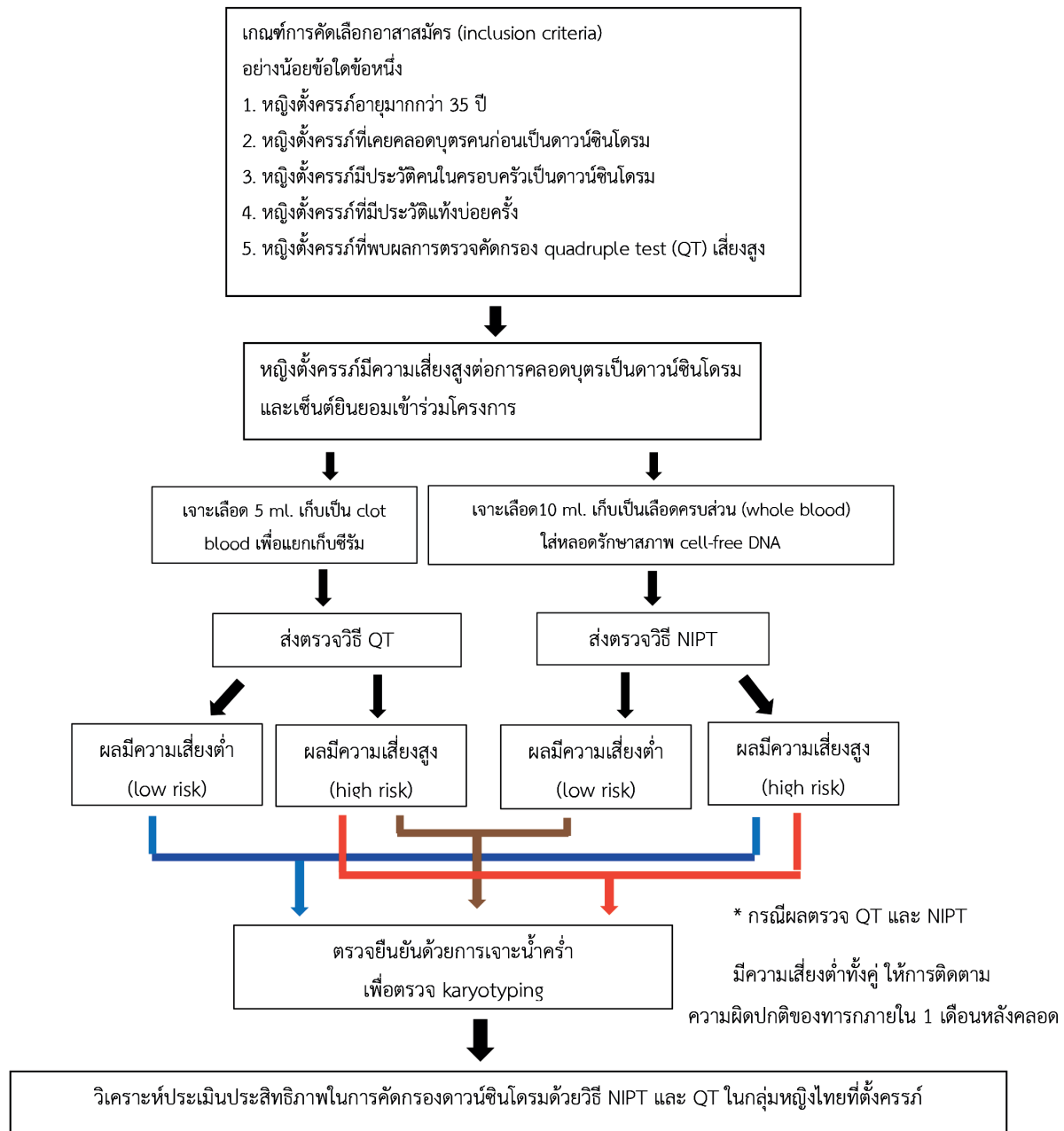
กลุ่มตัวอย่างศึกษา

กลุ่มอาสาสมัครหญิงตั้งครรภ์ชาวไทย ช่วงอายุครรภ์ 14–18 สัปดาห์ ฝากครรภ์กับโรงพยาบาลที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 24 แห่ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์–กันยายน พ.ศ.2565 และจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงต่อการมีบุตรที่มีความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 21 (กลุ่มอาการดาวน์ซินโดรม) และผ่านการพิจารณาคัดเลือกเข้าร่วมงานวิจัยตามหลักเกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างอย่างน้อยข้อใดข้อหนึ่ง (inclusion criteria) ดังนี้ 1) หญิงตั้งครรภ์อายุมากกว่า 35 ปี 2) หญิงตั้งครรภ์ที่เคยคลอดบุตรคนก่อนเป็นดาวน์ซินโดรม 3) หญิงตั้งครรภ์ที่มีประวัติคนในครอบครัวเป็นดาวน์ซินโดรม เช่น พี่น้องและญาติที่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือด

4) หญิงตั้งครรภ์ที่มีประวัติแท้งเองก่อนอายุครรภ์ 20 สัปดาห์ ตั้งแต่ 3 ครั้งขึ้นไป และ 5) หญิงตั้งครรภ์ที่พบผลการตรวจคัดกรอง QT เสี่ยงสูง และเกณฑ์พิจารณาตัวอย่างที่ไม่นำมาศึกษา (exclusion criteria) ได้แก่ อาสาสมัครที่ถูกคัดกรองเข้าร่วมโครงการแต่ถอนตัวด้วยเหตุผลใดก็ตาม หรือหญิงตั้งครรภ์ที่มีจำนวนทารกในครรภ์มากกว่า 1 ราย (ครรภ์แฝด)

ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

กระบวนการเตรียมตัวอย่างและจัดเก็บตัวอย่าง โดยหญิงตั้งครรภ์ตามเกณฑ์กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาสมัครใจเข้าร่วมโครงการจะได้รับคำแนะนำความรู้กลุ่มอาการดาวน์ การตรวจคัดกรอง การตรวจยืนยันเมื่อผลคัดกรองเสี่ยงสูง และการยุติการตั้งครรภ์หรือการดูแลทารกเมื่อพบทารกมีภาวะกลุ่มอาการดาวน์พร้อมลงนามในเอกสารยินยอมรับการตรวจด้วยความสมัครใจ (consent form) กรอกประวัติหญิงตั้งครรภ์และเก็บตัวอย่างเลือดปริมาตร 15 มิลลิลิตร โดยแยกเป็นหลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการปั่นแยกซีรัมสำหรับตรวจคัดกรองด้วยวิธี QT และใส่หลอดสำหรับเก็บ cell-free DNA ปริมาตร 10 มิลลิลิตรเพื่อตรวจคัดกรองด้วยวิธี NIPT นำส่งตัวอย่างด้วยระบบการขนส่ง (logistic) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิของหลอดตัวอย่างซีรัมและหลอด cell-free DNA ตั้งแต่เข้ารับที่โรงพยาบาลต้นทางจนถึงห้องปฏิบัติการสวท. ที่ 3 เพื่อตรวจวิเคราะห์ ซึ่งจะรายงานผลตรวจวิเคราะห์พร้อมการแปลผลกลับยังโรงพยาบาลที่เข้าร่วมโครงการทางระบบออนไลน์ (web online report) เพื่อให้ผู้ให้คำปรึกษาของโรงพยาบาลนั้นเป็นผู้แจ้งผลการตรวจ กรณีผลการตรวจคัดกรองอย่างใดอย่างหนึ่งพบความเสี่ยงสูง ทางโรงพยาบาลต้องเจาะน้ำคร่ำตรวจด้วยวิธี karyotyping เพื่อตรวจวินิจฉัยยืนยันกับหน่วยงานรับตรวจตามระบบของโรงพยาบาล และส่งผลกลับมายัง สวท. ที่ 3 ภายในระยะเวลา 1 เดือน หลังทราบผลตรวจ กรณีผลตรวจคัดกรองมีความเสี่ยงต่ำหญิงตั้งครรภ์จะไม่ได้รับการตรวจยืนยัน แต่จะมีการติดตามความผิดปกติของทารกภายในระยะเวลา 1 เดือนหลังคลอด ขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การเก็บตัวอย่างเลือด

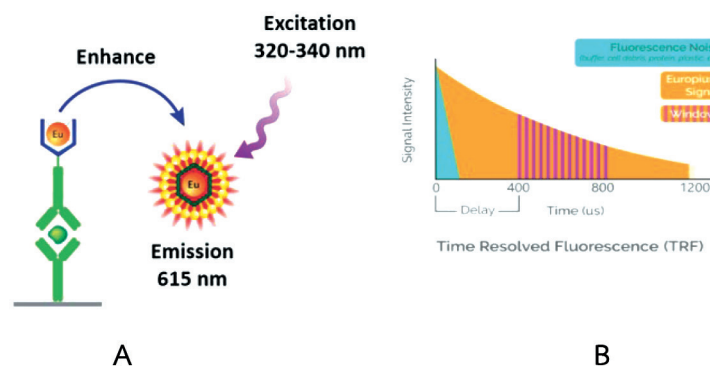
เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลร่วมโครงการเจาะเก็บเลือดจากหลอดเลือดดำของหญิงตั้งครรภ์ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการปริมาตร 15 มิลลิลิตร สำหรับตรวจคัดกรองทั้ง 2 วิธี โดยวิธี QT ใช้ตัวอย่างเลือดปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดขนาด 12×75 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้ให้เลือดแข็งตัวประมาณ 30 นาที และปั่นแยกซีรัมที่โรงพยาบาลร่วมโครงการ ภายใน 2 ชั่วโมง⁽³⁾ ความเร็ว 3,000 rpm (ประมาณ 1,500 g) นาน 10–15 นาที แยกเก็บซีรัม 1–2 มิลลิลิตร ใส่หลอดใหม่และเก็บรักษาไว้

ที่อุณหภูมิ -20 ± 5 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการนำส่งและวิธี NIPT ใช้ตัวอย่างเลือดปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในหลอด cell-free DNA (Guangzhou Improve Medical Instruments, China) ได้เป็นเลือดครบส่วน (whole blood) เก็บรักษาหลอดเลือดไว้ที่อุณหภูมิ 19–25 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการขนส่งโดยนำส่งศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ ระยะเวลาไม่เกิน 5 วัน หลังจากเจาะเลือด

การตรวจวิเคราะห์ด้วย quadruple test (QT)

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารชีวเคมี 4 ชนิด ได้แก่ AFP, uE3, β -hCG และ Dimeric inhibin-A ในตัวอย่างซีรัมของหญิงตั้งครรภ์ช่วงอายุครรภ์ 14–18 สัปดาห์ ที่ส่งมาจากโรงพยาบาลร่วมวิจัยโดยใช้ชุดน้ำยา AutoDELFIA Inhibin A AutoDELFIA hAFP/FreehCG β Dual และ AutoDELFIA Unconjugated Estriol (uE3) (PerkinElmer, Finland) ด้วยเครื่องวิเคราะห์หี้อัตโนมิติ immunoassay รุ่น AutoDELFIA, (PerkinElmer, Finland) มีหลักการตรวจเป็น time resolved fluorescence (TRF)⁽¹²⁾ โดยสารชีวเคมีแต่ละชนิดในซีรัมจับกับแอนติบอดีจำเพาะที่ตรึงไว้กับหลอดทดสอบ และแอนติบอดีที่จำเพาะถูกติดฉลากด้วยธาตุในกลุ่ม lanthanide จากนั้นวัดสัญญาณแสงที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา 400–800 microsecond หลังได้รับสัญญาณแสงกระตุ้น (excitation) ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีสัญญาณรบกวนทำให้ได้ค่าสัญญาณที่จำเพาะ ดังแสดงในภาพที่ 2 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารชีวเคมีทั้ง 4 ชนิด มาคำนวณค่าความเสี่ยงโดยใช้โปรแกรม LifeCycle™ (PerkinElmer, Finland) ซึ่งคำนวณค่า AFP, uE3, β -hCG และ Inhibin-A ออกมาเป็น

ค่าจำนวนเท่าของค่ามัธยฐานในกลุ่มประชากรปกติที่อายุครรภ์เท่ากัน (multiple of median; MoM) นำ MoM ทั้ง 4 ค่า มาคำนวณความเสี่ยงร่วมกับข้อมูลจากประวัติหญิงตั้งครรภ์ ได้แก่ อายุหญิงตั้งครรภ์ อายุครรภ์วัน-เวลาที่เจาะเก็บตัวอย่างเลือด ประวัติคลอดบุตรเป็นกลุ่มอาการดาวน์และกลุ่มอาการอื่นๆ ประวัติการเป็นเบาหวานที่รักษาด้วยอินซูลิน ในการตั้งครรภ์ครั้งปัจจุบัน การตั้งครรภ์จากการผสมเทียม และประวัติการสูบบุหรี่ได้เป็นค่าความเสี่ยงที่ทารกในครรภ์มีโอกาสเป็น trisomy 21 (Down syndrome), trisomy 18 (Edward's syndrome), trisomy 13 (Patau syndrome) หรือ neural tube defect โดยใช้ค่าตัด screening cut-off ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1:250 สำหรับผลการประเมินเป็น ความเสี่ยงสูง คือ อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงสูงมากพอที่จะแนะนำให้ทำการวินิจฉัยก่อนคลอดด้วยการเจาะน้ำคร่ำตรวจด้วยวิธี karyotyping แต่ไม่ได้หมายความว่าทารกจะต้องเป็นกลุ่มอาการดาวน์ ส่วนผลการประเมินเป็น ความเสี่ยงต่ำ คือ มีค่าความเสี่ยงน้อยกว่า 1:250 อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำกว่าที่จะแนะนำให้ทำการวินิจฉัยก่อนคลอด แต่ไม่ได้หมายความว่าทารกจะไม่เป็นกลุ่มอาการดาวน์



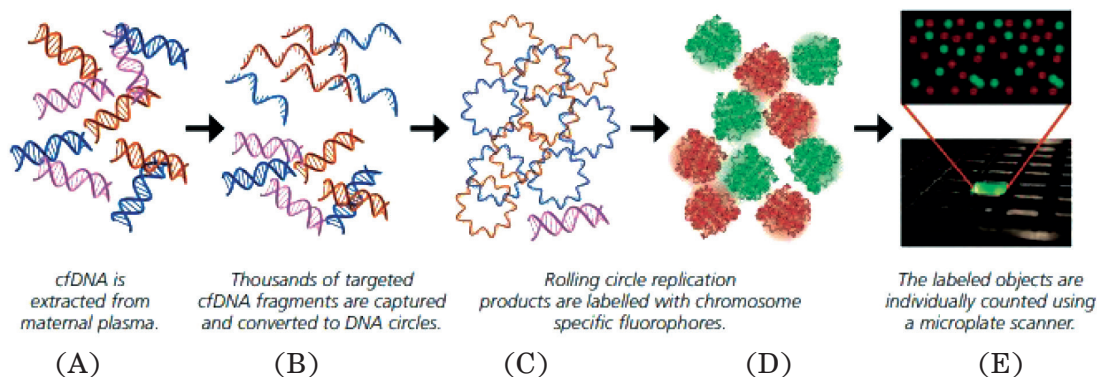
ภาพที่ 2 หลักการ time resolved fluorescence (TRF) (A): alpha-fetoprotein (AFP), unconjugated estriol (uE3), beta-human chorionic gonadotropin (β -hCG) และ dimeric inhibin-A จับกับแอนติบอดีที่จำเพาะติดฉลากด้วยธาตุในกลุ่ม lanthanide เมื่อกระตุ้นด้วยรังสีที่มีความยาวคลื่น 320–340 nm จะเปล่งออกมาที่มีความยาวคลื่น 615 nm (B): การวัดความเข้มแสงที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา 400–800 microsecond⁽¹¹⁾

การตรวจวิเคราะห์ NIPT test

ปั่นหลอดเก็บเลือดครบส่วน (whole blood) เพื่อแยกพลาสมาโดยใช้เครื่อง centrifuge (รุ่น 5810R, Eppendorf, Germany) ที่ความเร็ว 1,300 g นาน 30 นาที ดูดพลาสมาปริมาตร 4 มิลลิลิตร แยกใส่หลอดใหม่ โดยระวังไม่ให้ดูดติดส่วนชั้นเซลล์เม็ดเลือดขาว (buffy coat) นำไปปั่นต่อที่ความเร็ว 2,400 g นาน 20 นาที แยกเก็บเฉพาะส่วนใสด้านบน (supernatant) เพื่อให้ได้พลาสมาที่ไม่มีเซลล์ของมารดาปนเปื้อนหรือปนเปื้อนน้อยที่สุด ใส่หลอดเก็บปราศจากเชื้อ (storage tube) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการตรวจวิเคราะห์

เมื่อพร้อมตรวจนำหลอดพลาสมาเข้าสู่ระบบของเครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติ Vanadis NIPT system (PerkinElmer, Sweden)⁽¹²⁾ ประกอบด้วย ขั้นตอนการสกัด cell-free DNA โดยหลักการ magnetic Beads ด้วยเครื่องสกัดอัตโนมัติ Vanadis Extract (PerkinElmer, Sweden) จากนั้นเพิ่มจำนวน cell-free DNA ด้วยเครื่อง Vanadis Core (PerkinElmer, Sweden) ซึ่งมีการตัด cell-free DNA ด้วยเอนไซม์ที่ตำแหน่งจำเพาะเพื่อให้ได้ชิ้นส่วน DNA

ที่ต้องการ (chromosome fragments) และทำการเพิ่มอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เพื่อแยกสาย fragments ก่อนจับกับ probe จำนวนหลายพันชุดในตำแหน่งที่จำเพาะของโครโมโซมคู่ที่ 21, 13, 18 และ Y โดย probe สำหรับแต่ละโครโมโซมมีการติดฉลากสารเรืองแสงที่แตกต่างกันเพื่อสร้างวงแหวนดีเอ็นเอ (DNA circle) ที่มีสารเรืองแสงก่อนเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยกระบวนการ rolling circle replication และวัดปริมาณสารเรืองแสงด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Vanadis View (PerkinElmer, Sweden) โดยใช้เทคโนโลยี imaging and counting คำนวณเป็นสัดส่วนของโครโมโซมที่ตรวจวัดเทียบกับโครโมโซมควบคุม เพื่อวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแท่งโครโมโซม ดังแสดงในภาพที่ 3 และแปลผลการทดสอบด้วยโปรแกรม LifeCycle (PerkinElmer, Finland) โดยการคำนวณสัดส่วนโครโมโซมที่ตรวจวัดเป็นค่า Z-score ร่วมกับประวัติหญิงตั้งครรภ์เป็นค่าความเสี่ยงที่ทารกในครรภ์มีโอกาสเป็น trisomy 21 (Down syndrome), trisomy 18 (Edward's syndrome) และ trisomy 13 (Patau syndrome) ค่า screening cut-off ของ Z-score สำหรับ trisomy 21 คือ 3.5 สำหรับ trisomy 13 และ trisomy 18 คือ 3.15



ภาพที่ 3 หลักการตรวจ Vanadis NIPT system⁽¹²⁾ cell-free DNA ของทารกจากพลาสมาของมารดา จะถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะในตำแหน่งที่ต้องการตรวจวิเคราะห์เพื่อให้ได้ชิ้นส่วน DNA ที่ต้องการ (chromosome fragments) (3A): จะถูกจับด้วย probe จำนวนหลายพันชุดในตำแหน่งที่จำเพาะเพื่อสร้างวงแหวนดีเอ็นเอ (DNA circle)(3B และ 3C): จากนั้น จะมีการทำลายสายดีเอ็นเอที่ไม่ถูกจับกับ probe คู่สม และเพิ่มจำนวนสาย DNA ที่ต้องการด้วยกระบวนการ rolling circle replication จะได้ DNA สายยาวที่ม้วนพันกันเป็นกลุ่ม (DNA balls) ซึ่งจะถูกติดฉลากด้วยสารเรืองแสงที่แตกต่างกันในแต่ละโครโมโซมที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ (3D): ตรวจนับ DNA balls ที่เรืองแสงด้วยเครื่องสแกน โดยเทคโนโลยี imaging and counting (3E): เพื่อคำนวณเป็นสัดส่วนของโครโมโซมที่ตรวจวัด

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลตัวอย่างที่มีผลการตรวจเสี่ยงสูงซึ่งเป็นการตรวจ karyotyping เพื่อยืนยัน และการติดตามทารกที่อายุ 1 เดือนหลังคลอด โดยวิธี QT หรือ NIPT มาวิเคราะห์ความไว ความจำเพาะ ค่าทำนายการเป็นบวก

ค่าทำนายการเป็นลบ และความสอดคล้อง ด้วยสถิติ Cohen's Kappa ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 25 ซึ่งแปลความหมาย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแปลความหมายของค่าสถิติ Cohen's Kappa (Landis & Koch, 1977)⁽¹³⁾

ค่าสถิติ Kappa (Kappa coefficient (KC) score)	ขนาดความสอดคล้อง (Strang of Agreement)
< 0.00	ต่ำ (Poor)/ไม่สอดคล้อง
0.00 – 0.20	น้อย (Slight)
0.21 – 0.40	พอใช้ (Fair)
0.41 – 0.60	ปานกลาง (Moderate)
0.61 – 0.80	ดี (Substantial)
0.81 – 1.00	ดีมาก ค่อนข้างสมบูรณ์ (Almost perfect)

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ผ่านการอนุมัติโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข หมายเลขอ้างอิงที่ สธ 0625/EC 133 ลงวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 และได้ รับอนุญาตให้ดำเนินการวิจัยจากโรงพยาบาลที่เข้าร่วมโครงการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ (ศวก. ที่ 3) ประสานกับหน่วยงานโรงพยาบาลรับ ผักครรภ์

ผล

การศึกษาประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ด้วยวิธี NIPT เปรียบเทียบกับวิธี QT ยืนยันผลกลุ่มเสี่ยงสูงโดยการเจาะน้ำคร่ำตรวจด้วยวิธี karyotyping ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ตามเกณฑ์และสมัครใจเข้าร่วมโครงการ จำนวน 2,241 ราย พบว่า กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่มีผลคัดกรองดาวน์ซินโดรมด้วยวิธี NIPT Test หรือวิธี QT เพียงอย่างเดียวหนึ่งและกลุ่มของหญิงตั้งครรภ์ที่ไม่ได้อยู่ในเงื่อนไขของเกณฑ์ (exclusion criteria) จำนวน 119 ราย หญิงตั้งครรภ์

มีภาวะแท้งไม่ทราบสาเหตุ จำนวน 2 ราย รวมเป็นจำนวน 121 ราย ซึ่งได้คัดออกจากโครงการ คงเหลือกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 2,120 ราย จากโรงพยาบาลทั่วประเทศของประเทศไทยจำนวน 24 แห่ง รายชื่อโรงพยาบาล และจำนวนหญิงตั้งครรภ์ที่เข้าร่วมโครงการแยกตามเขตสุขภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมด้วยวิธี NIPT พบมีความเสี่ยงสูง 19 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.90 ส่งตรวจวินิจฉัยยืนยันต่อด้วยการเจาะน้ำคร่ำตรวจด้วยวิธี karyotyping จำนวน 19 ราย พบทารกมีความผิดปกติ 19 ราย ซึ่งผลการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมด้วยวิธี QT พบเสี่ยงสูง จำนวน 669 ราย (ร้อยละ 31.56) ยินยอมให้เจาะน้ำคร่ำส่งตรวจวินิจฉัยโครโมโซมยืนยัน จำนวน 563 ราย พบโครโมโซมมีความผิดปกติ จำนวน 19 ราย (ร้อยละ 3.37) หญิงตั้งครรภ์ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยที่ไม่ได้รับการเจาะน้ำคร่ำจำนวน 1,557 ราย (มีผล QT เสี่ยงต่ำ จำนวน 1,451 ราย และผล QT เสี่ยงสูงแต่ไม่ยินยอมรับการเจาะน้ำคร่ำตรวจวินิจฉัยโครโมโซม จำนวน 106 ราย) ได้รับการติดตามทารกทุกรายที่อายุ 1 เดือนหลังคลอดไม่พบทารกที่เป็นดาวน์ซินโดรม

ตารางที่ 2 รายชื่อโรงพยาบาลและจำนวนหญิงตั้งครรภ์ที่เข้าร่วมโครงการ

ลำดับที่	เขตสุขภาพ	ชื่อโรงพยาบาล	จังหวัด	จำนวนหญิงตั้งครรภ์ เข้าร่วมโครงการ (ราย)
1	2	โรงพยาบาลอุดรดิตถ์	อุดรดิตถ์	61
2		โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช	ตาก	84
3		โรงพยาบาลสุโขทัย	สุโขทัย	71
4		โรงพยาบาลเพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	20
5	3	โรงพยาบาลชัยนาทนเรนทร	ชัยนาท	25
6		โรงพยาบาลกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	52
7		โรงพยาบาลพิจิตร	พิจิตร	28
8		โรงพยาบาลสวรรค์ประชารักษ์	นครสวรรค์	78
9		โรงพยาบาลอุทัยธานี	อุทัยธานี	13
10	4	โรงพยาบาลอ่างทอง	อ่างทอง	69
11		โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช	ลพบุรี	56
12		โรงพยาบาลสิงห์บุรี	สิงห์บุรี	77
13		โรงพยาบาลสระบุรี	สระบุรี	98
14		โรงพยาบาลพระนั่งเกล้า	นนทบุรี	67
15		โรงพยาบาลปทุมธานี	ปทุมธานี	44
16		โรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา	พระนครศรีอยุธยา	28
17		โรงพยาบาลนครนายก	นครนายก	59
18	5	โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยมหาราช	สุพรรณบุรี	189
19	6	โรงพยาบาลสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	299
20		โรงพยาบาลบางบ่อ	สมุทรปราการ	62
21		โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช	ชลบุรี	68
22	8	โรงพยาบาลอุดรธานี	อุดรธานี	111
23	9	โรงพยาบาลสุรินทร์	สุรินทร์	184
24	11	โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช	277

การตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมด้วยวิธี NIPT เมื่อเทียบกับวิธี karyotyping มีความไว และค่าทำนายผลบวกร้อยละ 100 ในขณะที่วิธี QT มีความไวร้อยละ 100 และมีค่าทำนายผลบวกร้อยละ 2.84 และเมื่อเทียบกับวิธี karyotyping และการติดตามทารกหลังคลอดที่

อายุ 1 เดือน วิธี NIPT มีความจำเพาะ และค่าการทำนายผลลบร้อยละ 100 ส่วนวิธี QT มีความจำเพาะร้อยละ 69.06 และมีค่าการทำนายผลลบร้อยละ 100 ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกจากนี้วิธี NIPT รายงานผลเพศได้ตรงกันทุกรายคิดเป็นการแปลผลเพศถูกต้องร้อยละ 100

ตารางที่ 3 ผลการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ด้วยวิธี NIPT และ QT

Parameter	QT	NIPT
หญิงตั้งครรภ์ที่ตรวจเลือด (n)	2,120	2,120
ผลการตรวจกรองมีความเสี่ยงสูง (n)	669	19
ได้รับการเจาะน้ำคร่ำ (n)	563	19
ปฏิเสธการเจาะน้ำคร่ำ (n)	106	0
True positive (n)	19	19
False positive (n)	650	0
False negative (n)	0	0
True negative (n)	1,451	2,101
Sensitivity (%)	100.00	100.00
Specificity (%)	69.06	100.00
Positive predictive value (%)	2.84	100.00
Negative predictive value (%)	100.00	100.00

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความสอดคล้องในการคัดกรองความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 21 ด้วยสถิติ Cohen's Kappa ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าวิธี QT เปรียบเทียบกับวิธี NIPT มีค่า Kappa เท่ากับ 0.040 มีค่า p -value เท่ากับ 0.009 (< 0.05) แสดงถึงการตรวจคัดกรองหาความเสี่ยงดาวน์ซินโดรม โดยวิธี QT เทียบกับวิธี NIPT ไม่มีความสอดคล้องกัน วิธี QT เปรียบเทียบกับวิธี karyotyping สถิติ Kappa เท่ากับ 0.000 มีค่า p -value เท่ากับ 0.000 ไม่มีความสอดคล้องกัน ส่วนวิธี NIPT เปรียบเทียบกับ karyotyping สถิติ Kappa เท่ากับ 1.000 มีค่า p -value เท่ากับ 0.000 คือมีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับดีมาก (almost perfected)

วิจารณ์

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมด้วยวิธี NIPT เปรียบเทียบกับวิธี QT พบว่าการตรวจคัดกรองด้วยวิธี NIPT มีความไว ความจำเพาะ ค่าทำนายผลบวก และค่าทำนายผลลบ ร้อยละ 100 และวิธี QT มีความไวและค่าทำนายผลลบ ร้อยละ 100 แต่มีความจำเพาะและค่าทำนายผลบวกต่ำที่ร้อยละ

69.06 และ 2.84 ตามลำดับ ทำให้ต้องมีการเจาะน้ำคร่ำเพื่อส่งยืนยันการตรวจโครโมโซมโดยไม่จำเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแล้ว วิธี NIPT มีความจำเพาะมากกว่าวิธี QT 1.45 เท่า และมีค่าการทำนายผลบวกมากกว่า 35.21 เท่า ดังนั้นการใช้วิธี NIPT ในการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมสามารถช่วยลดการเจาะน้ำคร่ำซึ่งอาจทำให้หญิงตั้งครรภ์เกิดภาวะเสี่ยงต่อการแท้งได้

การวิเคราะห์ความจำเพาะและค่าทำนายผลลบในงานวิจัยนี้ไม่สามารถใช้การเจาะน้ำคร่ำเพื่อยืนยันการตรวจโครโมโซมที่เป็นปกติในรายที่มีผลการตรวจคัดกรองเสี่ยงต่ำ จึงไม่มีข้อบ่งชี้ในการเจาะน้ำคร่ำซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดภาวะแท้ง รวมทั้งมีหญิงตั้งครรภ์บางรายพบผลตรวจคัดกรองเสี่ยงสูงด้วยวิธี QT แต่วิธี NIPT พบผลเสี่ยงต่ำมีการปฏิเสธการเจาะน้ำคร่ำ จึงใช้การติดตามทารกที่อายุ 1 เดือนหลังคลอดในการระบุว่าเด็กมีหรือไม่มีอาการกลุ่มดาวน์

การวิจัยนี้พบจำนวนกลุ่มอาการดาวน์ 1:112 (19 ราย ใน 2,120 ราย) ซึ่งสูงกว่ารายงานอุบัติการณ์การเกิดกลุ่มอาการดาวน์ในประเทศไทยที่ 1:800 ถึง 1:1000⁽²⁻³⁾ เนื่องจากใช้เกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 5 ข้อ ตามรายละเอียดในวิธีการการคัดเลือกหญิงตั้งครรภ์

ที่มีความเสี่ยงสูง⁽¹⁴⁻¹⁶⁾ ทำให้มีโอกาสพบทารกกลุ่มอาการดาวน์ได้มากกว่าที่เคยมีรายงานอุบัติการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอายุของมารดาที่อายุมากยิ่งขึ้นเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดในครรภ์ที่มีความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 21 โดยหญิงตั้งครรภ์อายุ 45 ปี มีความเสี่ยงสูงขึ้นเป็น 40 เท่า ของหญิงตั้งครรภ์ที่อายุ 20 ปี⁽¹⁷⁾ ในการศึกษาครั้งนี้หญิงตั้งครรภ์ 2 ราย มีภาวะแท้งก่อนการเจาะน้ำคร่ำ โดยมีผล NIPT เป็นเสี่ยงสูง 1 ราย และ ผล QT เป็นเสี่ยงสูง 2 ราย แต่ไม่มีผลตรวจยืนยันความผิดปกติของโครโมโซมจากชิ้นเนื้อของทารก ทำให้ไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริงของการแท้งที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมกลุ่มอาการดาวน์หรือเกิดจากสาเหตุอื่นๆ จึงตัดออกจากการวิเคราะห์

การศึกษามีข้อจำกัดของการพบผลลบลง (false negative) เนื่องจากมีหญิงตั้งครรภ์ที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 2,120 ราย เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาจากประเทศอื่นที่มีหญิงตั้งครรภ์เข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 150,000 ราย⁽¹⁸⁾ โดยการตรวจคัดกรองด้วย NIPT อาจเกิดผลบวกลงจากสาเหตุ placental mosaicism, maternal copy number variations, maternal malignancy และ vanishing twin⁽¹⁹⁻²¹⁾

การตรวจด้วยวิธี NIPT สามารถทราบเพศของทารกได้ ซึ่งปัจจุบันมีเทคโนโลยีการตรวจหลายแบบโดยเป็นการตรวจแบบ whole genome approach และ targeted approach⁽²²⁾ งานวิจัยนี้ใช้ Vanadis NIPT เป็นการตรวจแบบ targeted approach ที่ตรวจวิเคราะห์เฉพาะตำแหน่งบนโครโมโซมที่ต้องการ ได้แก่ โครโมโซมคู่ที่ 21, 13, 18 และ Y ทั้งนี้ข้อจำกัดของวิธี Vanadis NIPT คือ ไม่สามารถรายงาน fetal fraction (FF) เป็นสัดส่วนปริมาณ cell-free DNA ของทารกที่อยู่ในเลือดของมารดา หากมีปริมาณที่ต่ำอาจทำให้ไม่สามารถออกรายงานผลได้ (no call results) เป็นสาเหตุที่ต้องเรียกหญิงตั้งครรภ์มาเจาะเลือดตรวจซ้ำ ซึ่งอัตราการเกิด no call results สามารถพบได้ในช่วง 1-8% ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการตรวจ⁽²³⁻²⁶⁾ หลักการ Vanadis NIPT ใช้เทคนิค rolling circle replication พบ no call rate 0.25%⁽²⁷⁾ จากสาเหตุอื่นๆ ได้

นอกจากนี้การตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ด้วยวิธี QT ยังมีข้อจำกัดในการตรวจ ที่ไม่สามารถตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมในหญิงตั้งครรภ์ที่เป็นครรภ์แฝดได้และจำกัดการตรวจคัดกรองที่อายุครรภ์ในไตรมาส 2 (มากกว่า 14 สัปดาห์) ในขณะที่การตรวจคัดกรองด้วยวิธี NIPT สามารถคัดกรองดาวน์ซินโดรมหญิงตั้งครรภ์แฝด⁽²⁷⁾ และสามารถเริ่มตรวจได้ตั้งแต่อายุครรภ์ 10 สัปดาห์ขึ้นไป ทำให้การตรวจคัดกรองด้วยวิธี NIPT เพิ่มโอกาสการตรวจพบตั้งแต่มารดาที่อายุครรภ์ยังน้อยและให้คู่สมรสได้รับคำปรึกษา มีการวางแผนครอบครัว ช่วยลดโอกาสที่จะพบทารกคลอดเป็นกลุ่มอาการดาวน์รายใหม่ ซึ่งวิธี NIPT ให้ผลสอดคล้องในระดับดีมากกับการเจาะน้ำคร่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตรวจคัดกรองด้วยวิธี NIPT มีราคาที่สูงกว่า วิธี QT ประมาณ 5 เท่า และมีข้อจำกัดที่ต้องใช้หลอดเก็บเลือดเฉพาะที่มีคุณสมบัติในการรักษา cell-free DNA ของลูกในเลือดของหญิงตั้งครรภ์

สรุป

วิธี NIPT เทียบกับวิธี QT ในการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์มีความจำเพาะมากกว่า 1.45 เท่า และมีค่าการทำนายผลบวกมากกว่า 35.21 เท่า การใช้วิธี NIPT ในการตรวจคัดกรองดาวน์ซินโดรมจะช่วยลดจำนวนหญิงตั้งครรภ์ที่ต้องได้รับการเจาะน้ำคร่ำโดยที่ไม่มีความผิดปกติได้ถึง 30.66% และลดความเสี่ยงที่หญิงตั้งครรภ์จะมีภาวะแท้งจากการเจาะน้ำคร่ำได้ ซึ่งการตรวจคัดกรองกลุ่มอาการดาวน์ด้วยวิธี NIPT ยังมีเทคโนโลยีการตรวจที่หลากหลาย รวมทั้งปัจจัยเรื่องอายุครรภ์ที่เหมาะสมและการขนส่ง ซึ่งต้องใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก่อนการผลักดันเข้าสู่นโยบายหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้าต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน (Conflict of Interests : COI)

คณะผู้วิจัยไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนในการดำเนินโครงการวิจัยนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ นายแพทย์ศุภกิจ ศิริลักษณ์ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ นายแพทย์บังลังก์ อุปพงษ์ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่สนับสนุนให้เกิดโครงการวิจัยนี้ขึ้น ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ นายแพทย์ชเนนทร์ วาภิรักษ์ ศาสตราจารย์นายแพทย์ ถวัลย์วงศ์ รัตนสิริ และรองศาสตราจารย์นายแพทย์ พญญ พันธุ์บุรณะ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการดำเนินงาน ขอขอบคุณนายราเมศ กรณีย์ หัวหน้ากลุ่มงานชันสูตรสาธารณสุข ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำในการเขียนโครงการและให้ความช่วยเหลือต่างๆ ตลอดการทำโครงการวิจัย ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยจากโรงพยาบาลทั้ง 24 แห่ง และผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการเก็บตัวอย่างอาสาสมัคร และตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง และขอขอบคุณบริษัท เอ็มพีกรุ๊ป (ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนเครื่องมือและน้ำยาสำหรับตรวจวิเคราะห์ จนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. เฟื่องลดา ทองประเสริฐ. การตรวจคัดกรองการตั้งครรภ์ ทารกกลุ่มอาการดาวน์ (Down syndrome screening). [ออนไลน์]. 2554; [สืบค้น 28 ต.ค. 2564]; [32 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://w1.med.cmu.ac.th/obgyn/lecturestopics/residents-fellows/1757>.
2. Wasant P, Kamolsilp M. The study of birth defects in the newborns at Siriraj Hospital (1990-1991). Siriraj Hosp Gaz 1993; 45(11): 749-58.
3. พิศพรรณ วีระยิ่งยง, จอมขวัญ โยธาสมุทร, ศรวณีย์ หนูชิต, ศุภวรรณ เพิ่มผลสุข, สุธิษุ ตั้งสัณติย์กุลชัย, ณัฐธิดา มาลาทอง, และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์การประเมินโครงการนำร่องการป้องกันและควบคุมกลุ่มอาการดาวน์ (โครงการประเมินเทคโนโลยีและนโยบายด้านสุขภาพ). นนทบุรี: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข; 2559.
4. พิระยุทธ สาณกุล. การตรวจคัดกรองทารกกลุ่มอาการดาวน์โดยวิธี Quadruple Marker Test. ว. ศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น 2561; 10(1): 1-11.
5. ศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น กรมอนามัย. โครงการป้องกันการเกิดทารกกลุ่มอาการดาวน์ เขตสุขภาพที่ 7 ปีงบประมาณ 2562. [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 25 ต.ค. 2564]; [27 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <http://203.157.71.148/data/cluster/mom/download/Down62.pdf>.
6. คณะอนุกรรมการอนามัยแม่และเด็ก พ.ศ. 2556-2558, คณะอนุกรรมการมาตรฐานวิชาชีพ พ.ศ. 2556-2558. แนวทางเวชปฏิบัติของราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย เรื่องการตรวจคัดกรองทารกกลุ่มอาการดาวน์ในสตรีตั้งครรภ์. กรุงเทพฯ: ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย; 2557.
7. คณะกรรมการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานการตรวจวินิจฉัยกลุ่มอาการดาวน์ในหญิงตั้งครรภ์ทางห้องปฏิบัติการ. คู่มือการตรวจทางห้องปฏิบัติการกลุ่มอาการดาวน์ในหญิงตั้งครรภ์. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2562. หน้า 8-18.
8. Wright CF, Burton H. The use of cell-free fetal nucleic acids in maternal blood for non-invasive prenatal diagnosis. Hum Reprod Update 2009; 15(1): 139-51.
9. Allyse M, Minear MA, Berson E, Sridhar S, Rote M, Hung A, et al. Non-invasive prenatal testing: a review of international implementation and challenges. Int J Womens Health 2015; 7: 113-26.
10. Dahl F, Ericsson O, Karlberg O, Karlsson F, Howell M, Persson F, et al. Imaging single DNA molecules for high precision NIPT. Sci Rep 2018; 8(1): 4549. (8 pages).
11. DELFIA time-resolved fluorescence assays. [online]; [cited 2021 Oct 15]. Available from: URL: <https://www.perkinelmer.com/th/lab-products-and-services/application-support-knowledgebase/delfia/delfia-trf-assays.html#DELFIAtime-resolvedfluorescenceassays-Assayprinciple>.
12. Vanadis® NIPT system noninvasive prenatal testing. [online]; [cited 2021 Oct 15]; [8 screens]. Available from: URL: https://resources.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/bro_vanadis_labbrochure.pdf.

13. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33(1): 159-74.
14. Lamb NE, Freeman SB, Savage-Austin A, Pettay D, Taft L, Hersey J, et al. Susceptible chiasmate configurations of chromosome 21 predispose to non-disjunction in both maternal meiosis I and meiosis II. *Nat Genet* 1996; 14(4): 400-5.
15. Morris JK. Commentary: clustering in Down syndrome. *Int J Epidemiol* 2008; 37(5): 1179-80.
16. Capalbo A, Hoffmann ER, Cimadomo D, Ubaldi FM, Rienzi L. Human female meiosis revisited: new insights into the mechanisms of chromosome segregation and aneuploidies from advanced genomics and time-lapse imaging. *Hum Reprod Update* 2017; 23(6): 706-22.
17. Sperling K, Scherb H, Neitzel H. Population monitoring of trisomy 21: problems and approaches. *Mol Cytogenet* 2023; 16: 6. (12 pages).
18. Zhang H, Gao Y, Jiang F, Fu M, Yuan Y, Guo Y, et al. Non-invasive prenatal testing for trisomies 21, 18 and 13: clinical experience from 146,958 pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015; 45(5): 530-8.
19. Hartwig TS, Ambye L, Sørensen S, Jørgensen FS. Discordant non-invasive prenatal testing (NIPT) - a systematic review. *Prenat Diagn* 2017; 37(6): 527-39.
20. Dai R, Yu Y, Zhang H, Li L, Jiang Y, Liu R, et al. Analysis of 17,428 pregnant women undergoing non-invasive prenatal testing for fetal chromosome in Northeast China. *Medicine* 2021; 100(6): e24740. (6 pages).
21. Grati FR, Malvestiti F, Ferreira JC, Bajaj K, Gaetani E, Agrati C, et al. Fetoplacental mosaicism: potential implications for false-positive and false-negative noninvasive prenatal screening results. *Genet Med* 2014; 16(8): 620-4.
22. Boon EM, Faas BH. Benefits and limitations of whole genome versus targeted approaches for noninvasive prenatal testing for fetal aneuploidies. *Prenat Diagn* 2013; 33(6): 563-8.
23. Yaron Y. The implications of non-invasive prenatal testing failures: a review of an under-discussed phenomenon. *Prenat Diagn* 2016; 36(5): 391-6.
24. Canick JA, Palomaki GE, Kloza EM, Lambert-Messerlian GM, Haddow JE. The impact of maternal plasma DNA fetal fraction on next generation sequencing tests for common fetal aneuploidies. *Prenat Diagn* 2013; 33(7): 667-74.
25. Fiorentino F, Bono S, Pizzuti F, Mariano M, Polverari A, Duca S, et al. The importance of determining the limit of detection of non-invasive prenatal testing methods. *Prenat Diagn* 2016; 36(4): 304-11.
26. Guy GP, Hargrave J, Dunn R, Price K, Short J, Thilaganathan B. Secondary non-invasive prenatal screening for fetal trisomy: an effectiveness study in a public health setting. *BJOG* 2021; 128(2): 440-46.
27. Pooh RK, Masuda C, Matsushika R, Machida M, Nakamura T, Takeda M, et al. Clinical validation of fetal cfDNA analysis using rolling-circle-replication and imaging technology in Osaka (CRITO Study). *Diagnostics* 2021; 11(10): 1837. (22 pages).

A Comparative Assessment of Non-Invasive Prenatal Testing (NIPT) and Quadruple Test (QT) for the Detection of Down Syndrome in Pregnant Thai Women

Pornnapa Khampan, Jintana Wongvilairat, and Sarawut Ngoenchan

Regional Medical Sciences Center 3 Nakhon Sawan, Muang District, Nakhon Sawan 60000, Thailand

ABSTRACT Currently, screening using the quadruple test (QT) method can detect Down syndrome, a genetic disease resulting from abnormalities in chromosome 21, at a rate of 81%. Upon detecting high-risk results, amniocentesis confirmation is required, posing a risk of miscarriage at 0.5%. From the literature review, there were reports on the efficacy of noninvasive prenatal testing (NIPT) in detecting fetal abnormalities from maternal blood samples. The objective of this research was to investigate the screening performance of NIPT compared to the QT method, using amniocentesis for karyotyping as the confirmation. The study involved 2,120 pregnant women from 24 hospitals in the fiscal year 2022. It was found that NIPT identified 19 high-risk cases (0.90%), all of which were confirmed for chromosomal abnormalities by karyotyping. In contrast, the QT method identified 669 high-risk cases (31.56%), with 19 out of 563 cases (3.37%) confirmed for chromosomal abnormalities by karyotyping. Follow-up of 1,557 infants (1,451 classified as low-risk by QT and 106 who declined amniocentesis) at one-month-old revealed no cases of Down syndrome. Statistical assessment using Kappa at a 95% confidence level to compare NIPT and QT methods showed poor agreement ($KC = 0.040$) compared to karyotyping confirmation. However, NIPT demonstrated excellent agreement ($KC = 1.000$) with karyotyping, while QT showed no agreement ($KC = 0.000$). In summary, NIPT screening exhibited high accuracy and reduced the rate of amniocentesis for confirmation by 30.66% compared to the QT method, making it an effective tool for screening fetal Down syndrome.

Keywords: Down syndrome, Screening, Noninvasive prenatal testing, Quadruple test, Karyotyping

การประเมินการได้รับสัมผัสโอคราทอกซินเอ จากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น ของคนไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2559-2564

สิริพร สะสีสม ศุภิรา ใจหา และ พนาวัลย์ กลิ่งกลางดอน

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ โอคราทอกซินเอ (ochratoxin A; OTA) เป็นสารพิษจากเชื้อราที่พบว่าการปนเปื้อนในอาหาร เป็นพิษต่อตับและไต และอาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการได้รับ OTA จากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น โดยรวบรวมผลวิเคราะห์การปนเปื้อน OTA ในกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น จำนวน 77, 25 และ 67 ตัวอย่าง ตามลำดับ ระหว่างปี พ.ศ. 2559-2564 พบ OTA คิดเป็นร้อยละ 5, 28 และ 87 ตามลำดับ ผลการศึกษาปริมาณการได้รับสัมผัสได้จากค่ามัธยฐานปริมาณสารที่ระดับ middle bound กับข้อมูลการบริโภคอาหารในประเทศไทยของประชากรทั้งหมด (per capita) ที่ระดับการบริโภคเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile) ที่ 97.5 ของกลุ่มอายุ 3 ปีขึ้นไป พบปริมาณการได้รับสัมผัส OTA มีค่า 0.89 และ 4.66 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัย Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) ที่กำหนดโดย WHO/JECFA เท่ากับ 112 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ พบว่าต่ำกว่าค่า PTWI มากกว่า 125 และ 24 เท่า ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งปนเปื้อนหลักทั้งสามชนิดนี้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคคนไทย

คำสำคัญ: โอคราทอกซินเอ, กาแฟ, พริกแห้ง, พริกป่น, การประเมินการได้รับสัมผัส

Corresponding author E-mail: siriporn.sa@dmsc.mail.go.th

Received: 26 September 2023

Revised: 7 January 2024

Accepted: 22 January 2024

บทนำ

โอคราทอกซินเอ (ochratoxin A; OTA) เป็นสารพิษจากเชื้อราที่มีพิษสูงสุดในกลุ่มโอคราทอกซินที่พบตามธรรมชาติ สร้างขึ้นจากเชื้อราสกุล *Aspergillus* เช่น *A. ochraceus*, *A. flavus* และ *A. parasiticus* พบในแถบอากาศร้อนชื้น เจริญเติบโตได้ดีที่ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity; a_w) เท่ากับ 0.79 ในช่วงอุณหภูมิ 8–37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสร้างสารพิษอยู่ในช่วง 25–28 องศาเซลเซียส สำหรับพื้นที่ที่มีภูมิอากาศหนาวเย็น OTA ที่พบในอาหารจะเกิดจากเชื้อราสกุล *Penicillium* การเจริญเติบโตของเชื้อราและการผลิตสารพิษขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการเจริญเติบโต การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การแปรรูป และการเก็บรักษาอาหาร คุณสมบัติของ OTA มีความคงตัวและสลายเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส โดยสลายมากกว่า 70% ถึงมากกว่า 90%^(1,2)

OTA มักพบปนเปื้อนในพืชผลการเกษตรทั่วไป เช่น ธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากธัญพืช เมล็ดกาแฟและผลิตภัณฑ์ เครื่องเทศ ชะเอม ไวน์ ลูกเกด ช็อกโกแลต และน้ำองุ่น⁽³⁾ จากรายงานการสำรวจการปนเปื้อน OTA ในอาหารต่าง ๆ ที่จำหน่ายในท้องตลาดของกลุ่มสมาชิกสหภาพยุโรป (EU) พบปริมาณ OTA เฉลี่ย ดังนี้ เครื่องเทศ 1.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (สูงสุด 24 $\mu\text{g}/\text{kg}$) กาแฟคั่ว 0.62 $\mu\text{g}/\text{kg}$ กาแฟสำเร็จรูป 1.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ธัญพืชและผลิตภัณฑ์ (ข้าวสาลี ข้าวเรย์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด และข้าวโอ๊ต) อยู่ในช่วง 0.17–0.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ พบสูงสุดในข้าวบาร์เลย์ 6.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ และไวน์ 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁴⁾ การสำรวจข้าวจาก 5 จังหวัด ในภาคกลางของประเทศเวียดนาม จำนวน 100 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของ OTA ร้อยละ 35 ปริมาณเฉลี่ยที่พบเท่ากับ 0.75 $\mu\text{g}/\text{kg}$ และพบสูงสุด 2.78 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁵⁾ การสำรวจพริกแห้งของประเทศมาเลเซีย พบการปนเปื้อนของ OTA ร้อยละ 81.25 ช่วงที่พบตั้งแต่ 0.2–101.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁶⁾ การศึกษาปนเปื้อน OTA ในผลไม้อบแห้งที่จำหน่ายในตลาดที่ผลิตในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ จำนวน 20 ชนิด รวม 306 ตัวอย่าง พบ OTA ปนเปื้อน 0.10–24.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁷⁾ การสำรวจพริกแห้งและพริกที่ปน

ที่จำหน่ายในตลาดตัวเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2559 (มีนาคม–เมษายน) จำนวน 79 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อน OTA จำนวน 9 ตัวอย่าง มีปริมาณ OTA 0.16–2.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁸⁾ ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 กำหนดปริมาณสูงสุดที่ให้พบ (maximum limit; ML) ปนเปื้อนในพริกแห้งและพริกป่นได้ไม่เกิน 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁹⁾ แต่ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานในกาแฟ ในขณะที่ EU กำหนดค่า ML ของ OTA ในพริกแห้งและพริกป่น 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ เมล็ดกาแฟคั่วและกาแฟคั่วบดเท่ากับ 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ และกาแฟที่ละลายน้ำได้ (กาแฟสำเร็จรูป) เท่ากับ 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ตาม commission regulation (EU) 2023/915⁽¹⁰⁾

สถาบันวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer; IARC) จัดให้ OTA เป็นสารกลุ่ม 2B ที่อาจก่อมะเร็งในมนุษย์⁽¹¹⁾ โดยเมื่อร่างกายได้รับอาหารที่ปนเปื้อน OTA สารพิษจะดูดซึมเข้าทางกระเพาะและลำไส้เล็ก ซึ่ง OTA ละลายได้ดีในไขมันจึงดูดซึมผ่านลำไส้เล็กส่วนต้น (proximal jejunum) พร้อมกับน้ำดีและเข้าสู่กระแสโลหิต OTA ส่วนหนึ่งถูกกำจัดออกทางปัสสาวะและน้ำดี แต่การขับสารพิษออกจากร่างกายเป็นไปได้ช้าเนื่องจากโมเลกุล OTA ที่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตมีการจับกับ serum protein โดยเฉพาะ albumin ความเป็นพิษของ OTA ชัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการ metabolism ของฟีนอลอะลานีนให้เกิดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยา oxidation และรบกวนการนำส่งโมเลกุลสารต่าง ๆ ที่บริเวณเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียกระทบต่อการสร้าง ATP เป็นพิษต่อระบบท่อไตและตับ มีฤทธิ์กดภูมิคุ้มกัน และเป็นสารก่อมะเร็ง ไต คือ อวัยวะที่ได้รับผลกระทบจาก OTA เด่นชัดที่สุด โดยเฉพาะระบบท่อไตส่วนต้นและตับที่พบไกลโคเจนสะสมมากผิดปกติ^(12,13)

ปี พ.ศ. 2550 WHO/JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ได้กำหนดค่าความปลอดภัยจากการได้รับ OTA ต่อสัปดาห์ (provisional tolerable weekly intakes; PTWI) เท่ากับ 112 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ (ng/kg bw/week) ซึ่งที่มาของค่า PTWI มาจากข้อมูลทางพิษวิทยาของการเสื่อมสภาพ

การทำงานของไตในสุกร พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สังเกตพบผลเสีย (lowest-observed-effect level; LOEL) มีค่าเท่ากับ 8 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ($\mu\text{g/kg bw/day}$) และ safety factor เป็นค่าที่กำหนดเพื่อชดเชยความไม่แน่นอนที่เกิดจากการอนุมานผลจากทดลองในสัตว์สู่มนุษย์เท่ากับ 50⁽¹⁴⁾ จากการศึกษาของ EFSA พบว่า OTA มีความเป็นพิษต่อพันธุกรรม (genotoxic) ทั้งในหลอดทดลอง (*in vitro*) และสัตว์ทดลอง (*in vivo*) แต่กลไกความเป็นพิษต่อพันธุกรรมยังไม่ชัดเจน พบอุบัติการณ์ที่เพิ่มขึ้นของรอยโรคในไตด้วยกล้องจุลทรรศน์จากการให้ OTA แบบ repeat dose ในสุกรเพศเมีย ระบุว่าป็นผลกระทบที่ไม่ใช่เนื้องอก (non-neoplastic effect) มีค่า benchmark dose lower-confidence limit ในระดับที่ทำให้เกิดผลกระทบ 10% (BMDL_{10}) เท่ากับ $4.73 \mu\text{g OTA/kg bw/day}$ และอุบัติการณ์ที่เพิ่มขึ้นของเนื้องอกในไตที่พบในหนูแรท (rat) เพศผู้ เป็นเวลา 2 ปี ระบุว่าป็นของผลกระทบจากเนื้องอก (neoplastic effect) มีค่า BMDL_{10} เท่ากับ $14.5 \mu\text{g OTA/kg bw/day}$ ⁽¹⁵⁾

จากความเป็นพิษของ OTA ที่อาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์และเป็นพิษต่อพันธุกรรม โดยปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคกาแฟและอาหารรสเผ็ด ซึ่งพริกแห้งและพริกป่นเป็นเครื่องปรุงรสที่พบการปนเปื้อน OTA ค่อนข้างสูง จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการศึกษาการประเมินการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอาหารทั้ง 3 ชนิดนี้ และพิจารณาความเสี่ยง (risk) ของคนไทยจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อน OTA

วัสดุและวิธีการ

ตัวอย่าง

ตัวอย่างกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น จำนวน 77, 25 และ 67 ตัวอย่าง ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2559–2564 ได้ตัวอย่างส่งตรวจวิเคราะห์จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และโครงการสำรวจการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซิน (aflatoxin) โอคราทอกซินเอ (ochratoxin A) อะคริลาไมด์ (acrylamide) สีซูดานเรด (sudan red) และสิ่งแปลกปลอม (light filth) ในพริกแห้งของพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2559

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารมาตรฐาน: ochratoxin A (SIGMA-ALDRICH, USA, ความบริสุทธิ์มากกว่า 98%)

สารเคมีและวิธีเตรียม: สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ด้วย HPLC ได้แก่ acetonitrile (Supelco, Germany), methanol (Supelco, Germany), glacial acetic acid (J.T.Baker, China) เป็น HPLC grade

methanol (J.T.Baker, USA), sodium hydrogen carbonate (Loba Chemie, India), potassium dihydrogen phosphate (BDS, UK), anhydrous disodium hydrogen phosphate (Merck, Germany), potassium chloride (Loba Chemie, India) sodium chloride (POCH, Poland) สารเคมีทุกชนิดเป็น AR grade และน้ำบริสุทธิ์ (น้ำที่มีความต้านทาน $\geq 18 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$)

เตรียมสารละลาย PBS โดยชั่ง potassium dihydrogen phosphate 0.20 กรัม disodium hydrogen phosphate 1.10 กรัม potassium chloride 0.20 กรัม และ sodium chloride 8 กรัม ละลายในขวดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำ

เครื่องมือและอุปกรณ์

HPLC (high performance liquid chromatograph) (KANAUER, รุ่น AZURA, Germany) พร้อมด้วยเครื่องตรวจวัดชนิด fluorescence (FLD detector, SHIMADZU, รุ่น RF-20 A, Japan), คอลัมน์ C18 BDS hypersilTM (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μm , Thermo Fisher Scientific, Inc., USA), เครื่องชั่งความละเอียด 0.001 กรัม (Sartorius, รุ่น LP 20S, Germany), centrifuge (Kubota, รุ่น 6800, Japan), shaker (IKA, รุ่น HS 501, Germany), vortex mixer (Vortex Genie2, รุ่น G-560E, USA), immunoaffinity (OchraTestTM, VICAM, USA), กระดาษกรองเบอร์ 4 (whatman, England), micro pipette ขนาด 2–20, 50–100, 100–1,000 และ 1–5 ไมโครลิตร, กระบอกตวงขนาด 50, 100, 250 มิลลิลิตร, ขวดปริมาตรขนาด 5, 10, 1,000 มิลลิลิตร, ปีกเกอร์

ขนาด 50, 100, 250 มิลลิลิตร, ขวด centrifuge ขนาด 500 มิลลิลิตร และ nylon filter ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน

วิธีวิเคราะห์

โดยใช้วิธี In-house method based on AOAC 2019 (2004.10)⁽¹⁶⁾ ที่ผ่านการทดสอบความใช้ได้ของวิธีและได้รับการรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จากสำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยมีค่าขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection; LOD) เท่ากับ 0.20 µg/kg ขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantitation; LOQ) เท่ากับ 1.00 µg/kg ความเที่ยงของกาแฟและพริกแห้งมีค่าที่ยอมรับได้ (HORRAT ≤ 2) เท่ากับ 0.12 และ 0.21 ตามลำดับ ความแม่นยำของวิธีประเมินจากร้อยละการคืนกลับที่ความเข้มข้น 1 µg/kg ของกาแฟอยู่ในช่วงร้อยละ 89–100 และพริกแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 90–110 การวิเคราะห์ มีการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ (internal quality control; IQC) ทุกชุดของการตรวจวิเคราะห์ (batch) ได้แก่ blank การทำซ้ำ (duplicate) การเติมสารละลายมาตรฐานในตัวอย่างเพื่อหาร้อยละการคืนกลับ (%recovery) และเข้าร่วมทดสอบความชำนาญกับหน่วยงานต่างประเทศ (Fapas® Proficiency Testing) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างกาแฟ ปริมาณ 12.5±0.05 กรัม ใส่ขวด centrifuge ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายผสม 3% NaHCO₃:MeOH อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเขย่าด้วย shaker นาน 20 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปีเปตสารละลาย 4 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย PBS ปริมาตร 96 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปผ่านคอลัมน์ immunoaffinity ล้างสิ่งรบกวนด้วยน้ำ 10 มิลลิลิตร ทำให้คอลัมน์แห้งโดยใช้ vacuum pump นาน 30 วินาที ชะ OTA ด้วยเมทานอล ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงใน vial ขนาด 5 มิลลิลิตร นำไประเหยแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน

จากนั้นละลายด้วย MeOH:CH₃CN:น้ำที่ผสม acetic acid (29:1) อัตราส่วน 30:30:40 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer นาน 30 วินาที กรองผ่าน nylon filter และวัดปริมาณด้วยเครื่อง HCPL with fluorescence detector ที่ excitation 332 นาโนเมตร และ emission 476 นาโนเมตร ที่สภาวะดังนี้ mobile phase เป็น MeOH:CH₃CN:น้ำที่ผสม acetic acid (29:1) อัตราส่วน 30:30:40 อัตราการไหล 1.00 มิลลิลิตรต่อนาที และปริมาตรที่ฉีด 50.0 ไมโครลิตร ตัวอย่างพริกแห้งและพริกป่น เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับ กาแฟ

การประเมินการได้รับสัมผัส (exposure assessment)

ใช้ข้อมูลปริมาณการปนเปื้อน OTA (concentration data) และข้อมูลปริมาณการบริโภค (food consumption data) ดังนี้

ข้อมูลการปนเปื้อน OTA

เนื่องจากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์มีค่าไม่พบ (ต่ำกว่า LOD) จำนวนมาก จึงใช้การคำนวณ 3 แบบ ค่า lower bound (LB) คือ ผลการตรวจวิเคราะห์ที่มีค่าต่ำกว่า LOD หรือ ค่าต่ำกว่า LOQ แทนค่าด้วย “0” ค่า middle bound (MB) คือ ผลการตรวจวิเคราะห์ที่มีค่าต่ำกว่า LOD แทนค่าด้วย “1/2 LOD” หรือ ค่าต่ำกว่า LOQ แทนค่าด้วย “1/2 LOQ” ค่า upper bound (UB) คือ ผลการตรวจวิเคราะห์ที่มีค่าต่ำกว่า LOD แทนค่าด้วย “LOD” หรือ ค่าต่ำกว่า LOQ แทนค่าด้วย “LOQ”

จากนั้นหาค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน (median) ค่าต่ำสุด-สูงสุด (min-max) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) ของแต่ละชุดข้อมูล เนื่องจากการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบไม่ปกติ จึงเลือกค่ามัธยฐานเป็นค่าปริมาณการปนเปื้อน OTA ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส (exposure)

ข้อมูลการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น นำมาจากรฐานข้อมูลปริมาณอาหารที่คนไทยบริโภค (database of food consumption of Thai people) ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2559⁽¹⁷⁾ โดยนำข้อมูลการบริโภคอาหาร

ของประเทศไทยของประชากรทั้งหมด (per capita) ที่ระดับการบริโภคเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ของกลุ่มอายุ 3 ปีขึ้นไป โดยใช้ข้อมูลปริมาณการบริโภคแบบ ingredient consumption คือ ปริมาณบริโภครวมของแต่ละชนิดอาหาร (กาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น) ที่ผสมในอาหารประเภทต่าง ๆ

การคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส (exposure) จากการบริโภคต่อคนต่อวันโดยใช้สูตร

Exposure

$$= \frac{(\text{concentration} \times \text{food consumption})}{\text{body weight (bw)}}$$

exposure = ปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภค (กาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น) ใน 1 วัน หน่วยนาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (ng/kg bw/day)

concentration = ปริมาณ OTA ในกาแฟ พริกแห้ง หรือพริกป่น หน่วยไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (μg/kg)

food consumption = ปริมาณการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง หรือพริกป่น หน่วยนาโนกรัมต่อคนต่อวัน (g/person/day)

body weight (bw) = น้ำหนักตัวเฉลี่ยของประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป แบบรวมเพศ (ชาย-หญิง) 57.57 กิโลกรัม (kg)

เมื่อได้ปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการวิเคราะห์แต่ละชนิด รวมปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากอาหารทั้ง 3 ชนิด (กาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น) หน่วย ng/kg bw/day คูณ 7 วัน จะได้ปริมาณการได้รับการสัมผัสต่อสัปดาห์ในหน่วยนาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ (ng/kg bw/week)

ความเสี่ยง (risk)⁽¹⁸⁾

การพิจารณาความเสี่ยงของการได้รับสัมผัส OTA จาก 2 แนวทาง ดังนี้

การเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัย

คิดเป็นร้อยละของปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภค (กาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น) หน่วย ng/kg bw/week เปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยของ OTA (ค่า PTWI เท่ากับ 112 ng/kg bw/week)

$$\text{PTWI (\%)} = \frac{\text{ปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภค} \times 100}{\text{PTWI}}$$

ค่าขอบเขตของการได้รับสัมผัส (margin of exposure; MOE)

MOE เป็นการเปรียบเทียบค่าการกำหนดจุดเปี่ยงเบน (point of departure; POD) กับค่าของปริมาณการได้รับสัมผัสสาร ซึ่ง MOE ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาความเสี่ยงเมื่อมีข้อกังวลด้านความปลอดภัยกรณีที่สารนั้นมีข้อมูลทางพิษวิทยาไม่เพียงพอที่จะกำหนดค่าความปลอดภัย (health based guidance value; HBGV) หรือกรณีที่สารนั้นเป็นสารที่มีพิษทั้งต่อพันธุกรรม (genotoxic) และสารก่อมะเร็ง (carcinogenic)

$$\text{MOE} = \frac{\text{POD (ng/kg bw/day)}}{\text{exposure (ng/kg bw/day)}}$$

POD (point of departure) จุดที่มีการเปี่ยงเบนหรือจุดของการตอบสนองต่อขนาดที่กำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นในการอนุมานผลที่ขนาดต่ำๆ (low-dose extrapolation) เป็นค่าต่างๆ ทางพิษวิทยา เช่น NOAEL (no observed adverse effect level), LOAEL (lowest observed adverse effect level), BMD (benchmark dose) และ BMDL (benchmark dose lower-confidence limit)

สำหรับการพิจารณาความเสี่ยงโดย MOE ของสาร OTA การศึกษานี้ใช้ BMDL₁₀ จาก 2 ผลกระทบ คือ

- ผลกระทบที่ไม่ใช่เนื้องอก เท่ากับ 4,730 ng/kg bw/day (คำนวณจากรอยโรคในไตที่เกิดจากหนู)
- ผลกระทบจากเนื้องอก เท่ากับ 14,500 ng/kg bw/day (คำนวณจากเนื้องอกที่พบในไตของหนู)

exposure ปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จาก การบริโภคอาหารทั้ง 3 ชนิด (กาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น) ใน 1 วัน หน่วยนาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (ng/kg bw/day)

ผล

การศึกษาการปนเปื้อน OTA

จากผลการศึกษาปริมาณ OTA ปี พ.ศ. 2559-2564 จำนวน 169 ตัวอย่าง แบ่งเป็นกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น จำนวน 77, 25 และ 67 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบปนเปื้อน OTA จำนวน 4, 7 และ 58 ตัวอย่าง ตามลำดับ คิดเป็น ร้อยละที่พบเท่ากับ 5, 28 และ 87 ตามลำดับ ปริมาณ ตรวจพบอยู่ระหว่าง 0.10-2.58, 0.10-119.90, 0.10-70.67 µg/kg ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณ OTA ที่ lower bound (LB) ในกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น เท่ากับ 0.11, 7.35, 17.13 µg/kg ตามลำดับ ที่ middle bound (MB) เท่ากับ 0.20, 7.42 และ 17.18 µg/kg ตามลำดับ upper bound (UB) เท่ากับ 0.30, 7.49 และ 17.23 µg/kg ตามลำดับ ค่ามัธยฐานปริมาณ OTA ที่ LB ในกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น เท่ากับ 0.00, 0.00 และ 12.87 µg/kg ตามลำดับ ที่ MB กับ 0.10, 0.10 และ 12.87 µg/kg ตามลำดับ และที่ UB เท่ากับ 0.20, 0.20 และ 12.87 µg/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

การประเมินการได้รับสัมผัส (exposure assessment)

การศึกษานี้ใช้แนวทางแบบจุด (point estimates) โดยใช้ข้อมูลค่ามัธยฐานของการปนเปื้อน OTA ในกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น ที่ LB, MB และ UB และข้อมูลปริมาณการบริโภคของคนไทยจากฐานข้อมูล ปริมาณอาหารที่คนไทยบริโภค ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณ อาหารที่บริโภคสำหรับประชากรทั้งหมด (per capita) ของคนไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป แบบ ingredient consumption ของกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น ดังนี้

ปริมาณการบริโภคเฉลี่ยของกาแฟ พริกแห้ง และ พริกป่น เท่ากับ 1.21, 0.17 และ 0.56 กรัมต่อคนต่อวัน (g/person/day) ตามลำดับ คำนวณปริมาณการ ได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอาหารแต่ละชนิด พบว่า

ปริมาณการได้รับ OTA สูงสุด คือ พริกป่น เท่ากับ 0.1252 ng/kg bw/day ที่ LB, MB และ UB (ค่ามัธยฐาน เท่ากันทั้ง 3 ระดับ) รองลงมาคือกาแฟ เท่ากับ 0.0000, 0.0021 และ 0.0042 ng/kg bw/day ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ และพริกแห้ง เท่ากับ 0.0000, 0.0003 และ 0.0006 ng/kg bw/day ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณการได้รับ OTA จากการบริโภค ของอาหาร 3 ชนิด รวมกันเท่ากับ 0.1252, 0.1276 และ 0.1300 ng/kg bw/day หรือ 0.88, 0.89 และ 0.91 ng/kg bw/week ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ปริมาณการบริโภคที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นไทล์ (ใช้เป็นตัวแทนกลุ่มคนไทยที่มีการบริโภคสูง) ของกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น เท่ากับ 14.47, 1.71 และ 2.85 g/person/day ตามลำดับ คำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอาหารแต่ละชนิด พบว่าปริมาณ การได้รับ OTA สูงสุด คือ พริกป่น เท่ากับ 0.6371 ng/kg bw/day ที่ LB, MB และ UB (ค่ามัธยฐาน เท่ากันทั้ง 3 ระดับ) รองลงมา คือ กาแฟ เท่ากับ 0.00, 0.0251 และ 0.0503 ng/kg bw/day ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ และพริกแห้ง เท่ากับ 0.00, 0.0030 และ 0.0059 ng/kg bw/day ที่ LB, MB และ UB ตาม ลำดับ เมื่อนำปริมาณการได้รับ OTA จากการบริโภค ของอาหาร 3 ชนิด รวมกัน เท่ากับ 0.6371, 0.6652 และ 0.6933 ng/kg bw/day หรือ 4.46, 4.66 และ 4.85 ng/kg bw/week ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ความเสี่ยง (risk)

จากการพิจารณาความเสี่ยงของการได้รับสัมผัส OTA สองแนวทาง คือเปรียบเทียบปริมาณการได้สัมผัส กับค่าความปลอดภัย คิดเป็นร้อยละของ PTWI และ MOE ใช้ค่า BMDL₁₀ (non-neoplastic effect และ neoplastic effect) ดังนี้

ร้อยละของ PTWI ของปริมาณการได้รับ OTA รวมจากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น ที่ปริมาณ การบริโภคเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.78, 0.80 และ 0.81 ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ปริมาณการบริโภคที่ระดับ

ตารางที่ 1 ปริมาณการปนเปื้อน OTA ในตัวอย่างกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น ที่ระดับต่าง ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2564

ชนิดอาหาร	ปริมาณการปนเปื้อนโอคราโทกซิน เอ* (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)									
	จำนวนตัวอย่าง		lower bound (LB)**		middle bound (MB)**		upper bound (UB)**		SD	SD
	ทั้งหมด	พบ (ร้อยละ)	min-max	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย		
กาแฟ	77	4 (5%)	0.10–2.58	0.11	0.00	0.48	0.20	0.10	0.46	0.43
พริกแห้ง	25	7 (28%)	0.10–119.90	7.35	0.00	23.39	7.42	0.10	24.37	24.35
พริกป่น	67	58 (87%)	0.10–70.67	17.13	12.87	18.05	17.18	12.87	18.00	17.96

หมายเหตุ: * ปริมาณการปนเปื้อนโอคราโทกซินเอ ในกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2564 (คำนวณจากข้อมูลทั้งหมดทั้งที่พบและไม่พบ)

** lower bound (LB) ผลการตรวจวิเคราะห์ที่มีค่าต่ำกว่า LOD หรือค่าต่ำกว่า LOQ แทนด้วย “0”

middle bound (MB) ผลการตรวจวิเคราะห์ที่มีค่าต่ำกว่า LOD แทนด้วย “1/2 LOD” หรือต่ำกว่า LOQ แทนด้วย “1/2 LOQ”

upper bound (UB) ผลการตรวจวิเคราะห์ที่มีค่าต่ำกว่า LOD แทนด้วย “LOD” หรือต่ำกว่า LOQ แทนด้วย “LOQ”

*** SD = standard deviation

ตารางที่ 2 การประเมินการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น

ชนิดอาหาร	ปริมาณ OTA		ปริมาณการบริโภค per capita		ปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภค ng/kg bw/day**			
	ค่ามัธยฐาน (µg/kg)		g/person/day*		ng/kg bw/day			
	LB	MB	UB	ค่าเฉลี่ย	97.5 th	ค่าเฉลี่ย	97.5 th	ค่าเฉลี่ย
กาแฟ	0.00	0.10	0.20	1.21	14.47	0.00	0.00	0.0251
พริกแห้ง	0.00	0.10	0.20	0.17	1.71	0.00	0.00	0.0030
พริกป่น	12.87	12.87	12.87	0.56	2.85	0.1252	0.6371	0.6371
ปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภครวมของกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น					(ng/kg bw/day)			
					(ng/kg bw/week)***			
					0.88 4.46 0.89 4.66 0.91 4.85			

หมายเหตุ: * ปริมาณอาหารที่บริโภคสำหรับประชากรทั้งหมด (per capita) อายุ 3 ปีขึ้นไป ระดับการบริโภคเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5

** นำหนักตัวเฉลี่ยคนไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป แบบรวมเพศ 57.57 กิโลกรัม

*** ปริมาณการได้รับต่อสัปดาห์ หน่วย ng/kg bw/week คำนวณจากปริมาณการได้รับรวมต่อวัน หน่วย ng/kg bw/day คูณ 7 วัน

ตารางที่ 3 ความเสี่ยง (risk) ของการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคกาแฟ ฟริกแห้ง และฟริกป่น

ชนิดอาหาร	ความเสี่ยง (Risk)					
	ร้อยละของ PTWI [*]	MOE		MOE		
		ค่าเฉลี่ย	97.5 th	Non-neoplastic effect BMDL ₁₀ ^{**}	Neoplastic effect BMDL ₁₀ ^{**}	
ระดับการได้รับสัมผัส ที่ lower bound (LB)						
- กาแฟ	0.00	0.00	0	0	0	0
- พริกแห้ง	0.00	0.00	0	0	0	0
- พริกป่น	0.78	3.98	37,783	7,424	115,824	22,758
บริโภครวม 3 ชนิด	0.78	3.98	37,783	7,424	115,824	22,758
ระดับการได้รับสัมผัส ที่ middle bound (MB)						
- กาแฟ	0.013	0.16	2,250,464	188,187	6,898,884	576,894
- พริกแห้ง	0.002	0.02	16,018,006	1,592,433	49,103,824	194,220,836
- พริกป่น	0.78	3.98	37,783	7,424	115,824	22,758
บริโภครวม 3 ชนิด	0.80	4.16	37,073	7,110	113,648	21,797
ระดับการได้รับสัมผัส ที่ upper bound (UB)						
- กาแฟ	0.03	0.31	1,125,232	94,093	3,449,442	288,447
- พริกแห้ง	0.00	0.04	8,009,003	796,217	24,551,912	2,440,833
- พริกป่น	0.78	3.98	37,783	7,424	115,824	2,2758
บริโภครวม 3 ชนิด	0.81	4.33	36,389	6,822	111,552	20,913

หมายเหตุ: * PTWI = 120 ng/kg bw/week,

** Non-neoplastic effect: BMDL₁₀ = 4,730 ng/kg bw/day, Neoplastic effect: BMDL₁₀ = 14,500 ng/kg bw/day



97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ เท่ากับร้อยละ 3.98, 4.16 และ 4.33 ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ค่า MOE กรณี non-neoplastic effect ของปริมาณการได้รับ OTA รวมจากการบริโภคอาหารทั้ง 3 ชนิด ที่ปริมาณการบริโภคเฉลี่ยเท่ากับ 37,783, 37,073 และ 36,389 ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ปริมาณการบริโภคที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ เท่ากับ 7,424, 7,110 และ 6,822 ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ และกรณี neo-plastic effect ของปริมาณการได้รับ OTA รวมจากการบริโภคอาหารทั้ง 3 ชนิด ปริมาณการบริโภคเฉลี่ยเท่ากับ 115,824, 113,648 และ 111,552 ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ที่ปริมาณการบริโภคที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ เท่ากับ 22,758, 21,797 และ 20,913 ที่ LB, MB และ UB ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

วิจารณ์

การศึกษาปริมาณการปนเปื้อน OTA ในกาแฟเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตาม commission regulation (EU) 2023/915 พบกาแฟทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด สำหรับพริกแห้งและพริกป่นใช้เกณฑ์มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 พบว่าพริกแห้งและพริกป่นเกินมาตรฐานกำหนด จำนวน 1 และ 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4 และ 19 ตามลำดับ ปริมาณ OTA ที่พบเท่ากับ 119.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ และ 30.10–70.67 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้พบการปนเปื้อน OTA ในพริกป่นจำนวนมากที่สุด และปริมาณการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคพริกป่นสูงสุด เนื่องจากการพบปริมาณการปนเปื้อน OTA ที่ค่าเฉลี่ยและมีฐานสูงสุด ถึงแม้จะมีปริมาณการบริโภคน้อยกว่ากาแฟ ซึ่งการปนเปื้อนของ OTA ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสร้าง OTA ของเชื้อรา กระบวนการเก็บเกี่ยว การแปรรูปและการเก็บรักษาก่อนการบรรจุ ดังนั้นเมื่อพิจารณาตัวอย่างพริกป่นที่ใช้ในการศึกษานี้พบว่าสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พริกป่นในภาชนะบรรจุปิดสนิทจำนวน 33 ตัวอย่าง และภาชนะปิดไม่สนิทจำนวน 34 ตัวอย่าง ทำการเปรียบเทียบการปนเปื้อน OTA ของพริกป่นในภาชนะบรรจุปิดสนิท

และภาชนะปิดไม่สนิท โดยใช้สถิติ t-test พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณ OTA ที่ปนเปื้อนในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p\text{-value} = 0.98$) ซึ่งแสดงว่าในการศึกษานี้ภาชนะบรรจุไม่ได้มีผลต่อการปนเปื้อน OTA

จากการประเมินการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น พิจารณาความเสี่ยง 2 แนวทาง คือ โดยการเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยคิดเป็นร้อยละของ PTWI และ MOE (margin of exposure) ซึ่งสหภาพยุโรปใช้ MOE เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการประเมินความปลอดภัย เนื่องจาก OTA มีพิษต่อพันธุกรรม แต่กลไกความเป็นพิษต่อพันธุกรรมยังไม่ชัดเจน โดยพิจารณาผลกระทบ 2 แบบ คือ ผลกระทบที่ไม่ใช่เนื้องอกเรื้อรัง (chronic non-neoplastic effect) มีค่า MOE มากกว่าหรือเท่ากับ 200 ถือว่าการได้รับสัมผัสมีความกังวลด้านสุขภาพต่ำ (low health concern) และผลกระทบของเนื้องอกเรื้อรัง (chronic neoplastic effect) มีค่า MOE มากกว่าหรือเท่ากับ 10,000 ถือว่าการได้รับสัมผัสนั้นมีความกังวลด้านสุขภาพต่ำ จากการพิจารณาความเสี่ยงทั้ง 2 แนวทางของการศึกษานี้ พบว่าความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัส OTA ในการบริโภคอาหารทั้ง 3 ชนิด อยู่ในระดับต่ำ รวมทั้งกรณีบริโภคปริมาณสูงโดยใช้ข้อมูลการบริโภคที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์

สำหรับการประเมินการได้รับสัมผัส OTA ครั้งนี้ ข้อมูลการปนเปื้อน OTA ได้จากตัวอย่างในห้องปฏิบัติการที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และหน่วยงานเอกชน และตัวอย่างโครงการสำรวจปริมาณปนเปื้อนของ OTA ในพริกแห้งที่จังหวัดนนทบุรี ทำให้ข้อมูลการปนเปื้อนของสาร OTA อาจไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่างทั่วประเทศ การประเมินการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอาหารครั้งนี้อาจน้อยกว่าความเป็นจริง (underestimate) เนื่องจากไม่ครอบคลุมแหล่งอาหารอื่นๆ เช่น ธัญพืชและผลิตภัณฑ์ เครื่องเทศอื่นๆ แต่การศึกษานี้ทำให้ทราบสถานการณ์และข้อมูลความปลอดภัยเบื้องต้นของ OTA จากการบริโภคอาหารเพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนสำรวจและประเมินความเสี่ยงของ OTA จากการบริโภคอาหารของคนไทยต่อไป

สรุป

จากการประเมินการได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอาหารประจำวันของคนไทยตั้งแต่อายุ 3 ปีขึ้นไป (น้ำหนักประชากรเฉลี่ย 57.57 กิโลกรัม) พบว่าคนไทยได้รับการสัมผัส OTA จากการบริโภคกาแฟ พริกแห้ง และพริกป่น เฉลี่ย 97.5^{th} ที่ MB เท่ากับ 0.89 และ 4.66 ng/kg bw/week เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยที่ WHO/JECFA กำหนด (PTWI 112 ng/kg bw/week) พบว่าต่ำกว่าค่า PTWI มากกว่า 125 และ 24 เท่าตามลำดับ ดังนั้นคนไทยได้รับสัมผัส OTA จากการบริโภคอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารและเจ้าหน้าที่กลุ่มเคมี ห้องปฏิบัติการสารพิษและสารปนเปื้อน ทุกท่านที่ร่วมดำเนินการศึกษาจนสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- World Health Organization. Mycotoxins. [online]. 2018; [cited 2022 Jan 15]; [4 screens]. Available from: URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Mycotoxins of world-wide importance. [online]. 1994; [cited 2022 Apr 30]; [5 screens]. Available from: URL: <https://www.fao.org/3/y1390e/y1390e04.htm>.
- Aoyama K, Nakajima M, Tabata S, Ishikuro E, Tanaka T, Norizuki H, et al. Four-year surveillance for ochratoxin a and fumonisins in retail foods in Japan. J Food Prot 2010; 73(2): 344-52.
- Jørgensen K. Occurrence of ochratoxin A in commodities and processed food--a review of EU occurrence data. Food Addit Contam 2005; 22(Suppl 1): 26-30.
- Nguyen MT, Tozlovanu M, Tran TL, Pfohl-Leschkowicz A. Occurrence of aflatoxin B1, citrinin and ochratoxin A in rice in five provinces of the central region of Vietnam. Food Chemistry 2007; 105(1): 42-7.
- Jalili M, Jinap S. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chili. Food Control 2012; 24(1-2): 160-4.
- สุพิณศิริกุล, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, อัจฉราพร ศรีจุฑานุ, อมรา ชินภูติ. ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซินเอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ. ว วิชาการเกษตร 2557; 32(2): 188-200.
- นลินทิพย์ รอดสีเสน. การวัดปริมาณโอคราทอกซินเอและบี ที่ปนเปื้อนในพริกแห้ง [วิทยานิพนธ์]. ภาควิชาพืชวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2559.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 (พ.ศ. 2563) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 137 ตอนพิเศษ 118 ง (วันที่ 20 พฤษภาคม 2563). หน้า 17.
- EUR-Lex Access to European Union law. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. [online]. 2023; [cited 2023 Jun 30]. Available from: URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj>.
- World Health Organization, International Agency For Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. [online]. 2002; [cited 2022 Jan 15]. Available from: URL: https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/2618/a48798b1acf1f630be9fcb30ffb2d56b790c08d.pdf.
- วราพร รัตนเสนา. การใช้ Saccharomyces cerevisiae ดูดซับสารพิษ aflatoxin B1 และ ochratoxin A [วิทยานิพนธ์]. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2557.

13. INCHEM International Peer Reviewed Chemical Safety Information. Ochratoxin A. [online]. 2001; [cited 2023 Nov 5]. Available from: URL: <https://incchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je04.htm>.
14. World Health Organization. Ochratoxin A. In: 68th meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). [online]. 2007; [cited 2022 Apr 30]; [74 screens]. Available from: URL: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/1905>.
15. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Risk assessment of ochratoxin A in food. EFSA Journal. [online]. 2020; [cited 2022 Apr 5]; 18(5): [150 screens]. Available from: URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6113>.
16. AOAC official method 2004.10 Ochratoxin A in green coffee. In: Latimer GW, editor. Official methods of analysis of AOAC international. 20th ed. Washington, DC: AOAC International; 2019. p. 70–72.
17. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. [ออนไลน์]. 2559. [สืบค้น 1 มี.ค. 2565]. เข้าถึงได้ที่: URL: https://www.m-society.go.th/ewtadmin/ewt/mso_web/article_attach/19305/20675.pdf.
18. European Food Safety Authority. Margin of exposure 2023. [online]. 2023; [cited 2023 Jun 2]. Available from: URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/margin-exposure>.

Dietary Exposure Assessment to Ochratoxin A from the Consumption of Coffee, Dried Chili and Ground Chili among Thai People During 2016–2021

Siriporn Sasrisom, Supira Jaiha, and Panawan Kluengklangdon

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Nonthaburi 11000, Thailand

ABSTRACT

Ochratoxin A (OTA) is a mycotoxin, found to be contaminated in a variety of food commodities. It causes adverse effects on liver and kidney and is classified as a human carcinogen. The objective of this study was to assess the exposure of OTA in consumption of coffee, dried chili and ground dried chili (77, 25 and 67 samples, respectively). The results of OTA found at 5, 28 and 87 percent, in the order, were detected. The dietary exposure of OTA was assessed from median concentration using middle-bound approach average and 97.5th percentile consumption, per capita, of Thai population over three years old. The estimations of average and 97.5th percentile exposures were 0.89 and 4.66 ng/kg body weight/week, respectively. Comparison of the exposure with Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) at 112 ng/kg body weight/week established by WHO/JECFA resulted in about 125 and 24 times lower than the PTWI value, respectively. Therefore, the dietary exposure of OTA from these three main categories of food contaminations reveals a safety level for Thai consumers.

Keywords: Ochratoxin A, Coffee, Dried chilli, Ground dried chilli, Exposure assessment

การตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลาง ในช่วงปี พ.ศ. 2563-2565

ศศิดา อยู่สุข

สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ ปัญหายาเสพติดในประเทศไทยยังคงมีอยู่ เนื่องจากเครือข่ายการค้ายาเสพติดลักลอบนำเข้ายาเสพติด แพร่กระจายในประเทศไทย และใช้เป็นเส้นทางผ่านของยาเสพติดเพื่อส่งต่อไปยังประเทศอื่น นอกจากนี้ในปัจจุบันมีเครือข่ายสังคมออนไลน์ซึ่งกลายเป็นช่องทางสำคัญในการซื้อขายยาเสพติด ดังนั้นจึงมียาเสพติดของกลางจำนวนมากที่ต้องตรวจพิสูจน์ สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นสถานตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลาง ปี พ.ศ. 2563-2565 มีการเปลี่ยนแปลงกฎหมายยาเสพติดโดยเฉพาะที่เกี่ยวกับกระท่อมและกัญชา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดให้โทษและวัตถุออกฤทธิ์ที่พบในยาเสพติดของกลางในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2565 การตรวจพิสูจน์มีทั้งการตรวจเบื้องต้นโดยใช้ color test และการตรวจยืนยันด้วยเทคนิค thin-layer chromatography และ gas chromatography-mass spectrometry ผลการตรวจพิสูจน์พบว่าเมทแอมเฟตามีนตรวจพบมากที่สุด รองลงมา คือ กระท่อมและกัญชา นอกจากนี้ยังพบคีตามีน ยาอี เฮโรอีน และโคคาอีน วัตถุออกฤทธิ์ในของกลางที่พบมากที่สุด คือ คีตามีน รองลงมา คือ โคลนาซีแพม ไซบูทรามิน และอัลปราโซแลม วัตถุออกฤทธิ์ประเภท 2 และ 4 ที่ตรวจพบในของกลางส่วนมากเป็นยากลุ่มเบนโซไดอะซีปีน (benzodiazepines) มีการรายงานพบยาเสพติดชนิดใหม่ซึ่งเป็นส่วนผสมของสารออกฤทธิ์ต่อจิตประสาทที่หลากหลาย ดังนั้นสถานตรวจพิสูจน์จำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพในการตรวจพิสูจน์เพื่อให้ตอบสนองต่อการแพร่ระบาดของยาเสพติดชนิดใหม่ในอนาคต

คำสำคัญ: ยาเสพติดของกลาง, ยาเสพติด, ยาเสพติดให้โทษ, วัตถุออกฤทธิ์

Corresponding author: E-mail: sasida.y@dmsc.mail.go.th

Received: 11 October 2023

Revised: 9 January 2024

Accepted: 22 January 2024

บทนำ

ปัจจุบันปัญหายาเสพติดในประเทศไทยยังคงมีอยู่ เนื่องจากภูมิรัฐศาสตร์และการดำเนินการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประเทศไทยกลายเป็นพื้นที่ที่ลักลอบนำเข้ายาเสพติดจากเครือข่ายค้ายาเสพติด เพื่อแพร่กระจายยาเสพติดและใช้เป็นเส้นทางผ่านของยาเสพติดสำหรับส่งต่อไปยังประเทศที่สาม ซึ่งยาเสพติดที่ลักลอบนำเข้า ได้แก่ ยาบ้า (methamphetamine) ไอซ์ (methamphetamine) เฮโรอีน (heroin) คีตามีน (ketamine) และกัญชา (cannabis) โดยพบว่ามีการซื้อขายส่งค่อมออนไลน์เป็นช่องทางสำคัญของการติดต่อซื้อขายยาเสพติด ทำให้การค้าและการกระทำความผิดแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว จึงมีการขยายผลเพื่อจับกุมยึดยาเสพติดของกลางได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องตรวจพิสูจน์เพื่อนำรายงานผลการตรวจพิสูจน์ใช้ประกอบการดำเนินคดี

การตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางทางห้องปฏิบัติการ เป็นการตรวจพิสูจน์เพื่อหาชนิดของยาเสพติดในของกลางที่จับยึดพร้อมระบุข้อกฎหมาย ยาเสพติดตามประมวลกฎหมายยาเสพติด หมายถึงยาเสพติดให้โทษ วัตถุออกฤทธิ์ หรือสารระเหย⁽¹⁾ การตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางต้องปฏิบัติตามระเบียบคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติดว่าด้วยการตรวจรับ การตรวจพิสูจน์ การเก็บรักษา การทำลาย การนำไปใช้ประโยชน์ และการรายงานยาเสพติด พ.ศ. 2565⁽²⁾ และห้องปฏิบัติการที่ตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางต้องเป็นหน่วยงานที่ได้รับแต่งตั้งให้เป็นสถานตรวจพิสูจน์ ประกอบด้วย สถาบันวิชาการและตรวจพิสูจน์ยาเสพติด สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด (ปปส.) กระทรวงยุติธรรม สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม และสำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เป็นสถานตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางดำเนินการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางทั้งยาเสพติดให้โทษและวัตถุออกฤทธิ์ โดยปี พ.ศ. 2563-2565 มีการเปลี่ยนแปลงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยาเสพติด

โดยเฉพาะกัญชาและกระท่อม ซึ่งเป็นการถอดกระท่อมและกัญชาออกจากยาเสพติดให้โทษประเภท 5 การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดให้โทษและวัตถุออกฤทธิ์ที่พบในยาเสพติดของกลางระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2565 เพื่อการเฝ้าระวังและดูแลแนวโน้มการแพร่ระบาดของยาเสพติด

วัสดุและวิธีการ

การดำเนินการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางของสถานตรวจพิสูจน์ เริ่มจากสถานตรวจพิสูจน์ได้รับยาเสพติดของกลาง ต้องตรวจรับยาเสพติดของกลางโดยผู้ตรวจพิสูจน์ไม่น้อยกว่าสองคน ตรวจลักษณะภายนอกซึ่งน้ำหนัก และทำการตรวจพิสูจน์เบื้องต้นต่อหน้าผู้นำส่ง โดยใช้ยา Marquis reagent เพื่อดูปฏิกิริยาการเกิดสี (color test) บันทึกลงในแบบฟอร์มการตรวจรับยาเสพติดของกลางและรายงานผลการตรวจพิสูจน์เบื้องต้น นอกจากนี้ต้องตรวจสอบตัวบุคคลของผู้นำส่ง รายละเอียดชื่อผู้ต้องหา เลขคดีอาญา ลักษณะของกลางและปริมาณยาเสพติดของกลางที่ได้รับต้องตรงกับฉลากปิดภาชนะและหนังสือนำส่งยาเสพติดของกลางเมื่อทำการตรวจพิสูจน์ในห้องปฏิบัติการเรียบร้อยแล้ว รายงานผลการตรวจพิสูจน์ และส่งสำเนารายงานการตรวจพิสูจน์ให้กับ ปปส. ส่วนการจัดการยาเสพติดของกลางที่เหลือจากการตรวจพิสูจน์นั้น กรณีเป็นยาเสพติดให้โทษในประเภท 1, 2 หรือ 3 หรือวัตถุออกฤทธิ์ต้องนำส่งไปเก็บรักษาที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พร้อมทำบัญชียาเสพติดของกลาง ส่วนยาเสพติดให้โทษในประเภท 4, 5 หรือสารระเหย ให้ส่งคืนพนักงานสอบสวน รวมถึงกรณีส่งตรวจพิสูจน์ไม่ใช่ยาเสพติดให้ส่งคืนพนักงานสอบสวน วิธีการตรวจพิสูจน์เป็นการตรวจเอกลักษณ์มี 3 เทคนิค ดังนี้ 1) การตรวจพิสูจน์เบื้องต้นด้วย color test เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำยา 2) การตรวจพิสูจน์ยืนยันด้วยเทคนิค thin-layer chromatography โดยพิจารณาตำแหน่งและการเกิดสีของ spot ของตัวอย่าง ซึ่งต้องตรงกับ

ของสารมาตรฐาน และ 3) การตรวจพิสูจน์ยืนยันด้วยเทคนิค gas chromatography-mass spectrometry โดยเปรียบเทียบ retention time และ mass spectrum ของตัวอย่างต้องตรงกับของสารมาตรฐาน

สารมาตรฐานและสารเคมี

สารมาตรฐาน: reference standard: alprazolam (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.27%, Lot No. 02C65178), cannabidiol (CBD) (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.38%, Lot No. 02A64217), cannabinol (CBN), (Lipomed GmbH®, Germany, ความบริสุทธิ์ 99.43%, Lot No. 377.1B0.1), clonazepam (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.81%, Lot No. 02A65197), clorazepate dipotassium (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 100.09%, Lot No. 03B64148), cocaine hydrochloride, (Lipomed GmbH®, Germany, ความบริสุทธิ์ 99.247%, Lot No. 156.1B22.3), diazepam (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.73%, Lot No. 03C65103), etizolam (LGC GmbH®, Germany, ความบริสุทธิ์ 99.95%, Lot No. 79345), heroin hydrochloride (Lipomed GmbH®, Germany, ความบริสุทธิ์ 99.91%, Lot No. 29.3B45.1), ketamine hydrochloride (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.64%, Lot No. 02C66185), lorazepam (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.73%, Lot No. 02C62169), methamphetamine (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 100.00%, Lot No. 03D65164), 3,4-methylenedioxy-N-ethylamphetamine hydrochloride (MDE) (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 100.37%, Lot No. 03D64162), 3,4-methylenedioxy-N-methylamphetamine hydrochloride (MDMA) (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 99.93%, Lot No. 04D64160),

mitragynine (Carbosynth Limited®, United Kingdom, ความบริสุทธิ์ 98.47%, Lot No. FM260241401), nimetazepam, (Lipomed GmbH®, Germany, ความบริสุทธิ์ 99.74%, Lot No. 1256.1B1.1), nitrazepam (LGC GmbH®, Germany, ความบริสุทธิ์ 99.80%, Lot No. 47210) และ delta-9-tetrahydrocannabinol (THC) (DMSc reference standard, Thailand, ความบริสุทธิ์ 0.9303 (mg/mL), Lot No. 01A65244)

สารมาตรฐาน: working standard: 1-(1,3-benzodioxol-5-yl)propan-2-amine hydrochloride (MDA) (BDN working standard, for identification, Thailand), flunitrazepam (BDN working standard, for identification, Thailand), lorcaserin (Toronto Research Chemicals®, Canada, ความบริสุทธิ์ 95% Lot No. 4-HBN-129-1), methylphenidate hydrochloride (Janssen®, Belgium, ความบริสุทธิ์ 100.0% Lot No. 19MN195), sibutramine hydrochloride (BDN working standard, for identification, Thailand) และ zolpidem tartrate (Cadila Healthcare Limited®, India, ความบริสุทธิ์ 99.3% Lot No. 2000014)

สารเคมี: acetone (Carlo Erba®, Germany), strong ammonia solution (30%) (Carlo Erba®, Germany), benzene (Carlo Erba®, Germany), chloroform (Carlo Erba®, Germany), chloroplatinic acid hydrate (Sigma-Aldrich®, Germany), diethylamine (Carlo Erba®, Germany), diethyl ether (Carlo Erba®, Germany), ethyl acetate (Carlo Erba®, Germany), fast blue B salt (Sigma-Aldrich®, Germany), formaldehyde (37%) (Carlo Erba®, Germany), n-heptane (Carlo Erba®, Germany), n-hexane (Macron®, USA), hydrochloric acid (37%) (Carlo Erba®, Germany), methanol (Macron®, USA), petroleum ether (RCI Labscan®, Thailand), potassium iodide (Carlo Erba®, Germany), sodium bicarbonate

(Carlo Erba[®], Germany), sodium hydroxide (Carlo Erba[®], Germany), anhydrous sodium sulfate (Carlo Erba[®], Germany), sulfuric acid (96%) (Carlo Erba[®], Germany) โดยทุกชนิดเป็นสารเคมีชนิด analytical grade และน้ำกลั่นหรือน้ำ Deionized water

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) (Thermo Scientific[™] TRACE 1300 gas chromatograph, Thermo Fisher Scientific Inc., USA และ Agilent 8890 GC System, Agilent[®], USA), detector (ISQ[™] 7000 single quadrupole mass spectrometer, Thermo Fisher Scientific Inc., USA และ MS 5977B GC/MSD, Agilent[®], USA), เครื่องชั่งความละเอียด 0.0001 กรัม รุ่น XPE204 (Mettler Toledo[®], Switzerland), เครื่องชั่งความละเอียด 0.01 มิลลิกรัม รุ่น XPE205 (Mettler Toledo[®], Switzerland), เครื่องชั่งความละเอียด 0.001 มิลลิกรัม รุ่น XP6 (Mettler Toledo[®], Switzerland), Thin-layer chromatography (TLC) plate ขนาด 10 × 20 เซนติเมตร หรือ 20 × 20 เซนติเมตร เคลือบด้วย Silica gel GF254 ความหนา 0.25 มิลลิเมตร (Merck[®], Germany), โกร่งบดยา, งานหลุมกระเบื้องสีขาว, หลอดหยดสาร, ข้อนตักสาร, ปีกเกอร์, หลอดทดลองแก้ว และ UV cabinet (Camag[®], Switzerland)

การเตรียมน้ำยาทดสอบสำหรับปฏิกิริยาการเกิดสี

Marquis reagent⁽³⁾: ผสม 37% formaldehyde solution กับ concentrated sulfuric acid ในอัตราส่วน 1:9

Fast blue B salt test⁽³⁾: ประกอบด้วย solid reagent และ solution 1

solid reagent: ผสม fast blue B salt กับ anhydrous sodium sulfate ในอัตราส่วน 1:100

solution 1: ละลาย sodium bicarbonate ในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 10% w/v

การเตรียมน้ำยาสเปรย์สำหรับ thin-layer chromatography

Acidified iodoplatinate solution⁽⁴⁻⁶⁾: ละลาย platinum chloride 0.25 กรัมและ potassium iodide 5 กรัมในน้ำ ปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร เติม concentrated hydrochloric acid 5 มิลลิลิตร

Fast blue B solution⁽⁷⁾: ละลาย fast blue B salt 50 มิลลิกรัม ใน 0.1 M sodium hydroxide 20 มิลลิลิตร

การตรวจพิสูจน์เมทแอมเฟตามีน ยาอี เฮโรอีน และโคคาอิน^(3-6,8) (color test, TLC และ GC-MS)

การเตรียมตัวอย่าง (color test)

บดตัวอย่างให้ละเอียดและชั่งผงตัวอย่างประมาณ 1-2 มิลลิกรัม ใส่ในจานหลุมกระเบื้องสีขาว หยด Marquis reagent 1 จำนวน 1 หยด แล้วเขย่า จากนั้นสังเกตสีที่เกิดขึ้น

การตรวจสอบเบื้องต้นด้วย color test

โดยใช้ Marquis reagent การทดสอบที่ให้ผลบวกกับเมทแอมเฟตามีน น้ำยาจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การทดสอบที่ให้ผลบวกกับยาอี น้ำยาจะเปลี่ยนเป็นสีเทาออกดำ และการทดสอบที่ให้ผลบวกกับเฮโรอีนและโคคาอิน น้ำยาจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (TLC)

บดตัวอย่างให้ละเอียดและชั่งผงตัวอย่าง 25 มิลลิกรัม ละลายด้วย methanol 1 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่า และนำสารละลายส่วนใส่ที่ได้หยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 µL) กรณีเฮโรอีนและโคคาอินชั่งผงตัวอย่าง 5 มิลลิกรัม

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (เมทแอมเฟตามีน MDMA เฮโรอีน และโคคาอิน) (TLC)

เตรียมสารละลายมาตรฐานให้ได้ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใน methanol และนำไปหยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 µL)

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค **thin-layer chromatography (TLC)**

โดยใช้ developing solvent จำนวน 3 ชนิด คือ system TA (methanol:strong ammonia solution 100:1.5), system TC (chloroform:methanol 90:10) และ system TE (ethyl acetate:methanol:strong ammonia solution 85:10:5) โดยตรวจสอบตำแหน่งของสารและสีจากการส่องด้วยแสง UV ที่ 254 นาโนเมตร ใช้น้ำยาสเปรย์เป็น acidified iodoplatinate solution และดูภายใต้ visible light การทดสอบที่ให้ผลบวกกับเมทแอมเฟตามีนให้สีม่วง-น้ำตาล การทดสอบที่ให้ผลบวกกับ MDMA ให้สีน้ำเงิน การทดสอบที่ให้ผลบวกกับเฮโรอีนให้สีน้ำเงิน-ม่วง และการทดสอบที่ให้ผลบวกกับโคคาอีนให้สีน้ำเงิน

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (เมทแอมเฟตามีนและยาอี) (GC-MS)

บดตัวอย่างให้ละเอียดและชั่งผงตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม นำมาละลายน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ปรับให้เป็นด่างด้วย 1M sodium hydroxide จากนั้นสกัดด้วย chloroform 10 มิลลิลิตร กรองสารละลายชั้น chloroform ผ่าน anhydrous sodium sulfate และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (เฮโรอีน) (GC-MS)

ชั่งผงตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม นำมาละลายในสารละลายผสมของ chloroform:methanol (9:1) 10 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (โคคาอีน) (GC-MS)

ชั่งผงตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม นำมาละลายใน methanol 25 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (เมทแอมเฟตามีน MDMA, MDA และ MDE) (GC-MS)

ชั่งสารมาตรฐานเมทแอมเฟตามีน MDMA, MDA และ MDE อย่างละ 5 มิลลิกรัม โดยเตรียมแยกกัน นำมาละลายน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ปรับให้เป็นด่างด้วย 1M sodium hydroxide จากนั้นสกัดด้วย

chloroform 10 มิลลิลิตร กรองสารละลายชั้น chloroform ผ่าน anhydrous sodium sulfate และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (เฮโรอีน) (GC-MS)

เตรียมสารมาตรฐานเฮโรอีนให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายผสมของ chloroform:methanol (9:1) และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (โคคาอีน) (GC-MS)

เตรียมสารมาตรฐานโคคาอีนความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใน methanol และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค **gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)**

สภาวะของระบบโครมาโตกราฟี (chromatographic condition)

Gas chromatography (GC): injection volume: 1 μ L/each, inlet temperature: 200°C, carrier gas: helium flow 2 mL/min, split ratio = 50:1, split flow 100 mL/min, column: DB-5MS 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m (Agilent, USA) และ oven temperature program: 50°C (hold 2 min), 20°C/min to 280°C (hold 10 min)

Mass spectrometry (MS) detector: MS ion source EI, scan mode, solvent delay: 3.00 min, scan: low mass 40.0, high mass 350.0, MS source 230°C maximum 250°C, MS quad 150°C maximum 250°C

การตรวจพิสูจน์กระท่อม (ตรวจหาสารไมทราจินีน)^(8,9) (TLC และ GC-MS)

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (TLC และ GC-MS)

นำตัวอย่างใบแห้ง 5 กรัม (ถ้าเป็นใบสดควรตากแสงแดดให้แห้งก่อน) ทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มให้เหลือปริมาตร 50 มิลลิลิตร กรณียเป็นใบที่ผ่านการต้มมาแล้ว ผึ่งลมให้แห้งก่อน กรณียตัวอย่างเป็นอุปกรณ์เสฟ ใช้ 50% methanol ประมาณ

10-50 มิลลิลิตร ชะล้างคราบที่ติดกับอุปกรณ์เสพ นำสารละลายตัวอย่างปรับให้เป็นต่างด้วย 1M sodium hydroxide จากนั้นสกัดด้วย chloroform จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 20 มิลลิลิตร เก็บชั้น chloroform และกรองผ่าน anhydrous sodium sulfate ก่อนนำไปประเหยจนเหลือ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปหยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L) และฉีดเข้า GC-MS (ปริมาตร 1 μ L)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (ไมทราไจนีน) (TLC และ GC-MS)

เตรียมละลายสารมาตรฐานไมทราไจนีนด้วย methanol ให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ นำสารละลายที่ได้หยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L) และฉีดเข้า GC-MS (ปริมาตร 1 μ L)

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค thin-layer chromatography (TLC)

โดยใช้ developing solvent จำนวน 2 ชนิด คือ system TD (chloroform:acetone 4:1) และ system TE (ethyl acetate:methanol:strong ammonia solution 85:10:5) โดยตรวจสอบตำแหน่งของสารด้วยการส่องภายใต้แสง UV ที่ 254 นาโนเมตร

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

สภาวะของระบบโครมาโตกราฟ (chromatographic condition)

Gas chromatography (GC): injection volume: 1 μ L, inlet temperature: 280°C, carrier gas: helium flow 1 mL/min, split ratio = 50:1, split flow 50 mL/min, column: DB-5MS 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m (Agilent, USA) และ oven temperature program: 200°C (hold 2 min), 10°C/min to 280°C (hold 20 min)

Mass spectrometry (MS) detector: MS ion source EI, scan mode, solvent delay: 3.00 min, scan: low mass 50.0, high mass 550.0, MS source 230°C maximum 250°C, MS quad 150°C maximum 200°C

การตรวจพิสูจน์กัญชา (ตรวจหาสาร THC CBD และ CBN)^(3,7) (color test, TLC และ GC-MS)

การตรวจสอบเบื้องต้นด้วย color test

โดยใช้ fast blue B salt test ประกอบด้วย solid reagent และ solution 1 ทดสอบโดยนำกระดาษกรอง จำนวน 2 แผ่น ซ้อนกันและพับทบเป็นกรวย ตักตัวอย่าง กัญชา 10 มิลลิกรัม ลงบนกึ่งกลางกระดาษแผ่นบน หยด petroleum ether จำนวน 2 หยด ปล่อยให้สารดังกล่าว ซึมลงสู่กระดาษกรองแผ่นล่าง นำกระดาษกรองแผ่นล่าง ตากให้แห้ง จากนั้นเติม solid reagent จำนวน 2 หยด ลงบนกึ่งกลางกระดาษ และหยด solution 1 จำนวน 2 หยด สังเกตสีที่เกิดขึ้นบนกระดาษกรอง การทดสอบที่ ให้ผลบวกกับสารกลุ่ม cannabinoids ได้เป็นสีม่วงแดง

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (TLC และ GC-MS)

นำตัวอย่างกัญชาที่เป็นพืชแห้ง 250 มิลลิกรัม กรณีเป็นส่วนของต้นกัญชาสดควรตากแดดให้แห้งและ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แช่ใน methanol 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายส่วนใสหยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L) และฉีดวิเคราะห์ด้วย GC-MS (ปริมาตร 1 μ L)

ผลิตภัณฑ์กัญชาที่พบส่วนใหญ่เป็นน้ำมันกัญชา รองลงมาเป็นเยลลี่ เตรียมตัวอย่างโดยชั่งน้ำมันกัญชา 0.5 กรัม หรือ เยลลี่ 1 กรัม แช่ใน methanol 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายส่วนใส หยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L) และฉีดเข้า GC-MS (ปริมาตร 1 μ L)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (THC CBD และ CBN) (TLC และ GC-MS)

เตรียมละลายสารมาตรฐานด้วย methanol ให้ มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นหยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L) และฉีดเข้า GC-MS (ปริมาตร 1 μ L)

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค thin-layer chromatography (TLC)

โดยใช้ developing solvent จำนวน 2 ชนิด คือ system 1 (benzene:n-hexane:diethylamine 50:20:2) และ system 2 (petroleum ether:ether

4:1) โดยตรวจสอบตำแหน่งของสารและสีจากการส่องภายใต้แสง UV ที่ 254 นาโนเมตร และใช้น้ำยาสเปรย์เป็น fast blue B solution

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
สภาวะของระบบโครมาโตกราฟี (chromatographic condition)

Gas chromatography (GC): injection volume: 1 μ L/each, inlet temperature: 200°C, carrier gas: helium flow 1 mL/min, split ratio = 50:1, split flow 50 mL/min, column: DB-5MS 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m (Agilent, USA) และ oven temperature program: 50°C (hold 2 min), 20°C/min to 280°C (hold 5 min)

Mass spectrometry (MS) detector: MS ion source EI, scan mode, solvent delay: 3.00 min, scan: low mass 40.0, high mass 550.0, MS source 230°C maximum 250°C, MS quad 150°C maximum 200°C

การตรวจพิสูจน์วัตถุออกฤทธิ์^(8,10) (TLC และ GC-MS)

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (TLC)

บดตัวอย่างเม็ด/ผงจากในแคปซูลให้ละเอียดโดยใช้ผงยาจำนวน 2 เม็ด/แคปซูล ละลายด้วย methanol 1 มิลลิลิตร และเขย่า จากนั้นนำสารละลายส่วนในหยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L)

สำหรับคีตามีน กรณีตัวอย่างเป็นผง ชั่งตัวอย่าง 5 มิลลิกรัม และละลายด้วย methanol 1 มิลลิลิตร กรณีตัวอย่างเป็นเม็ดต้องบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม และละลายด้วย methanol 1 มิลลิลิตร ก่อนนำสารละลายส่วนในหยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (TLC)

เตรียมละลายสารมาตรฐานด้วย methanol ให้ได้ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และนำสารละลายที่ได้หยดบน TLC plate (ปริมาตร 2 μ L)

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค thin-layer chromatography (TLC)

โดยใช้ developing solvent จำนวน 2 ชนิด คือ system TE (ethyl acetate:methanol:strong ammonia solution 85:10:5) และ system BDZ (n-heptane:chloroform:ethanol 50:50:10) ตรวจสอบตำแหน่งของสารจากการส่องภายใต้แสง UV ที่ 254 นาโนเมตร และใช้น้ำยาสเปรย์เป็น acidified iodoplatinate solution สำหรับคีตามีนใช้ developing solvent เป็น system TA (methanol:strong ammonia solution 100:1.5) และ system TE (ethyl acetate:methanol:strong ammonia solution 85:10:5)

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (GC-MS)

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการตรวจพิสูจน์ด้วย TLC ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เจือจางด้วย methanol 2 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

เตรียมตัวอย่างคีตามีน โดยชั่งผงตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำ 10 มิลลิลิตรและทำให้เป็นด่างด้วย 1M sodium hydroxide จากนั้นสกัดด้วย chloroform 10 มิลลิลิตร กรองผ่าน anhydrous sodium sulfate และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (GC-MS)

เตรียมละลายสารมาตรฐานด้วย methanol ให้ได้ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

สำหรับคีตามีน ชั่งสารมาตรฐานคีตามีน 5 มิลลิกรัม ละลายในน้ำ 2 มิลลิลิตร และทำให้เป็นด่างด้วย 1M sodium hydroxide จากนั้นสกัดด้วย chloroform 10 มิลลิลิตร ได้ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร กรองผ่าน anhydrous sodium sulfate และวิเคราะห์ด้วย GC-MS

การตรวจยืนยันด้วยเทคนิค gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
สภาวะของระบบโครมาโตกราฟี (chromatographic condition)

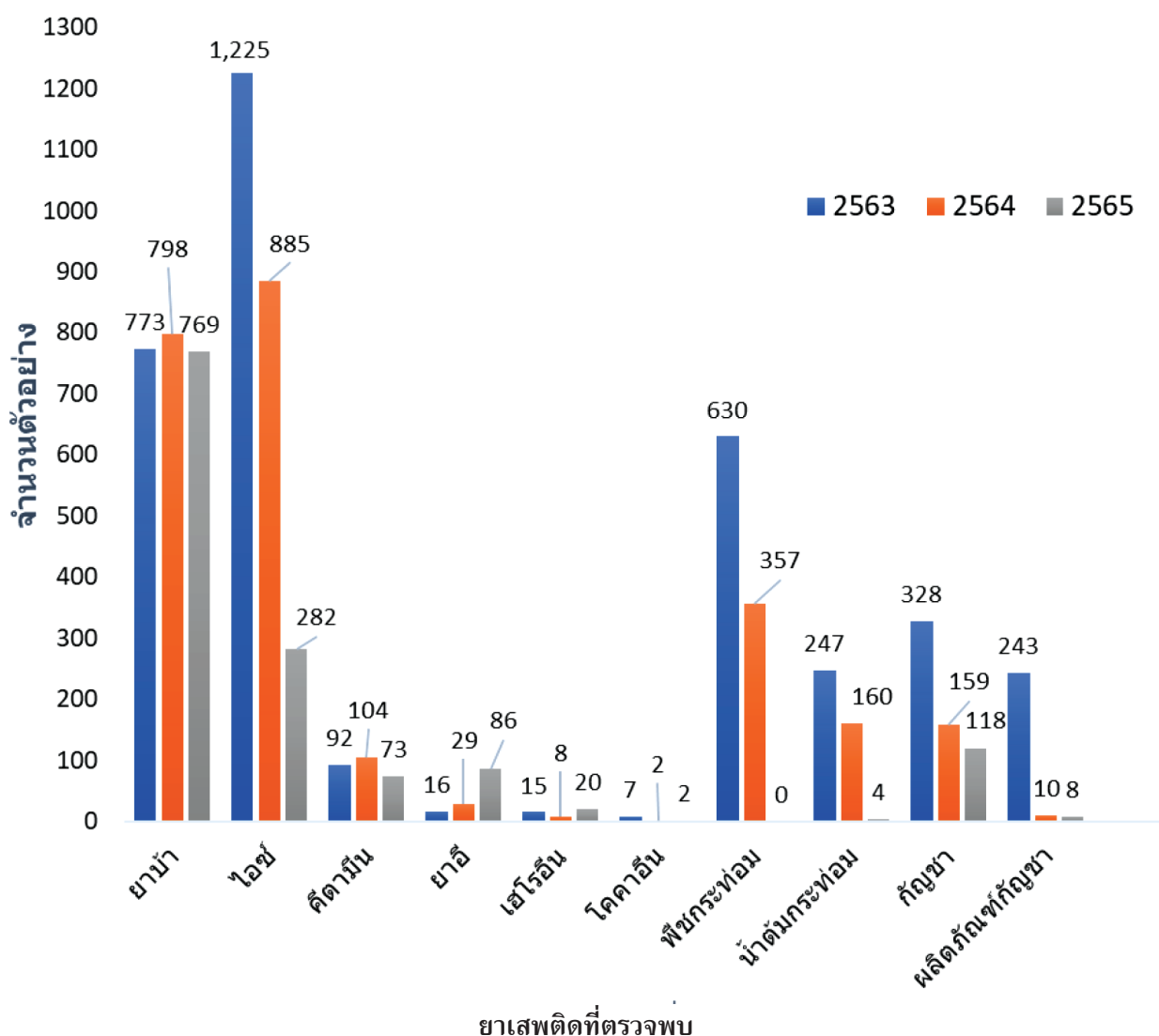
Gas chromatography (GC): injection volume: 1 μ L/each, inlet temperature: 200°C,

carrier gas: helium flow 2 mL/min, split ratio = 50:1, split flow 50 mL/min, column: DB-5MS 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm (Agilent, USA) และ oven temperature program: 50°C (hold 2 min), 20°C/min to 280°C (hold 10 min)

Mass spectrometry (MS) detector: MS ion source EI, scan mode, solvent delay: 3.00 min, scan: low mass 40.0, high mass 550.0, MS source 230°C maximum 250°C, MS quad 150°C maximum 200°C

ผล

จากการเก็บข้อมูลการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลางในช่วง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2565 พบว่า แนวโน้มชนิดและปริมาณของยาเสพติดแต่ละชนิดในช่วง 3 ปี เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยยาเสพติดของกลางที่ถูกส่งมาตรวจมากที่สุด คือ เมทแอมเฟตามีนในรูปแบบเม็ดและแบบผง ซึ่งเมทแอมเฟตามีนจัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 1 รองลงมา คือ กระท่อมและกัญชา นอกจากนี้ พบยาเสพติดของกลางที่เป็นคีตามีน ยาอี เฮโรอีน และโคคาอิน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปริมาณยาเสพติดของกลางที่ส่งตรวจพิสูจน์ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2565

เมื่อพิจารณาน้ำหนักของกลางแต่ละชนิด พบว่า ยาบ้าและไอซ์เป็นของกลางที่ตรวจพบมากที่สุดสองอันดับแรก และสารเสพติดที่พบในของกลางรายใหญ่เป็นเมทแอมเฟตามีน คีตามีน เฮโรอีน และยาอี ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักของของกลางที่พบมาก ดังแสดงในตารางที่ 1

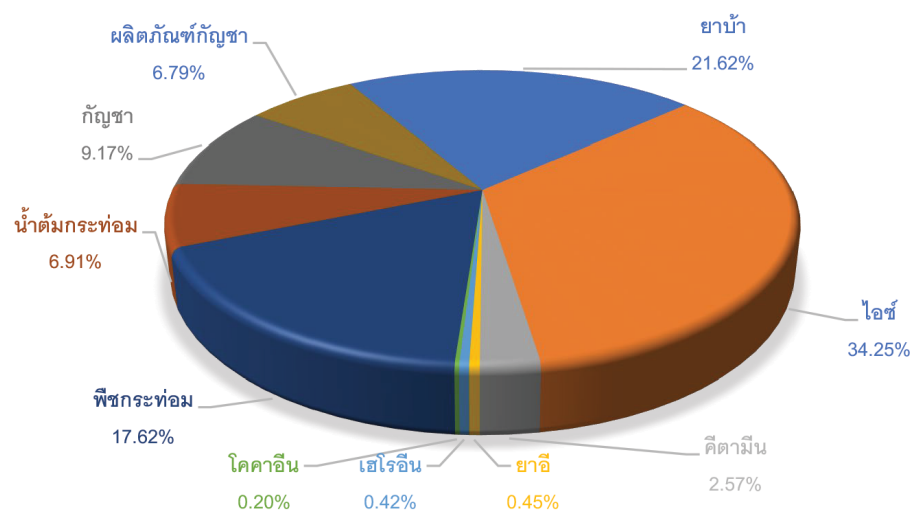
เมื่อนำข้อมูลยาเสพติดแต่ละชนิดคิดเป็นสัดส่วนเปรียบเทียบกับจำนวนยาเสพติดทั้งหมดที่ได้รับใน

แต่ละปี พบว่าจำนวนตัวอย่างของกลางยาบ้าค่อนข้างคงที่แต่ไอซ์ลดลง ในปี พ.ศ. 2565 แสดงให้เห็นว่ามีการตรวจพบคีตามีน ยาอี และเฮโรอีนเพิ่มขึ้นมากกว่าในปี พ.ศ. 2563 และ 2564 ส่วนกระท่อม น้ำต้มกระท่อม และผลิตภัณฑ์กัญชาที่มีการส่งตรวจน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 2-4

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำหนักของกลางที่ส่งตรวจพิสูจน์ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2565

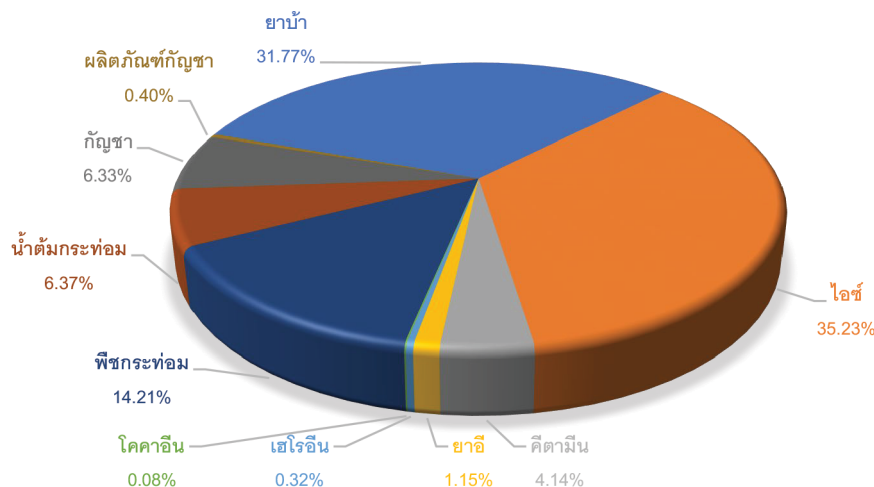
ชนิด ยาเสพติด	ปริมาณของกลางที่ตรวจพบ (ต่อปี)					
	ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563		ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564		ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565	
	น้ำหนัก (กรัม)	สัดส่วน โดยน้ำหนัก (%)	น้ำหนัก (กรัม)	สัดส่วน โดยน้ำหนัก (%)	น้ำหนัก (กรัม)	สัดส่วน โดยน้ำหนัก (%)
ยาบ้า	1,215,211	46.81	7,665,304	51.43	8,134,568	77.68
ไอซ์	486,842	18.75	5,433,337	36.46	1,524,137	14.55
คีตามีน	660	0.025	373,693	2.51	69,425	0.662
ยาอี	802	0.031	31,225	0.21	101,717	0.97
เฮโรอีน	564	0.022	795,175	5.34	122	0.001
โคคาอีน	39	0.002	1	0.00001	770	0.007
พืชกระท่อม	743,332	28.63	349,634	2.34	-	-
กัญชา	148,683	5.73	255,233	1.71	641,491	6.13
รวม	2,596,133	100	14,903,602	100	10,472,230	100

ปริมาณยาเสพติดของกลางในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563



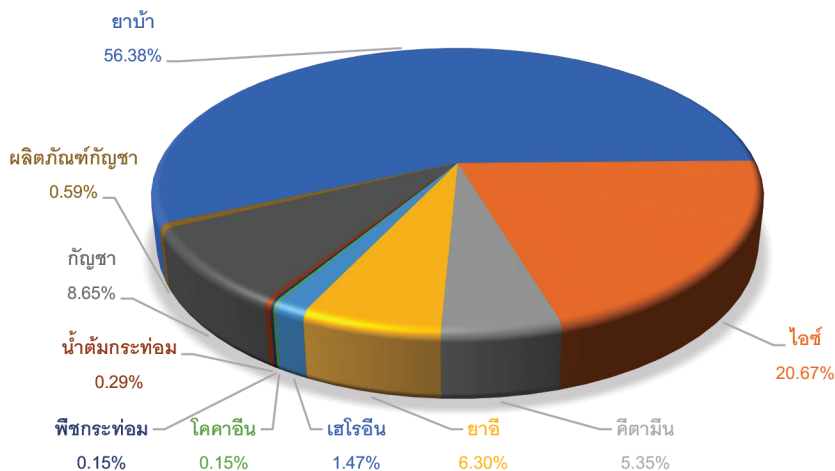
ภาพที่ 2 ปริมาณยาเสพติดของกลางที่ส่งตรวจพิสูจน์ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

ปริมาณยาเสพติดของกลางในปั๊บบประมาณ พ.ศ. 2564



ภาพที่ 3 ปริมาณยาเสพติดของกลางที่ส่งตรวจพิสูจน์ในปั๊บบประมาณ พ.ศ. 2564

ปริมาณยาเสพติดของกลางในปั๊บบประมาณ พ.ศ. 2565



ภาพที่ 4 ปริมาณยาเสพติดของกลางที่ส่งตรวจพิสูจน์ในปั๊บบประมาณ พ.ศ. 2565

ข้อมูลผลการตรวจพิสูจน์ของกลางเฉพาะที่เป็นวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทย้อนหลัง 3 ปี ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2565 ตรวจพบคีตาหมิ่นมากที่สุด รองลงมา คือ โคลนาซีแพม (clonazepam) ซิบูทรามิน (sibutramine) และอัลพราโซแลม (alprazolam) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

เมื่อพิจารณายาเสพติดต่างๆ ที่ตรวจพบและแบ่งประเภทตามผลและกลไกการออกฤทธิ์ที่มีต่อจิตประสาท ได้แก่ สารกดประสาท สารกระตุ้นประสาท สารหลอนประสาทสารโอปิออยด์และสารอื่นๆ ที่มีลักษณะเฉพาะตัว⁽¹⁴⁾ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ชนิดและจำนวนของวัตถุออกฤทธิ์ที่ตรวจพบในช่องกลางในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2563–2565

ประเภทวัตถุออกฤทธิ์	ชื่อวัตถุออกฤทธิ์	ปีงบประมาณ พ.ศ.		
		2563	2564	2565
		จำนวน (ตัวอย่าง)	จำนวน (ตัวอย่าง)	จำนวน (ตัวอย่าง)
วัตถุออกฤทธิ์ประเภท 1 ⁽¹¹⁾	ไซบูทรามิน	10	14	5
วัตถุออกฤทธิ์ประเภท 2 ⁽¹²⁾	คีตามีน	92	104	73
	อัลปราโซแลม	10	4	10
	ฟลูโนตราซีแพม	–	5	3
	ลอร์คาเซริน	–	2	2
	เมทิลเฟนิเตด	1	1	1
	โนเมตาซีแพม	7	1	5
	โนตราซีแพม	8	3	–
	โซลพิเดม	–	2	1
วัตถุออกฤทธิ์ประเภท 4 ⁽¹³⁾	โคลนาซีแพม	18	15	16
	คลอราซีเพด	–	–	3
	ไดอะซีแพม	3	13	–
	อีทีโซแลม	8	2	–
	ลอร่าซีแพม	–	–	1
รวม		157	166	120

ตารางที่ 3 การแบ่งกลุ่มยาเสพติดตามผลและกลไกการออกฤทธิ์ที่มีต่อจิตประสาท⁽¹⁴⁾

ประเภทยาเสพติด	ฤทธิ์ที่ผู้เสพต้องการ	ฤทธิ์ที่เป็นอันตราย
สารกระตุ้นประสาท ⁽¹⁵⁾ ได้แก่ เมทแอมเฟตามีน โคคาอิน และคาเฟอีน	ทำให้รู้สึกตื่นตัว กระฉับกระเฉง อุดหนุนต่อ การทำงานได้มากขึ้น จิตใจสดชื่น รู้สึก มีพลัง เก่ง ฉลาด มีความมั่นใจสูง ปลดปล่อยตนเองในการเข้าสังคม พูดคุย เก่งขึ้น และเกิดอารมณ์สุขแบบพุ่งสูง	ปวดศีรษะ กระสับกระส่าย วิตกกังวล หงุดหงิด นอนไม่หลับ ก้าวร้าว อารมณ์ รุนแรง อุนเฉียว หวาดระแวง รู้สึกมีแมลง ไต่ตามผิวหนัง อุดหนุนมีร่างกายสูงขึ้น หัวใจเต้นเร็ว และความดันโลหิตสูง รุนแรงตา ขยาย ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ลดความ อยากอาหาร และลดการตอบสนองทางเพศ อาการเมื่อใช้เกินขนาด ได้แก่ ชัก ไข้สูง เกิดโรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ สาร กระตุ้นประสาทบางตัว สามารถทำให้เกิด อาการทางจิตประสาท เช่น ความเชื่อหลงผิด (delusion) หวาดระแวง (paranoid delusion) ได้ยินเสียงหูแว่ว (auditory hallucination) หรือเห็นภาพหลอน (visual hallucination)

ตารางที่ 3 การแบ่งกลุ่มยาเสพติดตามผลและกลไกการออกฤทธิ์ที่มีต่อจิตประสาท⁽¹⁴⁾ (ต่อ)

ประเภทยาเสพติด	ฤทธิ์ที่ผู้เสพติดต้องการ	ฤทธิ์ที่เป็นอันตราย
สารกดประสาท ⁽¹⁶⁾ ได้แก่ ยากลุ่มเบนโซไดอะซีน เช่น ไดอะซีแพม อัลปราโซแลม โคลนาซีแพม คลอไดอะซีพอกไซด์ คลอราซีเฟต ลอราซีแพม และ ฟลูโนตราซีแพม	ทำให้รู้สึกผ่อนคลาย เคลิบเคลิ้ม รู้สึกเป็นสุข ลดความวิตกกังวล มีความกล้าแสดงออก	ทำให้สูญเสียสมาธิและความสามารถในการคิดตัดสินใจ สูญเสียความทรงจำระยะสั้น สับสน บางคนไม่ตอบสนองทางอารมณ์ กล้ามเนื้ออ่อนแรง กล้ามเนื้อขาดการประสานงาน การตอบสนองเชิงซ้ำพูดไม่ชัด วิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน กัดการหายใจ กระสับกระส่าย ก้าวร้าว หากใช้ระยะยาวและปริมาณมาก อาจทำให้เกิดอาการซึมเศร้า
สารหลอนประสาท ⁽¹⁷⁾ ได้แก่ ยาอีและคีตามีน	มีประสาทการรับรู้ที่เด่นชัด เช่น เห็นสีชัดเจน เห็นภาพคมชัด ได้ยินเสียง หรือรับรสได้แจ่มชัด มีประสาทสัมผัสหลอน บางคนเห็นภาพบิดเบี้ยวไปหรือมีความรู้สึกการรับรู้ตนเองเปลี่ยนแปลง เช่น เหมือนอยู่ในสภาพไร้น้ำหนักหรือสูญเสียการรับรู้สิ่งแวดล้อม อาจรู้สึกสนุกสนาน มีอารมณ์สุขถึงขีดสุด	สับสน หวาดระแวง กระสับกระส่าย แพนิคตื่นกลัว คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะอย่างแรง ความอยากอาหารลดลง หววนสั้น ตัวสั่น มือสั่น ไข้ขึ้นสูง เหงื่อออก สมาธิ การตัดสินใจเสีย รูม่านตาขยาย หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตสูง นอนไม่หลับ ปากแห้ง ชัก ขาดสารน้ำ เกิดอาการโรคจิตเกิดภาวะ Hallucinogen-induced persisting perceptual disorder
สารโอปิออยด์ ⁽¹⁸⁾ (opioids) ได้แก่ เฮโรอีนและมอร์ฟิน	ทำให้รู้สึกเคลิบเคลิ้มถึงขีดสุด สุขสบาย ช่วยบรรเทาอาการปวด รู้สึกสงบ เหมือนอยู่ในความฝัน	คลื่นไส้อาเจียน หายใจช้าตาพร่ามัวรูม่านตาเล็ก วิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ เหมือนจะเป็นลม มีผื่นคัน หน้าแดง ปากแห้ง อ่อนแรง ไม่อยากอาหาร และหลงลืม อาการเมื่อใช้เกินขนาด ได้แก่ ผิวน้ำแข็งเย็น เล็บและริมฝีปากมีสีม่วงจากการขาดออกซิเจน กล้ามเนื้ออ่อนแรง หายใจช้า มีช่องเหลวในปอด (pleural effusion) หัวใจเต้นช้าลง และมีความดันโลหิตต่ำ รูม่านตาเล็ก ไม่รู้สึกตัว กัดการหายใจ จนอาจถึงแก่ความตาย
กัญชา ⁽¹⁹⁾ ได้แก่ กัญชาและสารสกัดกัญชา	มีฤทธิ์ผ่อนคลาย ทำให้รู้สึกสงบ อารมณ์ร่าเริง	หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตสูง ตาแดง เกิดภาวะแพนิค (panic) ใจเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ มีปัญหาความจำและการเรียนรู้ ระบบภูมิคุ้มกันถูกกด บางคนเกิดภาวะโรคจิตหรืออาจนำไปสู่ “amotivational syndrome” ซึ่งมีอาการพลังงานลดลง และลดความสามารถในการจดจำ ทำให้ไม่อยากทำงาน ไม่มีความสนใจด้านสังคมหรือกิจกรรมอื่นๆ

ตารางที่ 3 การแบ่งกลุ่มยาเสพติดตามผลและกลไกการออกฤทธิ์ที่มีต่อจิตประสาท⁽¹⁴⁾ (ต่อ)

ประเภทยาเสพติด	ฤทธิ์ที่ผู้เสพต้องการ	ฤทธิ์ที่เป็นอันตราย
กระท่อม* ⁽¹⁹⁾ ได้แก่ พืชกระท่อมและน้ำต้มกระท่อม	มีฤทธิ์กระตุ้นสมองเมื่อใช้ปริมาณน้อย ทำให้อดทนต่อการทำงานหนักได้ ไม่รู้สึก อยากอาหาร และการใช้ปริมาณมากจะ ทำให้มีผลกดประสาท รวมทั้งยังลดอาการ ปวดเมื่อย	ผิวคล้ำ มีอาการจิตหวาดระแวงเห็นภาพ หลอน ท้องผูก ปากแห้ง ปัสสาวะบ่อย เกิดอาการถอนสารเมื่อหยุดใช้ในทันที เช่น เกิดอาการอ่อนแรง รู้สึกไม่มีแรง อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยกระดูกและกล้ามเนื้อ มีไข้ ท้องเสีย น้ำตาไหล น้ำมูกไหล อารมณ์เศร้า นอนไม่หลับ คลื่นไส้ อาเจียน และกระวน กระวาย

หมายเหตุ: * ปัจจุบันไม่จัดเป็นยาเสพติด

วิจารณ์

ผลการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลาง ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2563–2565 พบว่าเมทแอมเฟตามีนเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 1 ที่ส่งตรวจพิสูจน์มากที่สุดตลอดทั้ง 3 ปี แสดงให้เห็นว่าเมทแอมเฟตามีนยังคงเป็นยาเสพติดที่แพร่ระบาดมากที่สุด พบในรูปแบบเม็ดและผงที่รู้จักกันในชื่อยาบ้าและไอซ์ ตามลำดับ ยาบ้ามีปริมาณเมทแอมเฟตามีน 16–25% โดยน้ำหนัก ขณะที่ไอซ์มีปริมาณเมทแอมเฟตามีน 90–98% โดยน้ำหนัก ซึ่งของกลางที่จับกุมได้มาจากผู้เสพและผู้ค้าภายในประเทศและการสกัดกั้นยาเสพติดตามแนวชายแดนพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เพื่อค้าภายในประเทศหรือส่งต่อไปยังประเทศที่สาม โดยของกลางที่สกัดกั้นได้ตามแนวชายแดนเป็นของกลางรายใหญ่ซึ่งมากกว่าร้อยละ 95 เป็นยาบ้าและไอซ์ และพบคีตามีนร้อยละ 1.2 และยาอี ไม่เกินร้อยละ 1 ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 พบเฮโรอีน (ร้อยละ 1.53) สอดคล้องกับของกลางที่พบแพร่ระบาดในประเทศและในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 พบกัญชา (ร้อยละ 5.14) ซึ่งเป็นการลักลอบนำเข้าในประเทศ

สำหรับกัญชาและกระท่อมเป็นยาเสพติดของกลางที่ตรวจพบมากรองลงมาจากเมทแอมเฟตามีน ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563–2565 การเปลี่ยนแปลงกฎหมายและผ่อนปรนการควบคุมกัญชาและกระท่อม กล่าวคือเดิมพืชกระท่อมและกัญชาถูกจัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5⁽²⁰⁾ ซึ่งตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ

พ.ศ. 2522⁽²⁰⁾ ห้ามมิให้ผู้ใดเสพและครอบครองยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ต่อมาประกาศพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2562 ระบุให้สามารถนำกัญชาและพืชกระท่อมไปทำการศึกษาวิจัย และพัฒนาเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ และสามารถนำไปใช้ในการรักษาโรคภายใต้การดูแลและความคุมของแพทย์ได้⁽²¹⁾ เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ประกาศให้สารสกัดหรือผลิตภัณฑ์จากสารสกัดที่มีสารแคนนาบิไดออล (cannabidiol; CBD) เป็นส่วนประกอบหลักและมีสารเตตราไฮโดรแคนนาบินอล (tetrahydrocannabinol; THC) ไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ไม่เป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5⁽²²⁾ แต่ทุกส่วนของพืชกัญชายังเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ดังนั้นการปลูกกัญชาและกระท่อม การผลิต ขาย และครอบครองสารสกัดกัญชาและผลิตภัณฑ์กัญชาโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นสิ่งผิดกฎหมาย ทำให้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มีการจับยึดและส่งตรวจของกลางที่เป็นผลิตภัณฑ์กัญชาและพืชกัญชาจำนวนมาก วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2563 มีประกาศความว่า ให้ส่วนต่างๆ ของพืชกัญชาที่ผลิตในประเทศ ยกเว้นยอดและช่อดอก และสารสกัดกัญชาที่มี CBD เป็นส่วนประกอบและต้องมี THC ไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ไม่เป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5⁽²³⁾ ส่งผลให้จำนวนตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัญชาและพืชกัญชาที่ส่งตรวจในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 มีประกาศความว่า ให้เฉพาะสาร

สกัดจากพืชกัญชาที่มีปริมาณ THC มากกว่าร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักเท่านั้น เป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5⁽²⁴⁾ ดังนั้นทุกส่วนของต้นกัญชาไม่เป็นยาเสพติด ซึ่งเป็นการปลดล็อกพืชกัญชาออกจากยาเสพติดแต่ยังคงมีการควบคุมช่อดอกกัญชาให้เป็นสมุนไพรควบคุม⁽²⁵⁾ โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ส่งผลให้ปัจจุบันยังคงมีการส่งตรวจกัญชา

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับกระท่อม เมื่อวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2564 มีการปลดพืชกระท่อมออกจากยาเสพติดให้โทษประเภท 5⁽²⁶⁾ ทำให้ประชาชนสามารถปลูกและขายได้ ส่งผลให้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มีการส่งตรวจพิสูจน์ตัวอย่างพืชกระท่อมและน้ำต้มกระท่อมที่เป็นของกลางลดลงอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 พบลดลงร้อยละ 50 และปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มีตัวอย่างของกลางพืชกระท่อมและน้ำต้มกระท่อมมาส่งตรวจน้อยมาก กรณีระบุว่าตัวอย่างของกลางเป็นน้ำต้มกระท่อมนั้นต้องตรวจพบไมทราจินีน (mitragynine) ซึ่งเป็นสารสำคัญในพืชกระท่อม ผลการตรวจพิสูจน์น้ำต้มกระท่อม พบว่าในน้ำต้มกระท่อมมีการใส่ยาแผนปัจจุบันที่เป็นยาแก้แพ้ในกลุ่มต้านฮิสตามีน (antihistamines) ซึ่งมีผลข้างเคียงทำให้เกิดอาการง่วง มึนงง ได้แก่ ไดเฟนไฮดรามีน (diphenhydramine) และคลอเฟนิรามีน (chlorpheniramine) นอกจากนี้พบว่าการใส่วัตถุออกฤทธิ์คือ คีตามีน โดยพบ 1-2 ตัวอย่างต่อปี ผลการตรวจพิสูจน์น้ำต้มกระท่อมในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563-2564 พบว่าในของกลางน้ำต้มกระท่อมทั้งหมด ร้อยละ 60-70 เป็นน้ำต้มกระท่อมที่ผสมไดเฟนไฮดรามีน ร้อยละ 10-15 เป็นน้ำต้มกระท่อมที่ผสมคลอเฟนิรามีน ร้อยละ 3-5 เป็นน้ำต้มกระท่อมผสมทั้งไดเฟนไฮดรามีนและคลอเฟนิรามีน และร้อยละ 15-18 เป็นน้ำต้มกระท่อม ดังนั้นตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 เป็นต้นมา การส่งตรวจน้ำต้มกระท่อมมุ่งเน้นการตรวจหาสารอื่นในน้ำต้มกระท่อม ได้แก่ ยาแก้แพ้หรือวัตถุออกฤทธิ์

สำหรับผลการตรวจพิสูจน์ของกลางที่เป็นวัตถุออกฤทธิ์ พบว่าคีตามีนเป็นวัตถุออกฤทธิ์ประเภท 2 ที่ส่งตรวจมากที่สุด มีลักษณะเป็นผง นิยมใช้ในหมู่

วัยรุ่นและนักท่องเที่ยวตามสถานบันเทิง นอกจากนี้พบวัตถุออกฤทธิ์ประเภท 2 และ 4 ซึ่งเป็นวัตถุออกฤทธิ์ที่ใช้ทางการแพทย์ ส่วนใหญ่เป็นยากลุ่มเบนโซไดอะซีปีน (benzodiazepines) ใช้รักษาอาการทางจิตเวชและระบบประสาทบางชนิด เช่น ใช้ในระยะสั้นในการช่วยรักษาอาการนอนไม่หลับ ควบคุมอาการในโรคกลุ่มวิตกกังวล รักษาอาการชัก ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ทำให้สงบก่อนรับการผ่าตัด และควบคุมอาการก้าวร้าว⁽¹⁶⁾ นอกจากนี้ตรวจพบไซบูทรามิน (sibutramine) ซึ่งจัดอยู่ในวัตถุออกฤทธิ์ประเภทที่ 1 เป็นวัตถุออกฤทธิ์ที่ไม่ใช้ในการแพทย์ ในอดีตไซบูทรามินเคยถูกใช้เป็นยาลดความอ้วน แต่เนื่องจากมีผลข้างเคียงที่ทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตายจากการขาดเลือดและสมองขาดเลือดฉับพลันและเสียชีวิตได้ ทำให้องค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (USFDA) องค์การด้านยาแห่งสหภาพยุโรป (European Medicinal Agency) และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ประเทศไทย ยกเลิกทะเบียนตำรับยาไซบูทรามินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553⁽²⁷⁾ แต่ยังพบลักลอบจำหน่ายและมีการใส่ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่ออาศัยฤทธิ์ในการลดความอ้วน⁽²⁸⁾

ปัจจุบันผู้ค้ายาเสพติดมีการลักลอบขายยาเสพติดรูปแบบใหม่ซึ่งเป็นการนำยาเสพติดหลายชนิดผสมกันเพื่อให้มีฤทธิ์ทั้งกระตุ้นประสาท กดประสาท หรือหลอนประสาทแตกต่างกันไป ทำให้ของกลางยาเสพติดที่ถูกจับยึดมีความหลากหลายมากขึ้น ดังเห็นได้จากการใช้ยาเสพติดชนิดใหม่ เรียกว่า happy water รูปแบบเป็นผงนำมาชงกับน้ำร้อนหรือผสมกับน้ำหวานดื่มกินและเป็นที่ยอมรับตามสถานบันเทิง ซึ่ง happy water มีส่วนประกอบแตกต่างกันไป พบเป็นยาอี เมทแอมเฟตามีน ไดอะซีแพม (diazepam) คาเฟอีน และ ترامาดอล (tramadol) หรือวัตถุออกฤทธิ์ผสมกัน^(29,30) สอดคล้องกับผลการตรวจพิสูจน์ในปี พ.ศ. 2565 ที่มีตัวอย่าง happy water จำนวน 1 ตัวอย่างในรูปแบบผง ซึ่งตรวจพิสูจน์พบเป็นยาอีผสมกับไดอะซีแพม และการตรวจพบยาอีและเฮโรอีนในของกลางที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

สรุป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดของกลาง พบว่าเมทแอมเฟตามีนเป็นยาเสพติดที่มีการระบาดมากที่สุดและมีการนำวัตถุออกฤทธิ์ที่เป็นยาซึ่งใช้ทางการแพทย์มาใช้ร่วมกับยาเสพติดให้โทษ เพื่อให้ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาทที่หลากหลาย ดังนั้นสถานตรวจพิสูจน์จำเป็นต้องมีการพัฒนาศักยภาพในการตรวจพิสูจน์ เพื่อตอบสนองต่อการแพร่ระบาดของยาเสพติดชนิดใหม่ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กลุ่มวัตถุเสพติด สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในการให้ข้อมูลผลการตรวจพิสูจน์งานการศึกษานี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ประมวลกฎหมายยาเสพติด. ใน: พระราชบัญญัติ ให้ใช้ประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. 2564. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 138 ตอนที่ 73 ก (วันที่ 8 พฤศจิกายน 2564). หน้า 11.
2. ระเบียบคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด ว่าด้วยการตรวจรับ การตรวจพิสูจน์ การเก็บรักษา การทำลาย การนำไปใช้ประโยชน์ และการรายงาน ยาเสพติด พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 94 ง (วันที่ 25 เมษายน 2565). หน้า 18.
3. United Nations Office on Drugs and Crime. Rapid testing methods of drugs of abuse. New York: United Nations; 1994.
4. United Nations Office on Drugs and Crime. Recommended methods for the identification and analysis of amphetamine, methamphetamine and their ring-substituted analogues in seized materials. New York: United Nations; 2006.
5. United Nations International Drug Control Program. Recommended methods for the testing opium, morphine and heroine. New York: United Nations; 1998.
6. United Nations Office on Drugs and Crime. Recommended methods for the identification and analysis of cocaine in seized materials. New York: United Nations; 2012.
7. United Nations Office on Drugs and Crime. Recommended methods for the identification and analysis of cannabis and cannabis products. Vienna: United Nations; 2022.
8. Moffat AC, Osselton MD, Widdop B, Watts J, editors. Clarke's analysis of drugs and poisons: in pharmaceuticals, body fluids and postmortem material. 4th ed. London: Pharmaceutical Press; 2011.
9. Chan KB, Pakiam C, Rahim RA. Psychoactive plant abuse: the identification of mitragynine in ketum and in ketum preparations. Bull Narc. [online]. 2005; [cited 2023 Sep 30]; 57(1–2): [8 screen]. Available from: URL: https://www.unodc.org/pdf/research/Bulletin07/Bulletin_on_narcotics_2007_Chan.pdf.
10. United Nations Office on Drugs and Crime. Recommended methods for the identification and analysis of barbiturates and benzodiazepines under international control. New York: United Nations; 2012.
11. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อวัตถุออกฤทธิ์ ในประเภท 1 พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 182 ง (วันที่ 5 สิงหาคม 2565). หน้า 7.
12. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อวัตถุออกฤทธิ์ ในประเภท 2 พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 182 ง (วันที่ 5 สิงหาคม 2565). หน้า 8.
13. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อวัตถุออกฤทธิ์ ในประเภท 4 พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 182 ง (วันที่ 5 สิงหาคม 2565). หน้า 10.
14. ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด. การเสพติด. [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [5 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://cads.in.th/cads/content?id=75>.
15. ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด. สารกระตุ้นประสาท (stimulants). [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [3 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: <https://cads.in.th/cads/content?id=78>.

16. ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด. สารกดประสาท (depressants). [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://cads.in.th/cads/content?id=77>.
17. ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด. สารหลอนประสาท (hallucinogens). [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://cads.in.th/cads/content?id=79>.
18. ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด. สารโอปิออยด์ (opioids). [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://cads.in.th/cads/content?id=80>.
19. ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด. สารระเหย กัญชา คาโธโน กระเทียม. [ออนไลน์]. 2562; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [3 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://cads.in.th/cads/content?id=81>.
20. พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 96 ตอนที่ 63 ฉบับพิเศษ (วันที่ 27 เมษายน 2522). หน้า 40.
21. พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนที่ 19 ก (วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2562). หน้า 1.
22. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนที่ 218 ง (วันที่ 30 สิงหาคม 2562). หน้า 1.
23. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 พ.ศ. 2563. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนที่ 290 ง (วันที่ 14 ธันวาคม 2563). หน้า 33.
24. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนที่ 35 ง (วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2565). หน้า 8.
25. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง สมุนไพรควบคุม (กัญชา) พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนที่ 272 ง (23 พฤศจิกายน 2565). หน้า 3.
26. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 138 ตอนที่ 176 ง (วันที่ 4 สิงหาคม 2564). หน้า 45.
27. ศูนย์ข้อมูลข่าวสารด้านเวชภัณฑ์ กระทรวงสาธารณสุข. Sibutramine: เพิกถอนทะเบียนตำรับโดยสมัครใจ. [ออนไลน์]. 2553; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: <https://dmsic.moph.go.th/index/detail/1176>.
28. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. เลือกอย่างไร... เมื่อจำเป็นต้องใช้ผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก. [ออนไลน์]. 2566; [สืบค้น 29 ก.ย. 2566]; [7 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: https://oryor.com/media/men/media_printing/2163.
29. สถาบันบำบัดรักษาและฟื้นฟูผู้ติดยาเสพติดแห่งชาติบรมราชชนนี กรมการแพทย์. สบายช. เดือน “HAPPY WATER” ส่วนผสมจากยาเสพติดหลายชนิด ฤทธิ์รุนแรง อาจถึงขั้นเสียชีวิตได้. [ออนไลน์]. 2565; [สืบค้นเมื่อ 29 ก.ย. 2566]; [2 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: http://www.pmnidat.go.th/thai/index.php?option=com_content&task=view&id=3607&Itemid=159.
30. United Nations Office on Drugs and Crime. May 2022 – UNODC-SMART: Emergence of “Happy water” in Southeast Asia. [online]. 2022; [cited 2023 Sep 30]. [1 screen]. Available from: URL: <https://www.unodc.org/LSS/Announcement/Details/0f57ddbe-01dd-481c-af78-0bc494c84a53>

Analysis of Seized Drugs during 2020–2023

Sasida Yoosook

Bureau of Drug and Narcotic, Department of Medical Sciences, Nonthaburi 11000, Thailand

ABSTRACT Drug problems in Thailand still exists due to drug trafficking networks that smuggle the illicit drugs into the country and use Thailand as a transit route to transfer the drugs to other countries. In addition, there are online social networks which have become an important channel for drug trafficking. Therefore, there are many seized drugs need to be analyzed. Bureau of Drug and Narcotic, Department of Medical Sciences has been appointed as a narcotic testing laboratory for seized drugs. During 2020–2022, the narcotic laws had been changed, especially those related to kratom and cannabis. The objective of this study was to collect and analyze data on psychotropic and narcotic substances found in seized drugs during the fiscal year 2020–2022. The seized drug analysis was composed of screening test using color test, and confirmation tests using thin-layer chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. The results indicated that the most detected drug was methamphetamine, followed by kratom and cannabis. Moreover ketamine, ecstasy, heroin and cocaine were also found. For psychotropic substances, most frequently found in seized drugs was ketamine, followed by clonazepam, sibutramine and alprazolam. Most of psychotropic substances in schedules II and IV found in the seized drugs were benzodiazepines. It was reported that there was an emergence of a new narcotic drug which might contain different psychoactive substances in varying combinations. Therefore, it is necessary for a narcotic testing laboratory to improve the narcotic testing skill that responds to the future situation where new types of narcotic drugs might be widespread.

Keywords: Seized drugs, Illicit drugs, Narcotic substances, Psychotropic substances

ข้อบกพร่องตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ของสถานพยาบาลตรวจสอบสุขภาพคนหางาน ที่จะไปทำงานต่างประเทศ

พินิจ งามประสิทธิ์¹ สิริพรรณ แสงอรุณ¹ สุพรรณิ กาญจนกุล² และ ภัทรวีร์ สร้อยสังวาลย์¹

¹กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนพหลโยธิน 11000

²กองบริหารแรงงานไทยไปต่างประเทศ กรมการจัดหางาน กรุงเทพมหานคร 10400

บทคัดย่อ มาตรฐานห้องปฏิบัติการตรวจสอบสุขภาพคนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ เป็นมาตรฐานสำหรับสถานพยาบาลเอกชนที่ประสงค์ขึ้นทะเบียนกับกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ในการตรวจสอบสุขภาพของคนไทยเพื่อให้ได้หนังสือรับรองการตรวจสอบสุขภาพที่จะไปทำงานต่างประเทศ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่มีความจำเพาะและมีการพิสูจน์ด้วยบุคคล การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อบกพร่องจากการตรวจประเมินในปี พ.ศ. 2562 และ 2564 และวิเคราะห์ผลตรวจโรคที่ทำให้คนหางานชาวไทยถูกส่งกลับ ศึกษาข้อมูลเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลัง ผลการศึกษาพบว่ามีจำนวนห้องปฏิบัติการทั้งหมด 37 แห่ง เปรียบเทียบผลการตรวจประเมินในปี พ.ศ. 2562 และ 2564 พบข้อบกพร่องทั้งหมด 227 และ 246 ข้อตามลำดับ ข้อบกพร่องสูงสุด 3 อันดับแรก คือ ระบบเอกสาร (ร้อยละ 17.6, 17.1) การตรวจวิเคราะห์ (ร้อยละ 9.7, 15.9) และการเก็บตัวอย่าง (ร้อยละ 9.3, 10.2) คนหางานชาวไทยที่ถูกส่งกลับจำนวน 9 ราย ได้แก่ คนหางานจากสาธารณรัฐเกาหลีจำนวน 6 ราย คุเวตจำนวน 1 ราย มาเลเซียจำนวน 1 ราย และฮ่องกงจำนวน 1 ราย เนื่องจากผลตรวจโรคของคนหางานชาวไทยในต่างประเทศบ่งชี้ว่าเป็นโรคโควิดโรคจำนวน 5 ราย โรคซิฟิลิสจำนวน 3 ราย และเอชไอวีจำนวน 1 ราย เมื่อตรวจซ้ำที่ประเทศไทยพบคนหางานที่เป็นวัณโรคจำนวน 3 ราย ปอดอักเสบจำนวน 1 ราย โรคซิฟิลิสจำนวน 2 ราย และเอชไอวีจำนวน 2 ราย ระยะเวลาที่คนหางานชาวไทยถูกส่งตัวกลับตั้งแต่ 1 วัน ถึง 6 ปี การถูกส่งตัวกลับภายในระยะเวลา 3 วัน อาจเกิดจากผลระหว่างห้องปฏิบัติการที่ไม่ตรงกัน ซึ่งมาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุกรณีคนหางานถูกส่งกลับ

คำสำคัญ: มาตรฐานห้องปฏิบัติการ, คนหางานไปทำงานต่างประเทศ, หนังสือรับรองการตรวจสอบสุขภาพ, ข้อบกพร่อง

Corresponding author E-mail: pinit.n@dmsc.mail.go.th

Received: 1 September 2023

Revised: 15 January 2024

Accepted: 5 February 2024

บทนำ

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรับรองความสามารถ
ห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลที่ดำเนินการตรวจ
สุขภาพคนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ เป็นไป
ตามพระราชบัญญัติจัดหางานและคุ้มครองคนหางาน
ปี พ.ศ. 2528 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ปี พ.ศ. 2537⁽¹⁾
และระเบียบกรมการจัดหางานว่าด้วยการพิจารณา
ให้ความเห็นชอบเป็นสถานตรวจสุขภาพคนหางานที่จะไป
ทำงานต่างประเทศ ปี พ.ศ. 2546⁽²⁾ ต้องได้รับการรับรอง
จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
ว่ามีขีดความสามารถในการตรวจทางห้องปฏิบัติการได้
ครบถ้วนทุกรายการ ตามที่กำหนดไว้ในหนังสือรับรอง
ผลการตรวจคนหางานตามประกาศของกรมการจัดหา
งาน เรื่องการตรวจสุขภาพสำหรับคนหางานที่จะไปทำงาน
ในต่างประเทศ

สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์
การแพทย์ จัดทำมาตรฐานการรับรองความสามารถ
ห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลตรวจสุขภาพคนหางาน
ที่จะไปทำงานต่างประเทศหรือเรียกว่า มาตรฐานคนหางาน
ประกาศใช้ครั้งแรกปี พ.ศ. 2540 และฉบับแก้ไขปรับปรุง
ครั้งที่ 7 ปี พ.ศ. 2563⁽³⁾ เป็นฉบับล่าสุด มาตรฐาน
คนหางานนี้ได้นำข้อกำหนดที่สำคัญของข้อกำหนด
มาตรฐานสากล ISO 15189:2012⁽⁴⁾ ที่เกี่ยวข้องมาปรับใช้
ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวมีความจำเพาะในการรับรองเฉพาะ
สถานพยาบาลภาคเอกชนเท่านั้น การรับรองไม่ได้จำกัด
เฉพาะห้องปฏิบัติการแต่รวมถึงการให้บริการทุกแผนก
ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับผู้มาใช้บริการ และการจัดทำหนังสือ
รับรองการตรวจสุขภาพของคนหางาน ได้แก่ การตรวจสอบ
ได้ว่าผู้มาใช้บริการแต่ละขั้นตอนเป็นคนเดียวกัน
การพิสูจน์ตัวบุคคล เช่น ฝาแฝด และรูปพรรณสัณฐาน
เช่น รอยแผลเป็น ไฝ เป็นต้น มีการตรวจสอบข้อมูล
หลักฐาน ได้แก่ บัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง
(passport) โดยมีเอกสารบันทึกข้อมูลทุกขั้นตอนและ
ลงนามผู้ตรวจสอบในแต่ละขั้นตอน การตรวจสุขภาพ
ทั่วไป การตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการ การตรวจ
วินิจฉัยด้วยเครื่องเอกเรย์โดยแพทย์หรือรังสีแพทย์
ตรวจสอบผล และการตรวจร่างกายโดยแพทย์ เพื่อให้ได้

หนังสือรับรองการตรวจสุขภาพ (health certificate) ใช้
ในการยื่นเอกสารกับหน่วยงานตรวจสอบของต่างประเทศ
ตามที่ประเทศต้นทางกำหนด มาตรฐานคนหางานมีการ
พัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ห้องปฏิบัติการ
ของสถานพยาบาลเอกชนที่ผ่านการรับรองใหม่ ต่ออายุ
ใบรับรอง และขยายขอบข่ายการรับรอง ได้นำผลการ
รับรองไปขึ้นทะเบียนเป็นสถานพยาบาลตรวจสุขภาพ
คนหางานกับกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน
ซึ่งการรับรองมีอายุ 2 ปี โดยนับจากวันที่ออกใบรับรอง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและ
วิเคราะห์ข้อบกพร่องจากรายงานการตรวจประเมิน
ห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลเอกชน ที่ได้รับการ
รับรองจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี พ.ศ. 2562
และ 2564 และวิเคราะห์สาเหตุผลตรวจโรคที่ทำให้
คนหางานชาวไทยถูกส่งตัวกลับระหว่าง ปี พ.ศ. 2562–
2564⁽⁵⁾ เพื่อเป็นข้อมูลพัฒนาห้องปฏิบัติการของสถาน
พยาบาลตรวจสุขภาพคนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ
ให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และนำผลไปปรับปรุง
มาตรฐานคนหางาน

วัสดุและวิธีการ

การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลัง
(retrospective analysis study) โดยใช้ข้อมูลของ
ข้อกำหนดมาตรฐานคนหางาน ข้อกำหนดของมาตรฐาน
สากล ISO 15189:2012 และข้อมูลรายงานผลการตรวจ
ประเมินห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลตรวจสุขภาพ
คนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ ได้รับการรับรอง
จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี พ.ศ. 2562 และ
2564 ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่พบจากการตรวจประเมิน ณ
สถานพยาบาล (on-site assessment) และการตรวจ
ประเมินทางไกล (remote assessment) ในช่วงที่มีการ
ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)
รวมทั้งข้อมูลจำนวนคนหางานที่ถูกส่งตัวกลับประเทศไทย
กรณีตรวจโรคไม่ผ่านในต่างประเทศระหว่างปี พ.ศ.
2562–2564 จากกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อกำหนดมาตรฐานคนหางานฉบับแก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 6 ปี พ.ศ. 2561⁽⁶⁾ ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานจากฉบับที่ 6 เป็นฉบับที่ 7 ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดด้านบริหารคุณภาพและวิชาการ ซึ่งได้ปรับปรุงตามประกาศของกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน เรื่อง การตรวจสุขภาพคนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 ซึ่งหนังสือรับรองการตรวจสุขภาพแบบ ข สำหรับคนหางานที่จะเดินทางไปไต้หวัน มีการยกเลิกรายการทดสอบเดิมจำนวน 3 รายการ ได้แก่ anti-HIV, pregnancy test และ HBsAg และเพิ่มรายการทดสอบจำนวน 2 รายการ ได้แก่ Measles-IgG or Vaccination certificate และ Rubella or Vaccination certificate มาตรฐานคนหางานฉบับแก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 7 ปี พ.ศ. 2563 วิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อกำหนดของมาตรฐานสากล ISO 15189:2012 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ฉบับปัจจุบัน พบว่ามาตรฐานคนหางานได้นำข้อกำหนดที่สำคัญบางส่วนของมาตรฐาน ISO 15189:2012 มาปรับใช้

นำผลรายงานการตรวจซึ่งเป็นข้อบกพร่องจากการตรวจประเมินห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลเอกชน ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานคนหางานจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี พ.ศ. 2562 และ 2564 จำนวน 37 แห่ง จัดเป็นหมวดหมู่ตามข้อกำหนดของมาตรฐานคนหางาน แจกแจงความถี่เป็นจำนวนข้อและอัตราร้อยละของจำนวนทั้งหมด

นำข้อมูลจำนวนคนหางานที่ถูกส่งตัวกลับประเทศไทย กรณีตรวจโรคไม่ผ่านในต่างประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2562–2564 จากกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ประกอบด้วย ข้อมูลประเทศที่คนหางานเดินทางไป ระยะเวลาที่คนหางานถูกส่งกลับ ปีที่คนหางานถูกส่งกลับ ผลการตรวจโรคของคนหางานก่อนการเดินทาง ผลการตรวจโรคของคนหางานในต่างประเทศ สถานพยาบาลที่ตรวจโรคหลังจากเดินทางกลับ และผลการตรวจโรคหลังเดินทางกลับ ซึ่งการศึกษานี้มีการรักษาความลับข้อมูลของสถานพยาบาลโดยการใส่รหัสไม่ให้เกิดความเชื่อมโยงกับสถานพยาบาลใดๆ

ผล

การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อบกพร่องมีการเชื่อมโยงกับข้อกำหนด จึงนำข้อกำหนดมาตรฐานคนหางานมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อกำหนดของมาตรฐานสากล ISO 15189:2012 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ พบว่ามาตรฐานคนหางานได้นำข้อกำหนดที่สำคัญบางส่วนของมาตรฐาน ISO 15189:2012 มาปรับใช้การเปรียบเทียบข้อกำหนดมาตรฐานสากล ISO 15189:2012 และข้อกำหนดมาตรฐานคนหางาน ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานสากลแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านระบบบริหารจัดการคุณภาพและด้านวิชาการ ด้านระบบบริหารจัดการคุณภาพ ได้แก่ 1) ข้อตกลงการให้บริการ 2) บริการให้คำแนะนำ 3) การจัดการข้อร้องเรียน 4) การระบุและควบคุมสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน 5) ปฏิบัติการแก้ไข 6) ปฏิบัติการป้องกันการเกิดซ้ำ 7) การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และด้านวิชาการ ได้แก่ 8) การออกผล 9) การจัดการข้อมูลทางห้องปฏิบัติการ 10) ด้านความปลอดภัย สิ่งที่มาตราฐานคนหางานกล่าวถึงคือ เรื่องความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสิ่งแวดล้อม แต่ยังไม่ครอบคลุมความปลอดภัยด้านอื่น เช่น ผู้ปฏิบัติงานและผู้รับบริการ ส่วนที่กล่าวถึงเพิ่มเติมจาก ISO 15189 คือ จุดรับผู้รับบริการหรือเวชระเบียน การตรวจวินิจฉัยด้านรังสีวินิจฉัย X-ray และรายการตรวจวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 1

การวิเคราะห์และประมวลผลจากรายงานการตรวจประเมิน เป็นข้อบกพร่องที่พบจากการตรวจประเมินห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลเอกชน ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานคนหางานจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี พ.ศ. 2562 และ 2564 จำนวน 37 แห่ง พบข้อบกพร่องทั้งหมด 227 และ 246 ข้อ ตามลำดับ จัดเป็นหมวดหมู่ตามข้อกำหนดของมาตรฐานคนหางาน แจกแจงความถี่เป็นจำนวนข้อและอัตราร้อยละของจำนวนทั้งหมด พบข้อบกพร่องสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ระบบเอกสาร (ร้อยละ 17.6, 17.1) การตรวจวิเคราะห์ (ร้อยละ 9.7, 15.9) และการเก็บตัวอย่าง (ร้อยละ 9.3, 10.2) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1 ด้านระบบบริหารจัดการคุณภาพ (ข้อ 5.1.1–5.1.8) มีรูปแบบคล้ายกัน ได้แก่ ข้อบกพร่องที่พบน้อยที่สุดของทั้ง 2 ปี คือ

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดมาตรฐานสากลและข้อกำหนดมาตรฐานคนหางาน

ข้อ	ข้อกำหนด ISO 15189:2012	ข้อกำหนดมาตรฐานคนหางาน (แสดงเฉพาะส่วนที่สอดคล้องกับข้อกำหนด ISO15189)
ด้านระบบบริหารจัดการคุณภาพ		
4.1	การจัดการองค์กร การจัดองค์กรและความรับผิดชอบในการจัดการ สภาพนิเทศบุคคล การปฏิบัติตามหลักจริยธรรม ผู้อำนวยการ ห้องปฏิบัติการ ความรับผิดชอบในการจัดการ	(3) สถานที่ปฏิบัติงานถาวร และจัดตั้งถูกต้องตามกฎหมาย (4.2) ผู้บริหารสูงสุดต้องมอบอำนาจ (4.6) ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ต้องปฏิบัติงาน ได้อย่างอิสระ และไม่มี ความขัดแย้งด้านผลประโยชน์ที่อาจมี ผลกระทบต่อการตรวจวิเคราะห์
4.2	ระบบจัดการคุณภาพ ข้อกำหนดในการจัดทำเอกสาร	(5.1.2) มีการจัดทำระบบบริหารคุณภาพและวิชาการ จัดทำ เอกสารในระบบคุณภาพเป็นเอกสารควบคุม
4.3	การควบคุมเอกสาร	(5.1.2) ห้องปฏิบัติการต้องจัดทำเอกสารในระบบคุณภาพ เป็นเอกสารควบคุม
4.4	ข้อตกลงการให้บริการ	NA ไม่มีการกล่าวถึง เนื่องจาก health certificate ถูก กำหนดโดยประเทศต้นทางตามที่กรมการจัดหางานกำหนด ไว้หนังสือรับรองการตรวจสุขภาพ (แบบ ก-ง)
4.5	การตรวจวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการรับตรวจต่อ	NA (ไม่มีการส่งตรวจต่อ ในรายการตรวจวิเคราะห์ที่ขอ การรับรองห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลตรวจสุขภาพ คนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศ จะส่งตรวจต่อได้ในกรณี ตรวจยืนยันได้เท่านั้น) (5.1.4) การประเมินคัดเลือกห้องปฏิบัติการรับตรวจยืนยัน ผล (confirmatory)
4.6	การจัดซื้อบริการภายนอกและวัสดุสิ้นเปลือง	(5.1.3) การเลือก การจัดซื้อ และการจัดเก็บวัสดุวิทยาศาสตร์
4.7	บริการให้คำแนะนำ	NA
4.8	การจัดการข้อร้องเรียน	NA
4.9	การระบุและควบคุมสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน	NA
4.10	ปฏิบัติการแก้ไข	NA
4.11	ปฏิบัติการป้องกันการเกิดซ้ำ	NA
4.12	การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	NA
4.13	การควบคุมบันทึก	(5.1.2) งานตรวจวิเคราะห์ที่ปฏิบัติต้องมีระบบการบันทึก ข้อมูล (5.1.1) มีการตรวจสอบการบันทึก และการถ่ายโอน ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ถูกต้องครบถ้วน และมีการเก็บสำเนา health certificate ตามระยะเวลาที่กำหนด
4.14	การประเมินผลและการตรวจติดตาม	(5.1.5) การตรวจติดตามคุณภาพภายใน (internal audit)
4.15	การทบทวนบริหาร	(5.1.6) การประชุมทบทวนบริหาร (management review)
ด้านวิชาการ		
5.1	บุคลากร คุณสมบัติของบุคลากร รายละเอียดงาน ความรู้ เบื้องต้นของบุคลากรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมขององค์กร การฝึกอบรม การประเมินความสามารถ ทบทวนการปฏิบัติ งานของเจ้าหน้าที่ การศึกษาต่อเนื่องและการพัฒนาวิชาชีพ ประวัติดูแล	(5.1.8) บุคลากร มีการมอบหมายผู้รับผิดชอบดำเนิน การควบคุมดูแลระบบบริการตรวจสุขภาพคนหางาน ทุกขั้นตอน เป็นผู้ประกอบวิชาชีพเทคนิคการแพทย์ มีแพทย์ หรือรังสีแพทย์ประเมินผลและวินิจฉัยโรคบุคลากรที่ เกี่ยวข้องทั้งหมดได้รับการฝึกอบรมและผ่านการประเมิน ความสามารถด้านระบบบริการตรวจสุขภาพคนหางานที่จะไป ทำงานต่างประเทศและจัดทำบันทึก

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดมาตรฐานสากลและข้อกำหนดมาตรฐานคนงาน (ต่อ)

ข้อ	ข้อกำหนด ISO 15189:2012	ข้อกำหนดมาตรฐานคนงาน (แสดงเฉพาะส่วนที่สอดคล้องกับข้อกำหนด ISO15189)
5.2	สถานที่และสภาพแวดล้อม (มีพื้นที่เพียงพอ) ห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก สิ่งอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บสิ่งอำนวยความสะดวกของพนักงาน สิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างผู้ป่วย การบำรุงรักษา สิ่งอำนวยความสะดวกและสภาพแวดล้อม	(5.2.1) ห้องปฏิบัติการและสิ่งแวดล้อม มีขนาดและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม มีมาตรการด้านความปลอดภัย มีพื้นที่จัดวางเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น ต้องไม่วางเครื่องมืออุปกรณ์หรือสิ่งของกีดขวางทางเดิน
5.3	เครื่องมือห้องปฏิบัติการ น้ำยา และวัสดุสิ้นเปลือง การทดสอบเพื่อการยอมรับเครื่องมือ คำแนะนำสำหรับการใช้งานเครื่องมือ การสอบเทียบเครื่องมือและตรวจสอบย้อนกลับทางมาตรวิทยา การบำรุงรักษา และการซ่อมแซมเครื่องมือ การรายงานเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดกับเครื่องมือ บันทึกของเครื่องมือ น้ำยา และวัสดุสิ้นเปลือง	(5.2.2) เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มีเอกสารแสดงวิธีการใช้และการบำรุงรักษาเครื่องมือ มีการตรวจสอบสภาพและการทำงานของเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ การสอบเทียบ (5.1.3) การเลือก การจัดซื้อ และการจัดเก็บวัสดุวิทยาศาสตร์ ชุดน้ำยาทดสอบ
5.4	กระบวนการก่อนการทดสอบ ข้อมูลสำหรับผู้ป่วยและผู้ให้บริการ ข้อมูลแบบใบส่งตรวจ การเก็บตัวอย่างปฐมภูมิและการจัดการ คำแนะนำสำหรับกิจกรรมก่อนการเก็บตัวอย่าง คำแนะนำสำหรับการเก็บตัวอย่าง การขนส่งตัวอย่าง การรับตัวอย่าง การจัดการก่อนการทดสอบ การเตรียม และการเก็บรักษา	(5.2.3) การเก็บและการนำส่งตัวอย่าง มีพื้นที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและการนำส่งตัวอย่างเหมาะสม มีคู่มือการเก็บตัวอย่าง มีการตรวจสอบและป้องกันการเก็บตัวอย่างผิดคนและการปลอมปนตัวอย่าง วิธีการเก็บรักษาตัวอย่าง ใบส่งตรวจต้องมีรายละเอียด จลนศาสตร์ของกระบวนการรับตัวอย่าง มีรายละเอียด และมีการบันทึกการรับตัวอย่าง
5.5	กระบวนการทดสอบ	(5.2.4) วิธีที่ใช้ตรวจวิเคราะห์ มีวิธีปฏิบัติงานของการตรวจวิเคราะห์ที่ยืนยันขอครบทุกรายการและเป็นปัจจุบัน มีสำเนาฉบับควบคุมไว้ใช้ ณ จุดปฏิบัติงาน วิธีตรวจวิเคราะห์ต้องมีเอกสารวิชาการอ้างอิงได้ในมาตรฐานการปฏิบัติงานต้องระบุหลักเกณฑ์การรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ และเขียนแนวทางการตรวจวินิจฉัยให้ตรงตามที่ปฏิบัติจริง
5.6	สร้างความมั่นใจในคุณภาพผลการทดสอบ	(5.2.5) การควบคุมคุณภาพการตรวจวิเคราะห์
5.7	กระบวนการหลังการทดสอบ	(5.2.6) กระบวนการหลังการตรวจวิเคราะห์
5.8	การรายงานผล	(5.2.7) การรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ ใบรายงานผลประกอบด้วย ข้อมูลผู้ใช้บริการครบถ้วน ชื่อผู้รายงานผล วันที่และเวลารายงานผล มีนักเทคนิคการแพทย์ที่ผ่านการสอบเป็นผู้มีสิทธิ์ลงนามรับรองผลเป็นผู้ตรวจสอบผลและลงนามผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ มีแพทย์หรือรังสีแพทย์ตรวจสอบผลและลงนามผลการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ มีกระบวนการที่มั่นใจว่าส่งใบรายงานผลถึงแพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องหรือคนงานผู้เป็นเจ้าของตัวอย่าง สำเนาใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ต้องเก็บไว้อย่างน้อย 3 ปี การตรวจวิเคราะห์ทางภูมิคุ้มกันวิทยาต้องระบุวิธีทดสอบที่เลือกใช้ระบุความไวและความจำเพาะของวิธีตรวจวิเคราะห์ ในใบรายงานผลและใน health certificate
5.9	การออกผล	(5.2.7.4) มีกระบวนการที่มั่นใจว่าส่งใบรายงานผลถึงผู้รับบริการ (5.1.1) มีหลักฐานการรับผลการตรวจหรือหนังสือรับมอบอำนาจผู้รับผลตามกฎหมาย
5.10	การจัดการข้อมูลทางห้องปฏิบัติการ	NA

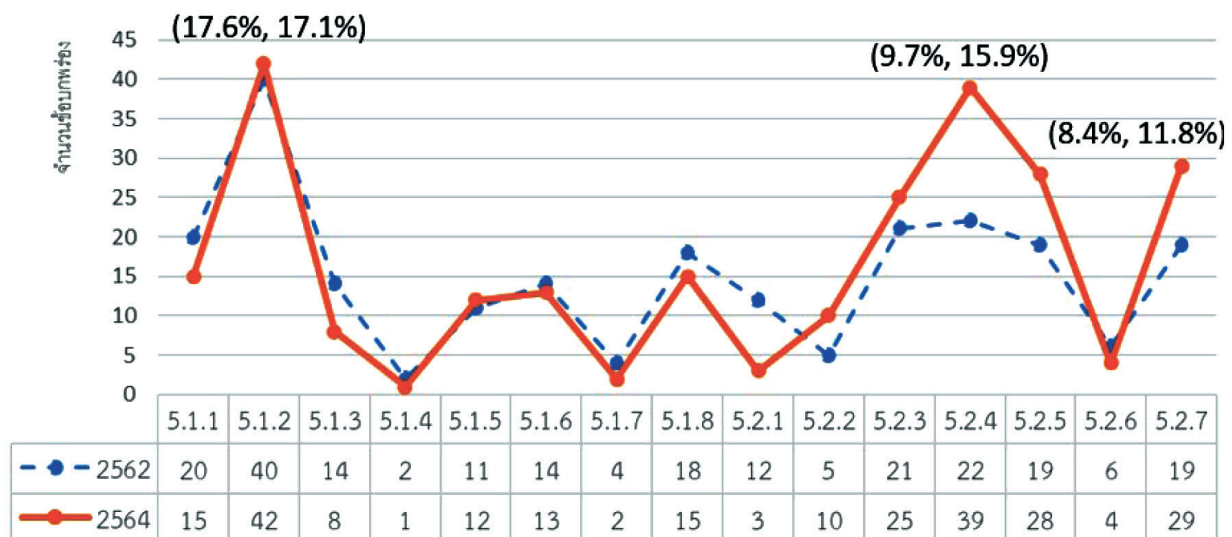
หมายเหตุ: NA หมายถึง ไม่กล่าวถึงในข้อกำหนดของมาตรฐานคนงานหมายเลขในวงเล็บ () หมายถึง หมายเลขข้อกำหนด

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดมาตรฐานสากลและข้อกำหนดมาตรฐานคนหางาน (ต่อ)

ข้อ	ข้อกำหนด ISO 15189:2012	ข้อกำหนดมาตรฐานคนหางาน (แสดงเฉพาะส่วนที่สอดคล้องกับข้อกำหนด ISO15189)
-	ไม่มี	(5.1.1) ระบบบริหารตรวจสอบคุณภาพคนหางาน (ระบบบริการ บังคับตัวตน ถ่ายโอน ตรวจสอบ จัดเก็บ)
-	ไม่มี	(5.1.7) รายการตรวจวิเคราะห์ (ต้องมีรายการครบถ้วนตามหนังสือ รับรองตรวจสอบคุณภาพคนหางานที่จะไปทำงานต่างประเทศตามที่ กรมการจัดหางานกำหนด หรือประเทศต้นทางร้องขอ)
-	ไม่มี	เรื่องอื่น ๆ เครื่อง X-ray มีการตรวจสอบมาตรฐาน โดยหน่วยงานรัฐที่รับผิดชอบ
-	ไม่มี	จุดรับผู้รับบริการหรือเวชเช่เบียน แผนกรังสี

ข้อ 5.1.4 การคัดเลือกห้องปฏิบัติการส่งตรวจต่อ ซึ่งระบุว่า ห้องปฏิบัติการต้องตรวจได้ทุกรายการและส่งตรวจยืนยัน ได้เฉพาะการยืนยันผลเท่านั้น และข้อบกพร่องที่ได้น้อย ที่สุด คือ ข้อ 5.1.7 รายการตรวจวิเคราะห์ ห้องปฏิบัติการ ต้องมีรายการตรวจวิเคราะห์ครบถ้วนตามที่ประเทศ ต้นทางกำหนดไว้ ส่วนข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดของ

ทั้ง 2 ปี คือ ข้อ 5.1.2 ระบบเอกสาร ด้านวิชาการ พบว่า ข้อ 5.2.4 การตรวจวิเคราะห์ มีจำนวนข้อบกพร่องเพิ่ม ขึ้นประมาณ 2 เท่า (จากร้อยละ 9.7 เป็น 15.9) และ ข้อ 5.2.7 การรายงานผลมีจำนวนข้อบกพร่องเพิ่มขึ้น (จากร้อยละ 8.4 เป็น 11.8)



ภาพที่ 1 ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจากผลการตรวจประเมินห้องปฏิบัติการ ปี พ.ศ. 2562 และ 2564 โดย ข้อกำหนดมาตรฐานคนหางานในด้านระบบ ประกอบด้วย ข้อ 5.1.1 จัดทำระบบ, 5.1.2 ระบบเอกสาร, 5.1.3 ระบบจัดซื้อ, 5.1.4 คัดเลือกห้องปฏิบัติการส่งตรวจต่อ, 5.1.5 ตรวจติดตามคุณภาพภายใน, 5.1.6 ทบทวนบริหาร, 5.1.7 รายการตรวจวิเคราะห์, 5.1.8 บุคลากร, และด้านวิชาการ ประกอบด้วย ข้อ 5.2.1 สิ่งแวดล้อม, 5.2.2 เครื่องมือวิทยาศาสตร์, 5.2.3 การเก็บและนำส่งตัวอย่าง, 5.2.4 การตรวจ วิเคราะห์, 5.2.5 การควบคุมคุณภาพ, 5.2.6 หลังการวิเคราะห์, 5.2.7 การรายงานผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนคนหางานที่ถูกส่งตัวกลับประเทศไทยจำนวน 9 ราย กรณีตรวจโรคไม่ผ่านในต่างประเทศระหว่าง ปี พ.ศ. 2562–2564 จากกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ประกอบด้วย ข้อมูลของประเทศที่คนหางานเดินทางไปทำงาน ระยะเวลาที่คนหางานถูกส่งกลับ ปีที่คนหางานถูกส่งกลับ ผลตรวจโรคของคนหางานก่อนการเดินทาง ผลการตรวจโรคของคนหางานในต่างประเทศ และผลตรวจโรคหลังจากเดินทางกลับ ซึ่งมีการรักษาความลับข้อมูลของ

สถานพยาบาลในการศึกษานี้โดยการใส่รหัส เพื่อไม่ให้เกิดความเชื่อมโยงกับสถานพยาบาลใด ๆ แจกแจงความถี่จากมากไปน้อย พบสาเหตุแรงงานถูกส่งกลับมีความถี่มากที่สุด ได้แก่ โรคปอดและวัณโรค โรคซิฟิลิส และเอชไอวี ตามลำดับ และประเทศที่ส่งแรงงานกลับ ได้แก่ สาธารณรัฐเกาหลี คูเวต มาเลเซีย และฮ่องกง ซึ่งระยะเวลาที่ถูกส่งกลับ คือ 1 วัน ถึง 6 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลคนหางานที่ถูกส่งตัวกลับประเทศไทย กรณีตรวจโรคไม่ผ่านในต่างประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2562–2564 โดยจำแนกสถานพยาบาลตรวจโรคก่อนเดินทาง ที่ตั้งสถานพยาบาล ประเทศต้นทาง ระยะเวลาที่ถูกส่งกลับ ผลตรวจโรคในต่างประเทศ และผลการตรวจโรคหลังเดินทางกลับประเทศไทย

คนหางานลำดับที่	สถานพยาบาลตรวจโรคก่อนเดินทาง	ที่ตั้งสถานพยาบาล	ประเทศต้นทาง	ระยะเวลาที่ถูกส่งกลับ	ผลตรวจโรคในต่างประเทศ	ผลตรวจโรคหลังเดินทางกลับประเทศไทย
1	A	กรุงเทพฯ	สาธารณรัฐเกาหลี	2 วัน	โรคปอดและวัณโรค	ตรวจเสมหะไม่พบเชื้อวัณโรค
2	A	กรุงเทพฯ	สาธารณรัฐเกาหลี	3 วัน	โรคซิฟิลิส	ซิฟิลิส
3	B	ต่างจังหวัด	สาธารณรัฐเกาหลี	2 วัน	โรคปอดและวัณโรค	ปอดอักเสบ
4	C	กรุงเทพฯ	มาเลเซีย	1 เดือน 13 วัน	โรคปอดและวัณโรค	ไม่มีข้อมูล
5	C	กรุงเทพฯ	สาธารณรัฐเกาหลี	1 ปี 3 เดือน	โรคปอดและวัณโรค	วัณโรคระยะแพร่กระจาย
6	D	ต่างจังหวัด	สาธารณรัฐเกาหลี	1 วัน	โรคซิฟิลิส	ซิฟิลิสระยะแฝง
7	D	ต่างจังหวัด	ฮ่องกง	6 ปี	ติดเชื้อไวรัส HIV	ติดเชื้อไวรัส HIV
8	E	กรุงเทพฯ	คูเวต	3 เดือน	โรคปอดและวัณโรค	รอยจุดที่ปอดด้านขวา
9	F	ต่างจังหวัด	สาธารณรัฐเกาหลี	3 วัน	โรคซิฟิลิส	โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง*

หมายเหตุ: A, B, C, D, E และ F แทนชื่อสถานพยาบาล

* ไม่ได้ระบุว่าเป็น HIV

วิจารณ์

มาตรฐานคนหางานนี้มีความจำเพาะ เพื่อให้การรับรองเฉพาะสถานพยาบาลภาคเอกชนเท่านั้น การรับรองไม่ได้จำกัดเฉพาะห้องปฏิบัติการ แต่รวมถึงการให้บริการทุกแผนกที่เกี่ยวข้องกับผู้มาใช้บริการตรวจสอบสุขภาพเพื่อไปทำงานต่างประเทศ มีการพิสูจน์ตัวบุคคลในแต่ละขั้นตอนการให้บริการว่าเป็นบุคคลเดียวกัน เช่น ฝาแฝด

รูปพรรณสัณฐาน รอยแผลเป็น ไฝ เป็นต้น รวมถึงการตรวจสอบข้อมูลหลักฐาน ได้แก่ บัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง (passport) โดยมีเอกสารบันทึกข้อมูลทุกขั้นตอนและลงนามผู้ตรวจสอบในแต่ละขั้นตอนการตรวจสอบสุขภาพทั่วไป มีการมอบหมายผู้รับผิดชอบควบคุมดูแลระบบบริการตรวจสอบสุขภาพคนหางานทุกขั้นตอน บุคลากรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดได้รับการฝึกอบรมและ

ผ่านการประเมินความสามารถด้านระบบบริการตรวจสุขภาพคนหางาน มีการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ การตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์โดยแพทย์หรือ รังสีแพทย์ตรวจสอบผล การตรวจร่างกายโดยแพทย์ และการจัดทำหนังสือรับรองการตรวจสุขภาพของคนหางาน (health certificate) รวมถึงผู้รับบริการลงนามรับ หนังสือรับรองการตรวจสุขภาพ เพื่อนำไปใช้ในการยื่น เอกสารกับหน่วยงานตรวจสอบของต่างประเทศตาม ที่ประเทศต้นทางกำหนด จากการวิเคราะห์ข้อกำหนด มาตรฐานคนหางานกับข้อกำหนดของมาตรฐานสากล ISO 15189:2012 พบว่าสิ่งที่ข้อกำหนดของมาตรฐาน คนหางานยังไม่ครอบคลุมและเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ข้อตกลงบริการซึ่งการตรวจสุขภาพคนหางานรายการ ตรวจวิเคราะห์ต้องขึ้นกับประเทศต้นทางและบริษัท นายจ้างกำหนดหรือร้องขอ ซึ่งต้องมีข้อตกลงที่ชัดเจน เพื่อไม่ให้แรงงานไทยถูกส่งตัวกลับ และข้อกำหนด ยังไม่ครอบคลุมระบบบริหารจัดการคุณภาพ 4 เรื่อง ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบคุณภาพ เพื่อการพัฒนาปรับปรุง ระบบคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ การระบุและควบคุม สิ่งที่ไม่สอดคล้อง ปฏิบัติการแก้ไข ปฏิบัติการป้องกัน การเกิดซ้ำ และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูล ในการพัฒนาปรับปรุงมาตรฐานต่อไป

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อบกพร่องจาก การตรวจประเมินตามมาตรฐานคนหางาน ปี พ.ศ. 2562 และ 2564 จำนวน 37 แห่ง พบข้อบกพร่องที่มีความถี่ สูงสุด คือ เรื่องการตรวจวิเคราะห์ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน การศึกษาของอมรรัตน์ ทศนกิจ และคณะ⁽⁷⁾ ที่ศึกษา ข้อบกพร่องใน ปี พ.ศ. 2557–2559 เป็นปัญหาที่เกิดขึ้น และยังคงอยู่ รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือต่อ ระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการในการตรวจสุขภาพของ คนหางาน ข้อบกพร่องจากการตรวจประเมิน ประกอบด้วย ด้านระบบบริหารจัดการคุณภาพและด้านวิชาการ สิ่งที่พบทางด้านระบบบริหารจัดการคุณภาพพบในกลุ่ม เป้าหมายเดียวกันมีผลเปรียบเทียบรูปแบบกราฟของ ข้อบกพร่องเหมือนกันทั้ง ปี พ.ศ. 2562 และ 2564 เช่น ข้อ 5.1.1 จัดทำระบบบริการการตรวจสุขภาพ คนหางานไปทำงานต่างประเทศ ข้อ 5.1.2 ระบบเอกสาร และข้อ 5.1.7 รายการตรวจวิเคราะห์ ตามข้อกำหนด

มาตรฐานคนหางาน ซึ่งข้อ 5.1.7 รายการตรวจวิเคราะห์ เป็นข้อกำหนดที่ไม่เหมือนกับมาตรฐานสากล ISO 15189:2012 แต่เป็นรายการตรวจที่ขอรับรองในสถาน พยาบาลนั้นจริงทุกรายการและครบถ้วนในหนังสือ รับรองผลการตรวจสุขภาพของกรมการจัดหางาน การพบ ข้อบกพร่องซ้ำหรือพบว่ากราฟของข้อบกพร่องมีรูปแบบ คล้ายกัน อาจเป็นปัญหาในเชิงระบบคุณภาพอาจแก้ไข ด้วยการอบรมให้ความรู้ หรืออาจเกิดจากปัญหาเรื่อง บุคลากรในภาคเอกชนมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย จึง ไม่สามารถแก้ไขได้เพียงการอบรมเพิ่มความรู้ ข้อ 5.2.7 การรายงานผล มีจำนวนข้อบกพร่องเพิ่มขึ้น อาจเกิด จากนักเทคนิคการแพทย์ที่ผ่านการสอบเป็นผู้มีสิทธิ ลงนามรับรองผล เป็นผู้ตรวจสอบผล และลงนามผลการ ตรวจทางห้องปฏิบัติการมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย มีสถาน พยาบาลที่ผ่านการรับรองหรือผ่านการต่ออายุไปแล้ว แจ้งความประสงค์ขอเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงผู้มีสิทธิลงนาม ในใบรายงานผลมายังสำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ เพื่อสอบเป็นผู้มีสิทธิลงนามในใบรายงานผลการวิเคราะห์ กรณีคนหางานชาวไทยถูกส่งกลับด้วยผลตรวจโรคไม่ผ่าน ในต่างประเทศ เป็นรายงานที่ได้จากกรมการจัดหางาน ระหว่าง ปี พ.ศ. 2562–2564 พบผลการตรวจโรค ก่อนเดินทางและหลังเดินทางไม่ตรงกันอาจเกิดจากไม่ได้ ตรวจที่สถานพยาบาลเดิม และบางรายไม่มีข้อมูลผล การตรวจโรคหลังเดินทางกลับ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ต้องกำกับดูแลเพื่อให้สามารถทวนสอบข้อมูลกลับได้ ระยะเวลาที่ถูกส่งตัวกลับมีตั้งแต่ 1 วัน ถึง 6 ปี การถูกส่งตัว กลับทันทีเนื่องจากผลการตรวจวิเคราะห์ที่ไม่ตรงกัน อาจมี สาเหตุจากวิธีการตรวจ หรือชุดน้ำยา หรือความสามารถ ของห้องปฏิบัติการในการตรวจวิเคราะห์ และกรณีที่ ถูกส่งตัวกลับตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไป หรือระยะเวลาเกินระยะ พักตัวของโรคที่ตรวจพบที่ประเทศต้นทางเมื่อผ่านไป 6 ปี อาจได้รับเชื้อขณะอยู่ต่างประเทศซึ่งอาจไม่เกี่ยวข้อง กับผลการวิเคราะห์ ถึงแม้หน่วยงานกำกับควบคุมได้ เข้มงวดด้านคุณภาพห้องปฏิบัติการตรวจคนหางานแล้ว ก็ตาม สาเหตุที่แรงงานถูกส่งตัวกลับอันดับแรกด้วย สาเหตุโรคปอดและวัณโรคสอดคล้องกับรายงานการ ศึกษาในปี พ.ศ. 2554–2557 ของสุรน วณิชศรี และ คณะ⁽⁸⁾

สรุป

การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อบกพร่องตามข้อกำหนดแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่ยังพบมาก และควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข ตั้งแต่การจัดทำข้อกำหนดให้ชัดเจนในหัวข้อที่เป็นปัญหา การตรวจทางห้องปฏิบัติการ การปรับปรุงแก้ไขของห้องปฏิบัติการ การตรวจติดตาม ฯลฯ เพื่อการพัฒนาระบบคุณภาพให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการกองบริหารแรงงานไทยไปต่างประเทศ กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน สถานพยาบาลตรวจคนงานไปต่างประเทศ ผู้ตรวจประเมินมาตรฐานคนงาน และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้สนับสนุนข้อมูล และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ภาควิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินงานสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. พระราชบัญญัติจัดหางานและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2528. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา; 2552.
2. กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. ระเบียบกรมการจัดหางานว่าด้วยการพิจารณาให้ความเห็นชอบเป็นสถานตรวจสอบสุขภาพคนงานที่จะไปทำงานต่างประเทศ พ.ศ. 2546. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 120 ตอนพิเศษ 102 (วันที่ 5 กันยายน 2546). หน้า 22.

3. ภัทรวีร์ สร้อยสังวาลย์, เรวดี สิริธัญญานนท์, พินิจ งามประสิทธิ์. นโยบายข้อกำหนดและเงื่อนไขการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลตรวจสอบสุขภาพคนงานที่จะไปทำงานต่างประเทศ. แกไขครั้งที่ 7. นนทบุรี: สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2563.
4. ISO 15189:2012. Medical laboratories-requirements for quality and competence. Geneva: International Organization for Standardization; 2012.
5. กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. ข้อมูลจำนวนคนงานที่ถูกส่งตัวกลับประเทศไทย กรณีตรวจโรคไม่ผ่านในต่างประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2562-2564. กรุงเทพฯ: กองบริหารแรงงานไทยไปต่างประเทศ; 2564.
6. ภัทรวีร์ สร้อยสังวาลย์, อมรรัตน์ ทศนกิจ, พินิจ งามประสิทธิ์. นโยบายข้อกำหนดและเงื่อนไขการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการของสถานพยาบาลตรวจสอบสุขภาพคนงานที่จะไปทำงานต่างประเทศ. แกไขครั้งที่ 6. นนทบุรี: สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2561.
7. อมรรัตน์ ทศนกิจ, พินิจ งามประสิทธิ์, ปวีณา กมลรักษ์. การวิเคราะห์ระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตรวจสอบสุขภาพที่แรงงานไทยถูกส่งกลับระหว่าง พ.ศ. 2557-2559. ว กรมวิทย์ พ 2561; 60(1): 9-17.
8. สุนทรวรรณ, สุศักดิ์ ห่มนพล, อาวรินทร์โรจน์วิวัฒน์, พินิจ งามประสิทธิ์, มะลิวัลย์ หอมจัน, พรหมภัสสร ดิษสระ, และคณะ. สรุปและวิเคราะห์สาเหตุที่แรงงานไทยถูกส่งกลับจากการตรวจโรคไม่ผ่านในต่างประเทศ ระหว่าง พ.ศ. 2554-2557. ว กรมวิทย์ พ 2558; 57(3): 304-12.

Non-Conformities of Laboratory Standard for Health Certification for Thai Residents Intending to Work Overseas

Pinit Ngamprasit¹, Siriphan Saeng-aroon¹, Supanee Kanjanakun²,
and Patravee Soisangwan¹

¹*Department of Medical Science, Nonthaburi 11000, Thailand*

²*Overseas Employment Administration Division, Department of Employment, Bangkok 10400, Thailand*

ABSTRACT

The Laboratory Standard for Health Certification for Thai residents intending to work overseas (TWOS) is a standard for private hospitals in Thailand, which is registered with the Department of Employment, Ministry of Labor, Thailand. This standard includes the system of personal identification, health service system through the issuing of health certification. The objectives of this study were 1) to compare and analyze nonconformities (NCs) in the year 2019 and 2021, 2) and to analyze the data of overseas workers which had been repatriated and retested after arrival to Thailand. The retrospective review of data of 37 private laboratories in 2019 and 2021 showed 227 and 246 NCs, respectively. The three most common NCs were document control (17.6% and 17.1%), examination processes (9.7% and 15.9%), and specimen collection (10.5% and 9.3%). The number of Thai residents intending to work overseas repatriated was were 9 persons (6 Korea, 1 Kuwait, 1 Malaysia, 1 Hong Kong). The diseases reported from these countries were: 5 TB, 3 syphilis, and 1 HIV. The retested laboratory in Thailand showed: 3 TB, 1 pneumonia, 2 syphilis, and 2 HIV. The duration of Thai residents intending to work overseas repatriated ranged from 1 day to 6 years. The 3-days repatriated cases were possibly due to different laboratory results. This standard also included root cause analysis of repatriated cases.

Keywords: Laboratory standard, Overseas workers, Health certification, Non-conformities

แนวโน้มของข้อบกพร่องจากสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย ระหว่างปี พ.ศ. 2563–2566

อุกฤษฏ์ สุโกไส ภัทรวดี สุโกไส และ สกฤตลา แสงแอ่น
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย อำเภอเมือง เชียงราย 57100

บทคัดย่อ การรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 เป็นกระบวนการหนึ่งที่มุ่งถึงคุณภาพของห้องปฏิบัติการในการนำไปพัฒนาปรับปรุงระบบบริหารคุณภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาและสาเหตุจากสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จำแนกตามข้อมูลการตรวจติดตามภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง นำมาวิเคราะห์ข้อมูล ความถี่ ร้อยละ และแนวโน้มสาเหตุของสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จากการรวบรวมข้อบกพร่องการตรวจติดตามคุณภาพภายในตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2563–2566 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองในปี พ.ศ. 2564 ผลการศึกษาจากกลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการ จำนวน 1 แห่ง และห้องปฏิบัติการ จำนวน 5 แห่ง พบว่าสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จำนวน 139 ข้อ จากการตรวจติดตามภายใน จำนวน 98 ข้อ แบ่งเป็นมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 65 ข้อ มาตรฐาน ISO 15189:2012 จำนวน 33 ข้อ และการตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ จำนวน 41 ข้อ แบ่งเป็น มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 34 ข้อ และมาตรฐาน ISO 15189:2012 จำนวน 7 ข้อ และการวิเคราะห์แนวโน้มปัญหาจากสาเหตุ 5M 1E ของข้อกำหนด 5 ข้อ ได้แก่ บุคลากร เครื่องมือ การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบ สถานที่และสภาพแวดล้อม ดังนั้นควรจัดอบรมให้ความรู้และสร้างความตระหนักแก่บุคลากร โดยเฉพาะขั้นตอนการทดสอบ และสถานที่และสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อผลการทดสอบ การจัดการความเสี่ยง และการพัฒนาปรับปรุงระบบบริหารคุณภาพของห้องปฏิบัติการ เพื่อรักษาระบบบริหารคุณภาพในการเป็นหน่วยงานให้บริการทดสอบที่มีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: ISO/IEC 17025:2017, ISO 15189:2012, สิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

Corresponding author E-mail: ugrit.s@dmsc.mail.go.th

Received: 9 October 2023

Revised: 31 January 2024

Accepted: 14 February 2024

บทนำ

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย (ศวก. 1/1 เชียงราย) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงด้านการแพทย์และสาธารณสุข มีหน้าที่พัฒนาระบบงานคุณภาพห้องปฏิบัติการ พัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ และให้บริการทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และสาธารณสุข รวมทั้งพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ตามกฎหมายและให้บริการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพ การชันสูตรโรค มีมาตรฐานทางคดี และได้รับการรับรองระบบคุณภาพมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017, ISO 15189:2012, ISO 15190:2020, ISO 9001:2015 และ ISO/IEC 27001:2013^(1,2) แบ่งเป็นกลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการดำเนินการผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 ห้องปฏิบัติการ 5 ห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเคมี จุลชีววิทยา ยาและวัตถุเสพติด และรังสีและเครื่องมือแพทย์ ผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017⁽³⁾ และห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิกผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO 15189:2012⁽⁴⁾ โดย ศวก. 1/1 เชียงราย ผ่านการรับรองมาตรฐานตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 จนถึงปัจจุบัน การดำเนินงานเริ่มจากจัดทำแผนการตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการเป็นประจำทุกปี โดยแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่น การรักษาคุณภาพ การพัฒนาระบบคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งผลให้เกิดความมั่นใจ การทวนสอบในผลการทดสอบ การตรวจวิเคราะห์ว่ามีความถูกต้องแม่นยำ น่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

การตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ (laboratory assessment) เป็นกระบวนการรับรองที่ดำเนินการโดยหน่วยรับรองห้องปฏิบัติการ ศวก. 1/1 เชียงราย ดำเนินการจัดทำเอกสารต่างๆ อย่างเป็นระบบ มีความเป็นอิสระ และเป็นลายลักษณ์อักษร ล่วงหน้า 180 วัน ก่อนการตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ เพื่อทำให้ทราบว่าการกิจกรรมในระบบคุณภาพมีผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์คุณภาพตามที่กำหนดไว้ สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการดำเนินการโดยคณะ

ผู้ตรวจประเมินที่มีความรู้ ความสามารถ และมีคุณสมบัติเป็นผู้ไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับทางห้องปฏิบัติการ การตรวจประเมินแบ่งเป็นการตรวจติดตามคุณภาพภายใน (internal audit หรือ first party audit) จัดทำแผนการดำเนินการทุกปี และการตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการจากภายนอก โดยบุคคลที่สามหรือหน่วยงานที่ให้การรับรอง (external audit หรือ third party audit) จัดทำแผนดำเนินการตามรอบระยะเวลาการให้การรับรองของสำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นหน่วยให้การรับรอง^(5,6) ทั้ง ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012

การวิเคราะห์สิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (nonconformities, NC) จากการรายงานผลการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการจากหน่วยงานภายนอก หากพบว่าห้องปฏิบัติการมีสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือไม่ปฏิบัติตามระบบที่วางไว้ อาจส่งผลกระทบต่อระบบบริหารคุณภาพและความถูกต้องของรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องแก้ไข NC ภายในระยะเวลา 30 วัน โดยวิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาสาเหตุ ดำเนินการแก้ไข และหาแนวทางป้องกันการเกิดซ้ำ รวมทั้งติดตามและประเมินผลการแก้ไขอย่างเป็นระบบ^(7,8)

ศวก. 1/1 เชียงราย ให้บริการตรวจทางห้องปฏิบัติการด้วยระบบคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 เพื่อให้เกิดการพัฒนาระบบคุณภาพอย่างต่อเนื่องจึงรวบรวมข้อมูลสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด รวมทั้งข้อสังเกตที่พบจากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองระหว่าง พ.ศ. 2563–2566 นำมาวิเคราะห์หาแนวโน้มของปัญหาและสาเหตุที่ทำให้พบข้อบกพร่องและข้อสังเกตดังกล่าว ผลจากการศึกษานี้จะเกิดประโยชน์ในการวางแผนปรับปรุงพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการของ ศวก. 1/1 เชียงราย และห้องปฏิบัติการอื่นๆ ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ รวมทั้งห้องปฏิบัติการของหน่วยงานอื่นๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน

วัสดุและวิธีการ

ศึกษาข้อมูล ปี พ.ศ. 2563-2566 โดยใช้มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ตรวจสอบข้อกำหนด (requirement) ดังนี้ ข้อที่ 4 ข้อกำหนดทั่วไป ข้อที่ 5 ข้อกำหนดด้านโครงสร้าง ข้อที่ 6 ข้อกำหนดด้านทรัพยากร ข้อที่ 7 ข้อกำหนดกระบวนการ และข้อที่ 8 ข้อกำหนดด้านระบบการบริหารงาน ส่วน ISO 15189:2012 ตรวจสอบข้อกำหนด ข้อที่ 4 ข้อกำหนดด้านบริหาร และข้อที่ 5 ข้อกำหนดด้านวิชาการ ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูล NC รหัส C (condition, C) ที่จำเป็นต้องแก้ไข ข้อบกพร่องซึ่งกระทบกับระบบคุณภาพโดยตรง และข้อสังเกตรหัส O (observation) พบประเด็นที่ต้องเฝ้าระวังในปัญหาที่จะเกิดซ้ำจากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินและรับรองห้องปฏิบัติการ เพื่อรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยวิจัยเชิงพรรณนาที่มีรูปแบบการศึกษาเฉพาะกรณีการตรวจติดตามคุณภาพภายใน แบบบันทึกคำร้องขอให้มีการแก้ไข (corrective action request form) การตรวจประเมิน และรับรองห้องปฏิบัติการ เพื่อรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ รวมทั้งรายงานตารางสรุปผลการแก้ไขสิ่งที่ตรวจพบ/ข้อบกพร่อง/ข้อสังเกต (nonconformities corrective action table) ในปี พ.ศ. 2563-2566 ดังนี้

การตรวจประเมิน ISO/IEC 17025:2017 โดยผู้ตรวจประเมินตรวจสอบข้อกำหนดทุกข้อจากกลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการ จำนวน 1 แห่ง และห้องปฏิบัติการจำนวน 4 แห่ง ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและวัดสุทัศน์ และรังสีและเครื่องมือแพทย์ โดยรวบรวมจากการตรวจติดตามคุณภาพภายในระยะเวลา 4 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2563-2566 และการตรวจประเมินและรับรองห้องปฏิบัติการในระยะเวลา 1 ปี คือ พ.ศ. 2564

การตรวจประเมิน ISO 15189:2012 โดยผู้ตรวจประเมินตรวจสอบข้อกำหนดทุกข้อจากกลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการ จำนวน 1 แห่ง และห้องปฏิบัติการจำนวน 1 แห่ง ได้แก่ ห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิก โดยรวบรวมจากการตรวจติดตามคุณภาพภายในระยะเวลา 4 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2563-2566 และการตรวจประเมิน

และรับรองห้องปฏิบัติการในระยะเวลา 1 ปี คือ พ.ศ. 2564

การดำเนินการศึกษา 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 NC ในรายการทดสอบที่ได้รับการตรวจติดตามคุณภาพภายในปี พ.ศ. 2563-2566 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองแต่ละห้องปฏิบัติการ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) NC จากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง

ส่วนที่ 3 แนวนโยบาย NC ที่ได้รับการตรวจประเมินตามมาตรฐานสากล

ส่วนที่ 4 แนวนโยบายปัญหาจากสาเหตุ 5M 1E ได้แก่ บุคลากร (man) เครื่องมือ (material) การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ (management) วิธีทดสอบ (method, measurement) สถานที่และสภาพแวดล้อม (environment)

จากนั้นจำแนกข้อมูลตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 โดยวิเคราะห์ NC และข้อบกพร่องซ้ำ ตามปีที่ตรวจติดตามและประเมิน และวิเคราะห์ข้อมูลเป็นชนิดร้อยละ ความถี่แนวนโยบาย และสาเหตุของการเกิดปัญหา โดยเก็บรวบรวมที่กลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการ

เครื่องมือในการศึกษา ได้แก่ รายงานผลการตรวจติดตามและประเมินของห้องปฏิบัติการย้อนหลัง ปี พ.ศ. 2563-2566 และข้อมูลแนวนโยบายข้อบกพร่องจากการตรวจประเมินรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ISO/IEC 17025:2017 และห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ ISO 15189:2012

ผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 NC ในรายการทดสอบที่ได้รับการตรวจติดตามคุณภาพภายใน ปี พ.ศ. 2563-2566 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองจำนวน 5 แห่ง ที่ดำเนินการด้วย ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 99 ข้อกำหนด แบ่งเป็นรายการตรวจติดตามภายใน จำนวน 4 ครั้ง พบสิ่งที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดจำนวน 65 ข้อกำหนด คิดเป็นร้อยละ 65.65 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองตามมาตรฐานสากล จำนวน 34

ข้อกำหนด คิดเป็นร้อยละ 34.35 และการตรวจประเมินและรับรองห้องปฏิบัติการ จำนวน 2 แห่ง ที่ดำเนินการด้วย ISO 15189:2012 รวม จำนวน 40 ข้อกำหนด คิดเป็นแบ่งเป็น รายการตรวจติดตามภายใน จำนวน 4 ครั้ง

พบสิ่งที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด จำนวน 33 ข้อกำหนด คิดเป็นร้อยละ 82.50 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองตามมาตรฐานสากล จำนวน 7 ข้อกำหนด คิดเป็นร้อยละ 17.50 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (NC) ในรายการทดสอบที่ได้รับการตรวจติดตามคุณภาพภายใน ปี พ.ศ. 2563–2566 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองแยกรายห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ	ตรวจติดตามคุณภาพภายใน				การตรวจประเมิน จากหน่วยรับรอง	รวม (ร้อยละ)
	2563	2564	2565	2566	2564	
ISO/IEC 17025:2017						
กลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการ	4	12	3	2	11	32 (32.32)
ห้องปฏิบัติการเคมี	5	3	1	3	5	17 (17.17)
ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา	2	3	4	3	12	24 (24.24)
ห้องปฏิบัติการยาและวัตถุเสพติด	1	3	4	2	1	11 (11.11)
ห้องปฏิบัติการรังสีและเครื่องมือแพทย์	4	1	3	2	5	15 (15.16)
รวม (ร้อยละ)	16	22	15	12	34	99
	(16.16)	(22.22)	(15.15)	(12.12)	(34.35)	(100)
ISO 15189:2012						
กลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการ	3	3	3	2	0	11 (27.50)
ห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิก	2	8	7	5	7	29 (72.50)
รวม (ร้อยละ)	5	11	10	7	7	40
	(12.50)	(27.50)	(25.00)	(17.50)	(17.50)	(100)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 2 ของ ISO/IEC 17025:2017 โดยนำข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) NC จากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 5 ห้องปฏิบัติการ พบว่าข้อกำหนดที่มีแนวโน้มสูงสุดเรียงตามลำดับ 10 อันดับแรก ได้แก่ ข้อกำหนด 7.2 การเลือก การทวนสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ข้อกำหนด 6.4 เครื่องมือ ข้อกำหนด 6.3 สิ่งอำนวยความสะดวกและสภาวะแวดล้อม ข้อกำหนด 7.7 การสร้างความมั่นใจในความใช้ได้ของผลการทดสอบ ข้อกำหนด 7.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด ข้อกำหนด 8.4 การควบคุมเอกสารระบบบริหาร ข้อกำหนด 6.2 บุคลากร ข้อกำหนด 5 ข้อกำหนดด้านโครงสร้าง ข้อกำหนด 6.6 ผลิตภัณฑ์และบริการจากภายนอก และข้อกำหนด 7.4 การจัดการตัวอย่าง⁽⁹⁾ และพบว่าข้อกำหนดในการตรวจติดตาม

ภายในปี พ.ศ. 2563–2564 พบ NC เดิมในการตรวจประเมินรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการปี พ.ศ. 2564 และไม่พบในปี พ.ศ. 2565–2566 ดังแสดงในตารางที่ 2

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 3 ของ ISO/IEC 17025:2017 แสดงแนวโน้ม NC ที่พบสูงสุด 10 อันดับแรกที่ได้รับจากการการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองทดสอบตามมาตรฐานสากล พบว่าในการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองปี พ.ศ. 2564 พบแนวโน้มที่สำคัญที่มี NC สูง ได้แก่ ข้อกำหนด 7.2 การเลือก การทวนสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ข้อกำหนด 7.4 การจัดการตัวอย่าง ข้อกำหนด 7.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด ข้อกำหนด 7.7 การสร้างความมั่นใจในความใช้ได้ของวิธี และข้อกำหนด 8.3 การควบคุมเอกสารระบบบริหารและการตรวจติดตามภายใน ปี พ.ศ. 2563–2566 ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 2 จำนวนสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (NC) จากการตรวจติดตามคุณภาพภายใน และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 5 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025:2017

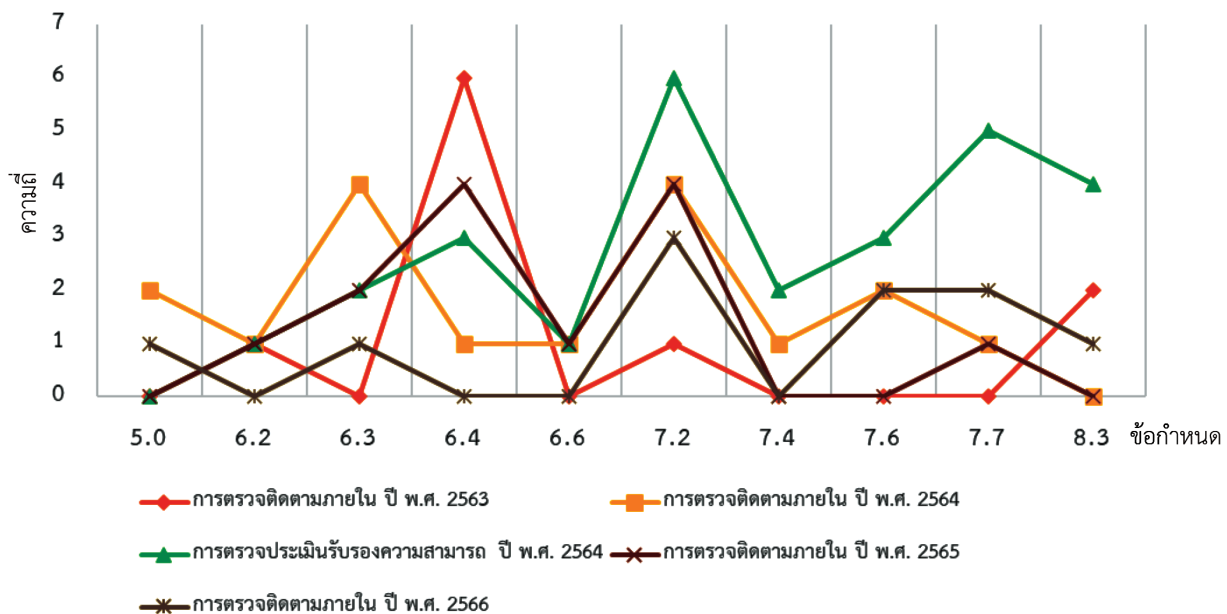
ข้อกำหนดมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025:2017	การตรวจติดตามคุณภาพภายใน				การตรวจ ประเมินจาก หน่วยรับรอง	รวม	ร้อยละ	อันดับ
	2563	2564	2565	2566	2564			
4.1 ความเป็นกลาง	1	-	-	1	-	2	2.02	
4.2 การรักษาความลับ	-	1	-	1	-	2	2.02	
5. ข้อกำหนดด้านโครงสร้าง	-	2	-	1	-	3	3.03	7
6.2 บุคลากร	1	1	1	-	1	4	4.04	6
6.3 สิ่งอำนวยความสะดวกและสภาวะแวดล้อม	-	4	2	1	2	9	9.09	3
6.4 เครื่องมือ	6	1	4	-	3	14	14.14	2
6.5 การสอบกลับได้ของการวัด	1	1	-	-	-	2	2.02	
6.6 ผลลัพธ์และบริการจากภายนอก	-	1	1	-	1	3	3.03	7
7.1 การทบทวนคำขอ ข้อเสนอการประมูล และข้อสัญญา	-	-	-	-	1	1	1.01	
7.2 การคัดเลือก การทวนสอบ และการตรวจสอบ ความใช้ได้ของวิธี	1	4	4	3	6	18	18.19	1
7.4 การจัดการตัวอย่าง	-	1	-	-	2	3	3.03	7
7.5 บันทึกทางด้านวิชาการ	-	-	1	-	-	1	1.01	
7.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด	-	2	-	2	3	7	7.07	5
7.7 การสร้างความมั่นใจในความใช้ได้ของผล การทดสอบ	-	1	1	2	5	9	9.09	3
7.8 การรายงานผล	1	-	-	-	1	2	2.02	
7.9 ข้อร้องเรียน	1	-	-	-	1	2	2.02	
7.11 การควบคุมข้อมูลและการจัดการสารสนเทศ	-	1	-	-	1	2	2.02	
8.3 การควบคุมเอกสารระบบบริหาร	2	-	-	1	4	7	7.07	5
8.4 การควบคุมบันทึก	1	-	-	-	-	1	1.01	
8.5 การจัดการความเสี่ยงและโอกาส	-	1	-	-	1	2	2.02	
8.6 การปรับปรุง	-	1	-	-	1	2	2.02	
8.8 การตรวจติดตามคุณภาพภายใน	-	-	-	-	1	1	1.01	
8.9 การทบทวนการบริหาร	1	-	1	-	-	2	2.02	
รวม	16	22	15	12	34	99	100	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 4 ของ ISO/IEC 17025:2017 แนวโน้มปัญหาจากสาเหตุ 5M 1E จากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 5 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐานสากล เมื่อนำสาเหตุ 5M 1E ได้แก่ ข้อกำหนด 6.2 บุคลากร (man) ข้อกำหนด 6.4 เครื่องมือ (material) ข้อกำหนด 7.7 การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ (management) ข้อกำหนด 7.2 วิธีทดสอบ (method, measurement) ข้อกำหนด 6.3 สถานที่

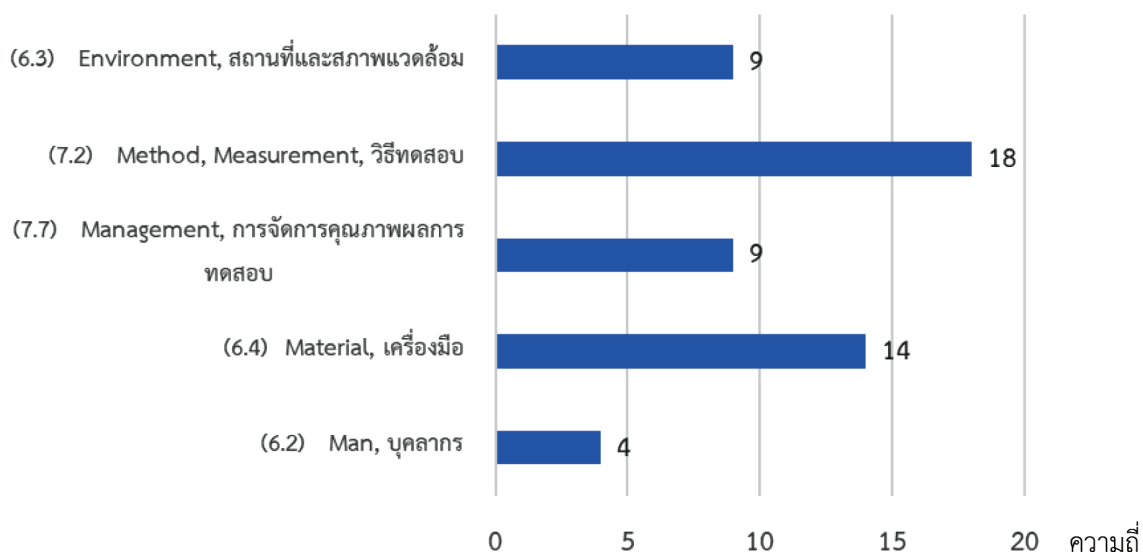
และสภาพแวดล้อม (environment) พบว่าปัญหาสำคัญที่พบมากที่สุดลำดับที่ 1 ความถี่ 18 คือ ข้อกำหนด 7.2 วิธีทดสอบ สาเหตุหลัก ได้แก่ วิธีการทดสอบไม่ได้รับการทบทวนให้ถูกต้องและเป็นปัจจุบัน ไม่ได้ทบทวน method validation/verification เป็นประจำ ลำดับที่ 2 ความถี่ 14 คือ ข้อกำหนด 6.4 เครื่องมือ สาเหตุหลัก ได้แก่ ไม่พบป้ายชี้บ่งสถานะ ไม่พบประวัติการบำรุงรักษา และไม่พบหลักฐานการทำ intermediate check ลำดับที่ 3 ความถี่ 9 คือ ข้อกำหนด 6.3 สถานที่และ

สภาวะแวดล้อม สาเหตุหลัก คือ ไม่พบการควบคุมคุณภาพ
สภาวะแวดล้อมห้องเก็บตัวอย่างน้ำ ลำดับที่ 4 ความถี่ 9
คือ ข้อกำหนด 7.7 การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ
สาเหตุหลัก ได้แก่ ไม่พบเอกสารที่กำหนดวิธีการควบคุม
คุณภาพภายใน (internal quality control) ของ
การทดสอบ ไม่วิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพการตรวจ

วิเคราะห์ด้วย control chart และไม่พบหลักฐานการ
ทำ quality control sample ลำดับที่ 5 ความถี่ 4 คือ
ข้อกำหนด 6.2 บุคลากร สาเหตุหลัก คือ คำสั่งแต่งตั้ง
มอบหมายหน้าที่ผู้จัดการคุณภาพไม่เป็นปัจจุบัน
ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แนวโน้มสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (NC) ที่พบสูงสุด 10 อันดับแรก ที่ได้รับการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง ISO/IEC 17025:2017



ภาพที่ 2 แนวโน้มปัญหาจากสาเหตุ 5M 1E จากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 5 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 2 ของ ISO 15189:2012 โดยนำข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) NC จากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ISO 15189:2012 พบว่าข้อกำหนดที่มีแนวโน้มสูงสุดเรียงตามลำดับ 9 อันดับแรก ได้แก่ ข้อกำหนด 4.3 การควบคุมเอกสารคุณภาพ ข้อกำหนด 4.1 การจัดองค์กรและความรับผิดชอบในองค์กร ข้อกำหนด 5.2 สถานที่และสภาพแวดล้อม ข้อกำหนด

5.5 กระบวนการทดสอบ ข้อกำหนด 5.1 บุคลากร ข้อกำหนด 5.3 เครื่องมือ น้ำยา และวัสดุสิ้นเปลือง ข้อกำหนด 5.4 กระบวนการก่อนการทดสอบ ข้อกำหนด 4.4 สัญญาบริการ และข้อกำหนด 5.6 การสร้างความมั่นใจในคุณภาพผลการทดสอบ⁽¹⁰⁾ นอกจากนั้นพบว่าข้อกำหนดในการตรวจติดตามภายใน ปี พ.ศ. 2563–2564 พบ NC เดิมในการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองปี พ.ศ. 2564 แต่ไม่พบใน ปี พ.ศ. 2565–2566 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (NC) จากการตรวจติดตามคุณภาพภายใน และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ISO 15189:2012

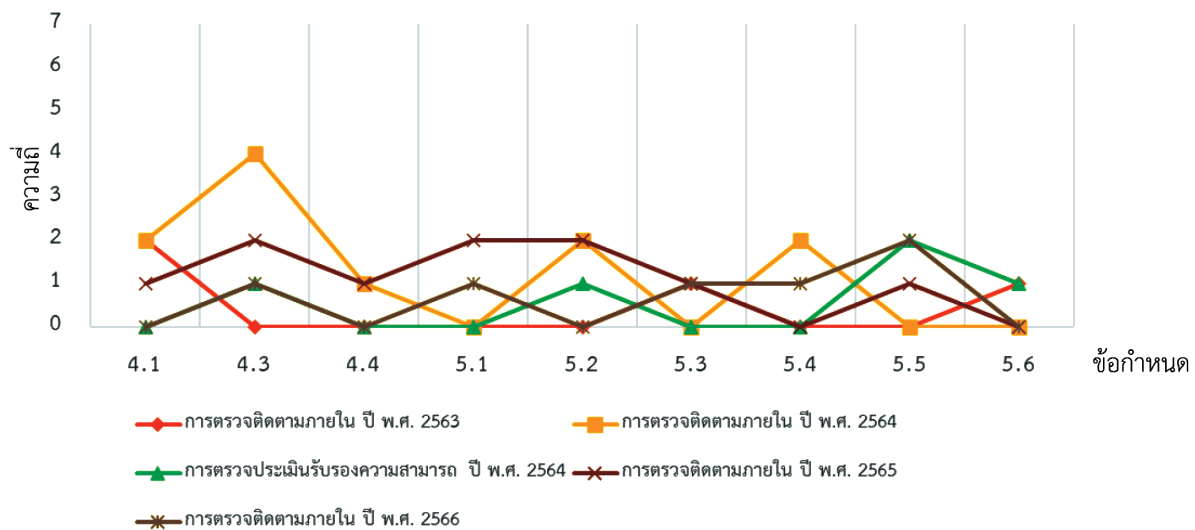
ข้อกำหนดมาตรฐานสากล ISO 15189:2012	การตรวจติดตามคุณภาพภายใน				การตรวจ ประเมินจาก หน่วยรับรอง	รวม	ร้อยละ	อันดับ
	2563	2564	2565	2566	2564			
4.1 การจัดองค์กรและความรับผิดชอบในองค์กร	2	2	1	–	–	5	12.50	2
4.3 การควบคุมเอกสารคุณภาพ	–	4	2	1	1	8	20.00	1
4.4 สัญญาบริการ	–	1	1	–	–	2	5.00	8
4.5 การตรวจสอบโดยห้องปฏิบัติการรับตรวจต่อ	1	–	–	–	–	1	2.50	
4.13 การควบคุมบันทึก	–	–	–	1	–	1	2.50	
5.1 บุคลากร	–	–	2	1	–	3	7.50	5
5.2 สถานที่และสภาพแวดล้อม	–	2	2	–	1	5	12.50	2
5.3 เครื่องมือ น้ำยา และวัสดุสิ้นเปลือง	1	–	1	1	–	3	7.50	5
5.4 กระบวนการก่อนการทดสอบ	–	2	–	1	–	3	7.50	5
5.5 กระบวนการทดสอบ	–	–	1	2	2	5	12.50	2
5.6 การสร้างความมั่นใจในคุณภาพ ผลการทดสอบ	1	–	–	–	1	2	5.00	8
5.7 กระบวนการหลังการทดสอบ	–	–	–	–	1	1	2.50	
5.8 การรายงานผล	–	–	–	–	1	1	2.50	
รวม	5	11	10	7	7	40	100	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 3 ของ ISO 15189:2012 แสดงแนวโน้ม NC ที่พบสูงสุด 9 อันดับแรก ได้รับความจากการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองทางการแพทย์ ตามมาตรฐานสากล พบว่าในการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง ปี พ.ศ. 2564 พบแนวโน้มสำคัญที่มี NC สูง ได้แก่ ข้อกำหนด 4.3 การควบคุมเอกสารคุณภาพ ข้อกำหนด 5.2 สถานที่และสภาพแวดล้อม และข้อกำหนด 5.6 การสร้างความมั่นใจในคุณภาพผลการทดสอบและการตรวจติดตามคุณภาพภายใน ปี พ.ศ. 2563–2566 ดังแสดงในภาพที่ 3

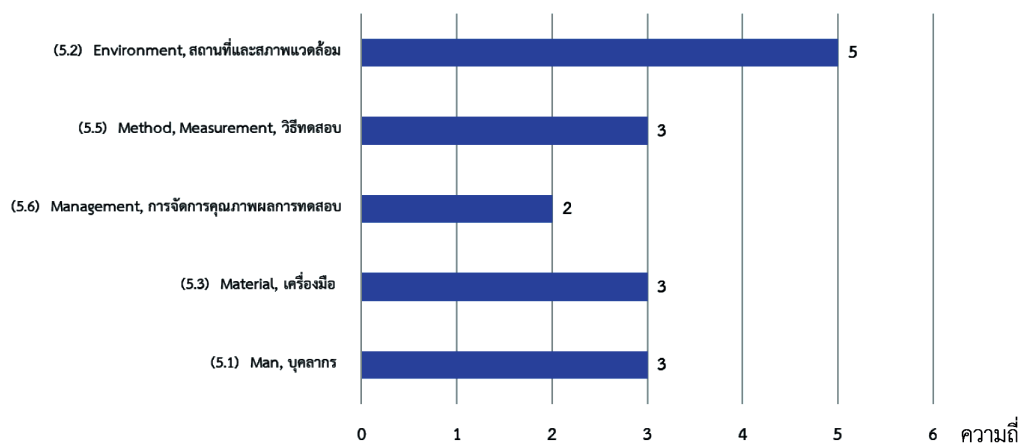
จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 4 ของ ISO 15189:2012 แนวโน้มปัญหาเกิดจากสาเหตุ 5M 1E จากการตรวจติดตามภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐานสากล เมื่อนำสาเหตุ 5M 1E ได้แก่ ข้อกำหนด 5.1 บุคลากร (man) ข้อกำหนด 5.3 เครื่องมือ (material) ข้อกำหนด 5.6 การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ (management) ข้อกำหนด 5.5 วิธีทดสอบ (method, measurement) ข้อกำหนด 5.2 สถานที่และสภาพแวดล้อม (environment) พบว่าปัญหาที่สำคัญที่พบมากที่สุด ลำดับที่ 1

ความถี่ 5 คือ ข้อกำหนด 5.2 สถานที่และสภาพแวดล้อม สาเหตุหลัก คือ ห้องปฏิบัติการปรับเปลี่ยนรูปแบบ ดำเนินการตรวจวิเคราะห์รายการทดสอบใหม่ จึงไม่ได้ดำเนินการเกี่ยวกับสิ่งอำนวยความสะดวกและภาวะแวดล้อมเป็นเอกสาร ลำดับที่ 2 ความถี่ 3 คือ ข้อกำหนด 5.5 วิธีทดสอบ สาเหตุหลัก ได้แก่ ไม่พบขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน คู่มือการให้บริการไม่เรียบร้อย ไม่มีสารบัญชี และการใช้เครื่องมือในการละลาย calibrator ไม่ตรงเอกสารกำกับน้ำยาที่ใช้ volumetric pipette ลำดับที่ 3 ความถี่ 3 คือ ข้อกำหนด 5.3 เครื่องมือ สาเหตุหลัก ได้แก่ ไม่พบการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ กับบางเครื่องกำหนด due date และการกำหนด

การซ่อมบำรุง ลำดับที่ 4 ความถี่ 3 คือ ข้อกำหนด 5.1 บุคลากร สาเหตุหลัก คือ ไม่พบเอกสารที่แสดงถึงการมอบหมายบุคลากรในการทวนสอบและตรวจสอบใช้ได้ของวิธี ลำดับที่ 5 ความถี่ 2 คือ ข้อกำหนด 5.6 การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ สาเหตุหลัก ได้แก่ ไม่พบการแสดงถึงหลักฐานการเปรียบเทียบคุณภาพระหว่างชุดน้ำยาในรายการทดสอบที่ดำเนินการด้วยชุดน้ำยามากกว่าหนึ่งชุดและไม่พบการนำข้อมูลทางห้องปฏิบัติการไปใช้ เช่น การควบคุมคุณภาพ นำมาทำเป็น control chart ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แนวโน้มสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (NC) ที่พบสูงสุด 9 อันดับแรก ที่ได้รับจากการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองตามมาตรฐาน ISO 15189:2012



ภาพที่ 4 แนวโน้มปัญหาเกิดจากสาเหตุ 5M 1E จากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ISO 15189:2012

วิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะกรณีของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ ปี พ.ศ. 2563–2566 ของ ศวก. 1/1 เชียงราย ตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 โดยเป็น NC และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองตามมาตรฐานสากล การศึกษานี้เป็นจำนวนรวมของข้อบกพร่อง รหัส C และข้อสังเกต รหัส O ซึ่งจากผลการศึกษาจำนวน NC ในการตรวจติดตามคุณภาพภายใน ปี พ.ศ. 2563–2566 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง ปี พ.ศ. 2564 พบว่าข้อมูลที่มาจากการตรวจติดตามระบบคุณภาพภายในในแต่ละปี ผู้ตรวจติดตามภายในจะพิจารณาในประเด็นเดียวกัน แต่ผลการพิจารณาแตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละรอบการตรวจประเมินผู้ตรวจติดตามภายในไม่ได้เป็นบุคคลเดียวกันจึงทำให้ในแต่ละปี NC ขึ้นอยู่ผู้ตรวจติดตามภายในนั้นๆ ทำให้ข้อมูลมีความกระจาย แต่ยังพิจารณาได้จากข้อกำหนดที่ได้รับ NC เป็นข้อเดิมเพียงแต่จำนวนไม่เท่ากันในแต่ละปี ส่งผลให้หน่วยงานต้องมี NC น้อยที่สุด และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองจะได้ NC ซ้ำเหมือนเดิมแต่มีความความละเอียดของ NC เพิ่มขึ้น เช่น ข้อกำหนด 7.2 วิธีทดสอบ ห้องปฏิบัติการดำเนินการทบทวนวิธีทดสอบและมีการทวนสอบความถูกต้อง (method validation/verification) ของวิธี แต่ในรายละเอียดของวิธียังขาดบางประเด็นที่สำคัญ เช่น การใช้เครื่องมือพิเศษประกอบการตรวจวิเคราะห์ ทำให้ผู้ตรวจติดตามภายในแก้ไขเพิ่มเติมและให้ NC ซ้ำเป็นต้น ซึ่ง NC ที่ได้รับมีจำนวนมากขึ้น จึงศึกษาสาเหตุของ NC ที่ได้รับและแก้ไขให้ตรงประเด็น ส่วนข้อมูลจากข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2017 พบว่ามีข้อกำหนดเพิ่มเติม ได้แก่ ข้อกำหนด 4.1 ความเป็นกลาง และข้อกำหนด 4.2 การรักษาความลับ ซึ่งการแก้ไขข้อบกพร่อง คือ จัดทำบันทึกความเป็นกลางและการรักษาความลับของห้องปฏิบัติการโดยให้ทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง และข้อกำหนด 8.5 การปฏิบัติการเพื่อการจัดการความเสี่ยงและโอกาสมีแนวโน้มลดลง พบแนวโน้มของปัญหาจากการตรวจติดตามภายใน จำนวน 1 ครั้ง และการตรวจประเมินรับรองความสามารถ

ห้องปฏิบัติการ ปี พ.ศ. 2564 ซึ่งแก้ไขข้อบกพร่อง โดยจัดทำความเสี่ยงและโอกาสในแต่ละห้องปฏิบัติการในแต่ละปี ข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2017 แนวโน้มน้ำสำคัญที่มี NC สูง และเกิดเหตุการณ์ NC ซ้ำ เพียงแต่พบว่าวิธีทดสอบเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ข้อกำหนด 6.3 สิ่งอำนวยความสะดวกและสภาวะแวดล้อม ข้อกำหนด 7.4 การจัดการตัวอย่าง และข้อกำหนด 7.2 การคัดเลือกการทวนสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ข้อกำหนด ISO 15189:2012 พบแนวโน้มสำคัญที่มี NC สูง ได้แก่ ข้อกำหนด 4.3 การควบคุมเอกสารคุณภาพ ซึ่งมีการเกิดเหตุการณ์ NC ซ้ำ ข้อกำหนด 4.1 การจัดองค์กรและความรับผิดชอบในองค์กร ข้อกำหนด 5.1 บุคลากร ข้อกำหนด 5.2 สถานที่และสภาพแวดล้อม ข้อกำหนด 5.4 กระบวนการก่อนการทดสอบ ข้อกำหนด 5.5 กระบวนการทดสอบ และข้อกำหนด 5.6 การสร้างความมั่นใจในคุณภาพผลการทดสอบ ภาพรวมของห้องปฏิบัติการพบการเกิดแนวโน้มปัญหาจากสาเหตุ 5M 1E ทั้งการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ โดยเรียงลำดับความถี่จากมากไปน้อย คือ วิธีทดสอบ เครื่องมือ สถานที่และสภาพแวดล้อม การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ และบุคลากร แนวทางการป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหาอาจดำเนินการในภาพรวมของหน่วยงาน การจัดทบทวนให้ความรู้ของวิธีทดสอบ เครื่องมือ การฝึกปฏิบัติ การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ และการสร้างความตระหนักแก่บุคลากรในเรื่องที่เป็นปัญหาร่วมกัน การศึกษา NC ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาเรื่องการทบทวนการเปรียบเทียบของ ISO/IEC 17025:2017 และ ISO/IEC 17025:2005 ของ Banerjee R.⁽¹¹⁾ ซึ่งอธิบายถึงการเปรียบเทียบ ISO/IEC 17025 ทั้ง 2 version ว่ามีข้อกำหนดที่ต่างกันและการตรวจพบ NC ที่เกิดขึ้น การศึกษาการพัฒนาระบบคุณภาพการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบด้านสาธารณสุข จากมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 สู่มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ที่ได้ศึกษาแนวโน้มข้อบกพร่องที่พบจากรายงานการตรวจประเมิน ปี พ.ศ. 2561–2563⁽¹²⁾ ในการเปลี่ยนเป็น ISO/IEC 17025:2017 ซึ่งมีความ

สอดคล้องในสิ่งที่เพิ่มเติมและเป็นประเด็นในการพิจารณา NC นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาเรื่องแนวโน้มข้อบกพร่องจากการตรวจประเมินรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบด้านสาธารณสุขของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่ให้บริการทดสอบสาธารณะตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ปี พ.ศ. 2551–2554⁽¹³⁾ และผลการศึกษาพบความสอดคล้องกับการพัฒนากระบวนการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบด้านสาธารณสุขตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ⁽¹⁴⁾ ที่มีบางประเด็นมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 คงเดิม เช่น การเลือก การทวนสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เครื่องมือ การประเมินความไม่แน่นอนของการวัด การรายงานผล การปฏิบัติการแก้ไข และบางประเด็นที่มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 เปลี่ยนไป เช่น การรักษาความเป็นกลางและป้องกันผลประโยชน์ทับซ้อน การรักษาความลับและสิทธิของลูกค้า การปฏิบัติการเพื่อจัดการความเสี่ยงและโอกาส และการทบทวนการบริหาร นอกจากนี้ยังมีการทบทวนวิธีการทดสอบเนื่องจากเปลี่ยนปีที่ออกในเอกสารการตรวจวิเคราะห์ด้านเคมี Official Methods of Analysis of AOAC International และในเอกสารการตรวจวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา International Organization for Standardization (ISO) และ Bacteriological Analytical Manual (BAM) online มีเครื่องมือวิทยาศาสตร์ใหม่ที่ไม่ได้รับป้ายบ่งชี้เครื่องมือ และการควบคุมคุณภาพภายในของแต่ละห้องปฏิบัติการ และสอดคล้องกับผลการศึกษาการปรับเปลี่ยนระบบบริหารคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017⁽¹⁵⁾ ส่วนการศึกษา NC ตามมาตรฐาน ISO 15189:2012 มีความสอดคล้องกับผลการศึกษา เรื่อง Investigation of the long-term yield of auditing for conformity with the ISO 15189:2012 quality standard in a hospital pathology laboratory ของ The Mater Miseri-

cordiae University Hospital (MMUH) เมืองดับลิน ประเทศไอร์แลนด์⁽¹⁶⁾ และสอดคล้องกับผลการศึกษาการพัฒนาระบบการรับรองคุณภาพของห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ในประเทศไทยสู่มาตรฐานสากล ISO 15189⁽¹⁷⁾ และการพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ของโรงพยาบาลในเขตสุขภาพที่ 2 สู่มาตรฐานสากล ISO 15189⁽¹⁸⁾ ซึ่งสอดคล้องกับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ของหน่วยงานที่ต้องรับการเปลี่ยนแปลงและขอการรับรองในรายการทดสอบใหม่ ยังพบปัญหา คือ การรับตัวอย่างที่เป็นสิ่งส่งตรวจในคู่มือการให้บริการ ซึ่งมีการรับตัวอย่างใหม่ เช่น โควิด 19 ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพิ่มขึ้น การใช้เอกสารคุณภาพไม่ตรงกัน จึงเปลี่ยนไปใช้ฐานข้อมูลเอกสารคุณภาพอิเล็กทรอนิกส์และการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ในหน่วยงาน ดังนั้น ศวก. 1/1 เชียงราย ควรมีการออกแบบการจัดเก็บข้อมูล NC ให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ดังปัญหาที่พบในรายการทดสอบเดิม หรือพบข้อบกพร่องในรายการทดสอบใหม่ หรือแนวทางการแก้ไขปัญหา และหน่วยงานที่ขอรับการรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 และ/หรือ ISO 15189:2012 หรือ ISO 15189:2022 (ฉบับใหม่ที่ขอการรับรอง) ควรดำเนินการจัดอบรมให้เจ้าหน้าที่ เนื่องจากปัจจุบันมีการปรับใช้และมีเนื้อหาของข้อกำหนดเพิ่มเติมในการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ ISO 15189:2022 โดยเฉพาะหน่วยงานของโรงพยาบาลในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 1 เพื่อเกิดความตระหนักและให้ความรู้เรื่องข้อกำหนดที่เกี่ยวกับวิธีการทดสอบแก่บุคลากรของหน่วยงาน และการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 ควรวิเคราะห์ข้อมูลอย่างต่อเนื่องเพื่อเฝ้าระวังปัญหาที่มีแนวโน้มสูงขึ้น นำไปสู่การวางแผนพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (continuous improvement) และป้องกันการเกิดซ้ำได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

สรุป

การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือข้อบกพร่อง (NC) ทั้งจากการตรวจติดตามคุณภาพภายใน ปี พ.ศ. 2563–2566 และการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองโดยองค์กรภายนอก ปี พ.ศ. 2564 แบ่งเป็น NC ที่เกิดจากการตรวจติดตามคุณภาพภายในตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 65 ข้อ ตามมาตรฐาน ISO 15189:2012 จำนวน 33 ข้อ การตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ จำนวน 41 ข้อ การตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 34 ข้อ และมาตรฐาน ISO 15189:2012 จำนวน 7 ข้อ มีแนวโน้มของปัญหาจากสาเหตุ 5M 1E ซึ่งเป็นปัญหาร่วมกันของทั้งสองมาตรฐาน จำนวน 5 อันดับ ได้แก่ NC ที่เกี่ยวกับขั้นตอนวิธีทดสอบ เครื่องมือ สถานที่และสภาพแวดล้อม การจัดการคุณภาพผลการทดสอบ และบุคลากร ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 มีวิธีการทดสอบไม่ได้รับการทบทวนให้ถูกต้องและเป็นปัจจุบัน ไม่พบป้ายบ่งชี้เครื่องมือ ประวัติการบำรุงรักษา และ intermediate check ไม่พบการควบคุมคุณภาพสถานะแวดล้อม และไม่พบวิธีการควบคุมคุณภาพภายในของแต่ละห้องปฏิบัติการ ส่วนมาตรฐาน ISO 15189:2012 พบว่าห้องปฏิบัติการที่ต้องเตรียมพร้อมสำหรับรายการทดสอบใหม่ ไม่พบขั้นตอนการปฏิเสธตัวอย่างที่ชัดเจน คู่มือการให้บริการไม่เรียบร้อย และการใช้เอกสารไม่ตรงกัน รวมถึงการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ รวมทั้งไม่พบการแสดงถึงหลักฐานการเปรียบเทียบคุณภาพระหว่างชุดน้ำยาในรายการทดสอบที่ดำเนินการด้วยชุดน้ำยามากกว่าหนึ่งชุด ในการศึกษาวิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาข้อบกพร่องและข้อสังเกตที่พบจากการตรวจติดตามคุณภาพภายในและการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองระหว่างปี พ.ศ. 2563–2566 ตรวจประเมินโดยผู้ตรวจติดตามภายในและผู้ตรวจประเมินทั้ง ISO/IEC 17025:2017 และ ISO 15189:2012 เพื่อนำมาปรับใช้พัฒนาระบบบริหารคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบ

และห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ ในการดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องให้ครบถ้วน สมบูรณ์ เป็นมาตรฐานเดียวกัน และรักษาระบบบริหารคุณภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มพัฒนาคุณภาพและวิชาการที่ให้การสนับสนุน ร่วมมือร่วมแรงใจ และมีความมุ่งมั่นในการดำเนินงานด้านระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ให้เกิดผลสำเร็จอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

1. กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนที่ 98 ก (วันที่ 28 ธันวาคม 2552). หน้า 70.
2. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย. รายงานประจำปี 2565. เชียงราย: ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1/1 เชียงราย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2565. หน้า 1–2.
3. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2017.
4. ISO 15189:2012. Medical laboratory-requirements for quality and competence. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2012.
5. สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ. นโยบายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบด้านการแพทย์และสาธารณสุข รหัส R 07 15 001. แก้ไขครั้งที่ 23. นนทบุรี: สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2566.
6. ISO 19011:2018. Guidelines for auditing management systems. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2018.

7. นิตยา เพียรทรัพย์, วรันตร พิรุณรักษ์, บุษบง สุจเร, ศรัณยพร กิจไชยา, วันนพ สุนันทรุ่งอังคณา, วัชรชัย รุจิโรจน์กุล. การศึกษาข้อบกพร่องที่ได้รับจากการตรวจประเมินเพื่อรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ. ว เทคนิคการแพทย์ 2553; 38(3): 3464–74.
8. ปาริชาติ กัญญาบุญ, โลมไสล วงศ์จินดา. การศึกษาสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025 และ ISO 15189 ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2563. ว กรมวิทย พ 2564; 63(2): 433–46.
9. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ข้อเสนอแนะประกอบการตรวจประเมินตาม มอก. 17025–2561. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม; 2562.
10. สุธน วงษ์ชีรี, บรรณาธิการ. สธ 15189:2556 แนวทางการพัฒนาคุณภาพและความสามารถสู่ระดับสากล. นนทบุรี: สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2561.
11. Banerjee R. Comparative review of 17025 2017 2005. [online]. 2019; [cited 2023 Aug 20]; [35 screens]. Available from: URL: <https://www.researchgate.net/publication/333843905>.
12. เสาวนีย์ อารมย์สุข, ชื่นสมน บุญเจริญ. การพัฒนาระบบคุณภาพการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ด้านสาธารณสุขจากมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 สู่มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017. ว วิชาการสาธารณสุข 2564; 30(2): S351–66.
13. เสาวนีย์ อารมย์สุข, ชมไฉไล ลินธุสาร, อรัญ ทนันทิต, สุวรรณ จารุณช. แนวโน้มข้อบกพร่องจากการตรวจประเมินรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ด้านสาธารณสุข ของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่ให้บริการทดสอบสาธารณะตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ระหว่างปีพ.ศ. 2551–พ.ศ. 2554. ว วิจัยราชภัฏเชียงใหม่ 2556; 14(2): 1–14.
14. อรัญ ทนันทิต, ชมไฉไล ลินธุสาร. พัฒนาระบบการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบด้านสาธารณสุขตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ. ว กรมวิทย พ 2556; 55(4): 197–213.
15. กรรณิการ์ นิ่มเล็ก, วณิดา บ้านศาลเจ้า, อุบลวรรณ รอดประดิษฐ์, ปราณี นาคประสิทธิ์. การปรับเปลี่ยนระบบบริหารคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025:2017. ว เกษตรนเรศวร 2563; 17(1): 87–114.
16. Green AD, Kavanagh-Wright L, Lee GR. Investigation of the long-term yield of auditing for conformity with the ISO 15189:2012 quality standard in a hospital pathology laboratory. Pract Lab Med. [online]. 2020; [cited 2023 July 15]; 20: [6 screens]. Available from: URL: <https://doi.org/10.1016/j.plabm.2020.e00159>.
17. สุรศักดิ์ หมั่นพล, ภัทรวีร์ สร้อยสังวาลย์, ศิริพรรณ วงศ์วานิช, นัฐกาญจน์ ละเอียดดี. การพัฒนาระบบการรับรองคุณภาพของห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ในประเทศไทยสู่มาตรฐานสากล ISO 15189. ว กรมวิทย พ 2564; 63(1): 119–34.
18. พรทิพย์ ลัภนะกุล, ดุจดาว บุญยอด, ชวลิต เกียรติวิษณุกุล, อโณทัย ศรีตนไชย. การพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ของโรงพยาบาลในเขตสุขภาพที่ 2 สู่มาตรฐานสากล ISO 15189. ว กรมวิทย พ 2559; 58(1): 49–60.

Trend Analysis of Conditions from Nonconformities to ISO/IEC 17025:2017 and ISO 15189:2012 Requirements of Regional Medical Sciences Center 1/1 Chiang Rai during 2020–2023

Ugrit Suksai, Phattarawadee Suksai, and Sakuntala Saengaeen

Regional Medical Sciences Center 1/1 Chaing Rai, Muang District, Chiang Rai 57100, Thailand

ABSTRACT Accreditation of laboratory competence according to ISO/IEC 17025:2017 and ISO 15189:2012 standards was a process that indicates the quality of a laboratory to develop and improve the quality management system. The purpose of the study was to analyze the trends of problems and causes of nonconformities, classified according to internal audit and assessment to analyze the data for frequency, percentage and trends of the causes of nonconformities requirements, using the data on nonconformities collected from internal audits from 2020 through 2023 and the assessment and accreditation of medical and public health laboratories competence in 2021. Results of this study from the Quality and Technical Development Group and five laboratories revealed 139 items of nonconformities and 98 other items from internal audits of which 65 were based on ISO/IEC 17025:2017 standards, 33 on ISO 15189:2012 standards, and 41 on laboratory competence assessment. Based on the laboratory competence assessment according to ISO/IEC 17025:2017 and ISO 15189:2012 standards, 34 items and 7 items were found, respectively. The problem analysis showed trends of causes, based on the 5M 1E approach, in five requirements including personnel, equipment, quality management, test results/methods, and workplace and environmental conditions. Therefore, training sessions should be provided on knowledge and awareness for personnel especially the testing process and workplace including environmental conditions that affect the risk management and development and improvement of laboratory quality management systems, aiming to maintaining the quality management system as an organization providing effective testing services.

Keywords: ISO/IEC 17025:2017, ISO 15189:2012, Nonconformity

พยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทย

อุไรวรรณ ไกรนรา มุรานิชิ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต อำเภอเมือง ภูเก็ต 83000

บทคัดย่อ พยาธิตัวกลมในสกุล *Anisakis* เป็นพยาธิที่ติดต่อจากสัตว์สู่คนและโฮสต์หลักในธรรมชาติเป็นสัตว์เสี่ยงลูกด้วยนมในทะเล ปัจจุบันจำแนกด้วยการวิเคราะห์สารพันธุกรรมได้ 9 สปีชีส์ คนจัดเป็นโฮสต์โดยบังเอิญที่ได้รับตัวอ่อนพยาธิระยะที่ 3 ซึ่งเป็นระยะติดต่อที่มาจากการบริโภคปลาและหมึกแบบดิบหรือแบบปรุงไม่สุก ตัวอ่อนของพยาธิจะไม่เจริญเป็นตัวเต็มวัยในคน แต่สามารถทำให้เกิดโรคอะนิซาคีเซียซิส (anisakiasis) ในระบบทางเดินอาหารทั้งในกระเพาะอาหาร ทั้งในและนอกลำไส้ และอาการแบบภูมิแพ้ สปีชีส์ที่สำคัญในการก่อโรคในคน คือ *Anisakis simplex sensu stricto* (s.s.) และ *Anisakis pegreffii* ด้วยข้อจำกัดทางอนุกรมวิธานจึงเรียกโดยรวมว่า *Anisakis simplex* ประเทศไทยมีรายงานผู้ป่วยเพียงรายเดียวที่มีการติดเชื้อที่ลำไส้ ปี พ.ศ. 2535 การศึกษาความชุกของ *Anisakis* spp. ในปลาชนิดต่าง ๆ ในช่วงร้อยละ 2.90-82.50 สูงสุดพบในปลาทรายแดง (*Nemipterus peronii*) ร้อยละ 82.50 การจำแนกสปีชีส์ด้วยสารพันธุกรรมพบเป็น *Anisakis typica* ทั้งหมด ซึ่งสปีชีส์นี้ยังไม่พบรายงานการก่อโรคในมนุษย์ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทยมีน้อย และการศึกษาการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ยังไม่ครอบคลุมชายฝั่งทะเลทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้พบรายงานการปนเปื้อนของพยาธิอะนิซาคิสที่ตายแล้วในปลากระป๋อง บ่งชี้ถึงความรู้ความเข้าใจของบุคลากรในภาคการผลิตที่อาจมีน้อย ส่งผลให้ผู้บริโภคขาดความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยทางอาหาร ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนางานวิจัยและสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพเกี่ยวกับพยาธิอะนิซาคิสให้ผู้ประกอบการและประชาชน

คำสำคัญ: พยาธิอะนิซาคิส, ปลา, ประเทศไทย

Corresponding author E-mail: uraiwan.kr@pkru.ac.th

Received: 26 May 2023

Revised: 11 January 2024

Accepted: 22 January 2024

บทนำ

สถานการณ์ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ระหว่างปี พ.ศ. 2563-2565 ส่งผลกระทบต่อภาคธุรกิจท่องเที่ยวและธุรกิจที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก จึงต้องปรับตัวและพัฒนาแนวทางในการดำเนินการในรูปแบบใหม่ สิ่งที่น่าสนใจ คือธุรกิจล่องเรือตกปลาตกหมึกและรับประทานสดๆ ในขณะล่องเรือที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวในประเทศเป็นอย่างมาก รวมถึงการสร้างสรรเมนูใหม่ เช่น หมึกช็อค เป็นการรับประทานหมึกที่มีชีวิตสดๆ กับน้ำจิ้ม ซึ่งได้รับความนิยมช่วงเวลาหนึ่ง⁽¹⁾ จึงเป็นที่น่ากังวลเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงใหม่ๆ ต่อการติดเชื้อพยาธิ *Anisakis* spp. เพิ่มมากขึ้น การติดเชื้อพยาธิดังกล่าวเป็นที่ทราบดีในกลุ่มผู้ประกอบการวิชาชีพทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขว่าติดต่อกับการรับประทานปลาทะเลและหมึกดิบ หรือปรุงไม่สุก ก่อให้เกิดโรคอะนิซาคีซิส (anisakiasis) ซึ่งใช้เรียกโรคที่เกิดจากพยาธิในสกุล (genus) *Anisakis* หรือโรคอะนิซาคิโดซิส (anisakidosis) ใช้สำหรับเรียกโรคที่เกิดจากพยาธิใน family Anisakidae (*Anisakis* spp., *Pseudoterranova* spp. และ *Contracaecum* spp.)⁽²⁾ เชื้อ *Anisakis* spp. พบการติดเชื้อในคนได้บ่อยกว่าเชื้ออื่น ๆ สปีชีส์ที่พบการติดเชื้อในคน ได้แก่ *Anisakis simplex* sensu stricto และ *Anisakis pegreffii*⁽³⁾ เป็นโรคพยาธิที่ติดต่อกับสัตว์และมีรายงานอุบัติการณ์โรคต่ำแต่อาจจะไม่ต่ำอย่างที่มียารายงาน เนื่องจากลักษณะอาการของโรคมีความคล้ายคลึงกับโรคในระบบทางเดินอาหารอื่นๆ ไม่แสดงอาการที่จำเพาะ แพทย์ผู้วินิจฉัยอาจไม่ได้คำนึงถึงโรคนี้ โดยความชุกของโรคนี้พบที่ประเทศญี่ปุ่นมากที่สุด สาเหตุมาจากการรับประทานซาซิมิ ซูชิ และปลาหมึก ประเทศญี่ปุ่นจึงเพิ่ม *Anisakis* spp. เป็นเชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษ ในปี ค.ศ. 2013 ระบุให้แพทย์ต้องรายงานผู้ป่วยต่อศูนย์สาธารณสุข โดยจำนวนผู้ป่วยอาหารเป็นพิษจาก *Anisakis* spp. ในระหว่างปี ค.ศ. 2013-2020 มีจำนวน 1,888 ราย จากฐานข้อมูลของศูนย์การแพทย์ พบประมาณ 7,000 คนต่อปีที่ป่วยด้วยโรคอะนิซาคีซิส โรคอาหารเป็นพิษจาก *Anisakis* spp. แตกต่างจากเชื้ออื่นๆ คือ ส่วนใหญ่เป็นลักษณะผู้ป่วยรายเดียวไม่ใช้กลุ่มก้อน⁽⁴⁾

ยังพบการรายงานความชุกของโรคจากประเทศสเปน เนเธอร์แลนด์ และเยอรมัน ตามลำดับ⁽⁵⁾ สำหรับประเทศไทยไม่ได้รับ *Anisakis* spp. เป็นเชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษ จึงไม่มีการรายงานจำแนกเชื้อก่อโรคนี้ มีเพียงการรายงานผู้ป่วยหนึ่งครั้งในปี ค.ศ. 1993⁽⁶⁾ พบในคนครั้งแรกปี ค.ศ. 1960 จากการกินปลาเฮอริงดิบ ซึ่งเป็นรายงานจากประเทศเนเธอร์แลนด์ โดย Van THIEL P. et al⁽⁷⁾ รายงานอาการแพ้จากเชื้อ *A. simplex* ในประเทศญี่ปุ่นเป็นครั้งแรก ปี ค.ศ. 1990⁽⁸⁾ และการศึกษาสารก่อภูมิแพ้จาก *A. simplex* หลายชนิด การรายงานอาการแพ้แบบรุนแรงต่อ *A. simplex* ในประเทศสเปน ปี ค.ศ. 1995⁽⁹⁾ การวินิจฉัยของโรคทำได้โดยการซักประวัติที่สงสัยว่ารับประทานปลาทะเลหมึกดิบหรือปรุงไม่สุก แสดงอาการปวดบริเวณลิ้นปี่หรือปวดท้องด้านขวาและส่องกล้องตรวจดูกระเพาะอาหาร (gastroscopy) เพื่อคีบตัวอ่อนของพยาธิออกหรือผ่าตัดออกเพื่อทำการวินิจฉัยแยกชนิดตัวอ่อน นอกจากนี้การใช้การทดสอบทางภูมิคุ้มกันวิทยา เป็นประโยชน์สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการภูมิแพ้หรือเกิดการติดเชื้อในหรือนอกลำไส้ได้ การรักษาทำโดยการนำตัวอ่อนของพยาธิออก⁽¹⁰⁾

บทความนี้จึงมุ่งทบทวนวรรณกรรมเพื่อปรับปรุงความรู้เกี่ยวกับพยาธิ *Anisakis* spp. ได้แก่ ลักษณะชีววิทยา วัฏจักรชีวิต การก่อโรค และการสำรวจความชุกของพยาธิ *Anisakis* spp. ในปลาของประเทศไทย

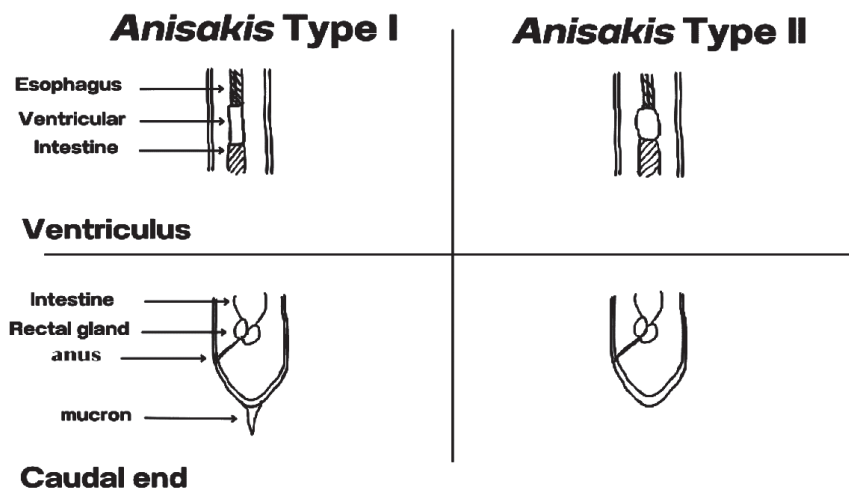
การสืบค้นข้อมูล

การสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพยาธิ *Anisakis* spp. มีรายละเอียดการกำหนดคำสำคัญ (keywords) ในการสืบค้นดังนี้ กรณียกเอกสารภาษาอังกฤษใช้คำ “*Anisakis* และ Anisakiasis” และกรณียกเอกสารภาษาไทยใช้คำ “พยาธิอะนิซาคิส และ โรคอะนิซาคีซิส” รวมทั้งกำหนดแหล่งสืบค้นข้อมูลบทความจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (electronic database) ทั้งงานวิจัยในประเทศไทย ได้แก่ ThaiJO, ThaiLis และงานวิจัยต่างประเทศ ได้แก่ Pubmed และเว็บไซต์ Google Scholar

ลักษณะทางชีววิทยา

Anisakis spp. เป็นพยาธิตัวกลม (nematode) ใน subfamily Anisakinae, family Anisakidae, suborder Ascaridina, order Ascarida ปัจจุบันสกุล *Anisakis* สามารถจำแนกสปีชีส์ต่างๆ ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็น 2 ชนิด คือ *Anisakis* Type I และ *Anisakis* Type II ด้วยความแตกต่างความยาวของส่วน ventriculus ที่ต่อจากส่วน esophagus และการมี mucron ที่ปลายหางของตัวอ่อน ทั้งนี้ *Anisakis* Type I มีความยาวของส่วน ventriculus มากกว่า *Anisakis* Type II และมี mucron ที่ปลายหาง ในขณะที่ *Anisakis* Type II ไม่มี mucron ดังแสดงในภาพที่ 1 จากการวิเคราะห์สารพันธุกรรมของตัวอ่อนระยะที่ 3 (third-stage larvae; L3) สามารถจำแนก *Anisakis* spp. เป็นสายพันธุ์ต่างๆ จำนวน 9 สปีชีส์^(11,12) แบ่งเป็น

2 ชนิด คือ *Anisakis* Type I ได้แก่ Clade 1 ประกอบด้วย *A. simplex* sensu stricto (s.s.), *A. pegreffii*, *A. simplex* C (*A. berlandi*), Clade 2 ประกอบด้วย *A. Ziphidarum* และ *A. nascettii* และ Clade 4 ได้แก่ *A. typica* ส่วน *Anisakis* Type II ได้แก่ Clade 3 ประกอบด้วย *A. physeteris*, *A. brevispiculata* และ *A. paggiae* ด้วยลักษณะรูปร่างของตัวอ่อนของแต่ละสปีชีส์ที่แยกออกจากกันได้ยากและซ้ำกันของการจำแนกด้วยอนุกรมวิธานทำให้ไม่สามารถจำแนก *A. simplex* sensu stricto (s.s.), *A. pegreffii* และ *A. simplex* C ออกจากกันได้ จึงถูกเรียกว่า *A. simplex* sensu lato (s.l.) หรือเรียกสั้นๆ ว่า *A. simplex* ซึ่งเป็นกลุ่มที่พบการติดเชื้อบ่อยในคนและก่อให้เกิดการอาการแพ้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาสารก่อภูมิแพ้จาก *A. simplex* ดังแสดงในตารางที่ 1⁽¹³⁾



ภาพที่ 1 ความแตกต่างของตัวอ่อนพยาธิระยะที่ 3 *Anisakis* Type I และ *Anisakis* Type II

วัฏจักรชีวิต

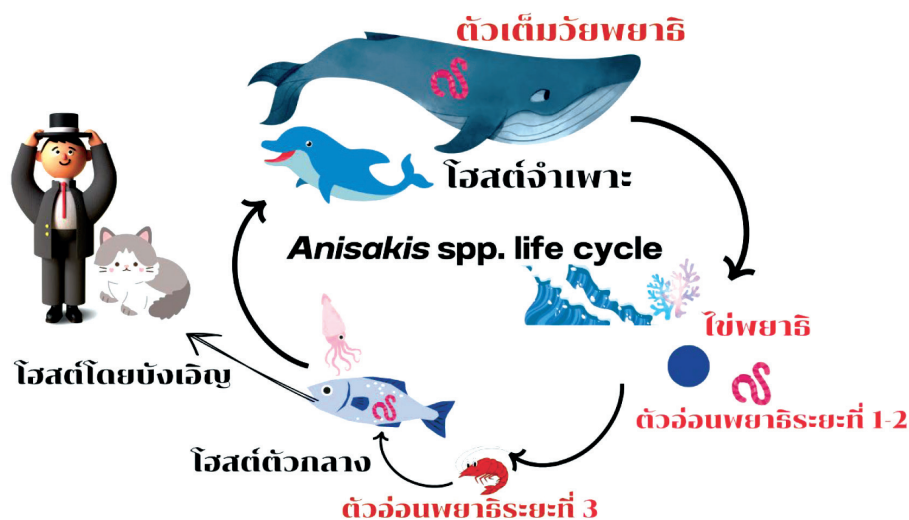
Anisakis spp. อาศัยอยู่ในสัตว์ทะเลหลายชนิดเกี่ยวข้องกับโฮสต์จำเพาะ 1 ตัว และโฮสต์ตัวกลาง 2 ตัว ดังแสดงในภาพที่ 2 พยาธิตัวเต็มวัยอาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น วาฬ โลมา และนากทะเล โดยไข่พยาธิจะผ่านออกมากับอุจจาระของสัตว์เหล่านี้และปนเปื้อนในน้ำทะเล ไข่พยาธินี้จะเจริญเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 และลอกคราบเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 ในน้ำทะเล ตัวอ่อนระยะที่ 2 ดำรงชีวิตแบบอิสระในทะเล ถูกจับกินโดยกุ้งขนาดเล็กที่สำคัญที่สุดคือตัวเคยซึ่งเป็นโฮสต์ตัวกลางที่ 1

ปลาและหมึกเป็นโฮสต์ตัวกลางที่ 2 กินโฮสต์ตัวกลางที่ 1 พยาธิตัวอ่อนระยะที่ 3 เจริญในโฮสต์ตัวกลางที่ 2 จากนั้นโฮสต์จำเพาะกินโฮสต์ตัวกลางที่ 2 พยาธิตัวอ่อนระยะที่ 3 จะเจริญเติบโตเป็นพยาธิตัวอ่อนระยะที่ 4, 5 และเป็นพยาธิตัวเต็มวัยในโฮสต์จำเพาะ สำหรับคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินปลาและหมึกดิบที่มีพยาธิตัวอ่อนระยะที่ 3 จัดเป็นโฮสต์โดยบังเอิญ ซึ่งพยาธิตัวอ่อนระยะที่ 3 ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อในโฮสต์โดยบังเอิญได้⁽³⁾

ตารางที่ 1 สารก่อภูมิแพ้จากพยาธิ *Anisakis simplex*

ชนิดสาร	ประเภทแอนติเจน	น้ำหนักโมเลกุล (kDa)	ผลกระทบ	ความชุกของ IgE* (ร้อยละ)	ประเทศที่ศึกษา
Anis s 1	E/S	24	Kunits serine protease inhibitor	85	สเปน
Anis s 2	Somatic	97	Paramyosin	88	ญี่ปุ่น
Anis s 3	Somatic	41	Tropomyosin	88	สเปน
Anis s 4	E/S	9	Cysteine protease inhibitor	13	สเปน
Anis s 5	E/S	15	SXP/RAL-2 family protein	25	ญี่ปุ่น
Anis s 6	E/S	15	Serine protease inhibitor	18	ญี่ปุ่น
Anis s 7	E/S	139	ไม่ทราบ	94	สเปน
Anis s 8	E/S	15	SXP/RAL-2 family protein	25	ญี่ปุ่น
Anis s 9	E/S	14	SXP/RAL-2 family protein	14	สเปน
Anis s 10	somatic	21	ไม่ทราบ	39	สเปน
Anis s 11	ไม่ทราบ	27	ไม่ทราบ	50	ญี่ปุ่น
Anis s 12	ไม่ทราบ	31	ไม่ทราบ	57	ญี่ปุ่น
Anis s 13	E/S	37	Hemoglobin	64	สเปน
Anis s 14	ไม่ทราบ	24	ไม่ทราบ	54	ญี่ปุ่น

หมายเหตุ: * ความชุกของภูมิแพ้ชนิด Ig E แสดงถึง จำนวนของกลุ่มประชากรมีความไวต่อสารก่อภูมิแพ้หลังจากสัมผัสแล้วแสดงออกเป็นอาการต่าง ๆ เช่น อาเจียน ลมพิษ ท้องเสีย ผื่นผิวหนัง และอื่น ๆ ในกลุ่มประชากรที่พบการติดเชื้อ ณ เวลาหนึ่ง

ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของ *Anisakis* spp.

การก่อโรคในคน

พยาธิอะนิซาคิสก่อโรคในคน เรียกว่า โรคอะนิซาคีเซียส (anisakiasis) หรือโรคอะนิซาคิโดซิส (anisa-kidoisis) จัดเป็นโรคติดต่อจากสัตว์สู่คน (zoonosis) โรคอะนิซาคีเซียสนิยมใช้เรียกกรณีที่เกิดโรคจากเชื้อในจิ้นส *Anisakis* spp. ส่วนโรคอะนิซาคิโดซิส นิยมใช้เรียกกรณีที่เกิดโรคจากพยาธิใน family Anisakidae (*Anisakis* spp., *Pseudoterranova* spp. และ *Contracaecum* spp.)⁽²⁾ การก่อโรคในคนมีสาเหตุจากตัวอ่อนในระยะที่ 3 โดยมี 2 สปีชีส์ คือ *A. simplex* sensu stricto และ *A. pegreffii* ที่พบก่อโรคในคน มีการรายงานเกี่ยวกับโรคนี้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 ประเทศเนเธอร์แลนด์ ปัจจุบันมีการรายงานมากกว่าสองหมื่นรายทั่วโลกในแต่ละปี⁽¹⁴⁾ แบ่งอาการของโรคเป็น 4 ลักษณะ⁽¹⁵⁾ ดังนี้

gastric anisakiasis มีรูปแบบการปวดท้องส่วนกระเพาะอาหารทันที ภายหลังจากการรับประทานปลาหรือหมึกดิบในระยะเวลาภายใน 24 ชั่วโมง มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน อาจมีหรือไม่มีไข้ ทั้งนี้พยาธิตัวอ่อนจะไชเข้าไปในเยื่อของกระเพาะอาหาร โดยแพทย์สามารถตรวจพบพยาธิตัวอ่อนผ่านการส่องกล้องตรวจดูกระเพาะอาหารและคีบพยาธิตัวอ่อนออก

intestinal anisakiasis มีรูปแบบการปวดท้องส่วนช่องท้องที่เกิดขึ้นช้ากว่าและอาการปวดท้องจะรุนแรงจนเกิดภาวะลำไส้อักเสบ ภายหลังจากการรับประทานปลาหรือหมึกดิบในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ถึง 7 วัน ทั้งนี้พยาธิตัวอ่อนจะไชเข้าไปในเยื่อของลำไส้ สามารถตรวจพบพยาธิตัวอ่อนผ่านการส่องกล้องตรวจดูลำไส้เล็ก ซึ่งการคีบพยาธิตัวอ่อนออกทำได้ยากอาจต้องทำการผ่าตัด อาการส่วนใหญ่มีอุจจาระร่วงเป็นมูกและอาจมีเลือดปน มีไข้ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ อาการไม่รุนแรงผู้ป่วยทนความปวดได้ แต่จะเกิดก้อนเนื้อซึ่งอาจเข้าใจผิดกับโรคอื่น เช่น ก้อนเนื้องอก แผลในลำไส้ และไส้ติ่งอักเสบเรื้อรัง อาการรุนแรงมักเกิดการติดเชื้อซ้ำและมีการอักเสบร่วมกับการแพ้ต่อเชื้อและโปรตีนที่เชื้อผลิตขึ้น ทำให้ผนังลำไส้หนาขึ้น 3-4 เท่า จากการบวมน้ำและการเพิ่มจำนวนของเซลล์

ectopic (extra-gastrointestinal) anisakiasis รูปแบบนี้พบได้น้อย พยาธิตัวอ่อนจะไชในเยื่อของหลอดอาหาร ลิ้น ปอด ช่องท้อง หรือม้าม เป็นต้น

allergic disease มีลักษณะเป็นผื่นลมพิษ (urticaria/angioedema) อาเจียน และอาจท้องร่วง หรืออาจเป็นภูมิแพ้รุนแรงเฉียบพลัน (anaphylaxis) ในบางราย อาการแพ้ที่เกิดขึ้นได้จากพยาธิที่ยังมีชีวิต หรือพยาธิที่ตายแล้ว ส่วนใหญ่มีรายงานเกิดจากพยาธิที่ยังมีชีวิต⁽¹⁵⁾

A. simplex เป็นกลุ่มที่พบการติดเชื้อในคนบ่อย และถูกพิจารณาว่าเป็นกลุ่มเดียวที่ก่อให้เกิดอาการแพ้เท่านั้น จึงมีการศึกษาสารก่อภูมิแพ้จาก *A. simplex* ตามมา ปัจจุบันพบการศึกษาสารก่อภูมิแพ้จาก *A. simplex* จำนวน 14 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการศึกษาจากกลุ่มนักวิจัยประเทศสเปนและญี่ปุ่น การศึกษาบ่งชี้ว่า Anis s 1 เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญเนื่องจากมีความสามารถเป็นสารบ่งชี้การเกิดภูมิแพ้รุนแรงในผู้ป่วยได้⁽¹⁶⁾

สารก่อภูมิแพ้จากพยาธิ *Anisakis simplex* ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนซึ่งก่อให้เกิดอาการแพ้ภายหลังจากการสัมผัส ทั้งนี้ Anis s 1, Anis s 4 และ Anis s 6 เป็นโมเลกุลที่มีความเฉพาะเจาะจง ส่วน Anis s 2 และ Anis s 3 เป็นโปรตีนอื่น คือ Paramyosin และ Tropomyosin ซึ่งมีปฏิกิริยาข้ามระดับโมเลกุลและภูมิคุ้มกันเป็นโปรตีนที่คล้ายกันจากสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็งและไรฝุ่น⁽³⁾

การวินิจฉัยโรค

การวินิจฉัยโรคโดยทั่วไปค่อนข้างยาก เนื่องจากไม่มีรูปแบบอาการและอาการแสดงที่เฉพาะจำเป็นอย่างยิ่ง การซักประวัติการกินอาหารทะเลแบบดิบหรือปรุงไม่สุก ก่อนเกิดอาการ และใช้การส่องกล้องตรวจกระเพาะอาหารเพื่อหาตัวอ่อนพยาธิ ในกรณีลักษณะอาการภูมิแพ้ควรทดสอบทางภูมิคุ้มกันเพื่อตรวจหา IgE anti-*Anisakis* ด้วยเทคนิค indirect ELISA และส่องกล้องตรวจหาพยาธิตัวอ่อน นอกจากนี้พบว่า การนับจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล (eosinophil) ในผู้ป่วยไม่เกิดประโยชน์

ต่อการวินิจฉัย เนื่องจากผู้ป่วยส่วนใหญ่มีจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด eosinophil ไม่สูงเท่ากับการติดเชื้อพยาธิตัวกลมอื่น ๆ⁽¹⁷⁾

การรักษา

การรักษาที่ดีที่สุด คือ การขับพยาธิออกจากกระเพาะอาหาร นอกจากนี้แพทย์อาจพิจารณาให้ยา methylprednisolone 120 มิลลิกรัม อย่างระมัดระวังในกรณีการเกิดภูมิแพ้รุนแรงเฉียบพลัน และให้ยา albendazole 400 มิลลิกรัม สำหรับทำลายเชื้อพยาธิ ควรพิจารณาการให้ยา albendazole ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถกำจัดตัวอ่อนพยาธิได้ทั้งหมด⁽¹⁸⁾

การป้องกัน

ประเด็นสำคัญของการป้องกันควบคุมโรค คือ การควบคุมโอกาสเสี่ยงจากการรับประทานอาหารทะเลที่มีเชื้อพยาธิ แนะนำการปรุงอาหารทะเลให้สุกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 1 นาที หรือทำลายเชื้อพยาธิด้วยการแช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 24 ชั่วโมง หรือแช่แข็ง -35 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 15 ชั่วโมง องค์การอาหารและยา สหรัฐอเมริกา (The United States Food and Drug Administration; U.S.-FDA) แนะนำให้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แต่สารก่อภูมิแพ้จาก *A. simplex* มีความทนทานและยังมีการศึกษาไม่เพียงพอ การลดการติดเชื้อในอาหารทะเลตั้งแต่ขั้นตอนการเลี้ยงปลาจับปลา และเข้าสู่กระบวนการจัดเก็บเพื่อจัดจำหน่าย เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา⁽¹⁵⁾ การให้ความรู้สู่ศึกษากับประชาชนเกี่ยวกับการก่อโรคของพยาธิอะนิซาคิส การบริโภคอาหารทะเลดิบ การปรุงอาหาร และการเก็บรักษาอาหาร เช่น การป้องกันการดองเปรี้ยวและการดองเค็มในอาหารจำพวกปลาและหมึก เป็นต้น เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันตนเอง

การศึกษาพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทย

การศึกษาในประเทศไทย พบว่ามีรายงานโรคจากพยาธิอะนิซาคิส 1 ครั้ง ปี พ.ศ. 2535 โดยเป็นลักษณะ

โรคอะนิซาคิสในลำไส้เล็ก⁽⁶⁾ ต่อมามีการศึกษาความชุกของพยาธิอะนิซาคิสในปลาทะเลจำนวนหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการศึกษาจากแหล่งตลาดปลาขนาดใหญ่จากฝั่งทะเลอ่าวไทย ดังแสดงในตารางที่ 2 การศึกษาเหล่านี้เป็นการจำแนกพยาธิอะนิซาคิสด้วยอนุกรมวิธานจิงรายงานในระดับสกุล

การศึกษานิตของพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 3 มีวิธีการตรวจวิเคราะห์ 2 วิธี คือ 1) การตรวจหาตัวอ่อนพยาธิในระยะที่ 3 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยการผ่าท้องปลาและแยกอวัยวะแต่ละส่วนออก ได้แก่ เหงือก กระเพาะอาหาร ตับ ช่องท้อง และไข่ กรณีที่ปลามีไข่ ตรวจหาตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ในช่องท้องของปลาและอวัยวะต่างๆ ด้วยตาเปล่า นำพยาธิล้างด้วยน้ำเกลือบริสุทธ์ร้อยละ 0.85 และตรวจสอบตัวอ่อนพยาธิในระยะที่ 3 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ โดยอาศัยลักษณะเฉพาะของหลอดอาหาร การพบลักษณะของฟันในช่องปากแบบ boring tooth และการตรวจพบมิวครอน (mucron) ที่ปลายหาง⁽²¹⁾ หรือทำการเตรียมสไลด์ถาวรและส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ด้วยการนำตัวอ่อนพยาธิในระยะที่ 3 ดองในสารละลายฟอรัมาลินและย้อมด้วยสี hematoxylin จากนั้นดึงน้ำออกจากตัวอ่อนพยาธิ (dehydration) โดยกระบวนการ graded alcohol series คือการแช่ตัวอย่างด้วย ethanol ที่ความเข้มข้นร้อยละ 70, 90, 95 และ 99 ตามลำดับ ก่อนแช่ด้วย xylene และเตรียมการทาสไลด์ถาวรด้วย permount นำไปตรวจดูรูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า หรือทำการเตรียมตัวอย่างด้วยการล้างตัวอย่างพยาธิด้วยน้ำเกลือ (NaCl) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 และล้างด้วยสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) ทำการแช่ในสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังทำการตรึงตัวอย่างบนสไลด์และแช่ในสารละลายออสเมียมเตทโรไซด์ (osmium tetroxide) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามด้วยกระบวนการดึงน้ำออกจากตัวอ่อนพยาธิ (dehydration) โดยกระบวนการ graded alcohol series และ acetone ทำให้แห้งด้วยคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 2 การศึกษาพยาธิธริโซนิชาตีสในประเทศไทย⁽¹⁹⁻²⁴⁾

ช่วงระยะเวลา	ตัวอย่าง	จำนวน (ตัว)	ส่วนที่ทำการศึกษา	พื้นที่	วิธีการ	ความชุกของ <i>Anisakis</i> spp. (ร้อยละ)
ธันวาคม พ.ศ. 2549-2550	ปลาช่อนทะเล (<i>Rachycentron canadum</i>)	110	อวัยวะภายใน	ทะเลอ่าวไทยจาก จังหวัดชลบุรี	ตรวจตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์	17.27
	ปลากะรังลายทางตัด (<i>Epinephelus areolatus</i>)					
	ปลาไหล (<i>Muraenesox</i> spp.)					
	ปลาตาเงินใหญ่ (<i>Trichiurus lepturus</i>)					
ธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2559	ปลาตาหวานจุด (<i>Priacanthus tayenus</i> Richardson)	59	บริเวณช่องท้องและอวัยวะภายใน	ตลาดค้าส่งปลา จังหวัดสมุทรสาคร	ตรวจตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์	27.10
พฤศจิกายน พ.ศ. 2559	ปลาทุตัวสั้น (<i>Rastrelliger brachysoma</i>)	300	เหงือก, กระเพาะอาหาร, ตับ, เนื้อเยื่อภายใน, รังไข่ และช่องว่างในท้อง	ตลาดปลาแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม	ตรวจตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบ สเตอริโอ	3.67
	ปลาทุไม่ (<i>Rastrelliger kanagurta</i>)	175	ช่องว่างภายในท้องและอวัยวะภายใน	ตลาดปลา จังหวัดสมุทรสงคราม	ตรวจตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบ สเตอริโอ	2.90
ธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึง มกราคม พ.ศ. 2562	ปลาทรายแดง (<i>Nemipterus peronii</i>)	40	ระบบทางเดินอาหาร และช่องว่างในท้อง	ซูเปอร์มาร์เก็ตในจังหวัด เชียงใหม่ ซึ่งนำปลามาจาก จังหวัดละโว้	ตรวจตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบ สเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์แบบ แสง	82.50
ไม่ระบุ (ตีพิมพ์ พ.ศ. 2562)	ปลาปากคม (<i>Saurida undosquamis</i>)	195	บริเวณช่องท้อง และอวัยวะภายใน	73 สถานี บริเวณอ่าวไทย	ตรวจตัวอ่อนพยาธิ ในระยะที่ 3 ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยายต่ำ	ไม่พบ พบสกุลอื่น ในแฟมิลีเดียวกัน คือ <i>Contracaecum</i> spp. ร้อยละ 64.61

จากนั้น mounted ด้วยเทปคาร์บอนบนหัวอะลูมิเนียม และเคลือบตัวอย่างโดยกระบวนการเคลือบฟิล์ม บางที่เรียกว่า sputter ด้วยทองคำและนำไปส่องดู ด้วย Scanning electron microscopy⁽²³⁾ และ 2) การตรวจวิเคราะห์สารพันธุกรรม โดยเตรียม สกัดดีเอ็นเอของตัวอ่อนพยาธิ เพิ่มสารพันธุกรรม ด้วยวิธี PCR ในส่วนของ ribosomal DNA region

ได้แก่ ITS region (*ITS-1*, 5.8s subunit และ *ITS-2*), The mitochondrial control region (mtDNA region) และ *COII* gene ตรวจสอบ PCR product ด้วยวิธี 1.5% agarose gel electrophoresis จากนั้น ตรวจหาลำดับ base โดยวิธีการ DNA sequencing และทำ phylogenic tree^(19,21,22)

ตารางที่ 3 ชนิดของพยาธิอะนิซาคิส (*A. Typica*) ในประเทศไทยจากปลาชนิดต่าง ๆ^(25,14,26,19)

ชนิดของปลา	แหล่งที่มา	เครื่องมือ และ/หรือ วิธีการในการศึกษา
ปลาทุโมง (<i>Rastrelliger kanagurta</i>)	ตลาด จังหวัดสมุทรสงคราม	DNA amplification and DNA sequencing ส่วน <i>ITS</i> gene และ mitochondrial <i>COII</i> gene
ปลาทูลายแดง (<i>Nemipterus hexodon</i> และ <i>N. japonicus</i>)	ซูเปอร์มาร์เก็ต จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งนำปลาจาก จังหวัดฉะเชิงเทรา เข้ามาวางจำหน่าย	Scanning electron microscopy, DNA amplification and DNA sequencing ส่วน <i>ITS1-5.8s-ITS2</i> gene
ปลาดาวหวาน (<i>Priacanthus tayenus</i>)	สะพานปลา จังหวัดสมุทรสาคร ตลาดทะเลไทย และ สะพานปลา จังหวัดตรัง	PCR-Restriction Endonuclease Technique
ปลาดาวหวานจุด (<i>Priacanthus tayenus</i> Richardson)	ตลาดค้าส่งปลา จังหวัดสมุทรสาคร	DNA amplification and DNA sequencing, mtDNA <i>cox2</i> gene

การศึกษาการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ของพยาธิ อะนิซาคิสในประเทศไทยมีจำกัด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการ ศึกษาปลาในพื้นที่ทะเลอ่าวไทย นอกจากนี้มีการศึกษาพบ พยาธิตัวเต็มวัยซึ่งมีไข่บรรจุอยู่ในมดลูก ด้วยรูปร่าง ลักษณะมีความคล้ายคลึงกับ *A. simplex* และไม่มีรายงาน การพบพยาธิตัวอ่อนระยะที่ 3 จากการสำรวจปลาใน จังหวัดชลบุรี เมื่อพิจารณาวงจรชีวิตของ *Anisakis* spp. พบว่าพยาธิตัวเต็มวัยจะอาศัยอยู่ในสัตว์ทะเลที่เป็นสัตว์ เลี้ยงลูกด้วยนม⁽²⁷⁾ แต่การศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาต่อด้วยวิธี การตรวจวิเคราะห์สารพันธุกรรมด้วยวิธีทางชีวโมเลกุล เพื่อเป็นการยืนยันสายพันธุ์ จากการศึกษารายงาน

ห้องปฏิบัติการ สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 จำนวน 74 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปลาในซอสหรือน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง จำนวน 53 ตัวอย่าง ปลาทั้งตัวแช่แข็งจำนวน 11 ตัวอย่าง และปลาแล่แช่แข็งจำนวน 10 ตัวอย่าง ตรวจพบตัวอ่อน พยาธิอะนิซาคิสในปลากระป๋อง ปลาทั้งตัวแช่แข็ง และ ปลาแล่แช่แข็ง คิดเป็นร้อยละ 21.62 บ่งชี้ให้ทราบถึง การปนเปื้อนพยาธิอะนิซาคิสในปลากระป๋อง ปลาทั้งตัว แช่แข็ง และปลาแล่แช่แข็ง คิดเป็นร้อยละ 11.32, 54.54 และ 40.00 ตามลำดับ⁽²⁸⁾

วิจารณ์

ปัจจุบันพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทยที่พบ คือ *A. typica* การจำแนกชนิดพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทยยังมีจำกัด เนื่องจากการจำแนกจำเป็นต้องใช้วิธีการทางชีวโมเลกุลที่มีความซับซ้อนและต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาจากแหล่งตลาดปลาขนาดใหญ่จากฝั่งทะเลอ่าวไทยตามชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ฉะเชิงเทรา และชลบุรี และชายฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่ จังหวัดตรัง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมให้ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย ได้แก่ ชายฝั่งทะเลอันดามัน เช่น จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ และสตูล ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทางภาคตะวันออก ได้แก่ ระยอง และจันทบุรี และชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทางภาคตะวันตก ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรี ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา เป็นต้น เนื่องจากการศึกษาทางระบาดวิทยาของการกระจายเชื้อตามแหล่งจับปลาจะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาหลีกเลี่ยงแหล่งจับปลาบริเวณดังกล่าว การศึกษาชนิดของพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทยพบว่าเป็น *A. typica* การศึกษาจากต่างประเทศก่อนหน้านี้ได้เสนอแนะว่า อุณหภูมิของน้ำทะเลอาจส่งผลต่อการกระจายตัวของ *Anisakis* spp. เนื่องจากพบว่า *A. simplex* กระจายอยู่ในทะเลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าพยาธิชนิดอื่น ๆ⁽²⁹⁾ สอดคล้องกับการสำรวจปลาในพื้นที่ทะเลของประเทศไทยที่พบ *A. typica* ซึ่งพยาธิชนิดนี้กระจายในทะเลเขตที่อบอุ่นกว่า เช่นเดียวกับการศึกษาชนิดของพยาธิอะนิซาคิสในปลาบริเวณทะเลของประเทศไทยเวียดนาม⁽³⁰⁾ อินโดนีเซีย⁽³¹⁾ และบังคลาเทศ⁽³²⁾ พบเป็น *A. typica* เช่นเดียวกัน ปัจจุบันยังไม่มีรายงานจากกระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เกี่ยวกับอันตรายของพยาธิชนิดนี้ ทำให้ลดความวิตกกังวลกับผู้บริโภคในระดับหนึ่ง

การศึกษาพยาธิในปลาที่นำเข้าจากต่างประเทศมีน้อยมาก ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและจากการทบทวนวรรณกรรมรายงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์พบพยาธิอะนิซาคิสในผลิตภัณฑ์ปลา⁽²⁸⁾ แม้ว่าการพบพยาธิอะนิซาคิสที่ตายแล้วอาจไม่ก่ออันตรายในแง่ของอาหารเป็นพิษ แต่ในแง่ของการเกิดอาการแพ้ยังไม่ชัดเจน

จึงเป็นประเด็นที่ควรทำการศึกษาวิจัยต่อไป การตรวจพบพยาธิอะนิซาคิสที่ตายแล้วในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ปลากระป๋อง อาจเกิดผลกระทบต่อผู้บริโภค อารมณ์ และความรู้สึกรู้สึกของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ขาดความเชื่อมั่นในคุณภาพของกระบวนการผลิตและความปลอดภัยของอาหาร ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้เพิ่มมาตรการ หรือแนวทางสำหรับผู้ผลิตในการคัดกรองหรือตรวจสอบพยาธิในปลารวมทั้งสารก่อภูมิแพ้ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต นอกจากนี้การแพ้ของผู้ประกอบอาชีพประมง คำขายอาหารทะเลโดยเฉพาะปลาและหมึกที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสปลาหรือหายใจเอาสารก่อภูมิแพ้จากพยาธิอะนิซาคิสเข้าไปเป็นประเด็นที่ควรมีการศึกษาวิจัยเช่นเดียวกัน รวมทั้งการศึกษาวิจัยทางคลินิกเกี่ยวกับเชื้อมีโรคอาหารในประเทศไทย โดยเฉพาะการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคอาหารทะเลยังมีไม่มากนัก ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มเติมองค์ความรู้เกี่ยวกับพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทยในแง่มุมต่างๆ ให้มากขึ้น

สรุป

ปัจจุบันชนิดของพยาธิอะนิซาคิสในประเทศไทยที่พบ คือ *A. typica* ซึ่งยังไม่พบว่ามีโรคในคนได้ และจากการศึกษาชนิดของพยาธิในประเทศไทย ไม่พบ *A. simplex* ที่เป็นสาเหตุของโรคอะนิซาคีเซีย การเฝ้าระวังพยาธิสาเหตุของโรคจากแหล่งต่างๆ ตั้งแต่ต้นทางของการผลิตจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์สู่ผู้บริโภคเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งการเฝ้าระวังผลิตภัณฑ์ในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ และควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในประเทศไทย ทั้งการกระจายตัวของสายพันธุ์ต่างๆ ในบริเวณทะเลรอบประเทศไทย การศึกษาจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ปลาต่างๆ ทั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศที่มีจำหน่ายและการศึกษาทางภูมิคุ้มกันวิทยาของประชาชนและกลุ่มผู้มีอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมงน้ำเค็มต่อสารก่อภูมิแพ้ต่างๆ ของ *A. simplex* ในประเทศไทย รวมถึงการสร้างการรับรู้และการให้สุศึกษาแก่ประชาชน ให้มีความเข้าใจและมีวิจรณ์ญาณในการรับข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องตระหนักถึงความเสี่ยงของการเกิดโรค และมีพฤติกรรมบริโภคที่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

1. กรุงเทพมหานคร. กรมอนามัย เตือนกิน “ปลาหมึกซอต” ระวังแบคทีเรีย-พยาธิ เน้นปรุงสุก. [ออนไลน์]. 11 กุมภาพันธ์ 2565; [สืบค้น 13 ก.พ. 2566]: เข้าถึงได้ที่: URL: <https://www.bangkokbiznews.com/news/987827>.
2. Audicana MT, Kennedy MW. *Anisakis simplex*: from obscure infectious worm to inducer of immune hypersensitivity. Clin Microbiol Rev 2008; 21(2): 360-79.
3. Aibinu IE, Smooker PM, Lopata AL. *Anisakis nematodes* in fish and shellfish—from infection to allergies. Int J Parasitol Parasites Wildl 2019; 9: 384-93.
4. Suzuki J, Murata R, Kodo Y. Current status of Anisakiasis and *Anisakis larvae* in Tokyo, Japan. Food Saf 2021; 9(4): 89-100.
5. Pravettoni V, Primavesi L, Piantanida M. *Anisakis simplex*: current knowledge. Eur Ann Allergy Clin Immunol 2012; 44(4): 150-6.
6. Hemsrichart V. Intestinal anisakiasis: first reported case in Thailand. J Med Assoc Thai 1993; 76(2): 117-21.
7. Van THIEL P, KUIPERS FC, ROSKAM RT. A nematode parasitic to herring, causing acute abdominal syndromes in man. Trop Geogr Med 1960; 12: 97-113.
8. Kasuya S, Hamano H, Izumi S. Mackerel-induced urticaria and Anisakis. Lancet 1990; 335(8690): 665.
9. Audicana MT, Fernández de Corres L, Muñoz D, Fernández E, Navarro JA, del Pozo MD. Recurrent anaphylaxis caused by *Anisakis simplex* parasitizing fish. J Allergy Clin Immunol 1995; 96(4): 558-60.
10. Nieuwenhuizen NE, Lopata AL. Anisakis—a food-borne parasite that triggers allergic host defences. Int J Parasitol 2013; 43(12-13): 1047-57.
11. Murata R, Suzuki J, Sadamasu K, Kai A. Morphological and molecular characterization of *Anisakis larvae* (Nematoda: Anisakidae) in *Beryx splendens* from Japanese waters. Parasitol Int 2011; 60(2): 193-8.
12. Adroher-Auroux FJ, Benítez-Rodríguez R. Anisakiasis and Anisakis: an underdiagnosed emerging disease and its main etiological agents. Res Vet Sci 2020; 132: 535-45.
13. Umehara A, Kawakami Y, Matsui T, Araki J, Uchida A. Molecular identification of *Anisakis simplex* sensu stricto and *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae) from fish and cetacean in Japanese waters. Parasitol Int 2006; 55(4): 267-71.
14. Tunya R, Wongsawad C, Wongsawad P, Chai JY. Morphological and molecular characteristics of *Anisakis typica* larvae in two species of threadfin bream, *Nemipterus hexodon* and *N. japonicus*, from the Gulf of Thailand. Korean J Parasitol 2020; 58(1): 15-25.
15. Nieuwenhuizen NE. Anisakis—immunology of a foodborne parasitosis. Parasite Immunol 2016; 38(9): 548-57.
16. Yoshikawa M, Sumikawa Y, Kobayashi Y, Uhara H. Specific immunoglobulin E to Anisakis 1 is rare in patients with *Anisakis allergy* living in Hokkaido, northern Japan. Allergol Int 2022; 71(3): 409-11.
17. Amir A, Ngui R, Ismail WH, Wong KT, Ong JS, Lim YA, et al. Anisakiasis causing acute dysentery in Malaysia. Am J Trop Med Hyg 2016; 95(2): 410-2.
18. Autier B, Stéphant S, Beusnel C, Sichel P, Belaz S, Gangneux JP, et al. Anaphylaxis due to anisakidosis. Clin Microbiol Infect 2021; 27(1): 67-8.
19. Purivirojkul W. An investigation of larval ascaridoid nematodes in some marine fish from the Gulf of Thailand. Agric Nat Resour 2009; 43(5): 85-92.
20. Eamsobhana P, Yong HS, Song SL, Tungtrongchitr A, Roongruangchai K. Genetic

- differentiation of *Anisakis* species (Nematoda: Anisakidae) in marine fish *Priacanthus tayenus* from Gulf of Thailand. Trop Biomed 2018; 35(3): 669-77.
21. วิไลพร ชันทอง. การตรวจหาพยาธิ *Anisakis* spp. และสารฟอร์มาลินตกค้างในปลาทูตัส *Rastrelliger brachysoma* ที่จำหน่ายในตลาดปลาแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม. ว สหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 2561; 3(1): 36-44.
 22. Chaiphongpachara T. Detection of *Anisakis* spp. and residual formaldehyde in Indian mackerel and splendid squid from a fish market in Samut Songkhram Province, Thailand. Trop Biomed 2019; 36(1): 53-9.
 23. Tunya R, Wongsawad C. Endoparasitic infection in Threadfin Bream (*Nemipterus hexodon* and *N. japonicus*) from Department Store in Chiang Mai Province, Thailand. Microsc Microanal Res 2019; 32(1): 1-6.
 24. วิลาสินี ฤณาพรรณ, สุพรรณิ ลิ้มโชติ, เพ็ญจันทร์ ละอองมณี, มลฤดี สนิ. การศึกษาพยาธิ *Anisakid nematodes* ในปลาปากคม (*Saurida undosquamis*) จากบริเวณอ่าวไทย. แก่นเกษตร 2562; 47(ฉบับพิเศษ 2): 29-34.
 25. Chaiphongpachara T, Adisakwattana P, Suwandittakul N. Intraspecific genetic variation of *Anisakis typica* in Indian Mackerel Caught from the Gulf of Thailand, Samut Songkhram Province. Sci World J 2022; 2022: 2122619. (10 pages).
 26. จันทิพย์ สิงห์ตุ้ย, นภาพร แก้วดวงดี, ประภาทิพย์ เอี่ยมโสภณ. การตรวจหาและจำแนกพยาธิตัวกลมอะนิซาคิส โดยเทคนิคพีซีอาร์-เรสตริกชันเอนโดนิวคลีเอส. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 2555; 12(2): 142-50
 27. Nuchjangreed C, Hamzah Z, Suntornthiti-charoen P, Sorosjinda-Nunthawarasilp P. Anisakids in marine fish from the coast of Chon Buri Province, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2006; 37 (Suppl 3): 35-9.
 28. ชันทอง เพ็ชรนอก, กนกวรรณ นุชนิยม, ก่อเกียรติ ศาสตร์ินทร์. การตรวจพยาธิในปลาทะเลและผลิตภัณฑ์จากปลาทะเล ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2563. ว กรมวิทย พ 2564; 63(4): 809-21.
 29. Mattiucci S, Nascetti G. Molecular systematics, phylogeny and ecology of anisakid nematodes of the genus *Anisakis* Dujardin, 1845: an update. Parasite 2006; 13(2): 99-113.
 30. Van Hien H, Thi Dung B, Ngo HD, Doanh PN. First morphological and molecular identification of third-stage larvae of *Anisakis typica* (Nematoda: Anisakidae) from marine fishes in Vietnamese water. J Nematol 2021; 53: e2021-10.
 31. Anshary H, Sriwulan, Freeman MA, Ogawa K. Occurrence and molecular identification of *Anisakis* Dujardin, 1845 from marine fish in southern Makassar Strait, Indonesia. Korean J Parasitol 2014; 52(1): 9-19.
 32. Bao M, Cipriani P, Giulietti L, Alam MA, Palomba M, Mattiucci S, et al. Ascaridoid nematodes infecting commercially important marine fish and squid species from Bangladesh waters in the Bay of Bengal. Food Waterborne Parasitol 2022; 27: e00157. (13 page).

Anisakis spp. in Thailand

Uraiwan Krainara Muranishi

Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, Muang District, Phuket 83000, Thailand

ABSTRACT A nematode in the genus *Anisakis* causes a zoonotic disease and its natural hosts are marine mammals. Currently, it is classified into nine species by genetic analysis. Humans are accidental hosts that can carry the third-stage larvae, which are transmitted by consuming raw or undercooked fish or raw squid. The larvae do not develop in humans. However, they can cause anisakiasis, a gastrointestinal tract disease including gastric, intestinal, and extra-intestinal infections, and allergic reactions. The major species causing human disease are *Anisakis simplex* sensu stricto (s.s.) and *Anisakis pegreffii*. Concerning the limitations of the taxonomy, it is collectively referred to as *Anisakis simplex*. In Thailand, there was only one reported case of intestinal type in 1992. Previous studies have shown that the prevalence of *Anisakis* spp. in various fish species was 2.9–82.50%, with the highest prevalence found in sea bream (*Nemipterus peronii*) (82.50%). Species identification using genetic material revealed that they were all *Anisakis typica*, a species that has never been reported to cause disease in humans. A review of the literature found that there are few studies of *Anisakis* parasites in Thailand and the study of geographic distribution has not yet covered the entire country's coastlines. There have also been reports of contamination of dead *Anisakis* parasites in canned fish. This indicates that there may be little knowledge and understanding among personnel in the production sector that influences consumers' lack of confidence in food safety. Therefore, relevant agencies should develop research programs and create health literacy about *Anisakis* parasites for both entrepreneurs and the public.

Keywords: *Anisakis* spp., Fish, Thailand

THE BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

The Bulletin of the Department of Medical Sciences is an official publication of the Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. It is devoted to the dissemination of knowledge concerning medical sciences and the facilitation of co-operation among scientists.

Owner	Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health	
Administrative Advisor	Yongyot Thammawut	Phichet Banyati
	Ballang Uppapong	Piya Sirilak
Technical Advisor	Pimjai Naigowit	Sumol Pavitranon
	Panadda Silva	Duanthanorm Promkhatkaew
	Busarawan Sriwanthana	
Executive Editor	Prapai Wongsinkongman	
Editor	Nuanjan Wichukchinda	
Assistant Editor	Apiwat Tawatsin	Siripakorn Sangkitporn
	Supaporn Phumiamorn	
Editorial Board	Pilaipan Puthavathana	Mahidol University
	Prasert Auewarakul	Mahidol University
	Danai Tiwawech	Naresuan University
	Padet Siriyasatien	Chulalongkorn University
	Pornpimol Kongtip	Mahidol University
	Srisurang Tantimavanich	Mahidol University
	Sunee Sirivichayakul	Chulalongkorn University
	Chanitra Thuwajit	Mahidol University
	Pintip Pongpech	Independent Scholar
	Suwanna Charunut	Independent Scholar
	Salakchit Chutipongvivate	Independent Scholar
	Usavadee Thavara	Independent Scholar
	Suthon Vongsheree	Independent Scholar
	Wichuda Chittangkura	Independent Scholar
	Supanee Duangteraprecha	Independent Scholar
	Nuanchawee Wetprasit	Independent Scholar
	Wantana Paveenkittiporn	Independent Scholar
	Uryakorn Chansang	Independent Scholar
Administration	Numfon Noiprasert	Department of Medical Sciences
	Prasan Julwong	Department of Medical Sciences
	Aphimon Jiraphongsathorn	Department of Medical Sciences
	Navy Srivarom	Department of Medical Sciences
	Pawinee Sukcharoen	Department of Medical Sciences
Office	Medical Sciences Technical Office, Department of Medical Sciences	
	88/7 Soi Tiwanond 14, Tiwanond Rd., Nonthaburi 11000, Thailand.	
	Tel. 0-2951-0000 ext. 99662 Fax: 0-2951-1297	
	E-mail : bull.dmssc@dmssc.mail.go.th	
Printed by	Thanaaroonkarnpim Co., Ltd.	
	457/6-7 Phra Sumen Road, Bangkok 10200	
	Tel. 0-2282-6033-4	



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
Department of Medical Sciences

คำนิยาม

D

Discovery

นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการทำงานได้เหมาะสม



M

Moral

ปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์สุจริต มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้



S

Sciences/Standard

ทำงานอย่างมีมาตรฐานตามหลักวิชาการ



C

Change

ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ทำงานเป็นทีม



<https://bit.ly/BullDmsc>