

วารสาร



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

ปีที่ 59 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2560 Vol. 59 No. 4 October - December 2017

ISSN 0125-684X

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จัดทำโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ทุกสาขา

เจ้าของ	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข	
ที่ปรึกษาด้านบริหาร	นพ.สุขุม กาญจนพิมาย นพ.สมฤกษ์ จิงสมาน	นพ.พิเชฐ บัญญัติ
ที่ปรึกษาด้านวิชาการ	ศ.เกียรติคุณ นพ.ประเสริฐ ทองเจริญ พญ.มยุรา กุสุมภ์ นางพิมพ์ใจ นัยโกวิท ดร.ปนัดดา ชิลวา นางธีรนารถ จิวะไพศาลพงศ์	ภญ.อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ ภญ.ดร.จงดี ว่องพินัยรัตน์ ภญ.สุภัทรา อิ่มเอิบ ภญ.ดร.สุมล ปวีตรานนท์
บรรณาธิการ	ดร.บุษราวรรณ ศรีวรรณะ	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
บรรณาธิการร่วม	นางกนกพร อธิสุข	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
บรรณาธิการ	ศ. ดร. นพ.ประเสริฐ เอื้อวรากุล ศ. ดร.พิไลพันธ์ พุฒินันะ ศ. พญ.พรรณิ ปิติสุทธิธรรม รศ. ดร. ภญ.พิณทิพย์ พงษ์เพชร ผศ.สุชาติ ไซยสวัสดิ์ ดร.दनัย ทิวาเวช ภญ.สุวรรณา จารุสุข นางพรรษา ไซยวานิช ดร. นพ.ปฐม สวรรค์ปัญญาเลิศ ดร.อุษาวดี ถาวร นางสาวพรรณทิพย์ ตียพันธ์ ดร.สลักจิต ชูติพงษ์วิเวท ดร.เดือนถนอม พรหมชาติแก้ว นายสุธน วงษ์ชัย นายศิริ ศรีมโนรถ นางวิษชุดา จริยะพันธุ์ ภญ.ดร.สุภาณี ดวงธีรปรีชา	ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยมหิดล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ นักวิชาการอิสระ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นักวิชาการอิสระ นักวิชาการอิสระ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
ฝ่ายจัดการ	นางสาวน้ำฝน น้อยประเสริฐ นางสาวประสาน จุลวงษ์	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
กำหนดออก อัตราสมาชิก	ราย 3 เดือน ในประเทศปีละ 200.- บาท ต่างประเทศปีละ 50.00 เหรียญสหรัฐอเมริกา	
สำนักงานวารสาร	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 88/7 ซอยติวานนท์ 14 ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000 โทร. 0-2951-0000 โทรสาร 0-2951-1297	
พิมพ์ที่	ทจก. อรุณการพิมพ์ 457/6-7 ถนนพระสุเมรุ แขวงบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2282-6033-4	

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

ปีที่ 59 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2560

Vol. 59 No. 4 October - December 2017

สารบัญ

หน้า

บทความพิเศษ

- Feasibility of Combating Antimicrobial Resistance Using One Health Approach** 209
Rajesh Bhatia

นิพนธ์ต้นฉบับ

- ผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการให้ความร้อนต่อการเกิดและความคงตัวของ
อะคริลาไมด์ในพริกป่น 216
พนาวลัย กิ่งกลางดอน และมยุรี อูรารุ่งโรจน์
- ผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี
และเชื้อไวรัสเอชไอวีแบบรวดเร็ว 226
อุบลวรรณ ชัยอารยะเลิศ ภูริต ทรงธนินิตย์ พันธวิทย์ นทกุล และสกาลิน ไตรศิริวานิชย์
- การทวนสอบอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง Plate count agar (PCA) และ Reasoner's
2A (R2A) agar สำหรับการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและน้ำแข็ง 242
ปิยมาศ แจ่มศรี และขวัญมิตร รุ่งจัก

รายงานจากห้องปฏิบัติการ

- คุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิตของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เขตสุขภาพที่ 4 252
สาธิตา ปานขวัญ และชัยยศ อินทร์ติยะ
- ดัชนีชี้คุณภาพ 262
- ดัชนีชี้เรื่อง 266

วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

BULLETIN OF THE DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

ปีที่ 59 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2560

Vol. 59 No. 4 October - December 2017

CONTENTS

Page

Special Articles

- Feasibility of Combating Antimicrobial Resistance Using
One Health Approach** 209
Rajesh Bhatia

Original Articles

- Effect of Temperature and Duration of Thermal Process on the Occurrence
and Stability of Acrylamide in Chili Powder** 216
Panawan Kluengklangdon and Mayuree Uraroongroj
- Effect of Temperature on Effectiveness of HBs Ag and anti-HIV
Rapid Diagnostic Tests** 226
*Ubonwan Chaiarrayalert Bhurit Songtananit Puntawit Natakul
and Sakalin Trisiriwanich*
- Verification of Plate Count Agar (PCA) and Reasoner's 2A (R2A)
Agar for Enumeration of Heterotrophic Bacteria in Water and Ice** 242
Piyamas Jamsri and Khwunmit Roojug

Laboratory Findings

- Quality of Non-invasive Sphygmomanometer in District Health
Promoting Hospitals of the 4th Regional Health Promoting Center** 252
Sathita Pankhwan and Chaiyot Intiya
- Author Index** 262
- Title Index** 266

Feasibility of Combating Antimicrobial Resistance using One Health Approach

Rajesh Bhatia

Former Director, Communicable Diseases, WHO Regional Office for South East Asia, New Delhi, India

ABSTRACT In recent years, antimicrobial resistance (AMR) has assumed global health importance. Inability of current antimicrobial agents available to treat common and life-threatening infections is gradually pushing humanity to dark ages of post antibiotic era. It is no longer a medical problem since global community considers it as a development and economic issue. The Sustainable Development Goals articulate a commitment to launch well-coordinated multi-sectoral actions to combat AMR. Apart from developing new and affordable antimicrobial agents, which are both expensive and time consuming, the rational and reduced use of antibiotics is also a key element of any strategies to minimize impact of AMR. Huge quantities of antimicrobial agents are used in a veterinary sector, mainly as growth promoters. These are instrumental in giving rise to resistance in pathogens for critically important antimicrobial agents, thus putting human health at grave risk. A comprehensive One Health approach that addresses the use of antimicrobials in humans, animals and environment is the solution to comprehensively address the growing menace of AMR across the world, especially in developing countries.

Introduction

Antimicrobial resistance (AMR) is unresponsive to the standard doses of antimicrobial agents in treatment of a disease. Of late, common and life-threatening infections like pneumonia, gonorrhoea, and post-operative infections, as well as HIV, tuberculosis, and malaria are increasingly becoming untreatable because of AMR. Recognizing the risk posed by burgeoning antimicrobial resistance to the achievement of the ambitious Sustainable Development Goals (SDGs), on 16 September 2016, at the unprecedented session of the United Nations General Assembly (UNGA), world leaders, through a political declaration made a strong commitment to combat, on priority, growing menace of antimicrobial resistance across the world. They advocated taking a broad, coordinated and multi-sectoral approach to address AMR by engaging human health, animal health, environment and agriculture with the broad objective of prolonging the efficacy of currently available antibacterial drugs or antibiotics, as commonly called¹.

The political declaration associated with SDGs² articulates sustained action against AMR. It states *“we will equally accelerate the pace of progress made in fighting malaria, HIV/AIDS, tuberculosis, hepatitis, Ebola and other communicable diseases and epidemics, including by addressing growing antimicrobial resistance and the problem of unattended diseases affecting developing countries.”*

Spurred by UNGA and SDGs, the countries have also reaffirmed their commitment to develop national action plans on AMR, based on the *“Global Action Plan on Antimicrobial Resistance”* – the blueprint for tackling AMR developed in 2015 by WHO³ in coordination with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the World Organization for Animal Health (OIE). Subsequently, more than 80 countries have developed their respective national action plans to combat AMR and submitted to World Health Assembly before May 2017, but this has just been an easy part. The harder part appears in the efficient implementation of National Action Plan (s). AMR is an extremely complex issue that warrants strong and sustained multi-sectoral approach with active contributions by all stakeholders. It requires sound and solid leadership with sustained funding.

Emergence of AMR as a global challenge

Almost 20 years ago, AMR was considered purely a medical problem. In less than two decades, it has become not only a global health challenge but also a burgeoning economic, developmental and political challenge. It is not involved only intergovernmental agencies like FAO and WHO, where AMR is being talked about, but in the past 2–3 years, various development and political establishments including World Bank, G7, G20, G77, EU, ASEAN, etc. have also expressed their concerns on this issue and articulated commitments to combat it through the efficient coordination and the One Health approach that encompasses humans,

animals and environment. In South-East Asia, ASEAN is expected to come up with a region-specific declaration against AMR in November 2017.

Currently, AMR is estimated to kill around 700,000 people every year. If no concrete actions are taken, the number of annual projected deaths due to infections with resistant pathogens by 2050 shall be a staggering 10 million. This number shall be greater than deaths from cancers and road side accidents put together. Most of these deaths are found in the developing countries. Thus, the global increasing cost in health care would finally be reached at USD 1 trillion⁴.

Economic impact of AMR shall be devastating. A loss of USD 100 trillion is projected and the Global GDP shall be pushed down by 3.5%. World Bank estimates that 28 million people are likely to be pushed into poverty as a direct consequence of the diseases caused by resistant pathogens⁵ (World Bank report). In addition, global exports will see a decline of 3.8%. Livestock production shall reduce by 7.5% throughout the world thus impacting the food security⁵.

Genesis of AMR

Microorganisms in their quest of survival, continuously undergo changes in their genetic apparatus. Some of these genetic changes bring about changes that thwart the action of antibiotics. This is a natural unstoppable phenomenon. However, the resistant strains get selected, and become dominating population subsequent to their interaction with antibiotics. Greater is the selection if quantity of antibiotics is big and application is irrational. Prolonged misuse, abuse and overuse of antibiotics select resistant pathogens and provide them a survival and proliferation advantage. It is now obvious that the excessive use of antibiotics, in any settings, is the biggest driver of AMR. While extensive use of antibiotics in the health sector is well known, much more antibiotics are globally used in the veterinary sector than in the human sector. It has been estimated that, while in 2010, more than 63,000 tonnes of antibiotics were used in animals, it is expected that this number would exceed 100,000 tonnes by 2030 indicating a 63% increase⁶. Against a use of 3.3 million kilograms (kg) of antibiotics in humans in the United States of America, more than 8.9 million kg is consumed in animals every year⁷.

Antibiotics consumption in animals is not limited to their therapeutic use. These are used for metaphylaxis (Administration of antimicrobials to animals when perceived to be in contact with animals diagnosed with disease), prophylaxis (Mass administration of antimicrobials to animals to prevent disease when risk is established) and for growth promotion (Administration of antimicrobials to animals to boost feed efficiency and increase weight gain). Global data shows that maximum consumption of antibiotics in the animal health sector is for the growth promotion of animals by various mechanisms including mixing with animal feed. This is primarily to meet the growing demand of protein-rich food in countries where their economy is growing that leads to a higher demand of nutritious food of animal origin. FAO has demonstrated this gradual but sustained growth in meat production (Fig 1).

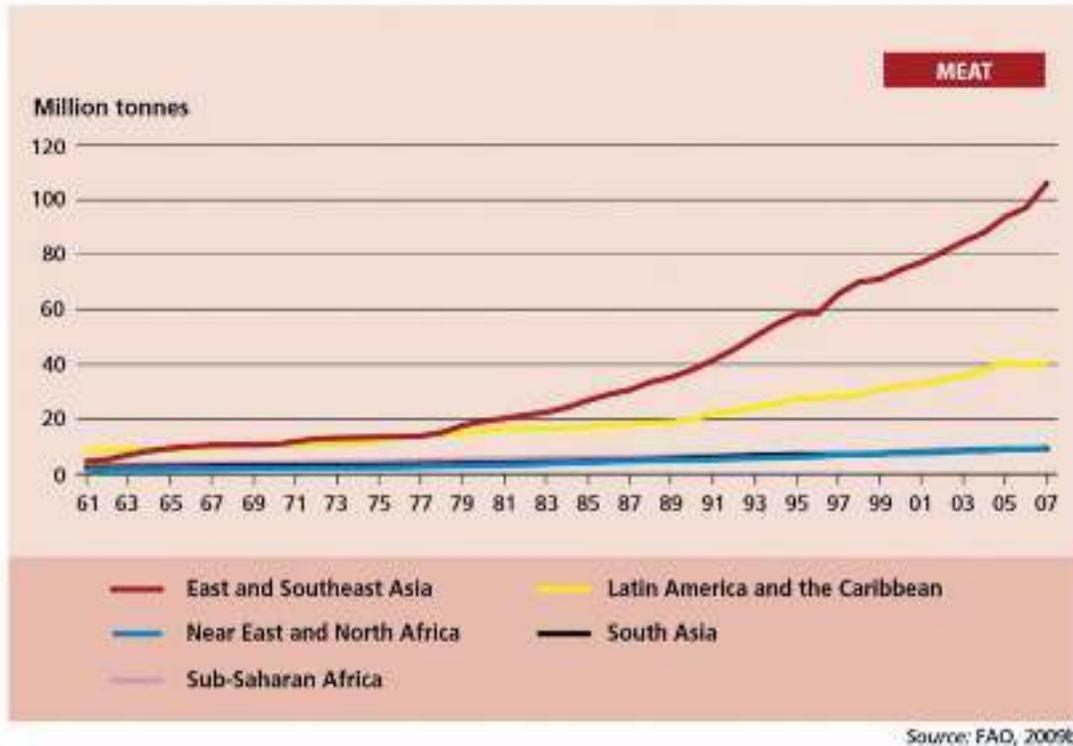


Fig. 1 Exponential increase in meat production in different regions of the world

This increase is matched with an increase in the consumption of antibiotics in several developing countries and shall reach almost 100% in Brazil, India, Russia, China and South Africa (BRICS countries) in next two decades⁶.

Impact of AMR in animals is a serious human health risk

Several antibiotics commonly used to treat human infections are, in contrast, not necessary for animals. WHO has classified few antibiotics as critically important antibiotics (CIA). These include the 3rd and above generations of cephalosporins, glycopeptides, polymyxin, macrolides, and quinolones. Since humans and animals share several pathogens, emergence and proliferation of resistant pathogens, the animal community thus reaches humans through food, direct contact and environment. Some of these pathogens demonstrate resistance to the last resort antibiotics in life threatening human infections. Emergence of transferable colistin (one of the CIAs) resistance in *Enterobacteriaceae* is a result of the extensive use of this antibiotic in pigs-rearing in China. The resistance is firstly reported in 2016⁸ and has been found by CDDEP spreading to many countries in different parts of the world (Fig 2). This implies a serious warning to protect global health by restricting or phasing out use of such critical drugs. The extensive use of such antibiotics in organized poultry farms in India has also been recently shown to culminate in the emergence of widespread resistance to several pathogens⁹.

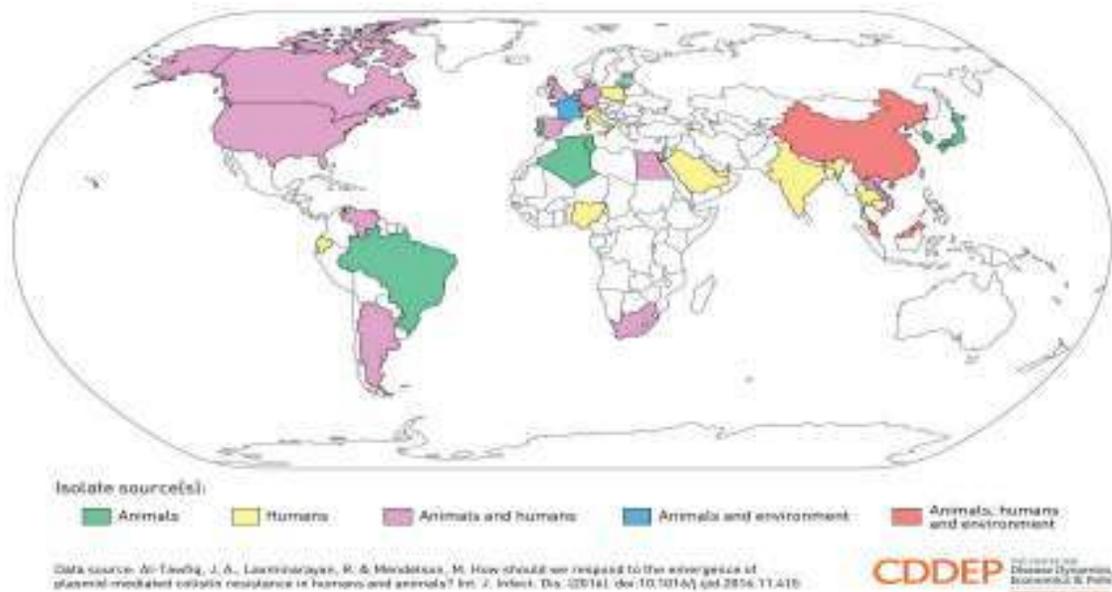


Fig. 2 Countries reporting plasmid-mediated colistin resistance encoded by *mcr-1* (Source: CDDEP)

Combating AMR-multi-sectoral one health approach

Combating AMR has a common-sense approach with following four key components

1. Discover new drugs faster than emergence of resistance
2. Rationalize the use of available antimicrobial agents
3. Prevent emergence of resistance by reducing selection pressure with appropriate control measures including infection control
4. Reduce disease burden

Discovery of new antibiotics is a time consuming and expensive proposition with an estimated investment of USD 1 billion over a period of 10-12 years. The final product, if used irrationally, shall soon become ineffective to treat infections. This has deterred many manufacturers from venturing into this endeavor. Reduction in disease burden and implementing infection control measures (in both human and animal settings) are also important measures to prevent AMR.

Owing to the fact that antibiotics use is the greatest driver of AMR, all efforts need to be made to reduce and rationalize the use of antibiotics in all settings especially for the growth promotion in the animals. Accordingly, all global commitments have advocated the use of One Health approach.

One Health approach recognizes the interdependence of humans, animals and environment especially for human health. It also recognizes that co-existence of animals, humans

and environment is essential. It indicates that the improvement of human health likely depends on animal health and safe environment. It is well established that 60% of all existing human infectious diseases are zoonotic. At least 75% of emerging infectious diseases in humans (including Ebola, influenza, MERS CoV etc.) have animal origins, and 80% of the agents with potential bioterrorist use are zoonotic pathogens. Unrestricted use of antibiotics in animals is a critical factor that promotes AMR.

Elements for implementation of One Health

Implementation of One Health requires several key elements with few salient activities, as shown in Table 1.

Table 1 Key elements and activities for implementation of One Health approach

Key element	Activities
Policies	Program & Person Legislations Regulations
Institutions	Joint Planning Strategies Operational Plan
Individuals	Awareness Advocacy Participation

National efforts to implement One Health approach shall warrant having national commitment in the form of adequately funded policies which can be translated into efficient programmes, run by skilled human resource through legislative approach and enforceable regulations. The planning for the activities has to be jointly undertaken by all the sectors (human, animal and environment) and based upon practical strategies that should be converted into an operational action plan. Community participation and support to this programme are essential. Efficient implementation of this approach shall result in not only an improved human health but also a safe environment and food security.

AMR containment is currently high on national and international political, development, economic and health agendas. Drug resistance is a key global issue. While addressing issue of AMR through a One Health approach, it is certain that various other components of One Health will also be benefitted. Multi-sectoral approach is, thus, the ultimate key to combat this burgeoning problem.¹⁰

References

1. WHO. At UN, global leaders commit to act on antimicrobial resistance. [Online]. 2016 [cited 2017 Aug 13]; [2 screens]. Available from: URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/commitment-antimicrobial-resistance/en>.
2. Sustainable Development. Transforming our world: the 2030 agenda for Sustainable Development. [Online]. 2016 [cited 2017 Aug 13]; [18 screens]. Available from: URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.
3. WHO. Global action plan on antimicrobial resistance. [Online]. 2015 [cited 2017 Aug 13]; [28 screens]. Available from: URL: <http://www.who.int/antimicrobial-resistance/global-action-plan/en>.
4. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. [Online]. 2016 [cited 2017 Aug 11]; [84 screens]. Available from: URL: https://amr-review.org/sites/default/files/160525_Final%20paper_with%20cover.pdf.
5. World Bank. By 2050, drug-resistant infections could cause global economic damage on par with 2008 financial crisis. [online]. 2016 [cited 2017 Aug 10]; [3 screens]. Available from: URL: <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/09/18/by-2050-drug-resistant-infections-could-cause-global-economic-damage-on-par-with-2008-financial-crisis>.
6. Van Boeckel TP, Brower C, Gilbert M, Grenfell BT, Levin SA., Robinson TP, et al. Global trends in antimicrobial use in food animals. PNAS 2015; 112(18): 5649-54.
7. Landers TF, Cohen B, Wittum TE, Larson EL. A Review of antibiotic use in food animals: perspective, policy, and potential. Public Health Rep 2012; 127: 4-22.
8. Liu YY, Wang Y, Walsh TR, Yi LX, Zhang R, Spencer J, Doi Y, et al. Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: a microbiological and molecular biological study. Lancet Infect Dis 2016; 16(2): 161-8.
9. Brower CH, Mandal S, Hayer S, Sran M, Zehra A, Patel SJ, et al. The prevalence of extended-spectrum beta-lactamase-producing multidrug-resistant Escherichia coli in poultry chickens and variation according to farming practices in Punjab, India. Environ Health Perspect 2017; 125(7): 077015.
10. Bhatia R, Narain JP. The growing challenge of antimicrobial resistance in the South-East Asia region -- Are we losing the battle? Indian J Med Res 2010; 132(5): 482-6.

ผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการให้ความร้อนต่อการเกิดและความคงตัวของอะคริลาไมด์ในพริกป่น

พนาวลัย กลิ่งกลางดอน และมยุรี อูรารุ่งโรจน์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ พริกป่นเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ของสินค้าเกษตรที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย และมีการผลิตเพื่อการบริโภคโดยตรงและใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้มีการประเมินความเสี่ยงของสารอะคริลาไมด์ (acrylamide, AA) ในอาหารต่อคนไทยในปี พ.ศ. 2550 - 2551 พบว่าในประเภทอาหารต่าง ๆ ที่ศึกษานั้น พริกป่นพบ AA เจลี่ยสูงสุด และการได้รับสัมผัส AA จากพริกป่นสูงเป็นอันดับ 3 รองจากขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่งและแป้งมันฝรั่ง ดังนั้นเพื่อลดการเกิด AA ในพริกป่น ผู้วิจัยจึงศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิตพริกป่น และศึกษาความคงตัวของสาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่น เพื่อให้ทราบสภาวะการผลิตพริกป่นให้เกิดสาร AA ต่ำ และทราบแนวโน้มความคงตัวของ AA ในพริกป่นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่าง ๆ ตัวอย่างพริกที่ใช้ศึกษา คือ พริกชี้หนูผลใหญ่ (*Capsicum annuum* Linn.) โดยตรวจวัดปริมาณ AA ในพริกสด พริกแห้ง (พริกสดอบที่ 60°C นาน 9 ชั่วโมง) และพริกป่น (พริกแห้งอบที่ 90, 110 และ 130°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ AA ใช้เครื่อง Liquid Chromatograph/Triple quadrupole Mass Spectrometer (LC/MS-MS) ผลพบว่าพริกสดและพริกแห้งไม่พบ AA และพริกป่นพบปริมาณ AA ตั้งแต่ 0.07 - 6.48, 1.75 - 8.65 และ 14.7 - 18.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำพริกแห้งอบที่อุณหภูมิ 90°C นาน 20 - 300 นาที, 110°C นาน 20 - 180 นาที และอบที่อุณหภูมิ 130°C นาน 20 - 180 นาที ตามลำดับในการศึกษานี้พบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้ AA สูงในการผลิตพริกป่น คือ อุณหภูมิ ดังนั้นการผลิตพริกป่นเพื่อให้เกิด AA ต่ำในกระบวนการอบหรือคั่วพริกนั้นควรเลือกใช้ที่อุณหภูมิต่ำแต่ใช้เวลาเพิ่มขึ้นจะดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลาสั้น สาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่นจะไม่มีผลคงตัว ซึ่ง AA จะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยช่วงแรกจะลดลงอย่างรวดเร็วแล้วจึงลดลงอย่างช้า ๆ จนคงที่

Accepted for publication, 18 August 2017

บทนำ

พริกเป็นเครื่องเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง และมีความสัมพันธ์ต่อความเป็นอยู่ของคนไทยมานาน เนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานอาหารรสเผ็ด มีการนำพริกมาทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย พริกป่นเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ของสินค้าเกษตรที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย และมีการผลิตเพื่อการบริโภคโดยตรงและใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร พริกป่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพริกที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. และ *C. annuum* L. ที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้งก่อนนำไปด(1) สำหรับพริกป่นที่คนไทยนิยมบริโภคนั้นจะเป็นการนำพริกแห้งคั่วหรืออบ เพื่อจะเกิดกลิ่นหอมจากพริกแล้วจึงนำไปบดละเอียด ซึ่งกระบวนการในการผลิตพริกแห้งโดยทั่วไปใช้วิธีการตากแดด อย่าง หรืออบ

อะคริลาไมด์ (Acrylamide, AA) เป็นโมโนเมอร์ที่นำมาผลิตโพลีอะคริลาไมด์ ใช้สำหรับครองสิ่งสกปรกในน้ำดื่ม กระบวนการเกิด AA ในอาหารยังไม่ทราบแน่ชัด มีข้อสันนิษฐานหลายประการว่าอาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอาหารที่ใช้ความร้อนสูงโดยเฉพาะอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ระหว่างกรดอะมิโนแอสพาราจีนกับน้ำตาลรีดิวซิง เป็นผลทำให้อาหารมีสีน้ำตาล(2, 3) หรืออาจเกิดขึ้นระหว่างการผลิตอาหารที่มีไขมันสูงด้วยความร้อนสูง ทำให้กรดอะมิโนในอาหารสลายตัวได้แอมโมเนีย ส่วนกลีเซอรอลจะเกิดปฏิกิริยาขจัดน้ำออกทำให้ได้สารอะโครลีน อะโครลีนจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นกรดอะคริลิกและทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเกิดเป็นสาร AA(4) อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด AA ขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ และกระบวนการให้ความร้อนกับอาหาร เช่น การอบ ทอด ปิ้ง ย่าง รวมทั้งส่วนประกอบของอาหาร ปริมาณน้ำในอาหาร พื้นที่ผิวของอาหาร วิธีการเก็บ ความเป็นกรด - ด่าง (pH) เป็นต้น(5)

AA มีพิษต่อระบบประสาทและมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ในสัตว์ทดลอง หากได้รับสารดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง จะเกิดการเสื่อมถอยที่ปลายประสาทในสมองที่ควบคุมการเรียนรู้ ความจำ ทำให้เกิดมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ในสัตว์ทดลอง(5) ปี พ.ศ. 2554 องค์การอนามัย (WHO) โดยการประเมินของ the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) จากค่า NOAEL (no observe adverse effect level) หลากหลายการศึกษาโดยใช้ end-point ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (non-carcinogenic) พบค่า NOAEL ที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อวัน (mg/kg bw/day)(6) ซึ่งได้จากการศึกษาในหนู (rat) โดยให้ดื่มน้ำที่มี AA และ end-point ในการศึกษาครั้งนี้คือการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological) ของประสาท สำหรับในการศึกษาในมนุษย์มีความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับ AA กับการเกิดมะเร็ง หน่วยงาน International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดให้สารนี้อยู่ในกลุ่ม 2A คือเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (probably carcinogenic to humans, group 2A)(7) ปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดค่า Tolerable intake และเนื่องจาก AA เป็นสารก่อมะเร็งที่ก่อให้เกิดกลายพันธุ์ (genotoxic carcinogen) ในสัตว์ทดลอง จึงใช้ค่า Margin of exposure (MOE) ในการบ่งบอกความปลอดภัยต่อสุขภาพ ซึ่งจากการประเมินของ JECFA พบว่าปริมาณการได้รับสัมผัส (exposure) AA ของประชากรทั่วไป เท่ากับ 0.001 mg/kg bw/day และประชากรที่บริโภคสูง 0.004 mg/kg bw/day และค่า MOE เท่ากับ 200 และ 50 ตามลำดับ(6) ซึ่งค่า MOE ใช้ค่า NOAEL ที่ 0.2 mg/kg bw/day ในการคำนวณ โดย MOE เท่ากับ Point of Departure (POD) ทหารด้วยปริมาณการได้รับสาร (exposure) ซึ่งค่า POD ในการคำนวณนี้ใช้ค่า NOAEL

ปี พ.ศ. 2556 คณะกรรมาธิการของสหภาพยุโรปได้เสนอแนะค่าบ่งชี้ของ AA (inductive acrylamide values) ซึ่งแบ่งตามชนิดอาหาร มีค่าตั้งแต่ 50 - 4,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ข้อมูลนี้ได้จากการตรวจเฝ้าระวังปริมาณอะคริลาไมด์ในอาหารขององค์กรความปลอดภัยอาหารแห่งยุโรป (The European Food Safety Authority, EFSA) ในปี พ.ศ. 2550 - 2555(8) และปัจจุบันยังไม่มีกำหนดมาตรฐานของ AA ในอาหาร

เนื่องจากพริกชี้หนูแห้งที่นิยมนำมาทำพริกป่นนั้นมีคาร์โบไฮเดรตสูง⁽⁹⁾ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.50 กรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนั้นยังพบโปรตีน ไขมัน น้ำ และสารอนินทรีย์ เท่ากับ 15.80, 9.10, 20.8 และ 3.80 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากส่วนประกอบต่าง ๆ ที่พบในพริกนี้สามารถเป็นตัวตั้งต้นปฏิกิริยา (precursor) ในการเกิด AA ได้ และการเกิด AA จะเกิดที่ผิวหน้าของอาหารที่เกิดการไหม้เป็นสีน้ำตาล ดังนั้นอาหารที่มีพื้นที่ผิวบางจะสัมผัสกับความร้อนได้มากโอกาสเกิด AA สูง ซึ่งพริกมีลักษณะเปลือกบางทำให้เกิดการไหม้ได้ง่ายจึงเกิด AA สูง และเมื่อนำพริกแห้งมาคั่วหรืออบจึงมีโอกาที่จะเกิด AA สูง จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่เคยมีรายงานการตรวจวิเคราะห์ AA ในพริก ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 - 2551 ได้มีการประเมินความเสี่ยงของสาร AA ในอาหารต่อคนไทย พบว่า ในประเภทอาหารต่าง ๆ ที่ศึกษานั้น พริกป่นพบ AA เฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.179 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) และปริมาณการได้รับสัมผัสสาร AA เฉลี่ย เท่ากับ 0.0415 ไมโครกรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อวัน ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$) ซึ่งเป็นอันดับ 3 รองจากขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่ง และขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่ง มีค่าเท่ากับ 0.0473 และ 0.0646 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ ตามลำดับ⁽¹⁰⁾ ซึ่งการได้รับ AA จากพริกป่นนี้ต่ำกว่าการได้รับ AA ในประชากรทั่วไปที่ JECFA ประเมินไว้ประมาณ 25 เท่า แต่นอกจากพริกป่นแล้วยังต้องได้รับ AA จากอาหารอื่น ๆ เพิ่มอีก คนไทยอาจมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับ AA โดยเฉพาะคนที่ชอบทานเผ็ดที่ใช้พริกป่นเพื่อปรุงรสหรือประกอบอาหาร ผู้วิจัยจึงศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิตพริกป่น และศึกษาความคงตัวของสาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่น เพื่อให้ทราบสภาวะการผลิตพริกป่นให้เกิดสาร AA ต่ำ และทราบแนวโน้มความคงตัวของ AA ในพริกป่นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่าง ๆ

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2553 - 2554 มี 2 ขั้นตอน คือ ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาต่อการเกิด AA ในการผลิตพริกป่น และความคงตัวของ AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่น

1. วัสดุ

1.1 ตัวอย่าง

- พริกสด เลือกใช้พริกชี้หนูผลใหญ่ (*Capsicum annuum* Linn.)⁽¹¹⁾ เป็นตัวแทนในการศึกษา ซึ่งใช้เป็นพริกแห้งเดียวกัน จำนวน 5 กิโลกรัม

- พริกแห้ง ได้จากการนำพริกสดดังกล่าวมาอบให้แห้ง

- พริกป่น ได้จากการนำพริกแห้งมาอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ แทนการคั่ว

1.2 เครื่องมือ

- เตาอบร้อน (Hot air oven)

- เครื่องบดตัวอย่าง

- เครื่องมือ liquid chromatography/triple quadrupole mass spectrometer

(LC/MS-MS) (model Agilent 1100 - API 4000)

2. วิธีการ

2.1 ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเกิด AA ในการผลิตพริกป่น (ภาพที่ 1)

2.1.1 ตัวอย่างพริกสด จำนวน 300 กรัม นำมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำวิเคราะห์ AA ตามวิธีการตรวจวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์ 1 ซ้ำ ($n = 1$)

2.1.2 ตัวอย่างพริกแห้ง พริกสดที่เหลือมาทำเป็นพริกแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิตัวแทนวิธีการตากแดดหรืออย่าง โดยเริ่มจากชั่งน้ำหนักพริกสดก่อนอบ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำพริกเข้าอบซ้ำ ครั้งละ 1 ชั่วโมง และ



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

ภาพที่ 1 พริกชี้ใหญ่ที่สภาวะทดลองต่าง ๆ (a) พริกสด (b) พริกแห้ง (c) พริกแห้ง อบที่ 90°C 240 นาที (d) พริกแห้ง อบที่ 90°C 300 นาที (e) พริกแห้ง อบที่ 110°C 90 นาที (f) พริกแห้ง อบที่ 110°C 120 นาที (g) พริกแห้ง อบที่ 130°C 40 นาที (h) พริกแห้ง อบที่ 130°C 60 นาที

ดำเนินการตามวิธีเดียวกัน จนน้ำหนักพริกแห้งคงที่ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง นำตัวอย่างพริกแห้ง จำนวน 100 กรัม มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาวิเคราะห์ AA ตามวิธีการตรวจวิเคราะห์ ($n = 1$) และตัวอย่างพริกแห้งที่เหลือใช้การเตรียมตัวอย่างพริกป่น

2.1.3 ตัวอย่างพริกป่น นำพริกแห้งจากข้อ 2.1.2 มาศึกษาต่อโดยอบที่อุณหภูมิ 90, 110 และ 130°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้

- อุณหภูมิ 90°C ที่เวลา 20, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 240 และ 300 นาที
- อุณหภูมิ 110°C ที่เวลา 20, 40, 60, 90, 120 และ 180 นาที
- อุณหภูมิ 130°C ที่เวลา 20, 40, 60, 90, 120 และ 180 นาที

นำตัวอย่างพริกที่อบแต่ละสภาวะ จำนวน 100 กรัม มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาวิเคราะห์ AA ตามวิธีการตรวจวิเคราะห์ ($n = 1$)

2.2 ทดสอบความคงตัว (Stability) ของ AA ที่เกิดในพริกป่น

เลือกตัวอย่างพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90°C เวลา 300 นาที (5 ชั่วโมง) เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาความคงตัวของสาร AA (เนื่องจากตัวอย่างนี้พบสาร AA ในระดับกลาง ๆ) โดยแบ่งตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกเดือน เป็นระยะเวลา 9 เดือน ตัวอย่างบรรจุในถุงพลาสติกปิดปากถุงด้วยยางรัด เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

3. การตรวจวิเคราะห์

ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ AA ในตัวอย่าง ด้วยวิธี In-house method based on J. Chromatography. A Vol. 1120, 2006⁽¹²⁾ หลักการสกัดสาร AA จากตัวอย่างด้วยสารละลายผสมเมทานอลในน้ำ 70% (v/v) ทำให้บริสุทธิ์ด้วยสารละลาย carrez I และ carrez II กำจัดชั้นเมทานอลออกจากสารละลายตัวอย่างโดยการระเหยด้วยแก๊สไนโตรเจน แล้วเก็บในชั้นน้ำ นำมาวิเคราะห์ปริมาณ AA ด้วยเครื่องมือ liquid chromatography/triple quadrupole mass spectrometer (LC/MS-MS) วิธีนี้มีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (method validation) และได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005

ประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ Limit of detection (LOD) เท่ากับ 0.02 mg/kg, Limit of quantitation (LOQ) เท่ากับ 0.04 mg/kg ตรวจสอบความแม่นยำและความเที่ยง (accuracy and precision) โดยการเติมสารมาตรฐานในตัวอย่าง และวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน standard reference material 2387 Peanut butter (NIST) พบอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดย % recovery เท่ากับ 84 - 101% และ % RSD เท่ากับ 5 - 11% เข้าร่วมทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (PT) กับต่างประเทศ ได้ผลอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ และมีการควบคุมคุณภาพทุกชุดการทดสอบ (batch) ได้แก่ แบลงค์ (blank) การทำซ้ำ (duplicate) และการเติมสารละลายมาตรฐานในตัวอย่างเพื่อหา % recovery

การรายงานผล

- ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่า LOD จะรายงานไม่พบ
- ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่า LOQ แต่สูงกว่าหรือเท่ากับ LOD จะรายงานค่า น้อยกว่า LOQ
- ค่าที่วิเคราะห์ได้เท่ากับและสูงกว่า LOQ จะรายงานค่าที่ตรวจพบ

ผล

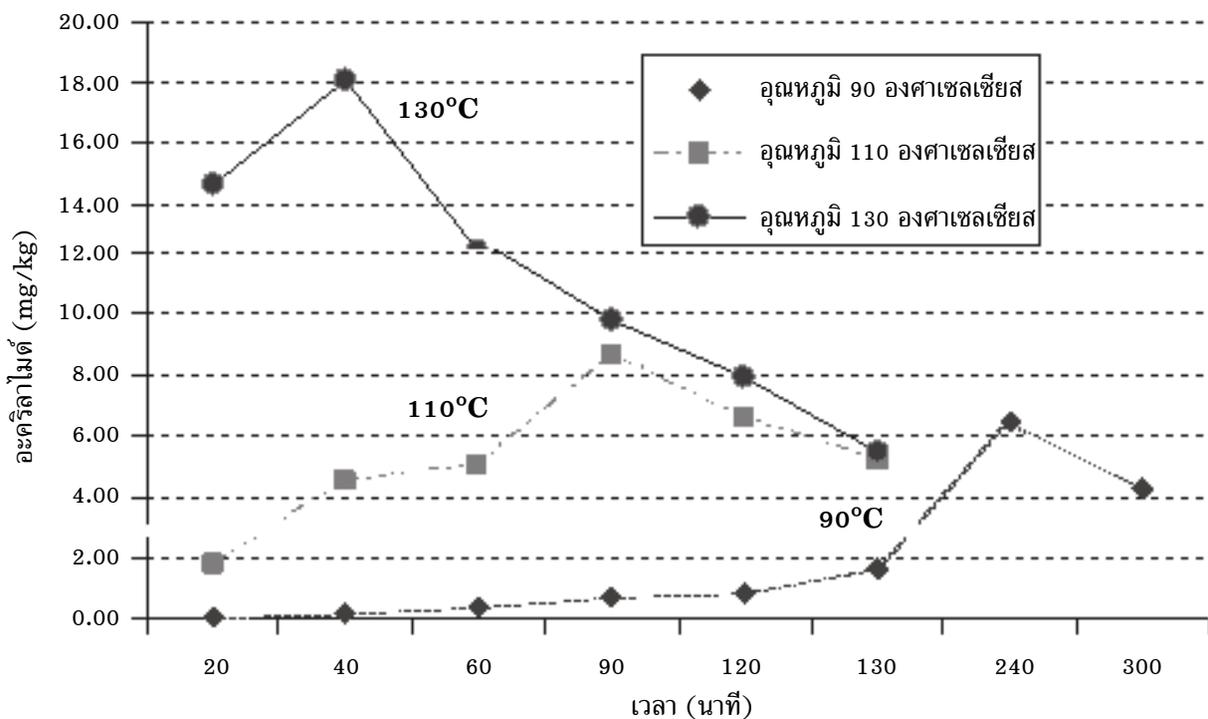
ผลการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเกิด AA ในการผลิตพริกป่น (ตารางที่ 1) พบว่าในพริกสดและพริกแห้ง (อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 9 ชั่วโมง) ไม่พบสาร AA และเมื่อทดลองผลิตพริกป่นโดยการนำพริกแห้งอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90°C ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 - 300 นาที พบ AA ตั้งแต่ 0.07 - 6.48 mg/kg และพบ AA สูงสุดเมื่ออบเป็นเวลา 240 นาที พริกป่นที่ได้จากการอบที่ 110°C

ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 - 180 นาที พบ AA ตั้งแต่ 1.75 - 8.65 mg/kg และพบ AA สูงสุดเมื่ออบเป็นเวลา 90 นาที และพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 130°C ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 - 180 นาที พบ AA ตั้งแต่ 14.7 - 18.1 mg/kg และพบ AA สูงสุดเมื่ออบเป็นเวลา 40 นาที เมื่อใช้อุณหภูมิเดียวกันในการอบพบว่า AA จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการอบที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดสาร AA ในระดับสูงสุดแล้ว ถ้าเพิ่มเวลาอบต่อไปอีกจะพบว่าปริมาณสาร AA จะเริ่มลดลง (ภาพที่ 2) สำหรับในกรณีที่ระยะเวลาการอบที่เท่ากันแต่ใช้อุณหภูมิต่างกัน การเกิดสาร AA จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เช่น พริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90, 110 และ 130°C เป็นเวลา 20 นาทีที่เท่ากัน พบ AA เท่ากับ 0.07, 1.75 และ 14.7 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอะคริลาไมด์ (AA) ของพริกที่ศึกษาในสภาวะต่าง ๆ

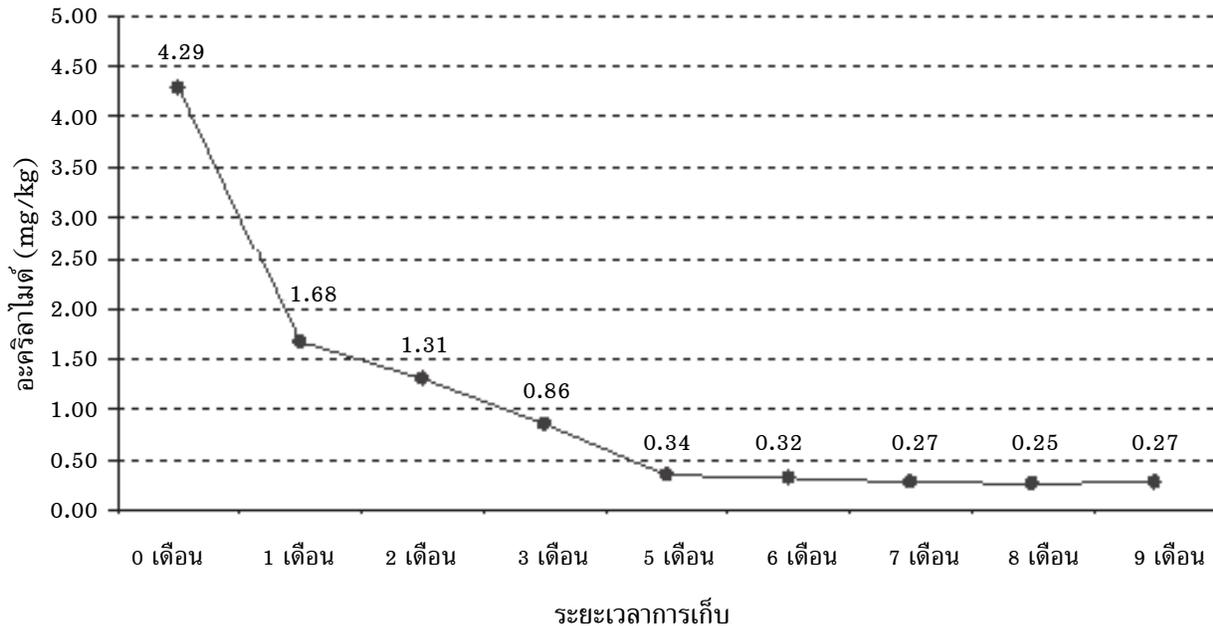
สภาวะที่ศึกษา	ปริมาณอะคริลาไมด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)										
	เวลา (นาที)	0	20	40	60	90	120	150	180	240	300
พริกสด	ไม่พบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พริกแห้ง (อบ 60°C เวลา 9 ชม.)	ไม่พบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พริกแห้ง อบที่ 90°C	-	0.07	0.21	0.38	0.75	0.88	1.17	1.64	6.48*	4.29	
พริกแห้ง อบที่ 110°C	-	1.75	4.54	5.10	8.65*	6.60	-	5.20	-	-	
พริกแห้ง อบที่ 130°C	-	14.7	18.1*	12.5	9.80	7.96	-	5.45	-	-	

หมายเหตุ * พบปริมาณอะคริลาไมด์สูงสุดในแต่ละอุณหภูมิที่ศึกษา
จำนวนซ้ำในการตรวจวิเคราะห์ = 1



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอะคริลาไมด์ที่เกิดในพริกป่น อบที่อุณหภูมิ 90, 110 และ 130 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการศึกษาความคงตัวของ AA พบว่าตัวอย่างพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90°C เป็นเวลา 300 นาที (5 ชั่วโมง) มี AA เริ่มต้น 4.29 mg/kg จากนั้นเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องไว้เป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน พบ AA เท่ากับ 1.68, 1.31, 0.86, 0.34, 0.32, 0.27, 0.25 และ 0.27 mg/kg ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า AA ในพริกป่นจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก แล้วจึงลดลงอย่างช้า ๆ และเมื่อเก็บไว้ประมาณ 6 - 9 เดือน จะพบว่าปริมาณ AA เริ่มคงที่ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การศึกษาการคงตัวของสารอะคริลาไมด์ของพริกป่น (ที่ 90°C , 300 นาที) เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาต่าง ๆ (จำนวนซ้ำในการตรวจวิเคราะห์ = 1)

วิจารณ์

การศึกษานี้เลือกพริกชี้หนูผลใหญ่เป็นตัวแทนพริกสด เนื่องจากเป็นพริกที่นิยมนำมาผลิตพริกแห้งและพริกป่น การเกิด AA ในพริกจะเพิ่มตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของการอบหรือคั่ว แต่เมื่อเพิ่มจนมีปริมาณ AA สูงสุดแล้ว จากนั้นจะลดลงเพราะ AA ที่เกิดขึ้นจะถูกทำลาย ถึงแม้จะเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิตพริกป่นเพื่อจะทำลาย AA นั้น แต่พริกป่นที่ได้จะไหม้ดำมีรสขมและกลิ่นเหม็นไหม้ไม่เหมาะที่จะรับประทาน (ภาพที่ 1) กรณีที่ระยะเวลาที่อบเท่า ๆ กัน แต่ใช้อุณหภูมิต่างกัน เช่น ระยะเวลา 20 นาทีเท่ากัน อบที่ 90°C , 110°C และ 130°C จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 20°C (จาก 90°C เป็น 110°C) AA เพิ่มขึ้นประมาณ 24 เท่า (0.07 mg/kg เป็น 1.75 mg/kg) และเมื่อเพิ่ม 40°C (จาก 90°C เป็น 130°C) AA เพิ่มขึ้นประมาณ 204 เท่า (0.07 mg/kg เป็น 14.7 mg/kg) ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตพริกป่นจึงถือเป็นปัจจัยหลัก การผลิตพริกป่นเพื่อให้เกิดสาร AA ต่ำ จึงควรเลือกใช้การอบหรือคั่วด้วยอุณหภูมิต่ำแต่ใช้เวลาเพิ่มขึ้น จะดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลาน้อย

การศึกษาคงตัวของ AA ที่เกิดในพริกป่นพบว่าลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) ซึ่งจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกแล้วจึงคงที่ คล้ายกับ AA ที่เกิดในกาแฟหรือโกโก้ ซึ่งจะแตกต่างจากอาหารส่วนใหญ่ที่สาร AA เกิดขึ้นในอาหารจะค่อนข้างคงตัว การลดลงของ AA ที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากส่วนประกอบพิเศษและ/หรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อระดับ AA เช่น SH group ที่มีในผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากับ AA

จะทำให้เกิดการเสื่อมสลาย (degradation) ของ AA ได้^(13, 14) แม้ว่าพริกป่นที่เก็บไว้นานจะพบ AA ต่ำกว่าพริกป่นที่ผลิตใหม่ ๆ แต่การที่เก็บพริกป่นไว้นาน ถ้าการเก็บรักษาไม่ดีพอก็อาจพบสารพิษจากเชื้อราเพิ่ม เช่น อะฟลาทอกซิน โอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้เช่นกัน สำหรับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมการผลิตพริกป่นเพื่อจำหน่ายควรจัดทำระบบ Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) เพื่อควบคุมการผลิตอาหารเพื่อให้ได้อาหารที่ปลอดภัย โดยในกระบวนการให้ความร้อนเลือกอุณหภูมิต่ำสุดและระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะทำให้พริกนั้นมึกลิ่นหอมจากพริก แต่ไม่ไหม้ และกรณีที่คั่วพริกเพื่อทำพริกป่นเพื่อรับประทานเองในครัวเรือนหรือแบ่งจำหน่าย แนะนำให้ใช้ไฟอ่อน ๆ ในการคั่วพริก และคั่วเพื่อให้มีกลิ่นหอมจากพริกไม่ควรให้ไหม้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด AA สูง ตั้งแต่การผลิต

การเกิด AA ในพริกป่นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมนอกจากปัจจัยเรื่อง อุณหภูมิและเวลา อาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ชนิดของพริก และสำหรับส่วนการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ AA ในการศึกษาครั้งนี้ ถึงแม้จะวิเคราะห์ซ้ำเดียวแต่วิธีวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการใช้ตรวจวิเคราะห์ AA นั้นใช้เทคนิค isotope dilution โดยใช้ d3-acrylamide ซึ่งเป็นไอโซโทปของ AA เป็น internal standard ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการตรวจวัดปริมาณด้วยเครื่อง LC-MS/MS ทำให้ผลการตรวจมีความเที่ยง (precision) สูง ในการตรวจวิเคราะห์ และนอกจากนั้นยังมีการควบคุมการตรวจวิเคราะห์ทุกชุดการทดสอบ (batch)

สรุป

การศึกษานี้พบว่าในการผลิตพริกป่นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบสูงขึ้นจะพบ AA สูงขึ้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาอบนานขึ้นจะพบ AA สูงขึ้นเช่นกัน และเมื่อถึงสภาวะที่อุณหภูมิและเวลาหนึ่งที่ทำให้เกิด AA สูงสุดแล้ว หลังจากนั้น AA จะลดลง เนื่องจาก AA ที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกทำลาย เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิและระยะเวลา พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิด AA สูงในการผลิตพริกป่น ดังนั้นการผลิตพริกป่นเพื่อให้เกิดสาร AA ต่ำ กระบวนการอบหรือคั่วพริกนั้นควรเลือกใช้ที่อุณหภูมิต่ำแต่ใช้ระยะเวลานานขึ้นจะดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลาสั้น สาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่นจะไม่มีความเสี่ยงที่จะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยช่วงแรกจะลดลงอย่างรวดเร็ว แล้วจึงลดลงอย่างช้า ๆ จนคงที่

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3004-2560 พริกป่น. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 134 ตอนพิเศษ 99 ง (วันที่ 7 เมษายน 2560).
2. Mottram DS, Wedzicha BJ, Dodson AT. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 2002; 419: 448-9.
3. Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, et al. Acrylamide form Maillard reaction products. *Natures* 2002; 419: 449-50.
4. Yasuhara A, Tanaka Y, Hengel M, Shibamoto T. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *J Agric Food Chem* 2003; 51: 3999-4003.
5. Joint FAO/WHO food standard programme codex committee on food additives and contaminants, discussion paper on acrylamide. CX/FAC 06/38/35. Thirty-eighth session. Hague, Netherlands. 24-28 April 2006.
6. World Health Organization. Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additive (JECFA). Acrylamide. [Online]. [cited 2017 Jun 7]. Available from: URL: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=5198>.

7. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. [Online]. [cited 2016 Nov 15]. Available from: URL: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>
8. The European Commission. Commission recommendation of 8 November 2013 on investigation into the levels of acrylamide in food. Official Journal of the European Union 2013; 2013/647/EU: L 301/15-17. [Online]. 2013 [cited 2016 Dec 23]; [3screens]. Available from: URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013H0647&from=EN>
9. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย. นนทบุรี : โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2544.
10. ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์, พรรณทิพย์ ตียพันธ์, มยุรี อูรารุ่งโรจน์, พนาวัลย์ กลิ่งกลางดอน. การประเมินความเสี่ยงของสารอะคริลาไมด์ในอาหารต่อคนไทย. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2554; 20 (1): 38-50.
11. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3001-2553 พริกแห้ง. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 150 ง (วันที่ 28 ธันวาคม 2553).
12. Gokmen V, Senyuva HZ. A generic method for the determination of acrylamide in thermally processed foods. J Chromatography A 2006; 1120: 194-8.
13. Hoenicke K, Gatermann R. Studies on the stability of acrylamide in food during storage. J AOAC Int 2005; 88: 268-73.
14. Andrzejewski D, Roach JA, Gay ML, Mussser SM. Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. J Agric Food Chem 2004; 52: 1996-2002.

Effect of Temperature and Duration of Thermal Process on the Occurrence and Stability of Acrylamide in Chili Powder

Panawan Kluengklangdon and Mayuree Uraroongroj

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

ABSTRACT Chili powder is an agricultural commodity, which is commonly consumed, produced and used as a key ingredient in many food products. During 2007–2008, risk assessment of acrylamide (AA) in foods for Thais was conducted and found that chili powder had the highest mean levels of AA among foods subjected to the study and accounted for a third of dietary exposure to the AA, coming after potato crisps and potato starch. Consequently, to reduce acrylamide formation in chili powder, the effect of temperature and duration in chili powder processing was then investigated to obtain the processing condition with low acrylamide formation. Studies on the stability of acrylamide in chili powder was also examined to observe the trend in stability of AA in chili powder during storage at room temperature. Samples used in this study are *Capsicum annuum* Linn. The levels of acrylamide in fresh chili, dried chili (fresh chili heated at 60°C 9 h.) and chili powder (dried chili heated at 90, 110 and 130°C for various times) were analyzed by liquid chromatograph/triple quadrupole mass spectrometer (LC/MS-MS). The results showed that AA was not detected in both fresh and dried chili. Acrylamide was found at 0.07 – 6.48, 1.75 – 8.65 and 14.7 – 18.1 mg/kg in chili powder heated at 90°C for 20 – 300 min, 110°C for 20 – 180 min and 130°C for 20 – 180 min, respectively. This study indicated that the main factor causing the occurrence of acrylamide in chili powder was temperature used in process. Thus, low-temperature long-time process should be applied instead of high-temperature short-time process to reduce levels of acrylamide in chili powder. Acrylamide formed in chili powder is not stable. The acrylamide in chili decreases exponentially, rapidly decreasing at the beginning of the process, and then dropping slowly until being constant.

Keywords: Acrylamide, Occurrence, Stability, Chili powder

ผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของชุดตรวจ วินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี และเชื้อไวรัสเอชไอวีแบบรวดเร็ว

อุบลวรรณ ชัยอารยะเลิศ ภูริต ทรงธนินิตย์ พันธวิทย์ นทกุล และสกาลิน ไตรศิริวานิชย์
สถาบันชีววัตถุ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อไวรัสเอชไอวีแบบรวดเร็ว เป็นชุดตรวจที่ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ นิยมเลือกใช้ด้วยความไวและความจำเพาะเทียบเท่ากับชุดตรวจด้วยเครื่องอัตโนมัติ และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงได้ถึง 30 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) แต่จากสภาวะโลกร้อนที่ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลกสูงขึ้นทุกปี รวมถึงประเทศไทย จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อไวรัสเอชไอวีแบบรวดเร็วที่มีจำหน่ายในประเทศไทยชนิดละ 5 ผลิตภัณฑ์ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 23, 30, และ 40°C เป็นเวลา 24 สัปดาห์ และทดสอบความคงตัวของชุดตรวจทุกสัปดาห์ด้วยพลาสมาที่มีแอนติเจนต่อเชื้อไวรัสตับอักเสบบี และพลาสมาที่มีแอนติบอดีต่อเชื้อเอชไอวีตามลำดับ พบว่าปฏิกิริยาการเกิดสีของชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี และชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อเอชไอวีทุกผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงในทุกอุณหภูมิที่ทำการศึกษา แสดงว่าชุดตรวจที่ทำการศึกษามีความคงตัวที่อุณหภูมิ 40°C นาน 24 สัปดาห์ และควรประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจก่อนนำไปใช้ในสภาวะที่นอกเหนือการควบคุม

Accepted for publication, 4 December 2017

บทนำ

ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อไวรัสเอชไอวี แบบรวดเร็ว เป็นชุดตรวจเชิงคุณภาพอาศัยหลักการทดสอบแบบอิมมูโนโครมาโตกราฟี เป็นชุดตรวจที่ใช้ได้กับตัวอย่างที่เป็นซีรัม พลาสมาและเลือดครบส่วนจากร่างกายมนุษย์ ซึ่งสามารถอ่านผลได้ด้วยตาเปล่า โดยอ่านปฏิกิริยาการเกิดสีบนแถบทดสอบ (test line) ชุดตรวจแบบรวดเร็วนี้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1°C จนถึง 30°C ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ และผ่านการทดสอบความคงตัวก่อนการจำหน่ายตามมาตรา 22 ของพระราชบัญญัติเครื่องมือแพทย์ พ.ศ. 2551⁽¹⁾

เป็นที่ทราบว่าการเก็บรักษาชุดตรวจตามที่ระบุในเอกสารกำกับของแต่ละชุดตรวจเป็นสิ่งสำคัญเพื่อการทดสอบทางห้องปฏิบัติการเป็นไปตามมาตรฐาน อย่างไรก็ตามจากรายงานของกรมอุตุนิยมหาวิทยาลัยแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทยมีค่าสูงขึ้นกว่าปกติทุกปีตลอดมา โดยที่มีรายงานว่าในปี 2559 อุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทยวัดได้ 44.6°C⁽²⁾

จากการที่องค์การอนามัยโลกได้กำหนดการยุติปัญหาการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อเอชไอวีภายในปี ค.ศ. 2030 นั้น^(3,4) ประเทศไทยจึงมีแนวทางเพื่อสนับสนุนการดำเนินการเชิงรุกในการควบคุมและลดการติดเชื้อดังกล่าว โดยหลายพื้นที่ในประเทศไทยดำเนินการเชิงรุกเพื่อค้นหาผู้ติดเชื้อด้วยการออกหน่วยตรวจสัญจรที่ห่างไกลชุมชน⁽⁵⁾ ซึ่งบางครั้งอาจไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามเอกสารกำกับชุดตรวจได้ จึงได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อไวรัสเอชไอวีแบบรวดเร็วที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

วัสดุและวิธีการ

ชุดตรวจที่ใช้ในการศึกษา

ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อเอชไอวี จำนวนอย่างละ 5 ผลิตภัณฑ์ และกำหนดใช้สัญลักษณ์ ก ข ค ง จ และ A B C D E ตามลำดับ ชุดตรวจแต่ละผลิตภัณฑ์เป็นรุ่นการผลิต (Lot No.) เดียวกันตลอดการศึกษา โดยชุดตรวจทั้งหมดถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1, 23, 30 และ 40°C เป็นเวลา 24 สัปดาห์

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างพลาสมาที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยพลาสมาที่ตรวจพบแอนติบอดีต่อเชื้อเอชไอวี (anti-HIV positive) พลาสมาที่ตรวจพบแอนติเจนต่อเชื้อไวรัสตับอักเสบบี (HBs Ag positive) อย่างละ 5 ตัวอย่าง และพลาสมาจากคนปกติ จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยทั้งหมดได้รับความอนุเคราะห์ และได้รับความยินยอมจากผู้บริจาคโลหิตตามกระบวนการของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

นำพลาสมาที่ติดเชื้อมาเจือจางแบบ 2-fold dilution ด้วยพลาสมาของคนปกติ (Normal plasma) ประมาณ 15 ความเจือจาง แล้วทำการทดสอบแต่ละความเจือจางด้วยชุดตรวจแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อหาค่าความเจือจางที่สามารถอ่านผลการทดสอบได้ด้วยตาเปล่า ที่ระดับความเข้มสีของผลการทดสอบเป็น ระดับ +2 โดยการอ่านความเข้มสีของแถบสีของ test line กำหนดว่า

- หมายถึง ไม่สามารถอ่านผลได้
- 0 หมายถึง ไม่ปรากฏแถบสีของ test line
- +1 หมายถึง ความชัดเจนของแถบสีของ test line อ่อนที่สุดที่สายตาสังเกตอ่านได้
- +2 หมายถึง ความชัดเจนของแถบสีของ test line สามารถอ่านได้โดยไม่ต้องเพ่งสายตา

+3 หมายถึง ความชัดเจนของแถบสีของ test line ที่อ่อนกว่าแถบควบคุม (control line) เล็กน้อย
 +4 หมายถึง ความชัดเจนของแถบสีของ test line ที่เข้มกว่าหรือเทียบเท่า control line
 เมื่อได้ระดับความเงาของพลาสติกที่ให้ผลการทดสอบอ่านได้ +2 จึงเตรียมพลาสติกดีเชื้อทั้งหมด
 ให้มีระดับความเงาเข้มขึ้นขึ้นอีก 2 ลำดับถัดขึ้นมา เพื่อใช้เป็นพลาสติกสำหรับการศึกษา

การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิต่อชุดตรวจ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ตรวจสอบสภาพภายนอกของชุดตรวจทั้งหมดหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ใช้
 ในการศึกษา โดยเป็นการตรวจคุณสมบัติทั้งก่อนและระหว่างการตรวจวิเคราะห์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลการทดสอบ

ทำการวิเคราะห์ความคงตัวของชุดตรวจแต่ละผลิตภัณฑ์ตามวิธีการในเอกสารกำกับของแต่ละชนิด อ่าน
 ผลการทดสอบเป็นระดับความเข้มของสีที่ปรากฏบน test line ด้วยนักวิเคราะห์ 3 ราย แล้วสรุปผลการทดสอบ
 โดยใช้ผลจากการอ่านที่สอดคล้องกันจากนักวิเคราะห์ 2 ใน 3 ราย ทั้งนี้ระดับความเข้มของแถบสีกำหนดเช่นเดียวกับการ
 อ่านในการเตรียมตัวอย่างทดสอบ จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการแปลผลตามเอกสารกำกับของผลิตภัณฑ์นั้น

ผล

สภาพของชุดทดสอบ

การตรวจสอบชุดทดสอบทั้งหมดด้วยตาเปล่าก่อนนำมาทดสอบทุกสัปดาห์ไม่พบความผิดปกติของชุดทดสอบ
 และพบว่าการไหลของพลาสติกและน้ำยาทดสอบไม่แตกต่างกันในแต่ละอุณหภูมิที่เก็บรักษาจนถึง 24 สัปดาห์

ผลการทดสอบ

การอ่านผลของชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี ทั้ง 5 ผลิตภัณฑ์ พบว่าระดับความเข้มของสี
 ในแถบที่ทดสอบ (test line) ที่อ่านได้ตั้งแต่สัปดาห์แรกถึงสัปดาห์ที่ 24 ของการทดสอบ ในทุกอุณหภูมิที่ทำการเก็บ
 รักษา ไม่มีผลกระทบต่อผลการแปลผลของตัวอย่างทดสอบ (ตารางที่ 1 ถึง 5)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : ก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : ก																							
	Plasma code no.1			Plasma code no.2			Plasma code no.3			Plasma code no.4			Plasma code no.5			Plasma code no.6								
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C				
1	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
7	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
8	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
9	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
10	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
12	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
14	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
15	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
16	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
17	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
18	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
19	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
20	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
21	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
23	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี : ข ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี : ข

ลำดับที่	Plasma code no.1				Plasma code no.2				Plasma code no.3				Plasma code no.4				Plasma code no.5				Plasma code no.6			
	1°C	23°C	30°C	40°C																				
1	3	3	3	4	2	3	3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4
2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3
3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4
4	3	4	4	4	3	2	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4
5	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4
6	4	4	3	4	2	3	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3
7	4	3	3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3
8	3	4	3	3	2	3	2	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3
10	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
11	4	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
12	3	4	3	4	2	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	2	3
13	4	2	4	3	3	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4
14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3
15	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3
16	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3
17	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
18	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
19	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
20	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	2	3	3	3	3	3
21	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4
22	3	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3
23	3	3	4	3	3	3	3	2	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3
24	4	4	3	3	3	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : ค ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : ค																				
	Plasma code no.1			Plasma code no.2			Plasma code no.3			Plasma code no.4			Plasma code no.5			Plasma code no.6					
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	
1	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : ง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : ง																							
	Plasma code no.1			Plasma code no.2			Plasma code no.3			Plasma code no.4			Plasma code no.5			Plasma code no.6								
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C				
1	3	4	4	3	2	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3		
2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3		
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3		
4	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3		
5	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3		
6	3	3	4	3	2	3	3	2	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4		
7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	4	3	4	4	3	3	4	3	3		
8	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
9	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2		
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2		
11	4	4	4	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
12	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	2		
13	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2		
14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2		
15	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3		
16	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2		
17	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	3	2		
18	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		
19	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		
20	3	3	3	3	2	3	3	2	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	2		
21	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	2		
22	4	4	4	3	3	3	3	2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3		
23	4	4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3		
24	3	4	4	2	2	3	2	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	3	2	2		



ตารางที่ 5 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : จ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ บี : จ																				
	Plasma code no.1			Plasma code no.2			Plasma code no.3			Plasma code no.4			Plasma code no.5			Plasma code no.6					
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	
1	3	4	3	4	2	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	2	3	3	3	3	4
2	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	3
3	4	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	3	3	3	4	2
4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	2	3
5	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	4	3
6	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	2	4	3	3	3	2
7	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

สำหรับชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อเอชไอวี พบว่าผลิตภัณฑ์ A B และ C แสดงปฏิกิริยาการเกิดแถบสีของ test line ที่อุณหภูมิ 1, 23, 30 และ 40°C ตลอดการทดสอบ ขณะที่พบว่าผลิตภัณฑ์ D และ E ไม่สามารถอ่านผลได้ หรือไม่ปรากฏแถบสีของ test line ในบางสัปดาห์และบางอุณหภูมิแบบไม่ต่อเนื่อง (ตารางที่ 6 ถึง 10)

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : A ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : A																					
	Plasma code no.7			Plasma code no.8			Plasma code no.9			Plasma code no.10			Plasma code no.11			Plasma code no.12						
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C		
1	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



ตารางที่ 7 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : B ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : B																							
	Plasma code no.7			Plasma code no.8			Plasma code no.9			Plasma code no.10			Plasma code no.11			Plasma code no.12								
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C				
1	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3		
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	
3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	3	
4	1	2	1	2	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	
5	2	2	1	2	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
6	3	2	2	1	3	3	3	2	3	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
7	2	2	3	1	2	3	3	3	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	
8	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	3	3	2	
9	3	2	2	2	3	3	2	3	1	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	
10	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3	3	3	
11	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	3	
12	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	
13	2	2	2	1	3	2	3	3	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	3	2	4	3
14	2	3	3	3	3	3	3	3	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	3	3	3	3	
15	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	3	3	3	3	
16	3	2	3	2	3	3	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	2	
17	2	3	2	3	3	2	3	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	3	
18	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	3	
19	2	1	1	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
20	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	
21	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	3	4	3	
22	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	3	2	3	
23	2	3	3	2	3	3	3	3	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	3	3	3	3	
24	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	3	3	3	2	

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : C ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : C																				
	Plasma code no.7			Plasma code no.8			Plasma code no.9			Plasma code no.10			Plasma code no.11			Plasma code no.12					
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	
1	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3
6	3	3	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	2	3	4	3	2	4	3
7	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
8	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3
10	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2
13	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	2	3	2	3	3	3	3	3	3
14	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2
16	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2
17	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
18	2	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2
19	3	2	2	2	3	3	3	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
21	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	2
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2
24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2



ตารางที่ 9 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : D ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : D																						
	Plasma code no.7			Plasma code no.8			Plasma code no.9			Plasma code no.10			Plasma code no.11			Plasma code no.12							
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C			
1	1	1	1	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
2	1	1	2	1	1	1	2	3	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	3	2	3	3	3
3	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3	1	3	2	3
4	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2
5	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	2
6	2	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	2	3	2	3	3	3
7	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2	1	1	3	2	2
8	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	3	2	2
9	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	3	2
10	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	3	2
11	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2
12	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	3	1	2	1	2	1	3	1	2
13	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3	1	2	1	2	1	3	3	2
14	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	0	1	2	2	2	2	2
15	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2	1
16	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3	3	2
17	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	3	1	2	1	2	1	3	3	2
18	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	3	2	2
19	1	1	1	1	3	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1
20	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	3	2	3
21	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	2	1	1	1	3	1	1	2	3	1	3	3	3
22	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	2
23	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	3	1	1
24	1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : E ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ลำดับที่	ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี : E																				
	Plasma code no.7			Plasma code no.8			Plasma code no.9			Plasma code no.10			Plasma code no.11			Plasma code no.12					
	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	1°C	23°C	30°C	40°C	
1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	3	2	2
2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	2	2	2	1
3	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2	2	2
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	2	3
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
11	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2	2	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	2	2	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1
22	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1



วิจารณ์

การศึกษานี้พบว่าอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสเอชไอวี เช่นเดียวกับการศึกษาในประเทศฟิลิปปินส์ซึ่งมีภูมิอากาศคล้ายคลึงกับประเทศไทยที่ไม่พบรายงานความผิดปกติของชุดตรวจ⁽⁶⁾ แต่จากรายงานการศึกษาของ Peter L. Chiodini และคณะ⁽⁶⁾ พบว่าที่อุณหภูมิ 45°C มีผลทำให้ชุดทดสอบโค้งงอในการศึกษาที่ประเทศอังกฤษและอเมริกา ทำให้การไหลผ่านของพลาสมา หรือซีรัมไม่สามารถซึมผ่านไนโตรเซลลูโลสได้ตามปกติ และระดับความเข้มข้นของแถบสีลดลง จึงอาจเป็นไปได้ว่าชุดตรวจในการศึกษานี้หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 40°C อาจส่งผลกระทบต่อเช่นกัน

ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี ทั้ง 5 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ก ข ค ง และ จ ยังคงให้ประสิทธิภาพดี ความเข้มของแถบสีเส้น test line ไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดสอบภายใต้ทุกอุณหภูมิที่ทำการศึกษานี้ อาจอธิบายได้ว่าชุดตรวจทุกผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสูง และอาจเป็นไปได้ว่าตัวอย่างทดสอบมีปริมาณไวรัสตับอักเสบบี (HBV viral load) สูง ทำให้เกิดปฏิกิริยากับแถบ test line ได้ดี^(7,8)

ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี A และ C เท่านั้นที่ระดับความเข้มของแถบ test line ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการศึกษา ในขณะที่ชุดตรวจ B D และ E ระดับความเข้มของแถบ test line เจือจางลงตั้งแต่เริ่มต้นทำการศึกษา ความเข้มข้นที่ลดลงอาจเกิดจากความแปรปรวนในส่วนประกอบของชุดทดสอบ ความคงตัวของแอนติบอดีแต่ละชนิดในตัวอย่างทดสอบ แต่การใช้ชุดตรวจ B ไม่ทำให้การแปลผลของพลาสมาที่ใช้ทดสอบเปลี่ยนแปลงไป สำหรับผลการทดสอบด้วยชุดตรวจ D และ E ที่มีผลต่อการแปลผลของบางตัวอย่างทดสอบ ที่บางอุณหภูมิ และบางสัปดาห์นั้น อาจเกิดจากข้อผิดพลาดแบบสุ่ม (random error) ในกระบวนการทางห้องปฏิบัติการ รวมถึงทักษะการอ่านผลด้วยตาเปล่าโดยเฉพาะกรณีที่ระดับความเข้มข้นของแถบสีน้อยกว่า 2

ผลการศึกษาแสดงว่าหากชุดตรวจอยู่ในสภาวะที่นอกเหนือจากอุณหภูมิที่ผู้ผลิตแนะนำ เช่น ไฟฟ้าดับในช่วงการเก็บรักษา รวมทั้งการนำไปใช้ในพื้นที่ยุณหภูมิสูงและมีสภาพอากาศร้อนที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ควรทำการประเมินผลกระทบเพื่อเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้จากแนวโน้มของสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นทุกปี การศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อชุดตรวจในอุณหภูมิที่สูงขึ้นและครอบคลุมผลิตภัณฑ์มากขึ้น จะทำให้ได้ข้อมูลที่นำไปใช้ประโยชน์ทั้งในประเทศและประเทศอื่น ๆ ต่อไป

สรุป

ชุดตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและเชื้อไวรัสเอชไอวีแบบรวดเร็ว เป็นชุดตรวจเชิงคุณภาพ ชนิดอ่านผลด้วยตาเปล่า การศึกษาความคงตัวของอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่าชุดตรวจทุกผลิตภัณฑ์สามารถอ่านผลการทดสอบได้แม้ว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงถึง 40°C นาน 24 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามการนำชุดตรวจแบบรวดเร็วไปใช้ในพื้นที่ยุณหภูมิสูงจำเป็นต้องทำการศึกษาระยะเวลาของความคงตัว และความแรงของปฏิกิริยาก่อนการตัดสินใจเลือกใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันชีววัตถุทุกท่านที่ทำให้การดำเนินงานสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. พระราชบัญญัติเครื่องมือแพทย์ พ.ศ. 2551 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 43 ก (วันที่ 5 มีนาคม 2551)
2. กรมอุตุนิยมวิทยา. สรุปลักษณะอากาศรายปี. [ออนไลน์]. 2560; [สืบค้น 26 เม.ย. 2560]; [1 หน้า]. เข้าถึงได้ที่ : [URL: https://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=5](https://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=5)
3. World Health Organization. Combating Hepatitis B and C to Reach Elimination by 2030. 1st ed. Switzerland: WHO Press; 2016.
4. คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการป้องกันและแก้ไขปัญหาเอดส์. ยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการยุติปัญหาเอดส์ พ.ศ. 2560-2573. กรุงเทพฯ: บริษัท เอ็นซี คอนเซ็ปต์ จำกัด; 2560.
5. คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการป้องกันและแก้ไขปัญหาเอดส์. แผนปฏิบัติการยุติปัญหาเอดส์ประเทศไทย พ.ศ. 2558-2562. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัท เอ็นซี คอนเซ็ปต์ จำกัด; 2559.
6. Peter L. Chiodini, Katherine Bowers, Pernille Jorgensen, John W. Barnwell, Katharine K. Grady, Jenny Luchavez et al. The heat stability of Plasmodium lactate dehydrogenase-based and histidine-richprotein 2-based malaria rapid diagnostic tests. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene [Internet]. 2007 [cited 2017 April 26]; 101:[331-337]. Available from: <https://academic.oup.com/trstmh/article-abstract/101/4/331/1926459/The-heat-stability-of-Plasmodium-lactate>
7. Zuleima Pava, Diego F. Echeverry, Gustavo Díaz และ Claribel Murillo. Large Variation in Detection of Histidine-Rich Protein 2 in Plasmodium falciparum Isolates from Colombia. The American Society of Tropical Medicine and Hygiene 2010; 83(4): 834-837.
8. Jakeline Ribeiro Barbosa, Jeová Keny Baima Colares, Geane Lopes Flores, Vanessa Faria Cortes, Juliana Custódio Miguel, Moyra Machado Portilho et al. Performance of rapid diagnostic tests for detection of Hepatitis B and C markers in HIV infected patients. Journal of Virological Methods [Internet]. 2017 [cited 2017 November 26]; 248: [244-249]. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Vanessa_Cortes/publication/318920647_Performance_of_rapid_diagnostic_tests_for_detection_of_Hepatitis_B_and_C_markers_in_HIV_infected_patients/links/59a81acb0f7e9b345dfc0009/Performance-of-rapid-diagnostic-tests-for-detection-of-Hepatitis-B-and-C-markers-in-HIV-infected-patients.pdf

Effect of Temperature on Effectiveness of HBs Ag and anti-HIV Rapid Diagnostic Tests

**Ubonwan Chaiarrayalert Bhurit Songtananit Puntawit Natakul
and Sakalin Trisiriwanich**

*Institute of Biological Products, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000,
Thailand.*

ABSTRACT Diagnosis of Hepatitis B Virus (HBV) and Human Immunodeficiency Virus (HIV) infections using rapid test kits is common in clinical laboratories as sensitivity and specificity of each test kit are comparable to those operated by automatic machines. Moreover, the rapid test kits can be stored at 30 degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Owing to global warming, an average temperature of any regions in the world is increasing every year. Our study was, therefore, to investigate temperature effect of effectiveness of rapid test kits for detection of Hepatitis B surface antigen (HBsAg) and anti-HIV antibody. Each of 5 products of HBsAg and anti-HIV antibody test kits were weekly tested for its stability after being stored at 1, 23, 30, and 40°C for 24 weeks using HBsAg-positive and anti-HIV positive plasma, respectively. It was found that color appearance of all products was not dramatically changed. Our findings suggested that products of HBsAg and anti-HIV antibody test kits used in this study are stable up to 40°C for 24 weeks and indicated that performance evaluation of rapid test kits is essential prior to testing in uncontrolled environments.

Keywords: Rapid test kits, HBsAg kit, HIV kit, Temperature effect

การทวนสอบอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง Plate count agar (PCA) และ Reasoner's 2A (R2A) agar สำหรับการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและน้ำแข็ง

ปิยมาศ แจ่มศรี และขวัญมิตร รุ่งจัก

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและน้ำแข็ง ด้วยวิธี pour plate ตามวิธีอ้างอิงของมาตรฐานสากล กำหนดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ไว้หลายชนิด ทั้งชนิดที่มีสารอาหารมาก เช่น plate count agar (PCA) และที่มีสารอาหารน้อย เช่น Reasoner's 2A (R2A) agar โดยมีข้อแนะนำว่าอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดที่มีสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์น้อยแต่มีสารฟอสฟอรัสและวิตามินบีจะช่วยให้จำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อมากกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารมากกว่าแต่ไม่มีสารฟอสฟอรัสและวิตามินบี การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทวนสอบอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA และ R2A agar โดยเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำและน้ำแข็งที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิด โดยใช้ตัวอย่างน้ำและน้ำแข็งที่ส่งตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ระหว่างปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 จำนวน 360 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างน้ำ 4 ชนิด ได้แก่ น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท 60 ตัวอย่าง น้ำดื่ม 60 ตัวอย่าง น้ำใช้ 60 ตัวอย่าง น้ำผ่านเครื่องกรอง 120 ตัวอย่าง และน้ำแข็ง 60 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์โดยใช้วิธี pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA เปรียบเทียบกับ R2A agar แล้วบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อจำแนกผลการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เป็น 3 ระดับคือ 1 - 1,000 CFU/มิลลิลิตร 1,001 - 100,000 CFU/มิลลิลิตร และมากกว่า 100,000 CFU/มิลลิลิตร พบตัวอย่างน้ำทุกชนิดทุกระดับการปนเปื้อนมีจำนวนจุลินทรีย์เฉลี่ยที่คำนวณได้จาก R2A agar มากกว่าค่าเฉลี่ยจาก PCA อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายของผลวิเคราะห์ของอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองด้วยสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) พบว่าผลการนับจำนวนโคโลนีจาก R2A agar มีการกระจายของข้อมูลน้อยกว่าข้อมูลของ PCA ส่วนตัวอย่างน้ำแข็งให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่คำนวณได้จาก R2A agar ที่ระดับการปนเปื้อนมากกว่า 1,000 CFU/มิลลิลิตร มากกว่าค่าเฉลี่ยจาก PCA อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันน้อยกว่า แต่ที่ระดับการปนเปื้อน 1 ถึง 1,000 CFU/มิลลิลิตร พบค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จาก PCA อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันใกล้เคียงกัน แสดงว่า R2A agar มีผลการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่ดีกว่าในตัวอย่างทุกชนิด ยกเว้นในน้ำแข็งที่ระดับการปนเปื้อน 1 ถึง 1,000 CFU/มิลลิลิตร จากการทวนสอบนี้ชี้ให้เห็นว่า R2A agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและน้ำแข็งด้วยวิธี pour plate เมื่อทำการบ่มเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงได้

Accepted for publication, 7 December 2017

บทนำ

Heterotrophic plate count (HPC) คือวิธีการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์กลุ่ม Heterotrophs ในน้ำ หรือเป็นวิธีที่รู้จักกันโดยทั่วไปคือ Standard plate count (SPC) จุลินทรีย์ในกลุ่ม Heterotrophs รวมถึงแบคทีเรีย ยีสต์ และรา อาศัยสารอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) เป็นอาหารในการเจริญเติบโต การตรวจนับจำนวน จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียในน้ำเป็นวิธีทดสอบทางจุลชีววิทยามาเป็นเวลานาน สามารถใช้เป็นข้อมูลที่บ่งชี้ประสิทธิภาพ ของกระบวนการจัดการน้ำบริโภค เช่นการผลิตน้ำประปา และอาจบ่งชี้ความปลอดภัยของน้ำถ้าพบปริมาณสูง และ ถ้ามีจุลินทรีย์ปนเปื้อนหลายชนิด อาจมีความเสี่ยงของเชื้อก่อโรคปะปนอยู่ด้วย ในหลายประเทศมีการกำหนดจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมดไว้ในมาตรฐานน้ำบริโภค ใช้เป็นข้อบังคับทางกฎหมายหรือเป็นข้อแนะนำด้านสุขลักษณะความสะอาด ของน้ำ⁽¹⁾ วิธีการตรวจหาปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำมีหลายวิธีที่นิยมกันมาก คือ วิธี pour plate ทดสอบ โดยปิเปตตัวอย่างน้ำที่ระดับความเจือจางที่ต้องการลงในจานเพาะเชื้อ เทอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกับตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ขึ้นแข็งตัว จากนั้นนำไปบ่มเพาะเชื้อ นับจำนวนโคโลนีและคำนวณผล แต่เดิมเอกสารอ้างอิงสำหรับการ ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำด้วยวิธี pour plate ระบุให้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ต่อมาได้มีการนำเสนออาหารเลี้ยงเชื้อชนิดใหม่ คือ Reasoner's 2A (R2A) agar และมีข้อแนะนำว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่มีสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มาก แต่ไม่มีสารฟีนฟูเซลล์บาดเจ็บ เช่น PCA จะให้จำนวนโคโลนี บนจานเพาะเชื้อมากกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารน้อยกว่า แต่มีสารฟีนฟูเซลล์บาดเจ็บ เช่น R2A agar และสามารถใช้ได้ทั้งวิธี pour plate, spread plate และ membrane filter⁽²⁾ ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์น้ำของ สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร (สคอ.) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เป็นหน่วยงานภาครัฐที่ให้บริการ ตรวจวิเคราะห์ต้องใช้วิธีมาตรฐานที่ทันสมัย และเหมาะสมในการตรวจวิเคราะห์ทุกรายการทดสอบ รวมทั้งการตรวจ นับจำนวนจุลินทรีย์ และจากคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อ R2A agar เรื่องการให้จำนวนจุลินทรีย์ที่มากกว่า จึงได้ทำ การศึกษาเพื่อทวนสอบ (verification) อาหารเลี้ยงเชื้อ R2A agar สำหรับปรับใช้ในการตรวจวิเคราะห์จำนวน จุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำและน้ำแข็ง และการควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา โดยใช้ตัวอย่าง น้ำและน้ำแข็งที่ส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการ สคอ. ด้วยวิธี pour plate ที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับ PCA agar

วัสดุและวิธีการ

ตัวอย่าง

น้ำและน้ำแข็งที่ได้รับจากผู้ส่งภาครัฐ และเอกชน (ตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงกันยายน พ.ศ. 2557) รวมทั้ง น้ำผ่านเครื่องกรองในห้องปฏิบัติการรวม 360 ตัวอย่าง แบ่งเป็นน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จำนวน 60 ตัวอย่าง น้ำดื่ม เช่น น้ำดื่มผ่านเครื่องกรองน้ำ น้ำดื่มจากสำนักงาน เป็นต้น จำนวน 60 ตัวอย่าง น้ำใช้ในการผลิตอาหารและ น้ำ จำนวน 60 ตัวอย่าง น้ำผ่านเครื่องกรอง จำนวน 120 ตัวอย่าง และน้ำแข็ง จำนวน 60 ตัวอย่าง

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องนึ่งทำลายเชื้อ เครื่องชั่ง เครื่องนับโคโลนี ตะเกียงบุนเสน ตู้บ่มเพาะเชื้อ ตู้บ้วน เครื่องผสมสารละลาย เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิ เครื่องแก้วหรือพลาสติก และวัสดุที่จำเป็นอื่น ๆ เช่น สำลี ซ้อนตักสาร เป็นต้น

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ plate count agar (PCA) และ R2A agar ที่มีสูตรตามเอกสารอ้างอิง⁽²⁾
สารเคมี ได้แก่ 70% เอทานอล และสารละลายสำหรับเจือจาง (diluent) ได้แก่ butterfield's phosphate buffered-dilution water (PBS)

การตรวจวิเคราะห์

ปิเปตตัวอย่างเริ่มต้น (ไม่เจือจาง) และตัวอย่างที่เจือจางด้วย PBS ที่ระดับความเจือจาง 1:10, 1:100 และ 1:1,000 เพื่อให้สามารถคำนวณจำนวนจุลินทรีย์ได้ที่ระดับการปนเปื้อน 3 ระดับ คือ 1 - 1,000, 1,001 - 100,000 และมากกว่า 100,000 CFU/มิลลิลิตร ระดับละ 1 มิลลิลิตร ปิเปตใส่ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 4 จานเพาะเชื้อ เทอาหาร PCA และ R2A agar 12 - 15 มิลลิลิตร ในจานเพาะเชื้อชนิดละ 2 จานเพาะเชื้อต่อระดับความเจือจาง ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้วันแห้งตัว แล้วพลิกจานเพาะเชื้ออีกด้านหนึ่งขึ้น บ่มเพาะเชื้อที่ 35 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 48 ± 3 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อ คำนวณและรายงานผลจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น CFU/มิลลิลิตร อ้างอิงวิธีการทดสอบจำนวนจุลินทรีย์จาก Standard Method for the Examination of Water and Wastewater⁽²⁾

การควบคุมคุณภาพ

ตรวจสอบความปราศจากเชื้อของอาหารเลี้ยงเชื้อ สารละลายสำหรับเจือจาง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ จานเพาะเชื้อ และปิเปต ทุกครั้งที่ทำการทดสอบ และวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำทุก 10% ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ หรือถ้ามีตัวอย่างน้อยกว่า 10 ตัวอย่างต่อวัน ให้วิเคราะห์ซ้ำ 1 ตัวอย่างทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

แบ่งระดับการปนเปื้อนของจำนวนจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อในแต่ละชนิดตัวอย่างออกเป็น 3 ระดับ คือ 1 - 1,000, 1,001 - 100,000 และมากกว่า 100,000 CFU/มิลลิลิตร แปลงค่าจาก CFU เป็น \log_{10} CFU ใช้พารามิเตอร์ทางสถิติในการคำนวณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (average) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (%CV)⁽³⁾ เปรียบเทียบการกระจายข้อมูลตั้งแต่สองชุดขึ้นไป และใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย one-tail Paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$; t-test)⁽⁴⁾

ผล

ผลการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและน้ำแข็งจำนวน 360 ตัวอย่าง ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ PCA และ R2A agar ซึ่งแบ่งระดับการปนเปื้อน 3 ระดับ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก R2A agar ทุกระดับการปนเปื้อนมีค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จาก PCA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; t-test) และการกระจายของข้อมูลผลการทดสอบจาก R2A agar มีค่าร้อยละของสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (%CV) น้อยกว่าข้อมูลที่ได้จาก PCA ในทุกระดับการปนเปื้อน ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อแบ่งตามประเภท คือตัวอย่างน้ำ จำนวน 300 ตัวอย่าง และน้ำแข็ง 60 ตัวอย่าง พบตัวอย่างน้ำมีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก R2A agar ทุกระดับการปนเปื้อนมากกว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก PCA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; t-test) และมีการกระจายของข้อมูลผลการทดสอบน้อยกว่าข้อมูลที่ได้จาก PCA ส่วนตัวอย่างน้ำแข็งให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่คำนวณได้จาก R2A agar ที่ระดับการปนเปื้อนมากกว่า 1,000 CFU/มิลลิลิตร มากกว่าค่าเฉลี่ยจาก PCA อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน

น้อยกว่า แต่ที่ระดับการปนเปื้อน 1 ถึง 1,000 CFU/มิลลิลิตร พบค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จาก PCA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำและน้ำแข็งบนอาหารเลี้ยงเชื้อ R2A agar และ PCA แบ่งตามระดับการปนเปื้อน 3 ระดับ

ชนิดและจำนวนตัวอย่าง	ค่าสถิติ	ระดับการปนเปื้อน					
		1-1,000 CFU/มิลลิลิตร		1,001-100,000 CFU/มิลลิลิตร		>100,000 CFU/มิลลิลิตร	
		PCA	R2A	PCA	R2A	PCA	R2A
น้ำ 300 ตัวอย่าง	n	177		102		21	
	range	1-800	1-1,000	230-130,000	1,080-96,000	12,000-1,800,000	120,000-2,100,000
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml						
	range	0-2.90	0-3	2.36-5.11	3.03-4.98	4.08-6.26	5.08-6.32
	Mean	1.39	1.55	3.80	4.07	5.18	5.52
	SD ¹	0.79	0.77	0.66	0.58	0.65	0.43
	%CV ²	56.48	49.51	17.44	14.23	12.49	7.80
	t-test	p<0.05, P=6.9x10 ⁻¹¹		p<0.05, P=5.5x10 ⁻¹²		p<0.05, P=7.1x10 ⁻⁴	
น้ำแข็ง 60 ตัวอย่าง	n	14		36		10	
	range	1-960	1-44	900-64,000	1,100-95,000	26,000-1,200,000	190,000-1,200,000
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml						
	range	0-2.98	0-2.87	2.95-4.81	3.04-4.98	4.41-6.08	5.28-6.08
	Mean	1.61	1.62	3.63	3.76	5.35	5.75
	SD	0.93	0.95	0.54	0.54	0.63	0.31
	%CV	57.85	58.74	14.88	14.35	11.81	5.39
	t-test	p>0.05, P=0.44		P<0.05, P=0.003		p<0.05, P=0.01	
รวมทั้งหมด 360 ตัวอย่าง	n	191		138		31	
	range	1-960	1-1,000	230-130,000	1,080-96,000	12,000-1,800,000	120,000-2,100,000
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml						
	range	0-2.98	0-3	2.36-5.11	3.03-4.98	4.08-6.26	5.08-6.32
	Mean	1.41	1.55	3.75	3.99	5.23	5.59
	SD ¹	0.80	0.78	0.63	0.58	0.64	0.41
	%CV ²	56.60	50.12	16.91	14.62	12.17	7.24
	t-test	p<0.05, P=1.3x10 ⁻¹⁰		p<0.05, P=1.6x10 ⁻¹³		p<0.05, P=3.2x10 ⁻⁵	

¹SD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

²%CV หมายถึง ค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (%coefficient of variation)

เมื่อแบ่งตัวอย่างน้ำเป็น 4 ชนิด คือ น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (n = 60) น้ำดื่ม เช่น น้ำดื่มผ่านเครื่องกรองน้ำ น้ำดื่มจากสำนักงาน เป็นต้น (n = 60) น้ำใช้ในการผลิตอาหารและน้ำ (n = 60) และน้ำผ่านเครื่องกรอง (n = 120) พบตัวอย่างน้ำทุกชนิด ทุกระดับการปนเปื้อนมีจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก R2A agar เฉลี่ยมากกว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก PCA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และการกระจายของข้อมูลผลการทดสอบจาก R2A agar มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันน้อยกว่าข้อมูลที่ได้จาก PCA

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจำแนกตามประเภทของตัวอย่างน้ำบนอาหารเลี้ยงเชื้อ R2A agar และ PCA แบ่งตามระดับการปนเปื้อน 3 ระดับ

ชนิดและจำนวนตัวอย่าง	ค่าสถิติ	ระดับการปนเปื้อน						
		1-1,000 CFU/มิลลิลิตร		1,001-100,000 CFU/มิลลิลิตร		>100,000 CFU/มิลลิลิตร		
		PCA	R2A	PCA	R2A	PCA	R2A	
น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท 60 ตัวอย่าง	n	10		41		9		
	range	3-750	6-690	520-110,000	1,200-96,000	12,000-1,700,000	120,000-1,900,000	
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml							
	range	0.48-2.84	0.78-2.84	2.72-5.04	3.08-4.98	4.08-6.23	5.08-6.28	
	Mean	1.85	1.98	3.92	4.18	5.06	5.32	
	SD ¹	0.69	0.63	0.65	0.59	0.56	0.38	
	%CV ²	37.32	31.72	16.54	14.16	10.96	7.18	
	t-test	p<0.05, P=0.04		P<0.05, P=7.3x10 ⁻⁶		p<0.05, P=0.03		
น้ำดื่ม 60 ตัวอย่าง	n	26		33		1		
	range	1-600	2-980	390-42,000	1,200-83,000	190,000	210,000	
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml							
	range	0-2.78	0.30-2.99	2.59-4.62	3.08-4.92			
	Mean	1.78	1.97	3.70	3.99			
	SD	0.84	0.78	0.55	0.51			
	%CV	47.21	39.72	14.84	12.83			
	t-test	P<0.05, P=0.004		P<0.05, P=8.8x10 ⁻⁶				
น้ำใช้ในการผลิตอาหารและน้ำ 60 ตัวอย่าง	n	24		25		11		
	range	1-600	1-1,000	250-130,000	1,220-95,000	12,000-1,800,000	120,000-2,100,000	
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml							
	range	0-2.78	0-3	2.40-5.11	3.09-4.98	4.08-6.26	5.08-6.32	
	Mean	1.38	1.57	3.82	4.08	5.26	5.70	
	SD	0.81	0.78	0.77	0.61	0.75	0.42	
	%CV	59.06	49.68	20.22	14.98	14.34	7.42	
	t-test	P<0.05, P=0.007		P<0.05, P=0.002		p<0.05, P=0.01		
น้ำผ่านเครื่องกรอง 120 ตัวอย่าง	n	117		3				
	range	1-800	1-1,000	230-2,400	1,080-3,200			
	แปลงผลเป็น Log ₁₀ CFU/ml							
	range	0-2.90	0-3	2.36-3.38	3.03-3.51			
	Mean	1.26	1.41	2.98	3.32			
	SD ¹	0.75	0.73	0.54	0.25			
	%CV ²	59.68	51.87	18.25	7.55			
	t-test	P<0.05, P=3.1x10 ⁻⁷		P>0.05, P=0.25				

¹SD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

²%CV หมายถึง ค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (%coefficient of variation)

วิจารณ์

โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่มีสารอาหารมากเพื่อตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำและน้ำแข็ง ด้วยคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้อย่างรวดเร็ว (fast-growth microorganism) เจริญก่อกับจุลินทรีย์ที่เจริญได้ช้า (slow-growth microorganism) หรือที่บาดเจ็บ (injure) หรือเครียด (stressed) ทำให้เจริญช้า ไม่สามารถเจริญแข่งขันกับจุลินทรีย์ที่เจริญได้อย่างรวดเร็ว ผลตรวจวิเคราะห์จึงตรวจไม่พบ หรือตรวจพบในจำนวนน้อยกว่าความเป็นจริง⁽⁵⁾ เมื่อนำผลวิเคราะห์ไปตัดสินจึงพบว่าผลดังกล่าวผ่านเกณฑ์กำหนด น้ำและน้ำแข็งเหล่านั้นจะถูกนำไปใช้งานหรือบริโภคทันที แต่ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมจุลินทรีย์ดังกล่าวก็จะสามารถฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว และเพิ่มจำนวนในระยะเวลาต่อมา หากเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่สามารถก่อโรคอาหารเป็นพิษได้ ผู้บริโภคจะเกิดการเจ็บป่วย หรือเกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำและน้ำแข็งในการผลิต ดังนั้นการคัดเลือกอาหารเลี้ยงเชื้อที่ส่งเสริมและฟื้นฟูเซลล์บาดเจ็บจึงเป็นสิ่งที่ห้องปฏิบัติการควรนำมาพิจารณาเพื่อให้ได้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ถูกต้องที่สุด

R2A agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Reasoner และ Geldreich ใช้สำหรับนับจำนวนแบคทีเรียในน้ำที่ใช้ผ่านกระบวนการ (treated potable water) R2A agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารน้อย และเมื่อนำมาบ่มที่อุณหภูมิต่ำระยะเวลานาน สามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เครียด บาดเจ็บ และทนคลอรีน (chlorine tolerant) เพราะใน R2A agar มี soluble starch เป็นส่วนประกอบในการช่วยฟื้นฟูเซลล์บาดเจ็บ และ sodium pyruvate ช่วยฟื้นฟูเซลล์ที่เครียด⁽⁶⁻¹⁰⁾ ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารมาก เช่น PCA จะสนับสนุนการเจริญของแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้เร็ว ซึ่งจะเจริญก่อกับแบคทีเรียที่เครียด หรือเจริญได้ช้าที่สามารถพบได้ในน้ำที่ผ่านกระบวนการ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ผลการทดสอบในตัวอย่างน้ำโดยใช้ R2A agar มีค่าเฉลี่ยมากกว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก PCA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; t-test) สอดคล้องกับผลศึกษาของ Salvatore Massa และคณะ⁽¹¹⁾ ที่เปรียบเทียบ PCA และ R2A agar ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำแร่ธรรมชาติที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ด้วยวิธี pour plate ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก R2A agar มีค่าสูงกว่าค่าจาก PCA และผลศึกษาของ Klaas van der Linde และคณะ⁽¹²⁾ ที่เปรียบเทียบ Tryptic soy agar (TSA) และ R2A agar ในการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้ในการฟอกไต ที่ได้มาจากระบบ RO ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ด้วยวิธี spread plate ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ที่คำนวณได้จาก R2A agar มีค่าสูงกว่าค่าจาก TSA

ในขณะที่ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำแข็ง R2A agar ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ที่ต่ำกว่าหรือไม่แตกต่างจาก PCA เมื่อบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง เพราะที่อุณหภูมิแช่แข็งเป็นสาเหตุที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตาย หรือบาดเจ็บหรือเจริญช้าลงทำให้อาจต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มเชื้อให้มากขึ้น^(5,13) แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้ R2A agar บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง ตามที่ United States Food and Drug Administration กำหนดไว้ในการตรวจเพื่อเฝ้าระวัง หรืออาจบ่มในระยะเวลาที่มากขึ้นตามที่ American Public Health Association แนะนำ ซึ่งจากข้อมูลในค่าต่าง ๆ ที่ศึกษาใน R2A agar ที่มีมากกว่า PCA จึงถือว่า R2A agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่สามารถนำมาใช้แทน PCA ในการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำและน้ำแข็งได้

สรุป

จากการทวนสอบ (Verification) อาหารเลี้ยงเชื้อ R2A agar โดยเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA สำหรับการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำและน้ำแข็ง ด้วยวิธี pour plate บ่มเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง โดยมีน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท น้ำดื่ม น้ำใช้ในการผลิตอาหารและน้ำ น้ำผ่านเครื่องกรอง และน้ำแข็ง เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างน้ำและน้ำแข็ง ผลการทดสอบสามารถยืนยันได้ว่า R2A agar ให้ผลการนับจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ตามที่ระบุในเอกสารอ้างอิง ดังนั้นห้องปฏิบัติการสามารถนำ R2A agar ไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์เพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำและน้ำแข็ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางลดาพรรณ แสงคล้าย ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านมาตรฐานของอาหารที่กรมสนับสนุนและให้คำปรึกษาด้านวิชาการและสถิติ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายน้ำและเครื่องดื่ม สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในการตรวจวิเคราะห์ จนคณะผู้วิจัยสามารถดำเนินโครงการจนลุล่วงและสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Robertson W, Brooks T. The role of HPC in managing the treatment and distribution of drinking water. In: Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A, editor. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and the human health. London: IWA publishing; 2003. p. 237-243.
2. Rice EW, Baird RB, Eaton AD, Clesceri LS. Standard method for the examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington DC: American Public Health Association; 2012.
3. กัลยา วานิชย์บัญชา. บรรณาธิการ. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สามลดา; 2557. หน้า 72-73.
4. ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์. การทดสอบสมมุติฐาน. ใน : กิตินันท์ พลสวัสดิ์. บรรณาธิการ. Excel statistic analysis. นนทบุรี : บริษัท ไอทีซี พรีเมียร์ จำกัด; 2556. หน้า 122-128.
5. ศุภชัย เนื่อนवलสุวรรณ. บรรณาธิการ. ความปลอดภัยอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ตีรณสาร จำกัด; 2552. หน้า 366-392.
6. Neogen. R2A agar (7390). [Online]. 2516 [cited 2015 Jul 16]; [3 screens]. Available from: [URL: http://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia_pi/7390_pi.pdf](http://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia_pi/7390_pi.pdf).
7. Condalab. R2A agar (European pharmacopoeia). [Online]. [cited 2015 Jul 16]; [2 screens]. Available from: [URL: http://www.condalab.com/pdf/1071.pdf](http://www.condalab.com/pdf/1071.pdf).
8. Himedialabs. R2A agar, modified M1743. [Online]. 2515 [cited 2015 Jul 16]; [2 screens]. Available from: [URL: http://www.himedialabs.com/TD/M1743.pdf](http://www.himedialabs.com/TD/M1743.pdf).
9. Becton, Dickinson and Company. R2A agar. [Online]. [cited 2015 Jul 16]; [3 screens]. Available from: [URL: http://www.bd.com/europe/regulatory/Assets/IFU/Difco_BBL/257336.pdf](http://www.bd.com/europe/regulatory/Assets/IFU/Difco_BBL/257336.pdf).
10. Massa S, Caruso M, Trovatelli F, Tosques M. Comparison of plate count agar and R2A medium for enumeration of heterotrophic bacteria in natural mineral water. World J Microbiol Biotechnol 1998; 14: 727-730.

11. van der Linde K, Lim BT, Rondeel JM, Antonissen LP, de Jong GM. Improved bacteriological surveillance of haemodialysis fluids: a comparison between Tryptic soy agar and Reasoner's 2A media. *Nephrol Dial Trasplant* 1999; 14: 2433-7.
 12. นางลักษณ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2552. หน้า 497.
-

Verification of Plate Count Agar (PCA) and Reasoner's 2A (R2A) Agar for Enumeration of Heterotrophic Bacteria in Water and Ice

Piyamas Jamsri and Khwunmit Roojug

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand

ABSTRACT Pour plate technique is well-recognized as a standard method for enumerating heterotrophic bacteria in water and ice. Either high-nutrient medium such as plate count agar (PCA) or low-nutrient medium such as Reasoner's 2A (R2A) agar can be used for this standard method. It has been recommended that the low-nutrient medium containing essential substances for recovering injured cells will increase bacterial counts as compared to the high-nutrient medium without any essential substances. This study was aimed to verify the culture medium by comparing the number of heterotrophic bacteria in water and ice grown on PCA and R2A agar. A total of 360 samples of water and ice received at Bureau of Quality and Safety of Food during 2012 - 2014 were divided into 4 types of waters including 60 samples of bottled drinking water, 60 samples of drinking water, 60 samples of potable water, 120 filtrated water samples and 60 samples of ice. All samples were tested by pour plate method using PCA and R2A agar. After incubation at 35°Celsius (°C) for 48 hours, growing colonies on culture plates were counted and categorized into 3 levels: 1-1,000 CFU/ml, 1,001-100,000 CFU/ml and more than 100,000 CFU/ml. The results showed that the mean values of bacterial counts of all types of water samples calculating from the R2A agar were significantly higher than those from the PCA agar ($P < 0.05$) at all 3 levels. Comparing the distribution of test results from both media by coefficient of variation (CV), it was found that the R2A agar showed lower CV results than the PCA agar. For ice samples, the mean values and CV results of bacterial counts at the levels greater than 1,000 CFU/ml on the R2A agar were significantly higher and lower than those of the PCA agar ($P < 0.05$), respectively. On the contrary, the mean value and CV

result of bacterial counts, at the level of 1 - 1,000 CFU/ml, obtained from the R2A agar were not significantly different from the PCA agar. Taken together, it can be concluded that, for higher productivity, the R2A agar could be used for determining heterotrophic bacteria in water and ice by pour plate technique at 35°C for 48 hours.

Keywords: Verification, PCA and R2A agar, heterotrophic plate count, water and ice

คุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิตของโรงพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพตำบล เขตสุขภาพที่ 4

สาธิตา ปานขวัญ และชัยยศ อินทร์ติยะ

สำนักวิจัยและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ ได้ทำการศึกษาคุณภาพของเครื่องวัดความดันโลหิต ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เขตสุขภาพที่ 4 จากเครื่องวัดความดันโลหิต จำนวน 2,072 เครื่อง ซึ่งเป็นแบบเชิงกลจำนวน 335 เครื่อง และแบบอัตโนมัติจำนวน 1,737 เครื่อง ในระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 - 2559 โดยการทดสอบตามคู่มือการทดสอบเครื่องมือวัดทางการแพทย์ TP-MMD-01: เครื่องวัดความดันโลหิตของกระทรวงสาธารณสุขซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐานสากล การทดสอบค่าความผิดพลาดสูงสุดของการอ่านค่าความดันเพื่อดูความแม่นยำของผลการวัดและการทดสอบอัตราการรั่วของความดันในระบบเพื่อตรวจสอบว่าตัวเครื่องสาย และคัพมีความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ ผลการสำรวจพบว่า เครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกลไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความผิดพลาดสูงสุดของการอ่านค่าความดัน จำนวน 21 เครื่อง (คิดเป็นร้อยละ 6.3) โดยมีสาเหตุจากปรอทที่อยู่ ในหลอดสกรปรกหรือรั่วออก ทำให้มีปริมาณน้อยลงจึงทำให้เกิดฟองอากาศ ไม่ผ่านเกณฑ์อัตราการรั่วของความดันในระบบ จำนวน 62 เครื่อง (คิดเป็นร้อยละ 18.5) โดยมีสาเหตุจากการชำรุดของอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายยาง ลูกยาง คัพชำรุด เสื่อมสภาพ และไม่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 หัวข้อในเครื่องเดียว จำนวน 5 เครื่อง (คิดเป็นร้อยละ 1.5) เครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความผิดพลาดสูงสุดของการอ่านค่าความดัน จำนวน 28 เครื่อง (คิดเป็นร้อยละ 1.6) โดยอ่านค่าได้แตกต่างจากค่าอ้างอิงเกิน 4 mmHg ไม่ผ่านเกณฑ์อัตราการรั่วของความดันในระบบ จำนวน 242 เครื่อง (คิดเป็นร้อยละ 13.9) โดยมีสาเหตุจากท่อลมภายในเครื่องหรือคัพชำรุดเสื่อมสภาพ และไม่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 หัวข้อในเครื่องเดียว จำนวน 5 เครื่อง (คิดเป็นร้อยละ 0.5) เมื่อทราบสาเหตุที่เครื่องวัดความดันโลหิตไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ก็จะสามารถทำการเปลี่ยนอะไหล่หรือซ่อมแซมเฉพาะส่วนแล้ว ทำให้เครื่องกลับมามีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานได้ ให้ผลการวัดที่น่าเชื่อถือช่วยในการวินิจฉัยและติดตามผลการรักษาโรคได้อย่างแม่นยำ

Accepted for publication, 17 December 2017

บทนำ

ค่าความดันโลหิตเป็นเสมือนตัวบ่งชี้ถึงภาวะปกติหรือผิดปกติของร่างกาย ในการวัดความดันโลหิต ผู้ใช้งานเครื่องมือวัดควรรู้จักการดูแลรักษาเครื่องมือวัด และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกับการวัด เพื่อให้สามารถวัดความดันโลหิตได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ยังผลให้นำไปใช้ในการตรวจวินิจฉัย และตรวจติดตามโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุที่เข้ารับการตรวจรักษาในสถานพยาบาล หรือผู้ป่วยในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases: NCDs) เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ เป็นต้น ข้อมูลจากสำนักโรคไม่ติดต่อพบการเพิ่มขึ้นของอัตราการตายจากภาวะความดันโลหิตสูงจาก 5.7 ต่อ 100,000 ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 12.1 ต่อ 100,000 ในปี พ.ศ. 2558⁽¹⁾ ทำให้เกิดการสนับสนุนการคัดกรองโรคความดันโลหิตสูงในชุมชน โดยโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ทั่วประเทศ อีกทั้งมุ่งเน้นให้ประชาชนสามารถวัดและรู้ค่าความดันโลหิตของตนเองได้ ซึ่งทำให้มีการเพิ่มจำนวนการใช้งานเครื่องวัดความดันโลหิตมากขึ้น เครื่องวัดความดันโลหิตที่ใช้ทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 เครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกล (Non-invasive mechanical sphygmomanometers) หรือเรียกว่าเครื่องวัดความดันโลหิตแบบปรอท (Mercurial manometer) และเครื่องวัดความดันโลหิตหน้าปัดนาฬิกา (Aneroid manometer) ซึ่งต้องใช้งานร่วมกับหูฟัง (Stethoscope) เหมาะกับการใช้งานโดยผู้ที่มีทักษะในการวัดภายในสถานพยาบาล และแบบที่ 2 เครื่องวัดความดันโลหิตอัตโนมัติ (Non-invasive automated sphygmomanometers) เป็นเครื่องวัดความดันโลหิตที่มีปุ่มความดันอัตโนมัติ และแสดงค่าความดันเป็นตัวเลข (ภาพที่ 1) ซึ่งจะบอกค่าความดันโลหิตเป็นตัวเลข 2 ค่า เช่น 120/80 มิลลิเมตรปรอท ตัวเลขบน (Systolic pressure) คือค่าความดันเลือดในขณะที่หลอดเลือดหัวใจบีบตัว และตัวเลขล่าง (Diastolic pressure) คือค่าความดันเลือดขณะที่หลอดเลือดหัวใจคลายตัว



ภาพที่ 1 การวัดค่าความดันโลหิตโดยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบต่าง ๆ

เครื่องวัดความดันโลหิตควรได้รับการทวนสอบเครื่องเป็นครั้งแรก (Initial verification) ก่อนจำหน่ายสู่ท้องตลาด และการทวนสอบเครื่องที่ใช้งานแล้วตามระยะเวลา (Periodic verification) หรือทวนสอบหลังจากการซ่อมแซม โดยการทดสอบค่าความผิดพลาดสูงสุด (Maximum permissible errors of the cuff pressure indication) และอัตราการรั่วของความดันในระบบ (Air leakage) ซึ่งได้มีการพัฒนาวิธีการทดสอบ และจัดทำคู่มือการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิต TP-MMD-01⁽²⁾ ของกระทรวงสาธารณสุขขึ้น โดยอ้างอิงมาตรฐานสากล ได้แก่ OIML R 16-1 และ ISO 81060-1 สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกล^(3,4) OIML R 16-2 และ IEC 80601-2-30 สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตอัตโนมัติ^(5,6) ตลอดจนพัฒนาความสามารถห้องปฏิบัติการ และทำการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิต เพื่อประเมินคุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิตที่จำหน่ายและใช้งาน

ภายในประเทศ ซึ่งโดยปกติแล้วกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ มีหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการสอบเทียบเครื่องมือแพทย์ ให้กับโรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ โรงพยาบาลประจำจังหวัด และโรงพยาบาลประจำอำเภอ ต่าง ๆ แต่ไม่มีหน่วยงานใดดูแลคุณภาพของเครื่องวัดความดันโลหิตในชุมชน โดยโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ดังนั้นจึงได้จัดทำโครงการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิต ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ประกอบด้วย 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดนครนายก จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรี ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

วัสดุและวิธีการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือมาตรฐานด้านความดัน (พิสัย 0 ถึง 300 mmHg และค่าความถูกต้องดีกว่า 0.8 mmHg ซึ่งผ่านการสอบเทียบเป็นประจำทุกปี จากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เช่น ห้องปฏิบัติการความดัน ฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เป็นต้น)

2. นาฬิกาจับเวลา
 3. กระบอก (แขนเทียม)
 4. กระป๋องโลหะ (ความจุ 500 ml \pm ร้อยละ 5)
 5. เครื่องปรับความดันละเอียด
 6. ข้อต่อพิเศษของเครื่องวัดความดันรุ่นต่าง ๆ
- โดยต่อชุดเครื่องมือทดสอบ เครื่องวัดความดันโลหิต (ภาพที่ 2)

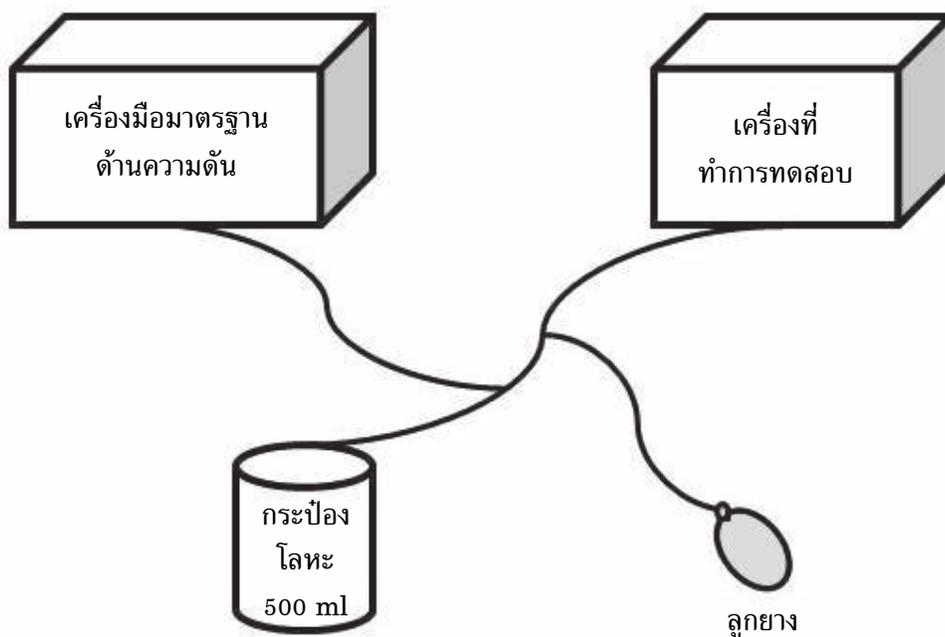


ภาพที่ 2 ชุดเครื่องมือทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิต

วิธีการ

การทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิต ทั้ง 2 ประเภท ทดสอบโดยปฏิบัติตามคู่มือการทดสอบเครื่องมือวัดทางการแพทย์ TP-MMD-01 สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ ต้องเข้า Test Mode หรือ Cal mode ของเครื่องก่อนทำการทดสอบ และทดสอบทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่ ค่าความผิดพลาดสูงสุดของการอ่านค่าความดันและอัตราการรั่วของความดันในระบบ

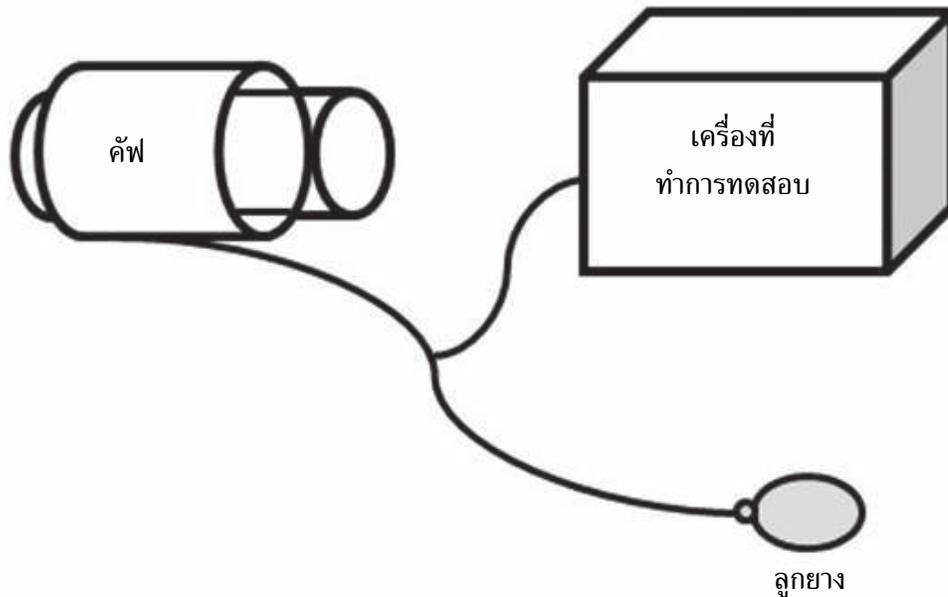
การทดสอบหัวข้อค่าความผิดพลาดสูงสุดของการอ่านค่าความดัน ทดสอบทั้งหมด 6 จุด ได้แก่ 0 mmHg, 50 mmHg, 100 mmHg, 150 mmHg, 200 mmHg และ 250 mmHg ทำโดยนำเครื่องวัดความดันโลหิตมาเทียบค่ากับเครื่องมือมาตรฐานด้านความดัน (ภาพที่ 3) โดยเริ่มทดสอบที่จุด 0 mmHg หลังจากนั้นปั๊มลมโดยบีบลูกยางเพิ่มความดันในระบบเป็น 50 mmHg ปรับค่าความดันที่เครื่องปรับความดันละเอียด ให้ค่าที่เครื่องมือมาตรฐานด้านความดันเป็น 50 mmHg แล้วรอ 30 วินาที เพื่อให้ค่านิ่งและบันทึกค่าความดันที่อ่านได้จากเครื่องที่ทำการทดสอบ จากนั้นทดสอบที่ความดันจุดถัดไป โดยเพิ่มความดันครั้งละ 50 mmHg จนถึง 250 mmHg โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกิน ± 4 mmHg



ภาพที่ 3 การต่อเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อทดสอบค่าความผิดพลาดสูงสุด

การทดสอบหัวข้ออัตราการรั่วของความดันในระบบ ทดสอบทั้งหมด 5 จุด ได้แก่ 50 mmHg, 100 mmHg, 150 mmHg, 200 mmHg และ 250 mmHg ทำโดยต่อเครื่องมือและอุปกรณ์ (ภาพที่ 4) และตรวจสอบระบบก่อนเริ่มทำการทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีการรั่วของความดันเกิดขึ้นในระบบ จากนั้นปั๊มลมโดยบีบลูกยางเพิ่มความดันในระบบและปรับความดันเป็น 50 mmHg และจับเวลา 5 นาที หลังจากครบ 5 นาที บันทึกค่าความดันที่อ่านได้จากเครื่องที่ทำการทดสอบ จากนั้นทดสอบที่ความดันจุดถัดไป โดยเพิ่มความดันครั้งละ 50 mmHg

จนถึง 250 mmHg โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกิน 6 mmHg/min สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ และ 4 mmHg/min สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกล



ภาพที่ 4 การต่อเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อทดสอบอัตราการรั่วของความดันในระบบ

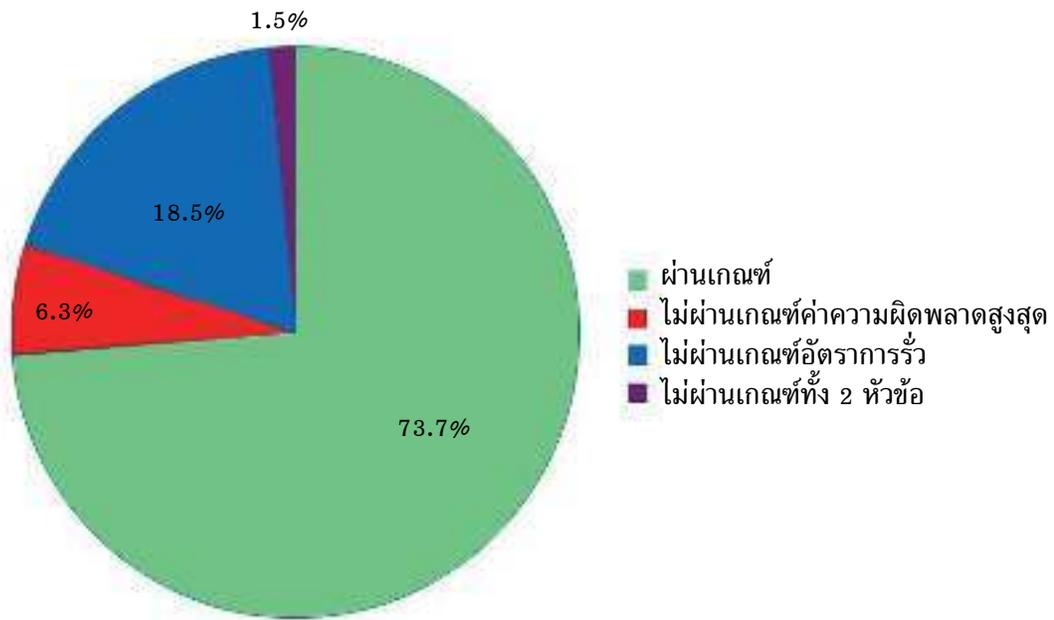
ผล

ผลการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิตของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่ เขตสุขภาพที่ 4 ที่ทดสอบในปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 - 2559 ทั้งหมด 2,072 เครื่อง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเครื่องวัดความดัน จำนวน 2,072 เครื่อง จำแนกตามปีงบประมาณ

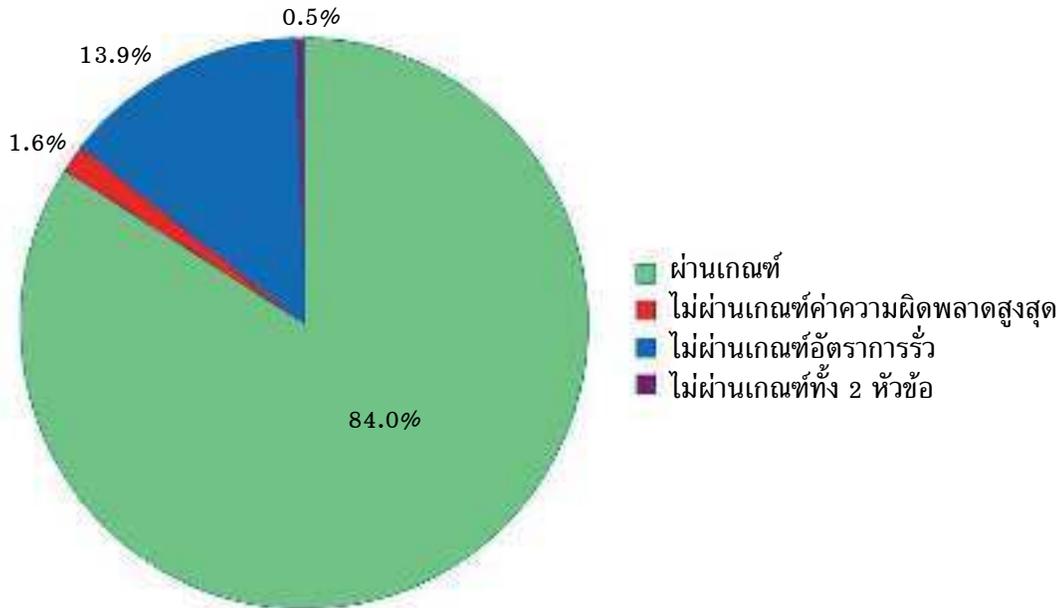
ปีงบประมาณ	แบบเชิงกล (เครื่อง)			แบบอัตโนมัติ (เครื่อง)		
	จำนวน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	จำนวน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
พ.ศ.						
2556	304	224	80	929	772	157
2557	11	6	5	239	225	14
2558	8	8	0	280	233	47
2559	12	9	3	289	228	61
รวม	335	247	88	1,737	1,458	279

ผลการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกล จำนวน 335 เครื่อง พบไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ 88 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 26.3 เมื่อจำแนกตามหัวข้อทดสอบ พบไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความผิดพลาดสูงสุด 21 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 6.3 ไม่ผ่านเกณฑ์อัตราการรั่ว 62 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 18.5 และไม่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 หัวข้อในเครื่องเดียวกัน 5 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 1.5 (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 สัดส่วนร้อยละของเครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกล จำแนกตามหัวข้อทดสอบ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ

ผลการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ จำนวน 1,737 เครื่อง พบไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ 279 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 16.0 เมื่อจำแนกตามหัวข้อทดสอบ พบไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความผิดพลาดสูงสุด 28 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 1.6 ไม่ผ่านเกณฑ์อัตราการรั่ว 242 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 13.9 และไม่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 หัวข้อในเครื่องเดียวกัน 9 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 0.5 (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 สัดส่วนร้อยละของเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ จำแนกตามหัวข้อทดสอบ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ

วิจารณ์

ความถูกต้องของเครื่องมือวัดทางการแพทย์ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัย เป็นสิ่งที่ช่วยให้แพทย์หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุข สามารถตรวจวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำว่าผู้ที่เข้ารับการตรวจรักษามีอาการเจ็บป่วยหรือไม่อย่างไร เครื่องวัดความดันโลหิตเป็นเครื่องมือวัดทางการแพทย์ประเภทหนึ่งที่ถูกใช้สำหรับตรวจวิเคราะห์ผู้ป่วยทั้งในขั้นตอนแรกเพื่อวินิจฉัยและขั้นตอนการรักษาเพื่อติดตามอาการ ซึ่งในปัจจุบันนอกจากจะใช้งานโดยผู้ที่มีความชำนาญในสถานพยาบาลแล้ว ประชาชนทั่วไปยังสามารถเลือกซื้อมาใช้ได้เองภายในบ้านอีกด้วย ในกรณีที่แพทย์วินิจฉัยแล้วว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง ผู้ป่วยต้องทานยาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แต่หากเป็นแล้วตรวจไม่พบหรือไม่ได้รับการรักษาโรคนี้อาจเป็นเหตุให้เกิดโรคแทรกซ้อนอื่นที่รุนแรงตามมาได้ เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ เป็นต้น⁽⁷⁾ อีกทั้งในกรณีที่ผู้สูงอายุนำเครื่องวัดความดันโลหิตมาวัดเองที่บ้าน หากพบว่าความดันโลหิตของตนเองสูงหรือต่ำจนผิดปกติก็อาจมีผลกระทบต่อจิตใจทำให้ตื่นตระหนกหรือซึมเศร้าเกิดขึ้นได้

สำหรับการวัดความดันโลหิตที่ทำในชุมชนโดยโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เป็นการคัดกรองประชาชนถึงระดับครัวเรือนว่า มีความเสี่ยงในการเป็นโรคความดันโลหิตสูง หรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่น ๆ หรือไม่ ในกรณีที่ชุมชนใดมีความเสี่ยงก็จะมีกิจกรรมอบรม แนะนำเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนในพื้นที่ เช่น การออกกำลังกาย หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีรสเค็มจัดดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาสาธารณสุข ที่จะมีผู้ป่วยเข้ารับบริการในโรงพยาบาลเป็นปริมาณมากและมีความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่ผู้ป่วยต้องทานยาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานได้อีกทางหนึ่ง

จากการสำรวจคุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิตดังกล่าว เห็นได้ว่าเครื่องวัดความดันโลหิตที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานส่วนมากเป็นหัวข้ออัตราการรั่วของความดันในระบบ ซึ่งมีสาเหตุมาจาก การชำรุดของอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายยาง ลูกยาง คัพ หรือท่อลมภายในเครื่องชำรุดเสื่อมสภาพ⁽⁸⁾ ซึ่งเมื่อทราบข้อมูลว่าอุปกรณ์ประกอบเหล่านี้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ผู้ใช้สามารถจัดหาอุปกรณ์มาเปลี่ยนเพื่อให้เครื่องวัดความดันโลหิตใช้งานได้ตามปกติ และควรเก็บรักษาเครื่องโดยหลีกเลี่ยงการเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูง มีฝุ่นละออง หรือถูกแสงแดดโดยตรง ไม่ป้อนลมเข้าในคัพหากไม่ได้สวมคัพเข้ากับแขนของผู้ป่วย⁽⁸⁾ สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ ควรถอดแบตเตอรี่ออกเมื่อไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานาน ซึ่งจากการดำเนินงานในช่วง 4 ปีที่ผ่านมา ได้สร้างความตระหนักถึงการเลือกซื้อ และเลือกใช้เครื่องวัดความดันโลหิต แก่หน่วยงาน และบุคลากรที่เกี่ยวข้องให้จัดหา ใช้งาน และดูแลรักษาสภาพเครื่องวัดความดันโลหิตที่นำไปใช้ประกอบการให้บริการสาธารณสุขแก่ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพ ทั้งนี้ตามมาตรฐานสากลแล้วเครื่องวัดความดันโลหิตที่ใช้งานควรได้รับการตรวจสอบคุณภาพทุก 2 ปี หรือหลังจากได้รับการซ่อมแซม^(3,5)

การศึกษานี้ทำให้ได้ข้อมูลคุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิตมาเพื่อสนับสนุนหน่วยงานควบคุมกำกับ การนำเข้าและการจำหน่ายเครื่องวัดความดันโลหิตในประเทศ ในการกำหนดนโยบายการควบคุมเพิ่มเติม เช่น เครื่องได้รับการตรวจสอบก่อนจำหน่ายให้กับผู้บริโภคควรมีคุณภาพ ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานสากลแล้ว และตระหนักถึงการสอบเทียบหรือทดสอบเครื่องมือที่ใช้เป็นประจำสม่ำเสมอ ซึ่งถือว่าเป็นระบบการทำงานหนึ่งที่ไม่ซับซ้อนมากนัก แต่ก็สามารถเป็นแนวทาง ให้เห็นแนวทางในการที่จะก่อให้เกิดการควบคุมคุณภาพเครื่องมือแพทย์ชนิดอื่น ๆ ตามมาในอนาคต เพื่อช่วยให้มีการเฝ้าระวังการเกิดโรค การตรวจวินิจฉัยโรคที่ถูกต้อง ตลอดจนประชาชนทั่วไปก็มีเครื่องมือในการวัดในการใช้ดูแลสุขภาพของตนเองได้ นอกจากนี้แล้วในการวัดความดันโลหิตที่ถูกต้องผู้ตรวจควรพักผ่อนให้เพียงพอ งดสูบบุหรี่ งดดื่มกาแฟ และก่อนวัดควรนั่งพักให้หายเหนื่อยอย่างน้อย 5-10 นาที ไม่ควรวัดความดันโลหิตหลังรับประทานอาหารอิมใหม่ ๆ และควรปัสสาวะให้เรียบร้อย เพื่อลดปัจจัยที่จะทำให้อ่านค่าความดันโลหิตคลาดเคลื่อน ส่งผลให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง⁽⁹⁾

สรุป

การสำรวจคุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิตของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 - 2559 จำนวน 2,072 เครื่อง พบว่าเครื่องวัดความดันโลหิตแบบเชิงกล ที่ทำการทดสอบในปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มีจำนวนมากถึง 304 เครื่อง ส่วนในปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 - 2559 ปริมาณการใช้งานลดลงเพราะมีการปรับมาใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ สาเหตุที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเนื่องจากเป็นเครื่องที่มีอายุการใช้งานมานาน พรอทที่อยู่ในหลอดสกปรกหรือรั่วออกทำให้มีปริมาณน้อยลงจึงทำให้เกิดฟองอากาศ และการชำรุดของอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายยาง ลูกยาง คัพ เป็นต้น สำหรับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ ส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์อัตราการรั่วของความดันในระบบ โดยมีสาเหตุจากท่อลมภายในเครื่อง หรือคัพชำรุดเสื่อมสภาพ ซึ่งบางเครื่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการทวนสอบความใช้ได้โดยการทดสอบค่าความผิดพลาดสูงสุด และอัตราการรั่วของความดันในระบบนั้น สามารถจัดหาอะไหล่มาเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ เครื่องที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานช่วยให้ผู้ใช้งานที่ทำหน้าที่ให้บริการตรวจวัดความดันโลหิตให้กับประชาชนมีความมั่นใจว่าได้ใช้งานเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ มีผลการวัดที่น่าเชื่อถือ ยังผลให้สามารถช่วยในการวินิจฉัยเพื่อป้องกันและควบคุมโรคได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงาน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานสาธารณสุขในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ที่ได้ประสานงานกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลในพื้นที่ และให้ความอนุเคราะห์สถานที่ ในการทดสอบเครื่องวัดความดันโลหิตให้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประจำปี 2559. กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรงพยาบาล องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2559.
2. กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการทดสอบเครื่องมือวัดทางการแพทย์ TP-MMD-01: เครื่องวัดความดันโลหิต. กรุงเทพฯ : บริษัท บีคอนดี พับลิชชิง จำกัด; 2559.
3. OIML R 16-1:2002. Non-invasive mechanical sphygmomanometers. France: Organization Internationale de Metrologie Legale; 2002.
4. ISO 81060-1:2007. Non-invasive sphygmomanometers -- Part 1: requirements and test methods for non-automated measurement type. Geneva: International Organization for Standardization; 2007.
5. OIML R 16-2:2002. Non-invasive automated sphygmomanometers. France: Organization Internationale de Metrologie Legale; 2002.
6. IEC 80601-2-30:2009. Medical electrical equipment --Part 2-30: particular requirements for basic safety and essential performance of automated non-invasive sphygmomanometers. Geneva: International Organization for Standardization; 2009.
7. รุ่งระวี นาวีเจริญ. ความดันโลหิตสูง เทคนิคควบคุมความดันด้วยตัวเองอย่างได้ผล. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อมรินทร์ สุขภาพ; 2552.
8. เอกสารการประชุมสัมมนาเรื่อง Seminar on the testing of non-invasive sphygmomanometers. วันที่ 2-6 สิงหาคม 2553. กรุงเทพฯ : สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี; 2553.
9. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. โรคความดันโลหิตสูงและเครื่องวัดความดันโลหิต. กรุงเทพฯ : บริษัท 1241 มิราคูลัส จำกัด; 2555.

Quality of Non-invasive Sphygmomanometers in District Health Promoting Hospitals of the 4th Regional Health Promoting Center

Sathita Pankhwan and Chaiyot Intiya

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

ABSTRACT Quality of non-invasive sphygmomanometers in district health promoting hospitals of the 4th regional health promoting center was evaluated. Two thousand and seventy-two machines including 335 of mechanical type and 1,737 of automated type were evaluated during the fiscal years of 2013 - 2016. According to the international standard-based Testing Procedures for Medical Measuring Devices TP-MMD-01: Blood Pressure Monitor issued by the Ministry of Public Health of Thailand, the maximum permissible errors (MPE) of the cuff pressure were tested to investigate measurement accuracy of the machines. In addition, air leakage testing rate was measured to investigate integrity of the machine, tube and cuff. For mechanical sphygmomanometers, 21 machines (6.3%) were reported to be failed to meet the MPE criteria due to air bubbles in the tube, possibly contaminated from mercury or leakage of mercury. Sixty-two machines (18.5%) failed to meet the air leakage criteria due to defectiveness of tube, bulb or cuff. Furthermore, 5 machines (1.5%) failed to meet both MPE and air leakage criteria. For automated sphygmomanometers, 28 machines (1.6%) were determined to be failed to meet the MPE criteria because reading values were deviated from reference values of greater than 4 mmHg. Two hundred and forty-two machines (13.9%) failed to meet air leakage criteria because of the defectiveness of air tube or cuff. Moreover, 5 machines (0.5%) failed to meet both MPE and air leakage criteria. Root-cause analysis should be determined after quality of sphygmomanometers was poorly detected. Change or repair of any parts of the machines will result in not only reliability of the machines but also accuracy on diagnosis and monitoring of diseases.

Keywords: non-invasive sphygmomanometers, maximum permissible errors, air leakage

ดัชนีชื่อผู้พิมพ์

ว กรมวิทย์ พ 59 (1-4) 2560

	ก			ธ	
กรรณิกา จิตติยศรา	59 : 3 : 181-198	ธงชาติ ทรัพย์จอมทอง		59 : 2 : 94-103	
กรุณา ตีรสมิทธิ์	59 : 3 : 152-170	ธีระพล คชาชีวะ		59 : 1 : 63-76	
กิ่งแก้ว กาญจนรัตน์	59 : 2 : 115-127				
เกรียงศักดิ์ ฤชศาศวัต	59 : 3 : 143-151				
			น		
		นนทรรัตน์ พรทรัพย์มณี		59 : 3 : 181-198	
	ข	นลินี อยู่เพชร		59 : 3 : 152-170	
ขวัญมิตร รุจัก	59 : 4 : 242-251	นาโอคัชชี ทาเคตะ		59 : 3 : 143-151	
เขมิกา เหมโลหะ	59 : 3 : 181-198				
			ป		
	ค	ประชาพร ผลสิน		59 : 1 : 7-23	
โคจิ อธิ	59 : 3 : 143-151	ประสิทธิ์ โอภาส		59 : 1 : 34-54	
		ปิ่นนรี ชินวรรณวงศ์		59 : 3 : 181-198	
	จ	ปิยมาศ แจ่มศรี		59 : 4 : 242-251	
จกกลณี วงศ์ปิยะบวร	59 : 3 : 143-151				
จิตตภา สันทัดรบ	59 : 2 : 77-93		พ		
จิราพร ศรีสกุล	59 : 3 : 199-208	พนาวัลย์ กลิ่งกลางดอน		59 : 3 : 181-198	
				59 : 4 : 216-225	
	ฉ	พลรัตน์ วิไลรัตน์		59 : 1 : 1-6	
เฉลิมพร ควรหา	59 : 2 : 77-93	พันธวิทย์ นทกุล		59 : 1 : 63-76	
				59 : 4 : 226-241	
	ช	ไพศาล พังจุนันท์		59 : 1 : 55-62	
ชลธิชา กาวิตำ	59 : 3 : 143-151				
ชลยุทธ นามบุตร	59 : 1 : 55-62		ภ		
ชวลิต เกียรติวิษณุกุล	59 : 3 : 199-208	ภณิดา รัตนานุกูล		59 : 1 : 7-23	
ชัยยศ อินทร์ดิยะ	59 : 4 : 252-262	ภูริต ทรงธนินิตย์		59 : 4 : 226-241	
	ฐ		ม		
ฐิตาภรณ์ ภูติภินโยวัฒน์	59 : 2 : 104-114	มยุรี อูรารุ่งโรจน์		59 : 4 : 216-225	
	59 : 1 : 55-62	มาชาชิ ทัชชิมิ		59 : 3 : 143-151	
	59 : 3 : 171-180				
			ย		
	ณ	ยุทธนา บางม่วง		59 : 2 : 128-142	
ณัฐชา ตังวรงค์	59 : 2 : 94-103				

	ล		สมชาย แสงกิจพร	59 : 3 : 143-151
ลดาพรรณ แสงคล้าย	59 : 3 : 152-170		สาธิตา ปานขวัญ	59 : 4 : 252-261
ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์	59 : 3 : 181-198		สายรุฬ จตุรจิตตินันท์	59 : 2 : 104-114
ลัดดาวัลย์ เทียมสิงห์	59 : 3 : 143-151		สิริชัย เขียวรัตน์กุล	59 : 3 : 171-180
ลี แทง ชัง	59 : 3 : 143-151		สุดชญา ศรประสิทธิ์	59 : 2 : 115-127
			สุภาณี ดวงธีรปรีชา	59 : 1 : 34-54
	ว			
วัลย์ลักษณ์ เมธาภัทร	59 : 1 : 24-33			
วัชรินทร์ ศรีสกุล	59 : 3 : 199-208			
วิชชุดา จริยะพันธุ์	59 : 2 : 104-114			
	59 : 3 : 171-180			
				อ
			อรัญญา อัครอารีย์	59 : 2 : 115-127
			อัศจรรย์ อาเมน	59 : 1 : 55-62
			อุบลวรรณ ชัยอารยะเลิศ	59 : 1 : 63-76
				59 : 4 : 226-241
	ส			
สกาลิน ไตรศิริวานิชย์	59 : 1 : 63-76		เอกณรงค์ อินทรชัย	59 : 1 : 24-33
	59 : 4 : 226-241			

AUTHOR INDEX
Bull Dept Med Sci 59 (1-4) 2017

	A		Laddawan Thiemsing	59 : 3 : 143-151
Aranya Assava-aree	59 : 2 : 115-127		Li Tiang Chang	59 : 3 : 143-151
Assajan Amen	59 : 1 : 55-62			
	B		M	
Bhurit Songtananit	59 : 4 : 226-241		Masashi Tatsumi	59 : 3 : 143-151
			Mayuree Uraroongroj	59 : 4 : 216-225
	C		N	
Chaiyot Intiya	59 : 4 : 252-261		Nalinee Yoopphet	59 : 3 : 152-170
Chalearmphorn Kuanha	59 : 2 : 77-93		Naokazu Takeda	59 : 3 : 143-151
Chanlayuth Nambhut	59 : 1 : 55-62		Natthacha Duangrak	59 : 2 : 94-103
Chavalit Kiatvitchukul	59 : 3 : 199-208		Nontarat Pornsapmanee	59 : 3 : 181-198
Chonthicha Kawidam	59 : 3 : 143-151			
	E		P	
Eknarong Intachai	59 : 1 : 24-33		Paisan Pangjunan	59 : 1 : 55-62
			Panawan Kluengklangdon	59 : 3 : 181-198
				59 : 4 : 216-225
	J		Panida Rattananukul	59 : 1 : 7-23
Jiraporn Srisakul	59 : 3 : 199-208		Pinnaree Chinwattanawong	59 : 3 : 181-198
Jitpaka Suntudrob	59 : 2 : 77-93		Piyamas Jamsri	59 : 4 : 242-251
Jongkonnee Wongpiyabovorn	59 : 3 : 143-151		Polrat Wilairatana	59 : 1 : 1-6
	K		Prachaporn Polsin	59 : 1 : 7-23
Kannika Jittiyossara	59 : 3 : 181-198		Prasit Opas	59 : 1 : 34-54
Kanokwan Tiammala	59 : 1 : 55-62		Puntawit Natakul	59 : 1 : 63-76
Karuna Teerasamit	59 : 3 : 152-170			59 : 4 : 226-241
Khemikar Hemloha	59 : 3 : 181-198		R	
Khwunmit Roojug	59 : 4 : 242-251		Rajesh Bhatia	59 : 4 : 209-215
Kingkeaw Kanchanarat	59 : 2 : 115-127			
Koji Ishii	59 : 3 : 143-151		S	
Kriangsak Ruchusatsawat	59 : 3 : 143-151		Saiwarul Jadoonkittinan	59 : 2 : 104-114
	L		Sakalin Trisiriwanich	59 : 1 : 63-76
Ladapan Saengklai	59 : 3 : 152-170			59 : 4 : 226-241
Laddawan Rojapantip	59 : 3 : 181-198		Sathita Pankhwan	59 : 4 : 252-261
			Saywarul Jadoonkittin	59 : 3 : 171-180

ดัชนีชื่อเรื่อง

ว กรมวิทย พ 59 (1-4) 2560

ก			
การจัดเตรียมพิษงูเห่ามาตรฐาน ในระดับประเทศ	59 : 1 : 55-62	การพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการ ด้านน้ำยาริโนจันยโรคติดต่อ ทางเลือดตามระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 : 2005	59 : 1 : 63-76
การใช้ Accuracy profile ตรวจสอบ ความถูกต้องของแผ่นทดสอบ Petrifilm™ Rapid Yeast and Mold Count Plate สำหรับตรวจหา ปริมาณยีสต์และราในเครื่องดื่ม	59 : 3 : 152-170	การศึกษา Charge Variants ในยาชีววัตถุเพื่อการรักษาชนิด โมโนโคลนอลแอนติบอดี ด้วย Capillary Isoelectric Focusing	59 : 3 : 171-180
การทวนสอบอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง Plate count agar (PCA) และ Reasoner's 2A (R2A) agar สำหรับการตรวจวิเคราะห์จำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและน้ำแข็ง	59 : 4 : 242 - 251	การศึกษาความคงตัวของสารละลาย มาตรฐานเมทาแอมเฟตามีน	59 : 1 : 24-33
การประเมินความเสี่ยงแคดเมียมจาก การบริโภคประจำวันของคนไทย	59 : 3 : 181-198	ค	
การประเมินความเสี่ยงโลหะหนักใน ปลาและกุ้งจากทะเลสาบสงขลา ต่อคนไทย	59 : 2 : 115-127	ความสัมพันธ์ของค่านับวัดกับ ค่าพลังงานสำหรับงานรังสีวินิจฉัย	59 : 2 : 128-142
การพัฒนาและทดสอบความถูกต้อง ของวิธีตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ยา กลุ่ม PDE-5 inhibitors ในของกลางยาดี	59 : 1 : 34-54	คุณภาพเครื่องวัดความดันโลหิต ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เขตสุขภาพที่ 4	59 : 4 : 252-261
การพัฒนาและทดสอบความถูกต้อง ของวิธีวิเคราะห์ยาเซโฟเพราโซน และซัลแบคแทมในรูปแบบยาฉีด ด้วยโครมาโทกราฟีแบบของเหลว สมรรถนะสูง	59 : 1 : 7-23	คุณลักษณะของไกลแคน ในยาโมโนโคลนอลแอนติบอดี ที่จำหน่ายในประเทศไทย	59 : 2 : 104-114
การพัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์ยาสัตว์ ตกค้างกลุ่ม Sulfonamides ในเนื้อสัตว์และตับโดยเทคนิค HPLC	59 : 2 : 77-93	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของกำแพงเจ็ดชั้น	59 : 2 : 94-103
		น	
		นักวิทยาศาสตร์การแพทย์เกียรติยศ ประจำปี 2560	59 : 1 : 1-6
		ผ	
		ผลกระทบของอุณหภูมิต่อชุด ตรวจวินิจฉัยโรคติดต่อทางเลือด ชนิด Rapid test	59 : 4 : 226-241

ผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลา 59 : 4 : 216-225 สายพันธุ์ของไวรัสแดงกีในเขต 59 : 3 : 199-208
ในกระบวนให้ความร้อนต่อการเกิด สุขภาพที่ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2555
และความคงตัวของอะครีลาไมด์ในพริกป่น ถึง พ.ศ. 2559

ส

สายพันธุ์ เชื้อไวรัสตับอักเสบบี เอ 59 : 3 : 143-151
ที่ระบาดในศูนย์การฝึกอบรม
ทหารเรือ จังหวัดชลบุรี
โดยสาเหตุจากแหล่งน้ำดื่ม

TITLE INDEX

Bull Dept Med Sci 59 (1-4) 2017

- C**
- Capacity Building of Laboratory 59 : 1 : 63-76
for *In Vitro* Diagnostic of
Blood Transmitted Diseases
to Comply with Requirements of
ISO/IEC 17025:2005
- Characteristics of Glycan in 59 : 2 : 104-114
Biotherapeutic Monoclonal
Antibodies Marketed in Thailand
- Charge Variants Analysis of 59 : 3 : 171-180
Biotherapeutic Monoclonal
Antibody by Capillary
Isoelectric Focusing
- D**
- Dengue Virus Serotypes in Health 59 : 3 : 199-208
Region 2 in BE 2555-2559
- Development and Validation of 59 : 1 : 7-23
Analytical Method for the
Assay of Cefoperazone and
Sulbactam for Inject by High
Performance Liquid Chromatography
- Development and Validation of 59 : 1 : 34-54
Method for Identification of
PDE-5 Inhibitors In Seized Materials
- Development of Analytical 59 : 2 : 77-93
Method for Sulfonamides
residue in Animal tissues and
Liver by HPLC Technique
- E**
- Effect of Temperature and 59 : 4 : 216-225
Duration of thermal process
on the Occurrence and Stability
of Acrylamide in Chili Powder
- Effect of Temperature on Efficacy 59 : 4 : 226-241
of Blood Transfusion IVD Rapid test
- F**
- Feasibility of Combating 59 : 4 : 209-215
Antimicrobial Resistance using
One Health approach
- G**
- Genetic analysis of hepatitis 59 : 3 : 143-151
A viruses Detected in an
Outbreak at a Military
Training Center, Chonburi
Province: Plausibility of
Contaminated Drinking Water
- P**
- Physicochemical Quality of 59 : 2 : 94-103
Salacia chinensis Linn.
- Preparation of National Standard 59 : 1 : 55-62
for Cobra Venom
- Q**
- Quality of Non-invasive 59 : 4 : 252-261
Sphygmomanometer in District
Health Promoting Hospitals of
the 4th Regional Health Promoting Center
- R**
- Relationship between Count 59 : 2 : 128-142
and Energy for Diagnostic
Radiology
- Risk Assessment of Heavy 59 : 2 : 115-127
Metals in Fish and Shrimp
from Songkhla Lake to Thais

Risk Assessment of Dietary Exposure to Cadmium in the Thai Population	59: 3 : 181-198	V	Validation of 3M Petrifilm™ Rapid Yeast and Mold Count Plate for Enumeration of Yeast and Mold in Beverage using of Accuracy Profile Procedure	59 : 3 : 152-170
Stability Study for Methamphetamine Standard Solutions	59 : 1 : 24-33	S	Verification of plate count agar (PCA) and Reasoner's 2A (R2A) agar for enumeration of heterotrophic bacteria in water and ice	59 : 4 : 242-251
The Honorary Medical Scientist Award Winner 2017	59 : 1 : 1-6	T		

คำขอบคุณ

คณะบรรณาธิการวารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ขอขอบพระคุณท่านผู้สละเวลาอันมีค่า ที่กรุณาตรวจแก้
ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เล่มปีที่ 59 ฉบับที่ 1-4 พ.ศ. 2560 ดังมีรายนามต่อไปนี้

ดร.นวลตา ม่วงน้อยเจริญ
นางสุภัทรา อิ่มเอิบ
นางสาวทิพวรรณ นิ่งน้อย
นายกิจจา จงกิตติวิทย์
นางลัดดาวัลย์ โรจนพรพรรณทิพย์
ดร.เย็นจิตร เตชะดำรงสิน
นายปรีชา จึงสมานกุล
นางสาววารุณี จิรวัดนากุล
นายประเชิญ เชษฐสิงห์
นายวัฒนพงศ์ วุทธา
นางศศิตา อยู่สุข

ศ. ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์
รศ. ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์
ผศ.วิสิฐ ตั้งเคียงศิริสิน
รศ.ศรีสนิธ อินทรมณี
นางสาวนันทนา สิทธิชัย
นางชมไฉไล สันธูสาร
นางนวพร อนันตสินกุล
นายสาโรช ปรียวาทิ
นางสาวนันทวรรณ เมฆา
นายสมชาย อินทร์เนียม



ใบสมัครเป็นสมาชิก วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ชื่อ.....

ที่อยู่.....

อาชีพ.....

โทรศัพท์.....

ต้องการรับ วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เวลา 1 ปี (4 ฉบับ) เป็นเงิน 200.- บาท

ตั้งแต่ปี.....

พร้อมนี้ได้ส่ง

ธนาณัติ

ตัวแลกเงินไปรษณีย์

เงินสด

ส่งจ่าย

นางสาวน้ำฝน น้อยประเสริฐ

ห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ซอยโรงพยาบาลบำราศนราดรุร ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

โทร. 0-2589-9850-8 ต่อ 99339

E-mail.....

ส่งจ่าย ปณฝ. กระทรวงสาธารณสุข รหัสไปรษณีย์ 11000

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	Sukhum Karnchanapimai Somlerk Jeungsamarn	Phichet Banyati
Technical Advisor	Prasert Thongcharoen Mayura Kusum Pimjai Naigowit Panadda Silva Teeranart Jivapaisarnpong	Amara Vongbuddhapitak Jongdee Wongpinairat Supatra Im-Erb Sumol Pavittranon
Editor	Busarawan Sriwanthana	Department of Medical Sciences
Assistant Editor	Kanokporn Atisook	Department of Medical Sciences
Editorial Board	Prasert Auewarakul Pilaipan Puthavathana Punnee Pitisuttithum Pintip Pongpech Suchada Chaisawadi Danai Tiwawech Suwanna Charunut Hansa Chaivanit Pathom Sawanpanyalert Usavadee Thavara Punthip Teeyapant Salakchit Chutipongvivate Duanthanorm Promkhatkaew Suthon Vongsheree Siri Srimanoroth Wichuda Jariyapan Supanee Duangteraprecha	Siriraj Hospital, Mahidol University Siriraj Hospital, Mahidol University Mahidol University Chulalongkorn University King Mongkut's Institute of Technology Thonburi Naresuan University Huachiew Chalermprakiet University Independent scholar Office of the Permanent Secretary, Ministry of Science and Technology Independent scholar Independent scholar Office of the Permanent Secretary, Ministry of Public Health Department of Medical Sciences Department of Medical Sciences Department of Medical Sciences Department of Medical Sciences Department of Medical Sciences
Administration	Namfon Noiprasert Prasan Julwong	Department of Medical Sciences Department of Medical Sciences
Subscription Rate	The Bulletin of the Department of Medical Sciences is published quarterly. Annual subscription rate is ฿ 200.00 for domestic and US.\$ 50.00 for all other countries.	
Office	Department of Medical Sciences 88/7 Soi Tiwanond 14, Tiwanond Rd., Nonthaburi 11000, Thailand. Tel. 0-2951-0000 Fax: 0-2951-1297	
Printed by	Aroonkarpim Ltd., Part. 457/6-7 Phra Sumen Road, Bangkok 10200 Tel. 0-2282-6033-4	



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

เปิดใจ ใฝ่รู้ คู่คุณธรรม นำหลักวิชาการ มาตรฐานสากล

www.dmsc.moph.go.th