



วารสาร

นวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

(Journal of Science Innovation for Sustainable Development: JSISD)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - ธันวาคม 2562
ISSN 2730-3810 (Print)
ISSN 2730-3829 (Online)

Science Innovation for Sustainable Development

JSISD





วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1

มกราคม – ธันวาคม 2562

Journal of Science Innovation for Sustainable Development: JSISD

Vol. 1 No. 1

January - December 2019

ISSN 2730-3810

ISSN 2730-3829 (Online)

วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
Journal of Science Innovation for Sustainable Development: JSISD

วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ฉบับปฐมฤกษ์ เป็นวารสารวิชาการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ในลักษณะนิพนธ์ต้นฉบับ (Original Article) และบทวิจารณ์หนังสือ (Book Review) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ นวัตกรรม เทคโนโลยี หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง กำหนดพิมพ์เผยแพร่ปีละ 1 ฉบับ ดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบของวารสารฉบับพิมพ์และวารสารออนไลน์ https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JSISD

สำหรับผู้เขียนบทความที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ สามารถส่งบทความดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความที่ได้รับให้ตีพิมพ์ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ของวารสาร แบบการพิจารณาปกปิดสองทาง (double-blinded) ไม่น้อยกว่า 2 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ต้นฉบับ รวมถึงการปลอดจากการคัดลอกผลงาน (Plagiarism) และไม่อยู่ในระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่น ต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งการนำข้อความใดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของต้นฉบับไปตีพิมพ์ใหม่จะต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของต้นฉบับและกองบรรณาธิการวารสารนี้ก่อน ผลการวิจัยและความคิดเห็นที่ปรากฏในบทความต่าง ๆ เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

สำนักงานกองบรรณาธิการ วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
295 ถนนนครราชสีมา แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์: 0-2244-5076 โทรสาร: 0-2244-5710
e-mail: jsisd@dusit.ac.th

ลิขสิทธิ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
295 ถนนนครราชสีมา แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์: 0-2244-5076 โทรสาร: 0-2244-5710
e-mail: jsisd@dusit.ac.th

พิมพ์ที่ กราฟฟิคไซท์
295 ถนนนครราชสีมา แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์: 0-2244-5080-2 โทรสาร: 0-2243-9113

วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
(Journal of Science Innovation for Sustainable Development: JSISD)

กองบรรณาธิการ

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิโรจน์ ผลพันธิน	อธิการบดีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนะศึก นิชานนท์	รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชชา ฉิมพลี	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุธยา อยู่เย็น	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

กองบรรณาธิการภายนอก

1. ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ศาสตราจารย์ พลตำรวจตรีหญิง ดร.พัชรา สินลอยมา	โรงเรียนนายร้อยตำรวจ
3. ศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ศาสตราจารย์ ดร.อนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
6. รองศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ชัยประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
7. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
8. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ หมั่นสกุล	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
9. รองศาสตราจารย์ เภสัชกร ดร. รุทธ์ สุทธิศรี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10. ศาสตราจารย์ภิชาน เภสัชกร ดร.นิจศิริ เรืองรังษี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11. รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค ผลโภค	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กองบรรณาธิการภายใน

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมศักดิ์ กิจทวี	หัวหน้ากองบรรณาธิการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิวัตถ์ กุลชนะภควัต	
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ จันบัวลา	
4. ดร.วิทวัส รัตนถาวร	
5. ดร.วาศนศักดิ์ ลิ้มควรสุวรรณ	
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติ ทีฆะ	
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระสิทธิ์ ทรงม้า	
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี	

ผู้ประสานงาน

นางสาวสุขทิพย์ สุขใส

นางสาวดวงจันทร์ พวงยอด

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

295 ถนนนครราชสีมา แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์: 0-2244-5076 โทรสาร: 0-2244-5710

e-mail: jsisd@dusit.ac.th

พิมพ์ที่

ศูนย์บริการสื่อและสิ่งพิมพ์กราฟฟิคไซท์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

สารบัญ

Quantitative Thin Layer Chromatographic Analysis of Rosmarinic Acid as a Chemical Marker in Perilla frutescens leaves 1
Parichart Hongsing, Chanida Palanuvej and Nijsiri Ruangrungsi

การเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรดด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด 11
ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์, ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง และ อนุสรณ์ ใจแก้ว

การพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋น สำหรับกลุ่มผู้ผลิตข้าวแต๋นในเขตเทศบาลตำบลจันจว้า อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย 20
ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง, ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์, กฤตกรณ์ ศรีวันนา, รุ่งโรจน์ สุขใจมุข และภานุพันธ์ จิตคำ

การออกแบบและพัฒนาชุดการทดลอง เรื่อง การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อ โดยใช้ Arduino 29
ขนิษฐา จออนันต์ และกาญนภา กาญจนชาติ

การออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริงด้วย Arduino 36
สาธิรัช สะสม และเมทิตา จุปะมะโท

การผลิตหน้ากากอนามัยที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจด้วยการเติมสารสกัดจากสะระแหน่และใบมันสำปะหลัง 44
ฐิตินาถ สุคนเขตร์, นัฐชริตา นาวีว่อง, สุจินทรา เอกวัตร์ และ สรัญญา เศวตอัญมณี

Gamma ray buildup factors and fast neutron removal of Tb_2O_3 doped WO_3: Gd_2O_3: B_2O_3 glass systems 55
Kittisak Sriwongsa, Punsak Glumglomchit and Jakrapong Kaewkhao

Arduino-based Educational Robotics with Android Mobile Application 69
Surasak Artyatha and Wansuree Massagram

การพยากรณ์รูปแบบของการกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน 80
ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี*, ศิริพร ฉิมพลี, วิชชา ฉิมพลี, วัชรากรณ์ เนตรหาญ และณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก

บทวิจารณ์หนังสือ : MEDICINAL PLANTS OF THE WORLD Revised Edition 96
ผู้แต่ง : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิวัตถ์ กุลชนะภควัต

Quantitative Thin Layer Chromatographic Analysis of Rosmarinic Acid as a Chemical Marker in *Perilla frutescens* leaves

Parichart Hongsing[1] Chanida Palanuvej[1,*] and Nijsiri Ruangrungsi[1,2]

[1]Public Health Sciences Program, College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University
[2]Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Rangsit University

บทคัดย่อ

พัฒนาการวิเคราะห์ที่ง่าย รวดเร็ว และเหมาะสม ในการหาปริมาณกรดโรสมารินิกในใบงาขี้ม้อน (*Perilla frutescens* (L.) Britton) โดยใช้วิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี-เด็นซิโทเมทรีและวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีโดยวิเคราะห์ภาพถ่าย กรดโรสมารินิกจัดเป็นตัวบ่งชี้ทางเคมีในสารสกัดใบงาขี้ม้อน ซึ่งใช้เสริมสร้างคุณภาพวัตถุดิบสมุนไพรของใบงาขี้ม้อนได้ เก็บใบงาขี้ม้อนจากแหล่งต่าง ๆ 15 แหล่งในประเทศไทย ทำการแยกวิเคราะห์สารด้วย แผ่นทีแอลซีเคลือบซิลิกาเจล 60 จีเอฟ 254 โดยปรับใช้สองวัฏภาคเคลื่อนที่ในการศึกษานี้ คือ โทลูอีน-คลอโรฟอร์ม-อะซีโทน-กรดฟอร์มิก (5:4:1:0.2) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ลำดับที่หนึ่ง และโทลูอีน-เอทธิล อะซีเตท-กรดฟอร์มิก (5:4:1) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ลำดับที่สอง วิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี-เด็นซิโทเมทรีและวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยวิเคราะห์ภาพถ่ายที่พัฒนาขึ้นสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดโรสมารินิกในใบงาขี้ม้อนให้ค่าความจำเพาะ ความเที่ยง ความแม่นจากการทำซ้ำในวันเดียวกันและระหว่างวัน ขีดจำกัดของการตรวจพบ ขีดจำกัดของการหาปริมาณ และค่าความคงทนที่ถูกต้อง การวิเคราะห์กรดโรสมารินิกด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีทั้งสองวิธี พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 2.504 ± 1.631 และ 2.485 ± 1.606 กรัมต่อ 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ วิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีโดยวิเคราะห์ภาพถ่ายอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการหาปริมาณของกรดโรสมารินิกในใบ *Perilla frutescens*

คำสำคัญ: ใบงาขี้ม้อน, กรดโรสมารินิก, ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี-เด็นซิโทเมทรี, ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยวิเคราะห์ภาพถ่าย

Abstract

The simple, less time consuming and selective methods for determination of rosmarinic acid content in *Perilla frutescens* (L.) Britton leaf were developed using TLC-densitometry and TLC-image analysis. Additionally, rosmarinic acid as a chemical marker in *Perilla frutescens* leaf extracts could be used to strengthen the quality of the starting herbal raw materials of *Perilla frutescens* leaf. *Perilla frutescens* leaves were collected from 15 different locations in Thailand. The analytical separation was performed on the silica gel60 GF_{254} TLC plate. Two mobile phases were optimized for this study. The first one was toluene-chloroform-acetone-formic acid (5:4:1:0.2) and the second

* **Corresponding Author**
e-mail: chanida.p@chula.ac.th

one was toluene-ethyl acetate-formic acid (5:4:1). Both quantitative TLC methods to determine rosmarinic acid content in the leaf provided valid specificity, accuracy, repeatability, intermediate precision, limit of detection, limit of quantitation and robustness. Quantitative TLC of rosmarinic acid revealed 2.504 ± 1.631 and 2.485 ± 1.606 g per 100 g of dried leaves by densitometry and image analysis respectively. TLC-image analysis could be one of alternative methods of rosmarinic acid quantification in *Perilla frutescens* leaf.

Keywords: *Perilla frutescens leaf,* Rosmarinic acid, TLC- densitometry, TLC-image analysisIntroduction

Introduction

Perilla frutescens (L.) Britton, belonging to Lamiaceae family is the aromatic plant native to India and China. Presently, the plant can be found globally as it is one of the important economic crops but highly cultivate in China, India, Korea and Japan (Singh et al., 2017). This plant is popular for its uses as culinary herb and herbal medicine in many Asian countries. The leaves are used as garnishes in Japanese cuisine as well as pickles and vegetable wrap in Korean food. In medicinal aspect, the leaves are eaten as fresh vegetable with fish and crab as an antidote against allergy. Additionally, it has been used to treat various symptoms and diseases such as cough, asthma, cold, vomiting and abdominal pain in traditional Chinese medicine for centuries (Yu et al., 2017). In India, the leaves are used to treat asthma, cold and some intestinal disorders which are similar to the use of *P. frutescens* leaves in Thai folk medicine (Saklani, Kothiyal, & Gautam, 2011).

Numerous reports revealed that the edible leaf has been proved to be the natural source of antioxidant due to its flavonoid and phenolic acid constituents (Asif, 2012; Izumi et al., 2012). The main phenolic constituent in *P. frutescens* leaves has been proved to be rosmarinic acid (Figure 1). This phenolic compound is derived from the combination of caffeic acid and 3, 4-dihydroxyphenyl-lactic acid (Osakabe et al., 2002). Moreover, the compound has shown various remarkable pharmacological and biological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, cytoprotective, anti-diabetic, anti-allergic and neuroprotective activities (Oh, Park, Ahn, Park, & Kim, 2011; Runtuwene et al., 2016; Senol et al., 2017; Zdařilová, Svobodová, Šimánek, & Ulrichová, 2009).

Currently, raw material products of *P. frutescens* leaf can be commonly found in herbal markets. Unlike modern medicines, the active phytoconstituent in the starting herbal raw materials may vary due to many variables including multiple sources, best harvesting time, collection sites and processing methods. Thus, active phytoconstituent determination of *P. frutescens* leaf in raw material is needed to provide for the consumers and strengthen the quality of medicinal plant as per World Health Organization (WHO) strategy (World Health Oraganization, 2017). In this study, the validated analytical methods to quantitate rosmarinic acid content in *P. frutescens* leaf from 15 different regions in Thailand was developed using TLC-densitometry and TLC-image analysis.

Objectives

To investigate the rosmarinic acid contents in *P. frutescens* leaves in Thailand using TLC-densitometry and TLC-image analysis.

Materials and Methods

Chemical and reagents

Rosmarinic acid was purchased from Sigma-Aldrich (Missouri, USA). All chemicals and reagents used were of analytical grade.

Plant material collection

The leaf samples of *P. frutescens* were collected from 15 locations throughout Thailand. The plant materials were authenticated by Associate Professor Dr. Nijsiri Ruangrungsi. The voucher specimens were deposited at College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University, Thailand. The samples were cleaned prior to dry in hot air oven at 40°C. The dried samples were pulverized by grinding machine and kept in the airtight container.

Preparation of ethanolic extract

Each powder sample (5 g) was exhaustively extracted in 95% ethanol by a Soxhlet apparatus. The obtained ethanolic extract was filtered through Whatman filter paper No.4 and allowed to evaporate at 50°C. The percent yield of each ethanolic extract was recorded and the ethanolic extract was re-dissolved in 1 ml of 95% ethanol.

Preparation of standard solution

Rosmarinic acid standard solution was prepared by dissolving the compound in 95% ethanol. The standard solution was diluted to give concentrations of 0.25, 0.4, 0.8, 1 and 2 mg/ml.

TLC-densitometric method

Four microliters of each standard and sample solution was applied as bands of 4 mm in length onto the silica gel60 GF_{254} TLC plate (20 cm x 20 cm, E. Merck, Darmstadt, Germany) by CAMAG Linomat 5 (Muttenz, Switzerland). Initially, the plate was developed in the mixture of toluene-chloroform-acetone-formic acid (5:4:1:0.2, v/v) and removed when the mobile phase migrated to the eluent front. Then the plate was allowed to dryness at room temperature. After that, the plate was developed again in the mixture of toluene-ethyl acetate-formic acid (5:4:1, v/v) as the second mobile phase and allowed to dryness at room temperature. Finally, the developed TLC plate was subjected for quantitative determination of rosmarinic acid by the CAMAG TLC Scanner 4 (Muttenz, Switzerland) at the wavelength of 330 nm. The peak area obtained from chromatographic developments were used to quantify the rosmarinic acid content using the winCATS version 1.4.9 software for the integration. Each standard and sample were done in three replicates.

TLC-image analysis method

The images of developed TLC plates were captured using Canon PowerShot A560 IS digital camera of 21.1 million pixels resolution, 24x combined zoom with Optical Image Stabilizer System (Canon, USA) in a Spectrolines model CC-80 UV-Fluorescence analysis cabinet with 365/ 254 nm UV lamp (New York, USA). In this study, the camera was set into the shutter speed priority (TV) mode and configured the shutter speed at 15 seconds with the optimal ISO speed for the light level at 800. Then the digital images were transferred to the computer in the TIFF (.tif) format. ImageJ, a Java-based image processing as a free analytical software for scientific research (National Institutes of Health, USA) was used to analyze the intensity of each bands on the TLC plate. Briefly, the captured image was subjected to the program to generated chromatograms, then the peak area of each selected chromatogram was measured yielding the value which proportional to the intensity of the spotted band containing certain amount of compound applied on the TLC plate. This process was done in the same TLC plate using with TLC-densitometric method.

Method validation

The method validation of both analytical procedures using TLC-densitometer and ImageJ software were investigated by following the International Conference on Harmonisation guideline (The International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use, 2005).

Calibration range

The calibration curve of standard rosmarinic acid was constructed at the concentrations of 0.25, 0.4, 0.8, 1 and 2 mg/ml using the peak area *versus* standard concentrations.

Limit of detection (LOD) and the limit of quantitation (LOQ)

The LOD and LOQ of *both analytical methods are based on* the residual standard deviation of a regression line (σ) and the slope (S) from the calibration curve. The results of LOD and LOQ were calculated using these following formulas: 3.3 σ/S and 10 σ/S respectively.

Accuracy

The accuracy was carried out as the percentage recovery of the sample spiked with known amount of standard rosmarinic acid at concentrations of 0.1, 0.6 and 1.2 mg/ml.

Precision

The precision was evaluated by 9 determinations (3 concentrations/ 3 replicates each) in the same day (repeatability) and three different days (intermediate precision). The obtained results were expressed as the percentage of relative standard deviation (RSD).

Specificity

Specificity was evaluated according to the similarity of the absorbance spectra at the peak apex among all samples and standard rosmarinic acid as well as the similarity of the absorbance spectra at up-slope, apex, and down-slope of the peak. The maximum absorbance of rosmarinic acid is at 330 nm.

Robustness

The robustness was performed using variation in the ratio of the second solvent system and the results were expressed as %RSD.

Results and Discussion

In this present study, rosmarinic acid in *P. frutescens* leaf extract was quantified using TLC-densitometry and TLC-image analysis. Two mobile phases were optimized in order to separate the compound in the leaf extract and the first mobile phase, toluene-chloroform-acetone-formic acid (5:4:1:0.2, v/v) was used to decrease the spotted tailing of rosmarinic acid on the TLC plate. The investigations indicated that both analytical methods were shown to be valid (Figure 2-4). The accuracy was found to be around 85 - 100 % of the recovery in the leaf extract. The repeatability and intermediate precision obtained from both methods showed %RSD less than 5.50. The lowest concentration of rosmarinic acid in samples that could be determined with suitable precision and accuracy were found in TLC-densitometric method (LOD = 0.18 µg/spot, LOQ = 0.55 µg/spot) and TLC-image analysis method (LOD = 0.20 µg/spot, LOQ = 0.60 µg/spot). Both methods were found to be robust with no alteration of peak area after varied the ratio of the solvent system (Table1). Rosmarinic acid determination from TLC-densitometric and TLC-image analysis methods were found to be 2.504 ± 1.631 and 2.485 ± 1.606 % w/w of dried leaves, respectively (Table2). The contents of rosmarinic acid from both methods were not significant different ($p>0.05$ by paired t-test). Thus, the two methods could be used to quantify rosmarinic acid content in *P. frutescens* leaf. Rosmarinic acid contents in fresh leaves of *P. frutescens* obtained from five prefectures in Japan were reported as 0.47 -1.44 % w/w. The fresh leaves were extracted by refluxing twice for 60 min at 80°C in 50 mL of water–acetone–hydrochloric acid (20:80:1 v/v/v) and analyzed by liquid chromatography–mass spectrometry (Natsume, Muto, Fukuda, Tokunaga, & Osakabe, 2006). Rosmarinic acid contents in *P. frutescens* leaves might vary due to the extraction methods, seasoning periods and growing areas

Table 1 Method validity of TLC-densitometry and TLC-image analysis

P. frutescens leaves Parameter	TLC-densitometry	TLC-image analysis
Accuracy (%recovery)	98.75 – 101.73	92.10 – 102.25
Repeatability (%RSD)	1.38 ± 0.68	0.70 ± 0.60
Intermediate precision (%RSD)	4.32 ± 2.95	5.15 ± 2.95
Robustness (%RSD)	1.10 ± 0.51	1.43 ± 0.87
Limit of detection (LOD)	0.183	0.199
Limit of quantitation (LOQ)	0.553	0.602

Table 2 Rosmarinic acid content (g/100g) in *P. frutescens* leaf was from 15 sources throughout Thailand (each source was done in triplicate)

Source	Rosmarinic acid (g/100g *P. frutescens* leaf)	
	TLC-densitometric method	TLC-image analysis method
1	1.932	2.016
2	3.322	3.302
3	4.044	4.133
4	4.943	4.778
5	3.528	3.579
6	3.291	3.165
7	0.189	0.186
8	0.267	0.276
9	0.299	0.301
10	2.823	2.776
11	2.963	3.006
12	3.565	3.551
13	4.600	4.463
14	1.094	1.043
15	0.707	0.706
Mean ± SD	2.504 ± 1.631	2.485 ± 1.606

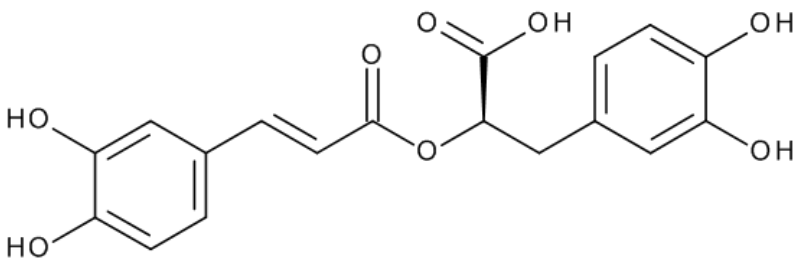
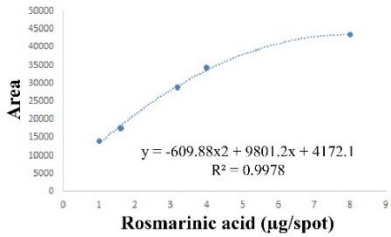
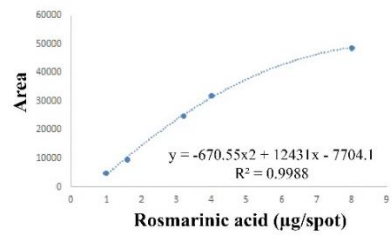


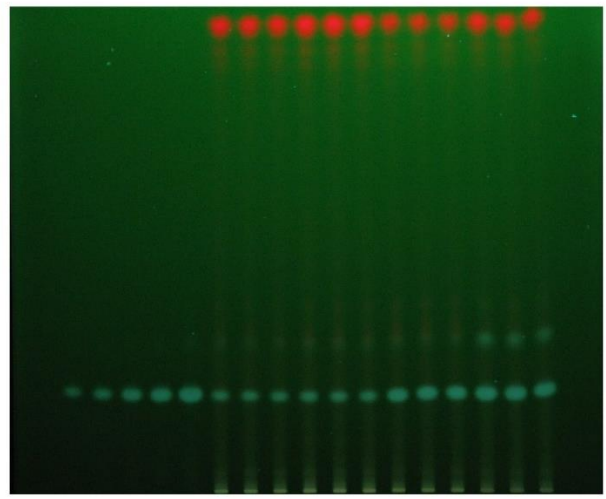
Figure 1 Molecular structure of rosmarinic acid



(a) Standard curve of rosmarinic acid in *P. frutescens* leaf by TLC-densitometry



(b) Standard curve of rosmarinic acid in *P. frutescens* leaf by TLC-image analysis



(c) TLC chromatogram of rosmarinic acid in *P. frutescens* leaves (Tract 1-5) and sample (Tract 6-15) at 365 nm

Figure 2 Standard curves and TLC chromatograms of rosmarinic acid in *P. frutescens* leaf

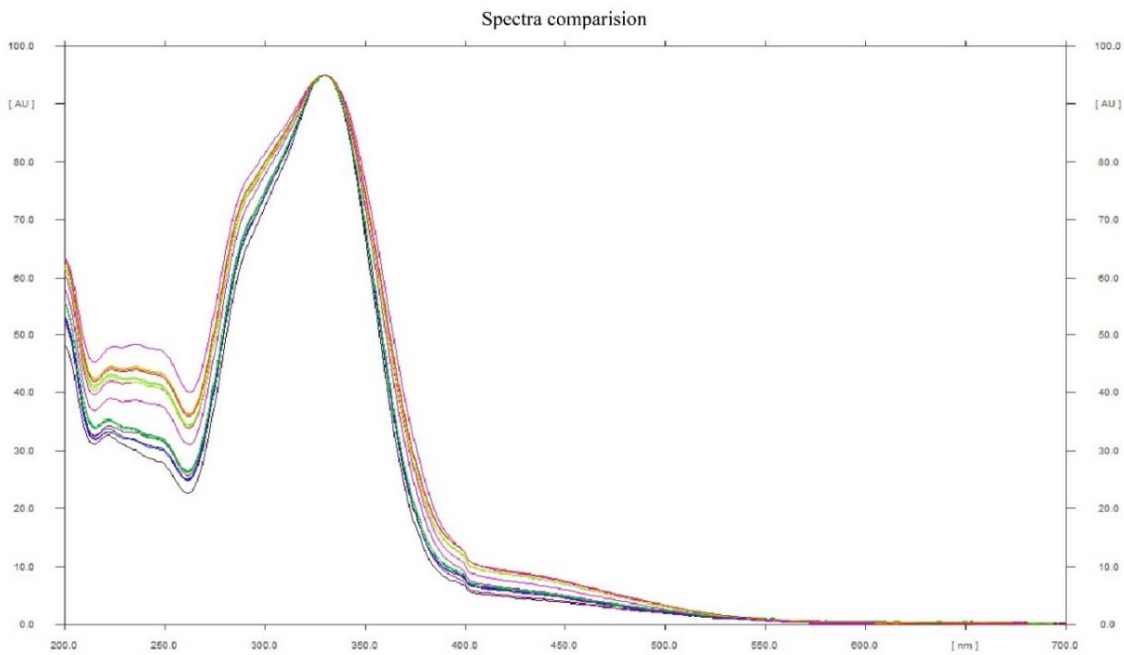


Figure 3 Peak identity determination by comparison of the absorbance spectra of rosmarinic acid among samples and standard rosmarinic acid

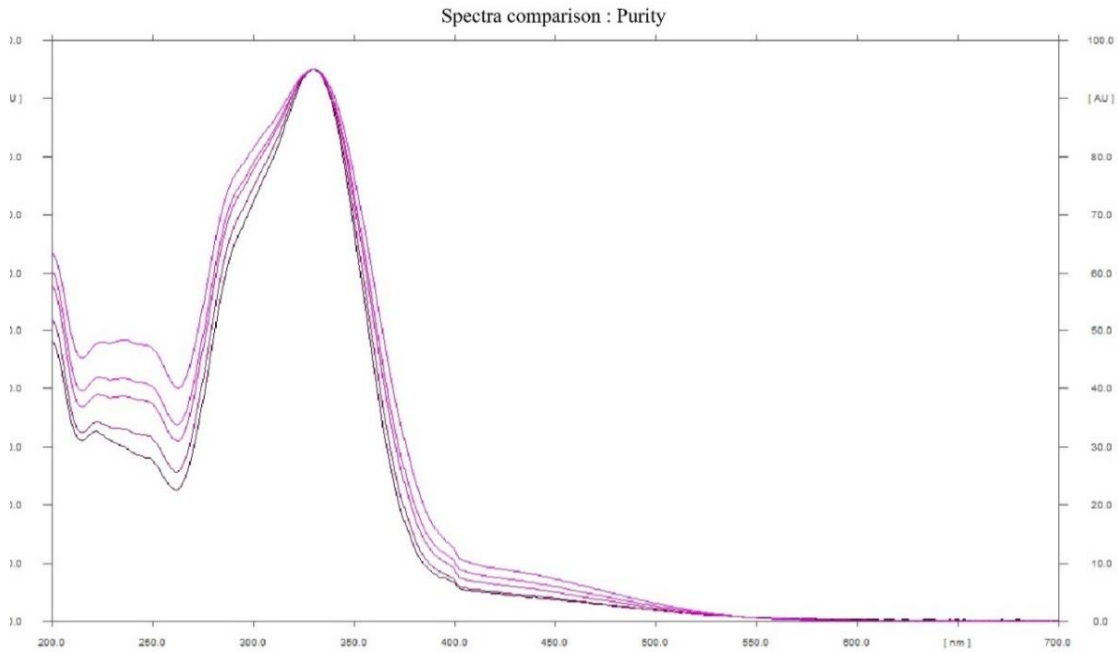


Figure 4 Peak purity determination using up-slope, apex and down-slope of the peak

Conclusion

TLC-densitometry and TLC-image analysis were firstly developed for quantitative determination of rosmarinic acid in ethanolic extracts of *P. frutescens* leaves. Both method validities were demonstrated. TLC-image analysis using ImageJ, a free analytical software could be used as an alternative method for rosmarinic acid quantification in *P. frutescens* leaf as its simplicity, less time consuming and inexpensive instruments. Rosmarinic acid contents in *P. frutescens* dried leaves in Thailand were found to be 2.504 ± 1.631 and 2.485 ± 1.606 % w/w by developed TLC-densitometry and TLC-image analysis respectively.

Acknowledgments

The authors are supported the scholarship from "The 100th Anniversary Chulalongkorn University Fund for Doctoral Scholarship". The authors are also thankful to College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University, and all the staff members for necessary assistance and instrumental support.

References

Asif, M. (2012). Phytochemical study of polyphenols in *Perilla Frutescens* as an antioxidant. *Avicenna journal of phytomedicine, 2*(4), 169-178.

Izumi, Y., Matsumura, A., Wakita, S., Akagi, K.I., Fukuda, H., Kume, T., Akaike, A. (2012). Isolation, identification, and biological evaluation of Nrf2-ARE activator from the leaves of green perilla (*Perilla frutescens* var. *crispa f. viridis*). *Free Radical Biology and Medicine, 53*(4), 669-679.

Natsume, M., Muto, Y., Fukuda, K., Tokunaga, T., & Osakabe, N. (2006). Determination of rosmarinic acid and luteolin in *Perilla frutescens* Britton (Labiatae). *Journal of the Science of Food and Agriculture, 86*(6), 897-901. doi:10.1002/jsfa.2432

Oh, H.A., Park, C.-S., Ahn, H.J., Park, Y. S., & Kim, H.M. (2011). Effect of *Perilla frutescens* var. *acuta Kudo* and rosmarinic acid on allergic inflammatory reactions. *Experimental Biology and Medicine, 236*(1), 99-106. doi:10.1258/ebm.2010.010252

Osakabe, N., Yasuda, A., Natsume, M., Sanbongi, C., Kato, Y., Osawa, T., & Yoshikawa, T. (2002). Rosmarinic acid, a major polyphenolic component of *Perilla frutescens*, reduces lipopolysaccharide (LPS)-induced liver injury in d-galactosamine (d-GalN)-sensitized mice. *Free Radical Biology and Medicine, 33*(6), 798-806.

Runtuwene, J., Cheng, K.C., Asakawa, A., Amitani, H., Amitani, M., Morinaga, A., Inui, A. (2016). Rosmarinic acid ameliorates hyperglycemia and insulin sensitivity in diabetic rats, potentially by modulating the expression of PEPCK and GLUT4. *Drug design, development and therapy, 10*, 2193-2202.

Saklani, S., Kothiyal, S., & Gautam, A. K. (2011). Phytochemical investigation and contribution of perilla frutescence as spices in traditional health care system. *International Journal of Pharmacy and Technology, 3,* 3543-3554.

Senol, F. S., Ślusarczyk, S., Matkowski, A., Pérez-Garrido, A., Girón-Rodríguez, F., Cerón-Carrasco, J. P., Orhan, I. E. (2017). Selective *in vitro* and *in silico* butyrylcholinesterase inhibitory activity of diterpenes and rosmarinic acid isolated from *Perovskia atriplicifolia* Benth. and *Salvia glutinosa* L. *Phytochemistry, 133,* 33-44.

Singh, S. K., Kole, P. C., Misra, A. K., Roy, S., Arya, L., Verma, M., . . . Singh, R. (2017). Characterization of *Perilla frutescens* (Linn.) Britt based on morphological, biochemical and STMS markers. *Industrial Crops and Products, 109,* 773-785.

The International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use. (2005). Validation of analytical procedures: text and methodology Q2(R1). Retrieved from https://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICH_Products/Guidelines/Quality/Q2_R1/Step4/Q2_R1__Guideline.pdf

World Health Oraganization. (2017). WHO guidelines for selecting marker substances of herbal origin for quality control of herbal medicines. Retrieved from http://apps.who.int/medicinedocs/en/m/abstract/Js23240en/

Yu, H., Qiu, J.F., Ma, L.J., Hu, Y.J., Li, P., & Wan, J.B. (2017). Phytochemical and phytopharmacological review of *Perilla frutescens* L. (Labiatae), a traditional edible-medicinal herb in China. *Food and Chemical Toxicology, 108,* 375-391.

Zdařilová, A., Svobodová, A., Šimánek, V., & Ulrichová, J. (2009). *Prunella vulgaris* extract and rosmarinic acid suppress lipopolysaccharide-induced alteration in human gingival fibroblasts. *Toxicology in Vitro, 23*(3), 386-392.

การเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรด ด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

Gain Enhancement of Microwave Launcher for Pineapple Dryer by Using Pyramidal Horn Antenna

ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์[1,*] ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง[1] และ อนุสรณ์ ใจแก้ว[1]

[1] สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Thanawut Thanavanich[1,*] Pumipong Duangtang[1] and Anusorn Chaikaew[1]

[1] School of Computer and Information Technology Chaing Rai Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดสัญญาณความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรดด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด ในการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดเพื่อเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณความถี่ไมโครเวฟจากหลอดแม็กนีตรอนส่งผ่านท่อนำคลื่นตู้ไมโครเวฟขนาดเล็กจะทำการส่งคลื่นความถี่สูงหรือความถี่ไมโครเวฟผ่านท่อนำคลื่นแล้วส่งผ่านเข้าไปยังตู้อบหรือคาวิตี้ การออกแบบตู้อบแห้งด้วยความถี่ไมโครเวฟขนาดใหญ่การเพิ่มอัตราขยายสัญญาณความถี่ไมโครเวฟให้เพิ่มสูงขึ้นจึงมีความจำเป็นเพื่อรองรับการทำงาน การออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ต่อร่วมกับท่อนำคลื่น WR340 จากการออกแบบสายอากาศที่นำเสนอสามารถทำงานที่ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานสำหรับการให้ความร้อน จากผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านไมโครเวฟ พบว่าสายอากาศที่นำเสนอมีอัตราขยายเท่ากับ 13.7 dB โดยเพิ่มขึ้น10.03 dB เมื่อเทียบกับการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟด้วยท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: สายอากาศปากแตรรูปพีระมิด ความถี่ไมโครเวฟ ท่อนำคลื่น หลอดแม็กนีตรอน การอบแห้ง

Abstract

This research proposes a design for a microwave launcher for pineapple dryers by using a pyramidal horn antenna. The design of the pyramidal horn antenna is suitable to increase the gain of the microwave frequency from the magnetron excited by the waveguide launcher. Small designed microwaves can stimulate the transmission of high frequencies or microwave frequencies through the waveguide to the dryer or any cavity. In order to support the operation of larger drying microwave cabinets, larger dimensioned microwave sources are necessary, though. The design of a

* **ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
e-mail: d5640058@g.sut.ac.th

pyramidal horn antenna that is connected to the WR340 waveguide of the proposed design allows an operating frequency of 2.45 GHz, which is allowed to be used for heating. The simulation of the proposed antenna with an optimized software resulted in an antenna power gain of 13.7 dB., and compared to microwave transmissions in the waveguide an increase of 10.03 dB was found.

Keywords: Pyramidal Horn Antenna, Microwave Frequency, Waveguide, Magnetron, Dryer

บทนำ

กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางด้านเกษตรกรรมเป็นกระบวนการแปรรูปและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมที่ได้ความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีวิธีการที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อน โดยในการอบแห้งที่ได้รับความนิยม คือ การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้แหล่งพลังงานจากธรรมชาติคือแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถควบคุมระยะเวลาในการอบแห้งได้ อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งนานมากและไม่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วย สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตเนื่องจากผลผลิตในบางช่วงล้นตลาดทำให้ราคาของสับปะรดตกต่ำ เกษรตรกรบางส่วนได้ทำการพัฒนาและแปรรูปสับปะรดในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทำสับปะรดอบแห้ง การทำไวน์สับปะรดและการทำสับปะรดกวน เป็นต้น ในการแปรรูปสับปะรดที่ได้รับความนิยมในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด คือ การทำสับปะรดอบแห้งเองถือได้ว่าเป็นการแปรรูปที่มีต้นทุนต่ำทำโดยวิธีการทำโรงเรือนในลักษณะเป็นโรงเรือนกระจกแล้วทำการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากวิธีการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แล้ว เทคนิคในการอบแห้งที่เป็นที่นิยมอีกวิธีหนึ่ง คือ การนำเทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนซึ่งวิธีการนี้จะอาศัยการผลิตความร้อนด้วยขดลวดความร้อนแล้วใช้พัดลมดูดความร้อนที่ได้เข้าสู้ตู้อบแห้ง การอบแห้งด้วยลมร้อนนี้จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบแห้งซึ่งการอบแห้งด้วยลมร้อนนั้นจะมีการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้กับเกษตรกรเนื่องจากวิธีการใช้ลมร้อนจะต้องใช้กำลังงานจ่ายให้กับขดลวดเพื่อทำความร้อนแล้วใช้พัดลมดูดลมร้อนเข้าภายในตู้อบเพื่อทำกระบวนการอบซึ่งขดลวดดังกล่าวจะกินกำลังงานเป็นจำนวนมากแต่วิธีดังกล่าวนี้สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงมาเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบด้วยแสงอาทิตย์ได้เกือบครึ่งหนึ่ง (กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์. อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2560)

เทคนิคในการอบแห้งที่เริ่มมีการพัฒนาและนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งผลผลิตทางด้านเกษตรกรรม คือ การอบแห้งด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟซึ่งในการอบแห้งด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟนั้นจะมีระยะเวลาในการอบแห้งที่น้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น โดยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาตู้อบแห้งด้วยความถี่ไมโครเวฟหรือการนำคลื่นความถี่ไมโครเวฟมาใช้ในกระบวนการให้ความร้อน เช่น การอบแห้งข้าวพอง การอบแห้งพริก การอบแห้งปลา เป็นต้น พบว่าการอบแห้งด้วยความถี่ไมโครเวฟสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการอบแห้งได้ประมาณร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Mutorlep Nisoa & Priwan Kerdtongmee, 2016) บทความนี้คณะผู้วิจัยนำเสนอการเทคนิคการเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรดด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด เพื่อรองรับการนำไปใช้ในการออกแบบตู้อบแห้งที่มีขนาดใหญ่และลดจำนวนชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟ

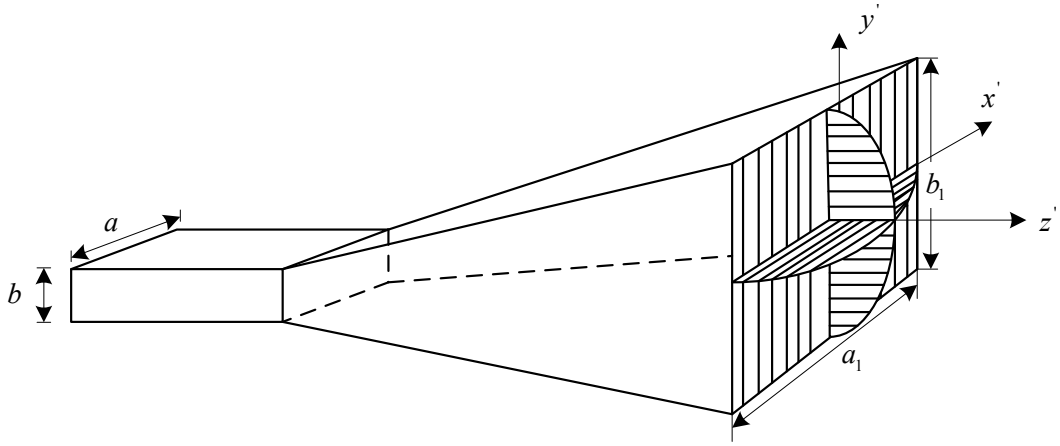
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟ

ในกระบวนการให้ความร้อนของตู้อบไมโครเวฟนั้นเป็นการทำให้เกิดความร้อนด้วยคลื่นที่ย่านความถี่สูงหรือที่เรียกกันว่าคลื่นความถี่ในย่านไมโครเวฟ การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟสำหรับอาหาร เมื่อคลื่นความถี่ไมโครเวฟคลื่นที่เข้าไปยังวัสดุหรืออาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งภายในและภายนอก (วิบูลย์ ช่างเรือ, 2561) ซึ่งในการนำคลื่นความถี่ไมโครเวฟมาใช้ในการอบแห้งนั้นก็จะใช้หลักการดังกล่าวโดยใช้สมบัติของคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่จะตอบสนองต่อโมเลกุลชนิดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน โดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งการอบแห้งหรือการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟนั้นจะอาศัยสมบัติของคลื่นที่มีการตอบสนองต่อโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในวัสดุนั้น ๆ และน้ำจะทำให้ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วจนน้ำระเหยออกไป ดังนั้นพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจึงใช้ในการระเหยของน้ำในวัสดุหรืออาหารโดยที่ความร้อนดังกล่าวจะไม่ทำให้โครงสร้างทางกายภาพและสารอาหารไม่เปลี่ยนแปลงจึงทำให้รสชาติของอาหารไม่เกิดการเสียหาย (วิบูลย์ ช่างเรือ, 2561) ในคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่ถูกกำหนดเพื่อใช้ในการบวนการให้ความร้อน คือ ความถี่ไมโครเวฟในย่าน 2.45 GHz (Pozar, D. M, 1990)

สายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

สายอากาศปากแตรรูปพีระมิดเป็นสายอากาศที่นิยมใช้งานกับความถี่ย่านไมโครเวฟ มีสมบัติเด่น คือ มีอัตราขยายที่สูงและมีค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งต่ำ นอกจากนี้ยังให้ความกว้างแถบค่อนข้างกว้างและที่สำคัญ คือ สามารถออกแบบและสร้างได้โดยง่าย ในการออกแบบสายอากาศปากแตรให้มีความกว้างแถบมากขึ้นนั้น สามารถกระทำได้โดยการกาง (flaring) ส่วนของปากแตรให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงของสนามแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล สำหรับสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดนี้ จะเหมาะสำหรับใช้กับสายส่งแบบท่อนำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เท่านั้น โดยส่วนที่เป็นปากแตรจะทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณความถี่วิทยุย่านไมโครเวฟจากโหมดของท่อนำคลื่นออกไปสู่โหมดของอวกาศว่างในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รังสรรค์ วงศ์สรรค์, 2555) ดังแสดงรูปแบบสายอากาศปากแตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากในภาพที่ 1

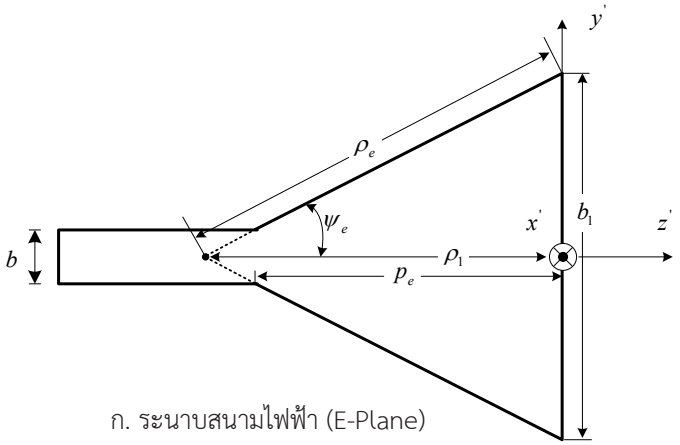


ภาพที่ 1 รูปแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด
ที่มา: Constantine, A. Balanis (2005)

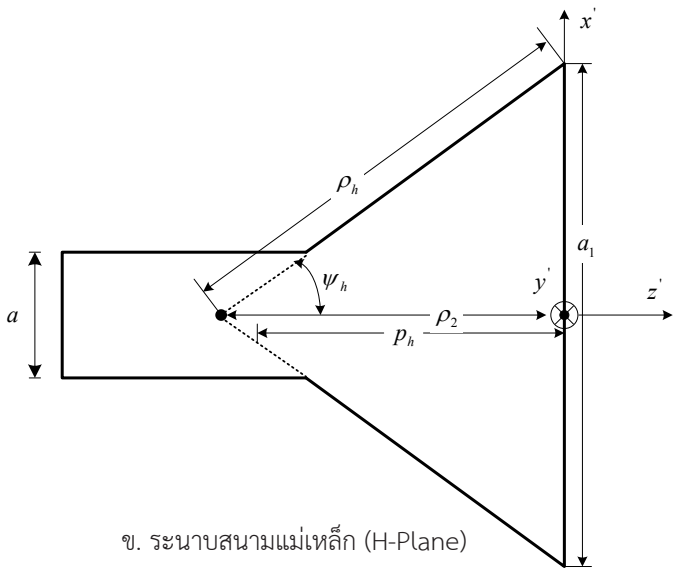
ในการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากนั้นจะอาศัยทฤษฎีในการออกแบบและหาค่าพารามิเตอร์ต่างของสายอากาศปากแตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยในภาพที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศปากแตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยการทำการหาค่าพารามิเตอร์ดังสมการที่ 1 และ 2 (Constantine, A. Balanis, 2005)

$$p_e = \sqrt{(b_1 - b)\left[\left(\frac{\rho_e}{b_1}\right)^2 - \frac{1}{4}\right]} \quad \text{.....(1)}$$

$$p_h = \sqrt{(a_1 - a)\left[\left(\frac{\rho_h}{a_1}\right)^2 - \frac{1}{4}\right]} \quad \text{.....(2)}$$



ก. ระนาบสนามไฟฟ้า (E-Plane)

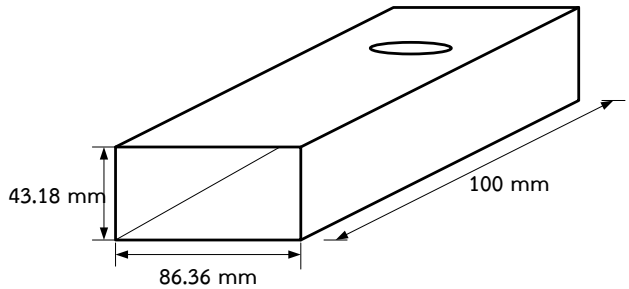


ข. ระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane)

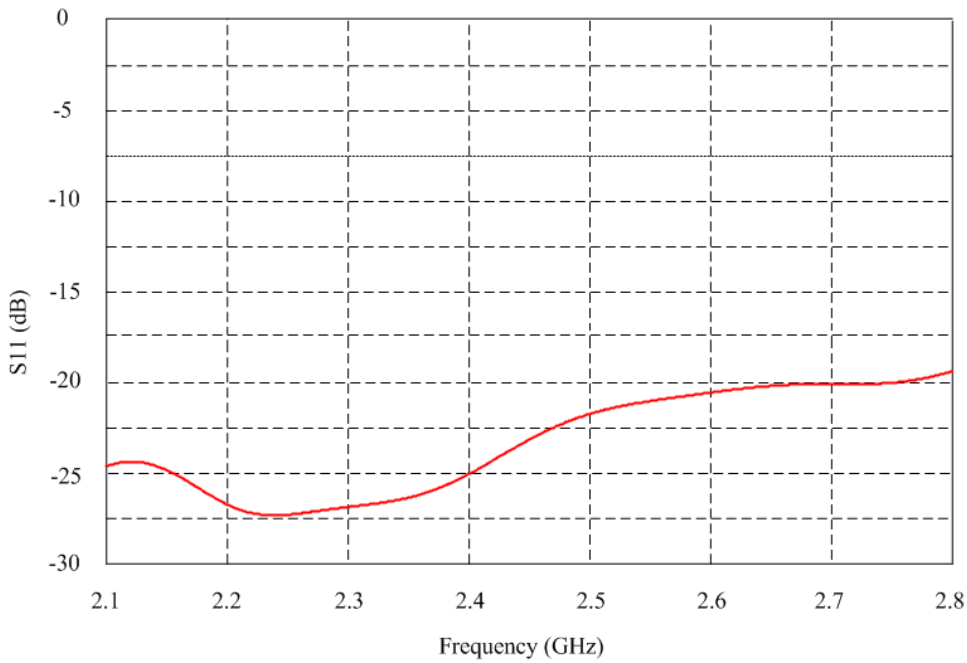
ภาพที่ 2 ค่าพารามิเตอร์สายอากาศปากแตรรูปพีระมิด
ที่มา: Constantine, A. Balanis (2005)

การออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

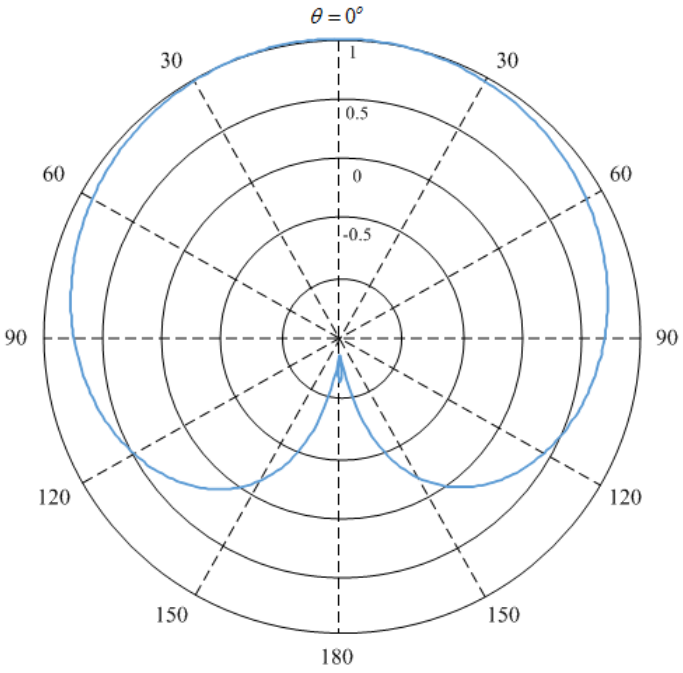
ในการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด โดยทำการออกแบบที่ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ได้รับอนุญาตในการใช้งานความถี่ในการให้ความร้อน โดยใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่ไมโครเวฟด้วยหลอดแม็กนีตรอนแล้วป้อนผ่านท่อนำคลื่น WR340 ที่มีขนาดของปากอะเพอร์เจอร์กว้าง 86.36 มิลลิเมตร สูง 43.18 มิลลิเมตร และยาว 100 มิลลิเมตร ดังแสดงรูปแบบท่อนำคลื่นในภาพที่ 3 ในการกำเนิดคลื่นความถี่ไมโครเวฟจากหลอดแม็กนีตรอนกระตุ้นผ่านท่อนำคลื่น WR340 เพียงอย่างเดียวนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์การกระตุ้นจากหลอดแม๊กนีตรอนผ่านท่อนำคลื่นค่าพารามิเตอร์ข้างต้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) แบบรูปการแผ่พลังงาน และอัตราการขยายอัตราขยายของท่อนำคลื่น WR390 จากการจำลองการออกแบบพบว่าท่อนำคลื่น WR390 มีอัตราขยายเท่ากับ 3.67 dB ในภาพที่ 4 และ 5 ได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) และแบบรูปการแผ่พลังงานของท่อนำคลื่น WR340 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ท่อนำคลื่น WR340



ภาพที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) ท่อนำคลื่น WR340



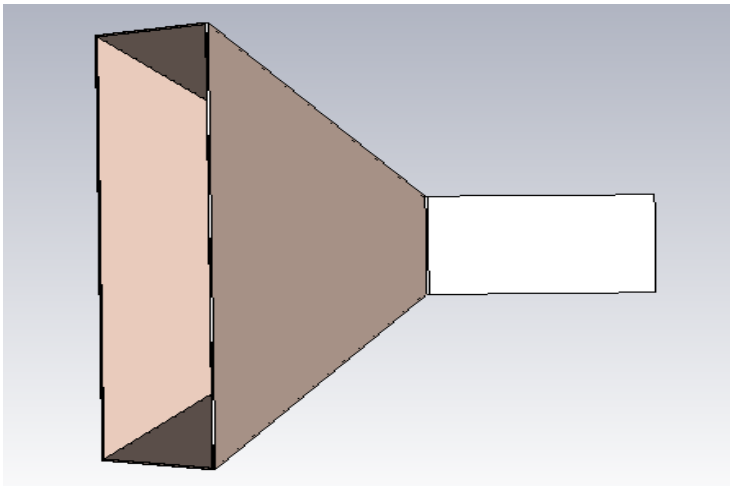
ภาพที่ 4 แบบรูปการแผ่พลังงานของท่อนำคลื่น WR340

หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด โดยทำการคำนวนค่าพารามิเตอร์จากสมการที่ 1 และ 2 เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณแล้ว ทำการนำค่าที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากค่าที่ได้จากการคำนวณเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานจะต้องทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์อีกครั้งเพื่อให้ได้ค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสม คือค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) แบบรูปการแผ่พลังงาน และอัตราการขยายจากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟจนได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ดังแสดงค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 1

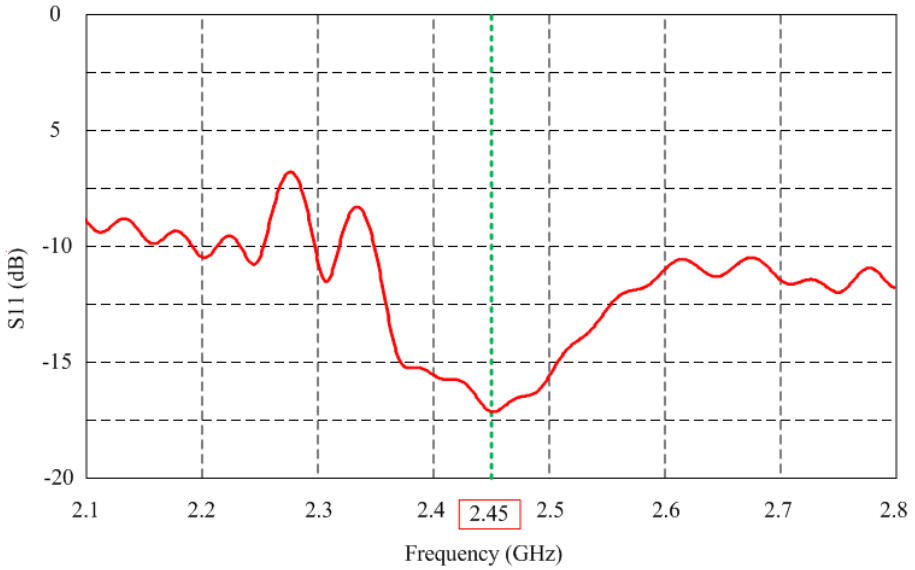
ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

พารามิเตอร์	ขนาด (mm)
a	86.36
b	43.18
ρ_e, ρ_h	180.00
a_1	280
b_1	250

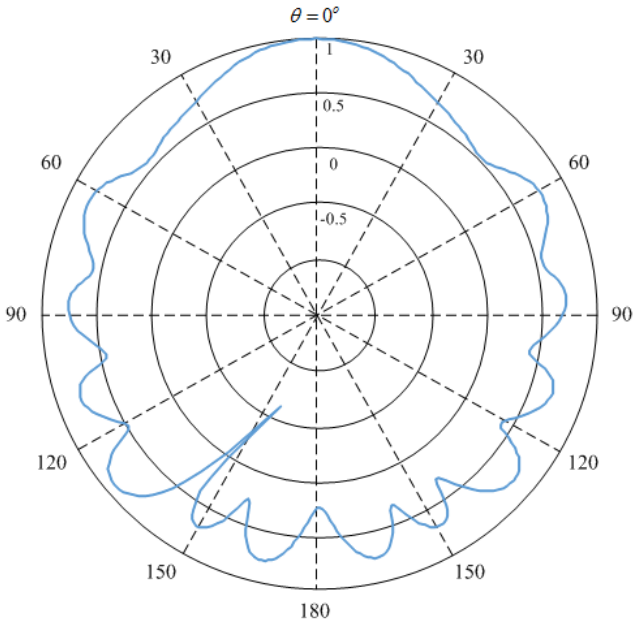
จากภาพที่ 6 แสดงรูปแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ทำวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม CST จำลองการออกแบบทางด้านไมโครเวฟ แสดงดังภาพที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศที่ได้ จากภาพที่ 7 พบว่าที่ความถี่ 2.45 GHz ค่าสัมประสิทธิการสะท้อนกลับมีค่าเท่ากับ -17.25dB แสดงให้เห็นว่าสายอากาศปากแตรรูป และในภาพที่ 8 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ของสายอากาศที่ได้จากการจำลองการออกแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟ และพบว่าอัตราขยายของสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ได้เท่ากับ 13.7 dB



ภาพที่ 6 รูปแบบสายอากาศปากแตรรูปทรงพีระมิดที่ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



ภาพที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S11)



ภาพที่ 8 แบบรูปการแผ่พลังงานสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ออกแบบ

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดเพื่อเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณความถี่ไมโครเวฟจากหลอดแม็กนีตรอน การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่นั้นย่านความถี่ที่ได้รับอนุญาตใช้งานคือที่ย่านความถี่ 2.45 GHz โดยนิยมใช้หลอดแม็กนีตรอนในการผลิตความถี่ดังกล่าว ในการกระตุ้นหรือส่งผ่านความถี่ไมโครเวฟเข้าไปในท่อนำคลื่นเพื่อส่งผ่านคลื่นความถี่ดังกล่าวออกไปใช้งาน ในตู้อบไมโครเวฟขนาดเล็กจะทำการส่งคลื่นความถี่ไมโครเวฟผ่านท่อนำคลื่นแล้วส่งผ่านเข้าไปยังตู้อบหรือที่เรียกว่าคาวิตี้ หากต้องการออกแบบตู้อบไมโครเวฟที่มีขนาดใหญ่การกระตุ้นด้วยหลอดแม็กนีตรอนผ่านท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ ดังนั้นการเพิ่มอัตราขยายสัญญาณคลื่นความถี่ไมโครเวฟให้เพิ่มสูงขึ้นจึงจำเป็นต่อการออกแบบเพื่อใช้งาน ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ต่อร่วมกับท่อนำคลื่น WR340 เพื่อเพิ่มอัตราขยายของชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟเพิ่มขึ้น จากการออกแบบชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟที่ทำการการกระตุ้นด้วยหลอดแม็กนีตรอนผ่านท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียวพบว่ามีอัตราขยายเท่ากับ 3.67 dB และเมื่อทำการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปทรงพีระมิดมาต่อร่วมกับท่อนำคลื่นพบว่าชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟที่นำเสนอมีอัตราขยายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.7 dB โดยเพิ่มขึ้นจากการส่งผ่านคลื่นด้วยท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียว 10.03 dB

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยพัฒนาจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารอ้างอิง

ช่างเรือ, วิบูลย์. (2561). การให้ความร้อนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ. จาก http://www.phtnet.org/2018/09/1044/, สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม2561.

วงศ์สรรค์, รังสรรค์. (2555). วิศวกรรมสายอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 3). ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อภิญญาวิศิษฐ์, กฤษณ์ นาถกรณกุล, อดิศักดิ์ และ โสภณรณฤทธิ์, สมชาติ. (2560). การออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนแบบสายพานลำเลียงต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ฉบับที่ 45(3). 628 – 638.

Balanis, Constantine A. (2005). Antenna Theory Analysis and design (3th). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Nisoa, Mutorlep Kerdtongmee, Priwan. (2016). Development of Industrial Prototype of Microwave. The 20th International Drying Symposium. Japan.

Pozar, D. M. (1990). Microwave Engineering 2nd edition. Addison-Wesley Pub., Massachusettes, USA.

คณะผู้เขียน/ ผู้เขียน

อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: d5640058@g.sut.ac.th

อาจารย์ ดร.ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: pumipong5325@gmail.com

อาจารย์ อนุสรณ์ ใจแก้ว

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: anusorn.chai @gmail.com

การพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋น สำหรับกลุ่มผู้ผลิตข้าวแต๋น ในเขตเทศบาลตำบลจันจว้า อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

Design and Development of a Khao-Tan Forming Machine for Khao-Tan Producers in Janjawa, Chiang Rai, Thailand

ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง[1,*] ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์[1] กฤตกรณ์ ศรีวันนา[1] รุ่งโรจน์ สุขใจมุข1และภานุพันธ์ จิตคำ[1]

[1] สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Pumipong Duangtang[1,*] Thanawut Thanavanich[1] Kittakorn Sriwanna[1] Panuphan Jitkham[1] and Rungrot Sukjaimuk[1]

[1] School of Computer and Information Technology Chaing Rai Rajabhat University

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นสำหรับกลุ่มผู้ผลิตข้าวแต๋นในเขตเทศบาลตำบลจันจว้า อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย คณะผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นให้มีการทำงานแบบอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้มอเตอร์ชนิดสเต๊ปปิ้งในการควบคุมแขนปาดข้าว ในการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ผลิตข้าวแต๋นทำการเทข้าวที่ทำการผสมส่วนผสมเรียบร้อยแล้วลงบนเครื่อง จากนั้นเครื่องจะทำการปาดข้าวลงบนแบบพิมพ์ไปกลับอัตโนมัติโดยการปาดไป–กลับ จำนวน 4 รอบโดยแต่ละรอบนั้นจะมีความเร็วในการปาดที่ไม่เท่ากัน ซึ่งความเร็วดังกล่าวนั้นเกิดจากการทดลองจนได้ค่าที่เหมาะสม และเมื่อทำการปาดข้าวลงบนแบบพิมพ์เรียบร้อยเครื่องจะทำการเลื่อนถาดรองข้าวแต๋นที่พิมพ์ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วลงมาอัตโนมัติ หลังจากนั้นผู้ผลิตก็จะทำการดึงถาดพิมพ์เพื่อนำข้าวที่ได้ไปตากแดดต่อไป ในการพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นต่อรอบใช้เวลาโดยเฉลี่ย 1.40 นาที โดยแม่พิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นขึ้นรูปได้ จำนวน 42 ชิ้นต่อรอบ ซึ่งสามารถลดเวลาในการพิมพ์แบบข้าวแต๋นด้วยวิธีเดิมเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังลดการใช้แรงงานและทำให้ประหยัดค่าจ้างในการจ้างแรงงาน

คำสำคัญ: ข้าวแต๋น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบอัตโนมัติ

Abstract

Khao-Tan is a Thai traditional local dessert, best described as a sort of rice cracker. This paper presents the design and development of a Khao-Tan forming machine for Khao-Tan producers in Janjawa, Chiang Rai. The machine has been designed with an automatic operation control system. After the ready-mixed rice mass has been poured over the molds, an arm – controlled by

*** ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
e-mail: pumipong5325@gmail.com

a stepping motor – will sweep and distribute it and also scrape off the excess from the molds. The arm will go back and forth four times at different sweeping speeds. The appropriate speeds had been determined through experiments as described in this paper. After the initial forming process, the tray system will automatically slide down. Then the manufacturer can remove the tray from the machine. This process takes on average 1.40 minutes per cycle. The machine – as designed by the researcher – contains molds for 42 pieces of Khao-Tan. Compared to manual processing, this machine significantly reduces production time and the use of labor, resulting in lower production costs.

Keywords: Thai rice craker, Microcontroller system, Automation

บทนำ

ข้าวแต๋นเป็นอาหารว่างที่มีการผลิตและจัดจำหน่ายอยู่ทั่วไปในภาคเหนือตอนบน ซึ่งปัจจุบันกลายมาเป็นของฝากที่เป็นสัญลักษณ์ประจำท้องถิ่น เช่น ลำปาง เชียงใหม่ และเชียงราย เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่าเป็นสินค้าอีกชนิดหนึ่งที่ช่วยสร้างรายได้ให้กับครัวเรือนหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในหลายพื้นที่ ในการผลิตข้าวแต๋นมีกระบวนการที่ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตสามารถหาได้ง่าย ดังนั้นข้าวแต๋นจึงได้รับความสนใจจากครัวเรือนและกลุ่มชุมชนต่าง ๆ ที่รวมกลุ่มกันผลิตและจัดจำหน่าย ในปัจจุบันก็ได้มีการพัฒนารูปร่างของข้าวแต๋นเพื่อจัดจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ มากมายเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ รวมถึงการพัฒนาข้าวแต๋นให้มีสีสันต่าง ๆ อีกทั้งรสชาติแปลกใหม่ โดยใช้วัสดุตามธรรมชาติ เช่น ข้าวแต๋นสีแดงที่ได้จากน้ำแตงโมซึ่งเป็นสีที่ได้รับความนิยมอย่างมาก หรือสีเขียวจากใบเตย นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนารสชาติให้มีความหลากหลายและแปลกใหม่ เช่น ข้าวแต๋นหน้าธัญพืช หน้าหมูหยอง หรือหน้าน้ำพริกเผา เป็นต้น (บุญทัน ศรีบุญเรือง, 2548)

กระบวนการผลิตข้าวแต๋นโดยส่วนใหญ่ยังนิยมใช้แรงงานคนในกระบวนการผลิตซึ่งกระบวนการในการทำข้าวแต๋นจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักคือการนึ่งข้าวเหนียว จากนั้นนำข้าวนึ่งที่ได้มาผสมกับน้ำปรุงรสชาติและสี หลังจากนั้นจะนำข้าวเหนียวที่ได้ไปทำการพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นตามแบบที่ได้สร้างไว้ แล้วนำข้าวแต๋นที่พิมพ์จากแม่พิมพ์ไปตากแดดให้แห้ง หลังจากนั้นจึงนำข้าวแต๋นที่ตากแห้งแล้วไปทอดจะได้ข้าวแต๋นที่สามารถนำไปรับประทานหรือจัดจำหน่ายได้ต่อไป จากกระบวนการผลิตข้างต้นคณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีหรือเครื่องจักรเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการใช้กำลังงานจากคนในบางขั้นตอน อีกทั้งเพื่อเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตในอีกทางหนึ่ง ในการทำข้าวแต๋นนั้น การพิมพ์ข้าวแต๋นก่อนนำไปตากแห้งแล้วนำไปทอดต่อเป็นกระบวนการที่ต้องใช้แรงงานคนในขั้นตอนนี้มากที่สุด เนื่องจากต้องนำข้าวที่ผสมน้ำปรุงแต่งสีมาใส่แบบพิมพ์ข้าวแต๋น ซึ่งหากทำข้าวแต๋นแผ่นใหญ่จะสามารถทำได้คราวละ 1 แผ่น กระบวนการดังกล่าวใช้เวลามาก โดยมีเวลาเฉลี่ยในการกดข้าวลงแบบพิมพ์ประมาณ 50 วินาทีต่อ 1 ชิ้น ทั้งนี้ความเร็วในการกดข้าวลงบนแบบพิมพ์ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ปฏิบัติด้วย

การนำเครื่องจักรกลเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมอาหาร มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องแพร่หลาย ทั้งในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติหรืออัตโนมัติ โดยปัจจุบันการพัฒนาเครื่องจักรกลที่สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติได้ถูกนำเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตทั้งในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก ทั้งนี้เพื่ออำนวย

ความสะดวกและลดขั้นตอนการผลิตลง ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและอุตสาหกรรมในครัวเรือนก็ได้เริ่มมีการนำเครื่องจักรกลอัตโนมัติเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อลดการใช้แรงงานคนซึ่งถือว่าเป็นปัญหาหลักในกระบวนการผลิต โดยที่ผ่านมานั้นการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นแบบอัตโนมัติเป็นการใช้เทคโนโลยีทางด้านเครื่องกล โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับและระบบเฟืองในการทำงาน (บุญทัน ศรีบุญเรือง, 2548) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนั้นจะมีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง ในปัจจุบันนิยมนำระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต (สมชาย เบียนสูงเนิน, 2552) เช่น การออกแบบเครื่องหยอดขนมครกอัตโนมัติควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร, 2556) การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยหอมแดง (บัญญัติ นิยมวาส, 2560) และ การออกแบบและสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ (จักรนรินทร์ ฉัตรทอง, วรพงศ์ บุญช่วยแทน และรอมฎอน บูระพา, 2554) เป็นต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต อีกทั้งเพื่อลดขั้นตอนการพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นโดยใช้แรงงานคน สามารถใช้งานได้ง่ายและลดเวลาในกระบวนการผลิตข้าวแต๋นลงจากเดิม

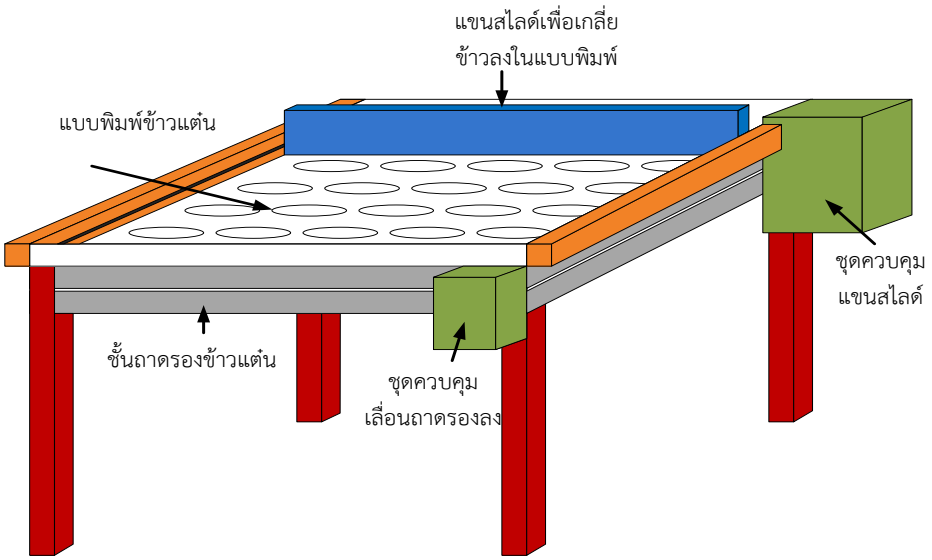
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตข้าวแต๋น

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นแบบเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

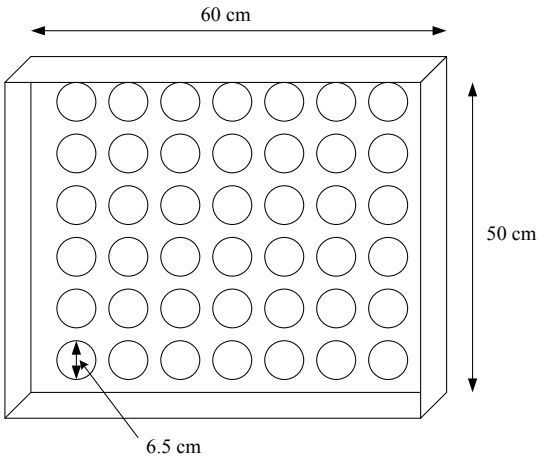
ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปได้เลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เป็นวัสดุในการสร้างแบบของเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยโครงสร้างของเครื่องถูกออกแบบในรูปแบบโต๊ะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งประกอบไปด้วย



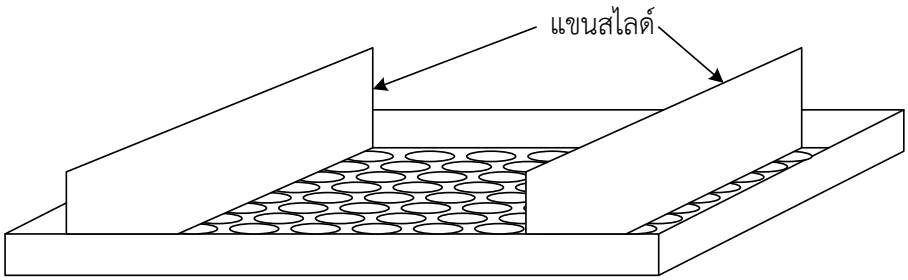
ภาพที่ 1 โครงสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปที่พัฒนาขึ้น

แบบพิมพ์ข้าวแต๋นถูกออกแบบให้เป็นช่องวงกลมตามขนาดของข้าวแต๋น การสร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิมมีขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร และความยาว 60 เซนติเมตร โดยแบบพิมพ์เป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร ความลึกเท่ากับ 5 มิลลิเมตร มีจำนวนแบบพิมพ์รูปวงกลม จำนวน 42 วง ดังแสดงในภาพที่ 2

แขนสไลด์ในการทำงานของเครื่อง เมื่อเทข้าวที่จะทำแบบขึ้นรูปข้าวแต๋นบนแบบพิมพ์แล้ว แขนสไลด์จะทำหน้าที่ในการปาดข้าวให้ตกลงในแบบพิมพ์จนเต็มโดยแขนสไลด์ จำนวน 2 แขน จะทำหน้าที่ในการปาดข้าวไป-กลับ โดยแต่ละแขนจะใช้มอเตอร์เตอร์ชนิดสเตปปิ้งมอเตอร์ จำนวน 1 ตัว ในการควบคุมการเคลื่อนที่ไป-กลับ ดังนั้นในส่วนนี้จะใช้มอเตอร์จำนวน 2 ตัว ดังแสดงรูปแบบโครงสร้างดังภาพที่ 3

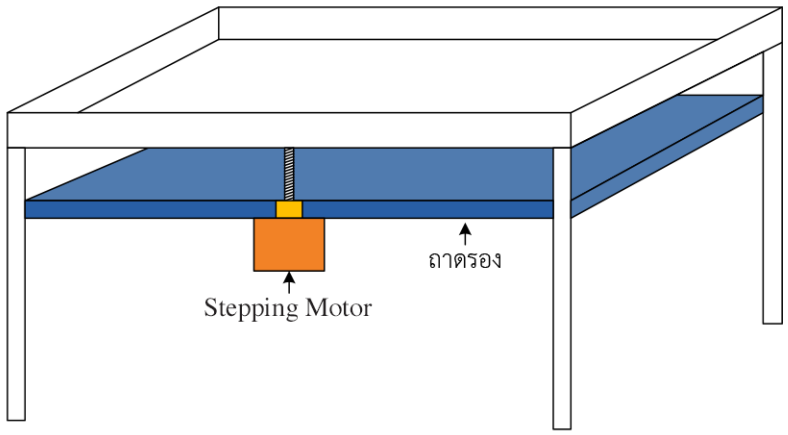


ภาพที่ 2 รูปแบบพิมพ์ข้าวแต๋น



ภาพที่ 3 รูปแบบโครงสร้างแขนสไลด์

ถาดรองจะทำหน้าที่ในการรองถาดสำหรับข้าวแต๋นที่พิมพ์เสร็จแล้ว โดยถาดดังกล่าวจะทำการเลื่อนขึ้นลงอัตโนมัติ โดยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สั่งการให้สเตปปิ้งมอเตอร์ที่ควบคุมการเลื่อนถาดรอง ให้เลื่อนลงมาเพื่อให้ทำการนำถาดรองข้าวแต๋น ที่ได้จากกระบวนพิมพ์แล้วถูกนำออกไปตากแดดต่อไป และเลื่อนขึ้นเมื่อทำการกดสวิตซ์เริ่มทำงานอีกครั้ง โดยแสดงรูปแบบโครงสร้างดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ถาดรอง

จากโครงสร้างในแต่ละส่วนดังที่ได้อธิบายขั้นต้น ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นต้นแบบ

วิธีการทดสอบ

ในการพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นนั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายละเอียดและข้อมูลที่สำคัญ จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในการผลิตข้าวแต๋นของกลุ่มผู้ผลิตข้าวแต๋น เทศบาลตำบลจันจว้า อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ต่อจากนั้นได้ทำการพัฒนาเครื่องและทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋น ณ ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมอัตโนมัติ โปรแกรมวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยมีตัวแทนกลุ่มผลิตข้าวแต๋นคอยให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในขั้นตอนการพัฒนาและทดสอบเครื่อง เพื่อให้ได้เครื่องที่ตรงตามความต้องการของกลุ่ม

ในการทดลองเพื่อหาจำนวนครั้งของการกวาดไป-กลับ เพื่อทำให้ข้าวลงในแบบพิมพ์พอดี ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยแบ่งการกวาดไป-กลับ 1-6 รอบ โดยทำการทดลองจำนวน 30 ครั้ง โดยการกำหนดความเร็วในการกวาดไปกลับเท่ากัน จับเวลาทำงานและคำนวณร้อยละความเสียหายของแผ่นข้าวแต๋นที่ผลิตได้ จากนั้นทำการทดสอบโดยแบ่งความเร็วในการกวาดไป-กลับออกเป็น 7 ระดับ โดยในแต่ละระดับทำการทดลองจำนวน 30 ครั้ง และคำนวณร้อยละความเสียหายของแผ่นข้าวแต๋นที่ผลิตได้ ซึ่งการคำนวณร้อยละความเสียหายของแผ่นข้าวแต๋นหาได้ดังสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละความเสียหายของแผ่นข้าวแต๋น} = \frac{\text{จำนวนข้าวแต๋นที่เสียหาย}}{42} \quad 1$$

ผลและการอภิปรายผล

ผลการทดสอบจำนวนครั้งในการกวาดข้าวลงในแบบพิมพ์ที่พัฒนาขึ้น

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าเมื่อทำการทดลองให้การกวาดข้าวไป-กลับ จำนวน 4 และ 5 รอบ ข้าวจะถูกกวาดลงบนแบบพิมพ์ได้ครบทุกช่องและได้รูปแบบของข้าวแต๋นดีที่สุด ผู้วิจัยได้เลือกจำนวนรอบการกวาด 4 รอบ เนื่องจากใช้เวลาเพียง 1.40 วินาที ส่วนจำนวนรอบการกวาด 5 รอบ จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 2.05 วินาที โดยที่ให้ผลการทำงานที่ใกล้เคียงกันแต่จะใช้เวลามากขึ้นและพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรอบการกวาดเป็น 6 รอบ ข้าวที่อยู่ในแบบพิมพ์จะเริ่มติดกับใบกวาดและหลุดออกจากแบบพิมพ์ ทำให้ข้าวแต๋นที่ได้เกิดความเสียหาย

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการกำหนดจำนวนรอบในการกวาดข้าวลงในแบบพิมพ์

จำนวนรอบ	เวลา (นาที)	จำนวนที่เสียหาย (ชิ้น)	ร้อยละที่เสียหาย (%)
1	0.35	36	85.71
2	0.55	17	40.47
3	1.05	11	26.19
4	1.40	2	4.76
5	2.05	3	7.14
6	2.40	15	35.71

ผลการทดสอบความเร็วในการกวาดข้าวลงในแบบพิมพ์ที่พัฒนาขึ้น

กำหนดจำนวนรอบในการกวาดเป็น 4 รอบ ตามผลการทดลองจำนวนครั้งในการกวาดที่เหมาะสม เมื่อแปรค่าความเร็วออกเป็น 7 ระดับ ทดลองความเร็วในการกวาดไป–กลับ ในแต่ละระดับความเร็วจำนวน 30 ครั้ง ผลการทดลองดังตารางที่ 2 พบว่าการกำหนดความเร็วในการกวาดข้าวลงบนแบบพิมพ์ในระดับที่ 5 ทำให้ข้าวแต๋นที่ได้จากการพิมพ์เสียหายน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละการเสียหายเท่ากับ 4.76% ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ข้าวแต๋นที่ได้จากเครื่องพิมพ์

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการกำหนดความเร็วออกเป็น 7 ระดับ ในการกวาดข้าวลงในแบบพิมพ์

ระดับความเร็ว	เวลารวม(นาที)	จำนวนที่เสียหาย	ร้อยละที่เสียหาย
1	3	40	95.23
2	2.40	32	76.19
3	2.20	17	40.47
4	2	2	4.76
5	1.40	10	23.80
6	1.20	20	47.61
7	1	40	95.23

สรุปผล

ในงานวิจัยการพัฒนาเครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋น คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้เครื่องพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นมีการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้มอเตอร์ชนิดสเต๊ปปิ้งในการควบคุมแขนปาดข้าว เมื่อเทข้าวที่ทำการผสมส่วนผสมเรียบร้อยแล้วลงบนเครื่อง เครื่องจะทำการปาดข้าวลงบนแบบพิมพ์ไปกลับอย่างอัตโนมัติจำนวน 4 รอบ จากนั้นเครื่องจะทำการเลื่อนถาดรองข้าวแต๋นที่พิมพ์ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วลงมาอัตโนมัติ ผู้ผลิตสามารถดึงถาดพิมพ์เพื่อนำข้าวที่ได้ไปตากแดดต่อไป โดยใช้เวลาในการพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นต่อรอบ

การทำงานเฉลี่ย 1.40 นาที โดยแม่พิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นสามารถขึ้นรูปได้ จำนวน 42 ชิ้นต่อรอบ โดยใช้เวลาลดลงจากเดิมที่กลุ่มผู้ผลิตข้าวแต๋นทำการพิมพ์ขึ้นรูปข้าวแต๋นด้วยแรงงานคนซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยโดยประมาณ 50 วินาทีต่อ 1 ชิ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยพัฒนาจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

ศรีบุญเรือง,บุญทัน. (2548). *การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ.* รายงานวิจัยภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. กรุงเทพฯ.

เบียนสูงเนิน, สมชาย (2552). *สร้างและพัฒนาอุปกรณ์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:อีทีที. 2552.

ศุภบวรเสถียร, ไวยพจน์. (2556). เครื่องหยอดขนมครกอัตโนมัติควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. ประเทศไทย.

นิยมวาส, บัญญัติ. (2560). “การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยหอมแดง” การประชุมวิชาการรสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10. ประเทศไทย.

ฉัตรทอง, จักรนรินทร์ บุญช่วยแทน, วรพงศ์ และ บูระพา, รอมฎอน. (2554). การออกแบบและสร้างเครื่องซอยชิงแบบกึ่งอัตโนมัติ.รายงานการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554, 1039-1045. จังหวัดชลบุรี.

คณะผู้เขียน/ ผู้เขียน

อาจารย์ ดร.ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: pumipong5325@gmail.com

อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: idt_thanawutth.cru@gmail.com

อาจารย์ ดร.กฤตกรณ์ ศรีวันนา
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: kittakorn.sri@gmail.com

อาจารย์ ดร.รุ่งโรจน์ สุขใจมุข
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: rungrot.sukjaimiuk@gmail.com
อาจารย์ ภานุพันธ์ จิตคำ
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: nuke_xp@gmail.com

การออกแบบและพัฒนาชุดการทดลอง เรื่อง การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อ โดยใช้ Arduino
Design and Development of Sound Resonance Experimental Set Using a Pipe and an Arduino

ขนิษฐา จออนันต์[1,*] และ กาญนภา กาญจนชาติ[1]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Khanittha Joanun[1,*] and Kannapa Kanjanachat[1]
[1]Faculty of Science and Technology Suan Dusit University

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดการทดลอง เรื่อง การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อโดยใช้ Arduino โดยชุดการทดลองดังกล่าวนี้ใช้ท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ยาว 1 เมตร เป็นท่อปลายปิด สามารถปรับความยาวท่อได้โดยการเลื่อนระยะลูกสูบที่อยู่ภายในท่อ และใช้สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชั่น Function Generator เชื่อมต่อผ่านลำโพงบลูทูธ เป็นแหล่งกำเนิดเสียง โดยปล่อยความถี่เสียงตั้งแต่ 400 500 และ 600 เฮิรตซ์ และใช้ Arduino เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก เป็นเครื่องวัดค่าระยะ (x) เพื่อใช้คำนวณหาอัตราเร็วของเสียง จากผลการทดลองพบว่าค่าอัตราเร็วเสียงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎี โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง 2.33 และ 6.90 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การสั่นพ้อง คลื่นเสียง Arduino

Abstract

The purpose of this research is to design and development of an experimental sound resonating set basically consisting of a pipe and Arduino. The core experimental setup is composed of a 1 meter long PVC pipe with a closed end pipe whose length can be adjusted by a piston within it. A smartphone application generates frequencies of 400, 500 and 600 Hz. The output of that sound source can be heard through a loudspeaker connected via Bluetooth. The sound velocity can be calculated by means of a distance measurement performed by the Arduino. The results show that the speed of sound is close to that predicted by theory. The deviations of the actual measurements from the theoretically expected values are between 2.33 and 6.90%.

Keywords: Resonance, Sound Wave, Arduino

* **ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
e-mail: khanittha_j-j@hotmail.com

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาธรรมชาติของสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานของการสังเกต การทดลอง การคำนวณและการวัดหาปริมาณต่าง ๆ ที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ ของผู้เรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่มีลักษณะที่เน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลาง มุ่งเน้นให้ผู้เรียนจดจำ คำนวณมากกว่าลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ (สุระ, 2547: 20-23) เมื่อพิจารณาจากค่าสถิติพื้นฐานการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ในปีการศึกษา 2561 มีผู้เข้าสอบจำนวน 94,333 คน พบว่าในรายวิชาฟิสิกส์มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 26.95 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานขั้นต่ำ คือ ร้อยละ 50 และมีคะแนนต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 0.00 (สถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) อาจเป็นผลมาจากผู้เรียนยังไม่เข้าใจในเนื้อหา หลักการและไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยเฉพาะการคำนวณโจทย์ปัญหาต่าง ๆ

ปัญหาหลักในการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ เป็นผลมาจากเนื้อหาวิชาที่เป็นนามธรรมจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ (อรพินท์, 2549) ต้องอาศัยจินตนาการและประสบการณ์ของตนเอง ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนย่อมมีจินตนาการและประสบการณ์ที่ต่างกันจึงส่งผลให้การเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมาย โดยเฉพาะในเรื่องของคลื่นเสียง เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาผู้สอนควรจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและสามารถลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเองโดยการใช้ชุดการทดลอง ซึ่งเป็นสื่อที่พัฒนาความรู้ ทักษะและประสบการณ์ให้ผู้เรียนเป็นอย่างดี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในไทยและต่างประเทศ เรื่อง การสั่นพ้องของคลื่นเสียง มีหลายวิธีที่ศึกษาเกี่ยวกับการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อ เช่น วิธีของปรีณาพรรณ พิมพ์พิศาล และกัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล (2557) ได้สร้างชุดการทดลองหาค่าอัตราเร็วในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ใช้วิธีการเรโซแนนซ์ในแท่งโลหะยาว วิธีของธวัชชัย นาคช่วย (2561) ได้นำเสนอชุดการทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ โดยใช้แอปพลิเคชั่น Phyphox เป็นแหล่งกำเนิดเสียงและใช้แอปพลิเคชั่น Oscilloscope ตรวจจับระดับความเข้มเสียงในการทดลอง วิธีของวันธนา ศิลปวิลาวัลย์ (2552) ได้สร้างชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่น ในเรื่องคลื่นเสียงทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ การแทรกสอด การสั่นพ้องในท่อปลายเปิด-ปลายปิด และการเกิดบีตส์ และได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับกับ Arduino ในเรื่องของเสียง โดย Intan Nurjannah และคณะ (2017) ได้ทำการทดลองและสร้างเครื่องมือวัดความเข้มของเสียงขึ้นมาโดยใช้ Arduino ร่วมกับเซนเซอร์เสียง (KY-037) ซึ่งสามารถใช้ตรวจจับเสียงในความไวสูงและแสดงผลค่าความเข้มเสียงที่วัดได้ผ่านหน้าจอแสดงผล (LCD)

จากประเด็นที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองเรื่องการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อโดยใช้ Arduino โดยมีการประยุกต์ใช้ชุดการทดลองร่วมกับ Arduino ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีขนาดเล็กใช้งานง่าย ราคาถูก และสามารถเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์เสียง เซนเซอร์วัดระยะ ที่สามารถวัดค่า คำนวณหรือควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง สะดวก รวดเร็วและแม่นยำเข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างชุดทดลอง และใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่เปลี่ยนเนื้อหาจากนามธรรมเป็นรูปธรรม เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพ จับต้องได้ และเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง คลื่นเสียง ของผู้เรียนให้สูงขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์

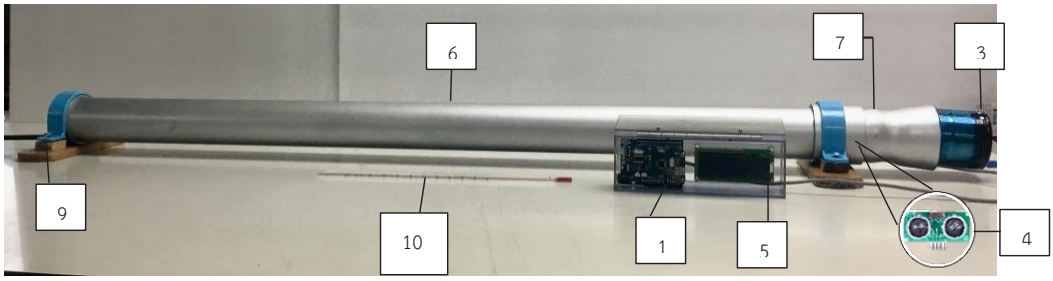
1. เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการสั่นพ้องของคลื่นเสียงภายในท่อโดยใช้ Arduino
2. เพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในท่อ

วิธีการวิจัย

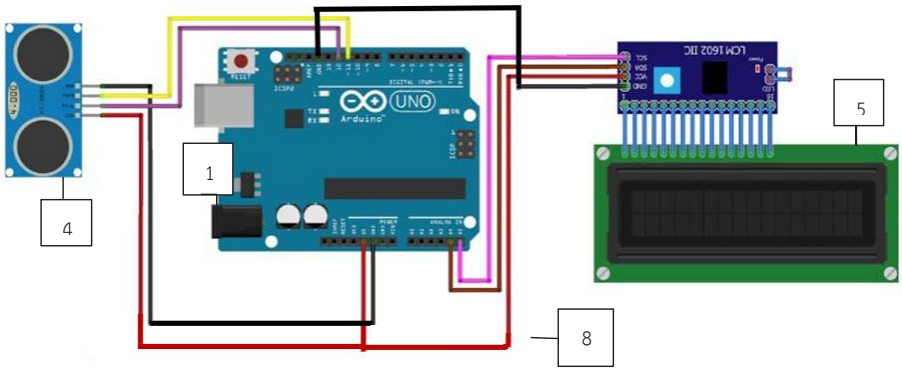
ในบทความนี้ได้ออกแบบและพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อโดยใช้ Arduino ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ ปล่อยความถี่จากแอปพลิเคชันให้เกิดการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อปลายปิด หลังจากนั้นใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกวัดหาระยะ แล้วนำมาคำนวณความยาวคลื่น เพื่อหาค่าอัตราเร็วของคลื่นเสียงที่มีความยาวท่อที่ต่างกัน โดยมีวิธีการดำเนินวิจัย ดังต่อไปนี้

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. บอร์ด Arduino Uno-R3
2. สมาร์ทโฟนระบบ IOS รุ่น IPhone 6s ที่ติดตั้ง Function Generator Application
3. ลำโพงบลูทูธ (Model: WS-887)
4. เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะทาง US-100 (Ultrasonic Sensor Module)
5. จอแสดงผล LCD (Blue Screen) ขนาด 16×2
6. ท่อ PVC ยาว 1 เมตร ขนาด 2 นิ้ว
7. ข้อต่อท่อ PVC ขนาด 2.5 นิ้ว
8. สายจั๊ม (Jump Wire)
9. ลูกสูบ
10. เทอร์โมมิเตอร์



ภาพที่ 1 ชุดการทดลอง เรื่อง การสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อโดยใช้ Arduino



ภาพที่ 2 การติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับระยะทางและจอแสดงผล LCD ร่วมกับ Arduino

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ โดยนำท่อ PVC มาประกอบเข้าด้วยกัน จากนั้นติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับระยะทางและลำโพงบลูทูธ ที่ตำแหน่งปากท่อ PVC

2. ติดตั้ง Arduino เข้ากับอุปกรณ์ ดังภาพที่ 2 และติดตั้ง Function Generator Application ในสมาร์ตโฟน

3. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิห้อง เพื่อคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในอากาศจากความสมการ $v = 331 + 0.6t$

4. ปล่อยความถี่จาก Function Generator Application ที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์

5. เลื่อนลูกสูบมาที่ระยะ 0 เซนติเมตร แล้วค่อย ๆ เลื่อนลูกสูบออกช้า ๆ จนกระทั่งได้ยินเสียงดังที่สุดที่ระดับหูได้ยิน แล้วอ่านค่าระยะทางระหว่างลูกสูบและปากท่อ ที่แสดงผลทางจอ LCD บันทึกเป็นค่า หลังจากนั้นก็ค่อย ๆ เลื่อนลูกสูบออกช้า ๆ จนกระทั่งได้ยินเสียงดังครั้งที่ 2 บันทึกเป็นค่า $\mathbf{X}_2$

6. คำนวณค่าความยาวคลื่นเสียง (λ) จากการสมการ $\lambda = 2 (\mathbf{X}_2 - \mathbf{X}_1)$

7. คำนวณหาอัตราเร็วเสียงในท่อจากสมการ $v = f \lambda$

8. ทำการทดลองซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 4-8 โดยเปลี่ยนความถี่เป็น 500 และ 600 เฮิรตซ์ ตามลำดับ และคำนวณหาค่าอัตราเร็วของคลื่นเสียงพร้อมทั้งศึกษาลักษณะของคลื่นเสียงในท่อ

ผลการวิจัย

การทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในท่อโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียงโดยปล่อยความถี่ 400 500 และ 600 เฮิรตซ์ ผลการทดลองสามารถสรุป ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งของลูกสูบขณะเกิดเสียงดังครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ที่ได้จากการทดลอง

ความถี่ (เฮิรตซ์)	ครั้งที่	ตำแหน่งของลูกสูบขณะเกิดเสียงดัง (เมตร)	
		X_1	X_2
400	ครั้งที่ 1	0.31	0.74
	ครั้งที่ 2	0.35	0.80
	ครั้งที่ 3	0.32	0.77
	เฉลี่ย	**0.33**	**0.77**
500	ครั้งที่ 1	0.21	0.53
	ครั้งที่ 2	0.23	0.56
	ครั้งที่ 3	0.25	0.55
	เฉลี่ย	**0.22**	**0.55**
600	ครั้งที่ 1	0.12	0.46
	ครั้งที่ 2	0.11	0.46
	ครั้งที่ 3	0.12	0.47
	เฉลี่ย	**0.12**	**0.46**

ตารางที่ 2 อัตราเร็วเสียงในท่อและความยาวคลื่นที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี

ความถี่ (f) (เฮิรตซ์)	ตำแหน่งของลูกสูบขณะเกิดเสียงดัง		ความยาวคลื่น (λ) (เมตร)		อัตราเร็วเสียงในท่อ (เมตร/วินาที)		ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
	x_1	x_2	ทดลอง	ทฤษฎี	ทดลอง	ทฤษฎี	
400	0.33	0.77	0.88	0.86	352	344	2.33
500	0.22	0.55	0.66	0.70	330	350	5.71
600	0.12	0.46	0.68	0.58	372	348	6.90

จากตารางที่ 2 จะพบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความยาวคลื่นลดลง ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ทฤษฎีอัตราเร็วของเสียง โดยสามารถคำนวณหาอัตราเร็วของเสียง โดยใช้สมการ $v = f\lambda$ โดยค่าอัตราเร็วของเสียงในท่อที่ได้จากการทดลองปล่อยความถี่ที่ 400 500 และ 600 เฮิรตซ์ จะมีค่าเท่ากับ 352 330 และ 348 เมตร/วินาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อค่าอัตราเร็วของเสียงที่ได้จากการทดลองไปเทียบกับค่าอัตราเร็วของเสียงที่ได้จากทฤษฎี พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.33 5.71 และ 6.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปผลวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการสร้างชุดทดลองการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในท่อ โดยใช้ Arduino เป็นเครื่องวัด และนำชุดทดลองที่สร้างมาทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในท่อที่มีแหล่งกำเนิดความถี่จากแอพลิเคชั่นบนสมาร์ตโฟน โดยปล่อยความถี่ที่ 400 500 และ 600 เฮิรตซ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีแล้ว ที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุด คือ 2.33 เปอร์เซ็นต์ และที่ความถี่ 600 เฮิรตซ์ มีค่าความคลาดเคลื่อนมากสุด คือ 6.90 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งชุดการทดลองมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน สามารถถอดและประกอบได้ ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน ต้นทุนการผลิตต่ำ รวมไปถึงการอ่านค่าแบบดิจิทัล ไม่ต้องอ่านสเกลจากอุปกรณ์ เช่น สายวัด ในการวัดระยะทาง และไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน อีกทั้งยังเป็นการแสดงผลแบบเรียลไทม์ สามารถเปลี่ยนแปลงความถี่ของเสียงกำทอนและระยะได้ทันที จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการหาค่าอัตราเร็วเสียงในท่อและยังสามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้ชุดทดลอง ควรจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มี ลักษณะที่ปิด เพราะทำให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนที่น้อยลง ไม่ควรจัดการเรียนการสอนในที่โล่งแจ้ง เพราะจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจากคลื่นเสียงต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับชุดทดลอง เพื่อให้ชุดทดลองมีความถูกต้องมากที่สุด ผู้วิจัยควรตั้งชุดทดลองให้ถูกต้องและแข็งแรง

References

กฤษณา กฤษณกาฬ, ณัฐกมล คำมา, และอุดมศักดิ์ กิจทวี. (2018). *การออกแบบและสร้างชุดการทดลองการแทรกสอดของเสียงภายในท่อร่วมกับแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนเพื่อใช้ในการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

ธวัชชัย นาคช่วย. (2561). การพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟน และท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC). *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ,* 21(3), 183-190.

ปรีณาพรรณ พิมพ์พิศาล และกัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล. (2557). การสร้างชุดทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,* 1(6), 34-39.

วันธนา ศิลปวิลาวัณย์. (2552). *ชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่นเสียง.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). ผลการจัดสอบ 9 วิชาสามัญ. เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม. เข้าถึงได้จาก www.niets.or.th/indec.html

สุระ วุฒิพรหม. (2547). ทางเลือกใหม่ของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ฟิสิกส์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง. *วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี,* 32, 20-23.

อรพินท์ ชื่นชอบ. (2549). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทาง ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมการแก้ปัญหา ตามเทคนิคของโพลยา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).

Intan Nurjannah at all. (2017). Sound Intensity Measuring Instrument Based on Arduino Board with Data Logger System. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS),* 4(9), 27-35.

คณะผู้เขียน/ ผู้เขียน

นางสาวขนิษฐา จออนันต์

หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพ 10700

e-mail: khanittha_j-j@hotmail.com

นางสาวกาญนภา กาญจนชาติ

หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพ 10700

e-mail: kannapamay50@gmail.com

การออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของมวลติดสปริงด้วย Arduino

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SIMPLE HARMONIC MOTION EXPERIMENTAL SET WITH ARDUINO

สาธิรัช สะสม[1,*] และเมทิตา จุปะมะโท[2]

[1]หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 10700

Sathirat Sasom[1,*] and Methita Jupmato[2]

[1]Physics Education Program, Faculty of science and Technology Suan Dusit University 10700

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริงด้วย Arduino มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาค่าคงที่ของสปริงติดมวล และความสัมพันธ์ระหว่างมวลและค่าคงที่ของสปริงติดมวล และคาบการเคลื่อนที่ของสปริง 2) พัฒนาสื่อการสอนทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง โดยใช้ Arduino ผลการทดลองทำโดยการแขวนมวลติดสปริง 100, 200, 250 และ 300 กรัม ตามลำดับ หาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino พบว่าคาบที่ได้จากการวัดโดยใช้ Arduino มีค่าเท่ากับ 4.29, 2.14, 1.50 และ 1.25 วินาที ตามลำดับ และค่าคงที่ของสปริงมีค่า 0.45 นิวตัน/เมตร และการหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุคโดยการแขวนมวลติดสปริง 100, 150, 200, 250 และ 300 กรัม พบว่าระยะยืดที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.56, 4.00, 6.26, 8.53 และ 10.83 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าคงที่ของสปริงมีค่าเท่ากับ 0.46 นิวตัน/เมตร จากการทดลองหาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino และ การหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค พบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2%

คำสำคัญ: การเคลื่อนที ฮาร์มอนิก Arudino

Abstract

This research article deals with design and development of a simple harmonic motion experimental set with Arduino. The objectives are: 1) study the value of the spring-constant, the relationship between mass and spring-constant and the period of motion. 2) develop teaching experimental set for simple harmonic motion of spring-masses using Arduino. The experiment

*** ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
e-mail: creamstrss@gmail.com

was done by hanging a spring-loaded mass of 100, 200, 250 and 300 g. respectively. to find the spring constant using Arduino. It was found that the period from the measurement using Arduino was 4.29 2.14 1.50 and 1.25 seconds respectively. The spring-constant is 0.45 newton/meter and the spring constant from Hooke's law by hanging a spring-loaded mass of 150, 150, 200, 250 and 300 g. was found that the length of the spring was 1.56 4.00 6.26 8.53 and 10.83 cm. respectively and the spring constant was equal to 0.46 Newton / meter. From the experiment to find the constant value of the spring using Arduino and Hooke's law found that error not exceeding 2%.

บทนำ

จากการศึกษาสถิติ ผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นสามัญ (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทดสอบโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ปีการศึกษา 2558, 2559 และ 2560 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งประเทศอยู่ที่ร้อยละ 33.40 และ 31.62 และ 29.37 ตามลำดับ และจากการทดสอบ 1 ในวิชา 9 วิชาสามัญ วิชาฟิสิกส์ ปีการศึกษา 2558, 2559 และ 2560 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของเด็กทั้งประเทศอยู่ที่ 26.73, 22.90 และ 29.44 ตามลำดับ จากสถิติเห็นได้ว่าผลการทดสอบนักเรียนมีแนวโน้มที่ลดลง และต่ำกว่ามาตรฐานขั้นต่ำคือร้อยละ 50 จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ ในไทยยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร อีกทั้งจากการศึกษาผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจำนวนมาก ในเนื้อหา เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple Harmonic Motion, SHM) ของมวลติดสปริง เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่มีปัญหาในการจัดการเรียนการสอนอาจเป็นผลมาจากเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจและขาดแคลนเครื่องมือ อุปกรณ์ ชุดสาธิต หรือชุดทดลองต่าง ๆ เนื่องจากเครื่องมือ อุปกรณ์ ชุดสาธิตหรือชุดทดลองที่นำมาใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ มีราคาค่อนข้างแพง สถานศึกษาต่าง ๆ มีงบประมาณจำนวนจำกัดทำให้ไม่สามารถจัดซื้อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้เรียน (ศุภกร กตาธิการกุลม และคณะ, 2556)

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดการการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง เช่น งานวิจัยของคุณ Amrani, D & Paradis, P. และของคุณ Musik, P. ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ computer-based data ที่สามารถแปลงเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผ่าน ซอฟแวร์ประยุกต์ที่พัฒนาตามคุณลักษณะของงานวิจัยทดลองนั้น ๆ เช่น LabVIEW, Math lab ข้อมูลที่ได้ จะสามารถเก็บไว้ในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ งานวิจัยของคุณ Tong-on, A., Saphet, P.& Thepnurat, M. ศึกษาและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายบน LabVIEW ร่วมกับ Arduino

จากการศึกษาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง ร่วมกับ Arduino เพื่อเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งให้ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสอน ซึ่ง Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แพลทฟอร์มหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก อันเนื่องจากการใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนมีต้นทุนต่ำ ลดปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์การทดลอง สามารถออกแบบและควบคุมการทำงานของ Arduino ได้ตามต้องการ โดยในบทความนี้ Arduino ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของมวลติดสปริง เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นลักษณะการเคลื่อนที่และความสัมพันธ์ของคาบ และหาค่าคงที่ของสปริง มาใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาค่าคงที่ของสปริงติดมวล โดยใช้ Arduino เปรียบเทียบกับ ค่าคงที่ของสปริงติดมวล จากกฎของฮุค
2. พัฒนาสื่อการสอนทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง โดยใช้ Arduino

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ออกแบบและพัฒนาชุดการทดลอง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง หาค่าคงที่ของสปริงติดมวล โดยใช้ Arduino โดยมีลำดับขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

1. ขอบเขตของการทำวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนห้วยแถลงพิทยาคม อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 120 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนห้วยแถลงพิทยาคม แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 10 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ห้อง เพื่อจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง หาค่าคงที่ของสปริงติดมวล โดยใช้ Arduino ที่ได้มาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง หาค่าคงที่ของสปริงติดมวล โดยใช้ Arduino

2.1 การสร้างและการวิเคราะห์หาคุณภาพชุดการทดลองดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

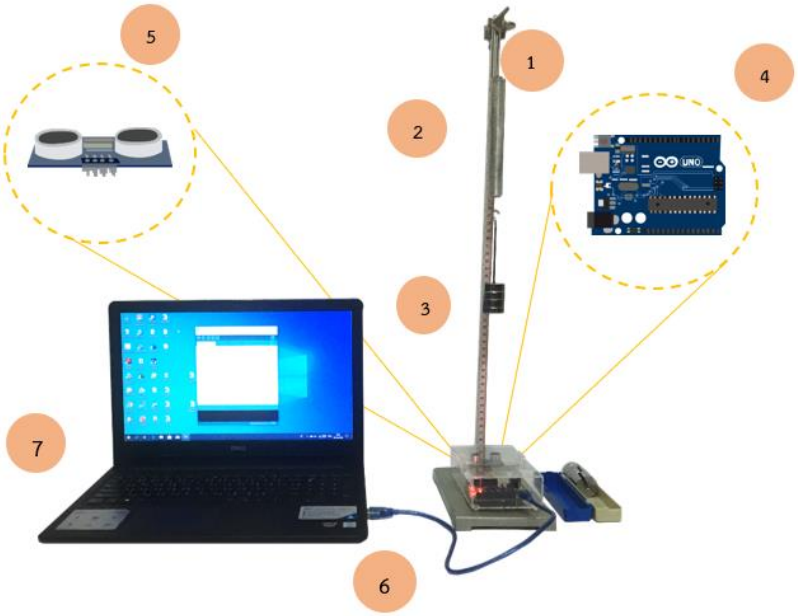
2.1.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง

2.1.2 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Arduino และศึกษาหลักการและวิธีการใช้งาน Arduino เบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้และจัดทำชุดการทดลอง

2.1.3 สร้างชุดการทดลอง หาค่าคงที่ของสปริงติดมวล โดยใช้ Arduino

2.1.3.1 อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง

1. ขาตั้ง
2. สปริง
3. มวลถ่วงขนาด 100 กรัม, 150 กรัม, 200 กรัม, 250 กรัม, 300 g
4. Arduino รุ่น Uno R3
5. Ultrasonic รุ่น Y401
6. สาย USB
7. Note book



ภาพที่ 1 ชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริงโดยใช้ Arudino

2.1.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองแบบออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 หาค่าคงที่ของสปริงติดมวลจาก ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง ร่วมกับ Arduino

1. เตรียมชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง ต่อกับ Arduino เปิดโปรแกรม Arduino IDE (โปรแกรมวัดการเคลื่อนที่ของสปริง)

2. วางมวล 100 กรัม บนตะขอแขวน จับวัตถุยืด 3 เซนติเมตร แล้วปล่อยมวลที่แขวนปลายสปริง Ultrasonic ตรวจจับมวลที่สั่นเป็นคาบในแนวดิ่ง สังเกตดูการสั่น โดยโปรแกรมทดลอง Arduino ทำการประมวลผลผลลัพธ์ตามลำดับ นำค่าที่ได้จาก Arduino บันทึกผลการทดลอง

3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเพิ่มมวลที่ตะขอแขวนให้เป็น 200 กรัม, 250 กรัม และ 300 กรัม, สังเกตและบันทึกผลการทดลองที่ได้จาก Arduino

4. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบของการสั่น (T) กับมวลแขวน (m)

5. คำนวณค่านิจ (k) ของสปริงจากความชันของกราฟ โดยใช้สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

ตอนที่ 2 หาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค

1. ติดไม้บรรทัดกับขาตั้ง โดยให้ไม้บรรทัดอยู่ในแนวดิ่งและแขวนลวดสปริงในแนวดิ่งให้ ขนานกับไม้บรรทัด

2. วางมวล 100 กรัม บนตะขอแขวน สังเกตและบันทึกระยะยืดของสปริง

3. เปลี่ยนมวลบนตะขอแขวนเป็น 150, 200, 250, 300 กรัม ตามลำดับ สังเกตและบันทึกระยะยืดของสปริง

4. คำนวณค่านิจ (k) ของสปริงจากความชันของกราฟ

2.1.5 ปรับปรุงแก้ไขชุดการทดลองตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

2.1.6 นำชุดการทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนห้วยแถลงพิทยาคม แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 10 คน เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของชุดการทดลอง แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงข้องผิดพลาด ในครั้งที่ 2

ผลการวิจัย

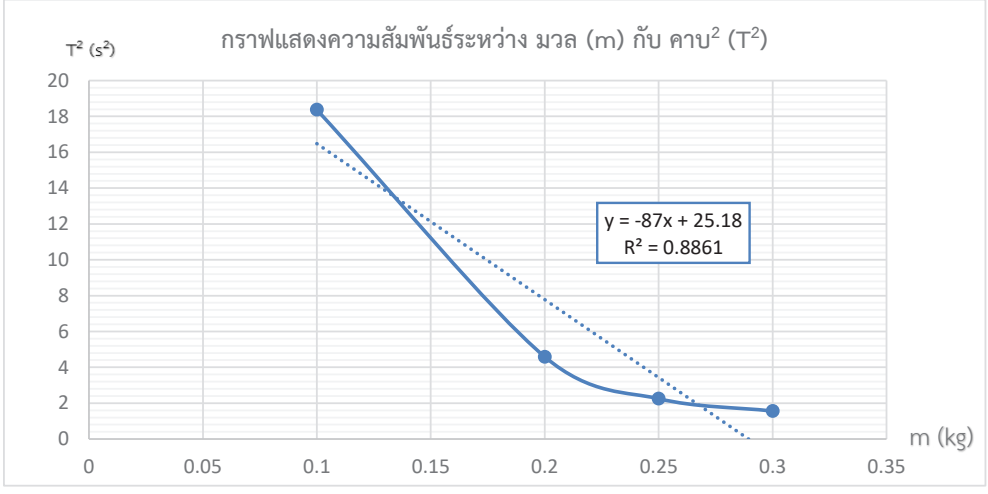
ในการทดลองหาค่าคงที่ของสปริง แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้ผลการทดลองดังนี้

ตอนที่ 1 หาค่าคงที่ของสปริงติดมวลจาก ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง ร่วมกับ Arduino

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการวัดโดย Arduino

มวล (kg)	คาบ(T)ที่ Arduino เมื่อครบ 30 วินาที	คาบ (s)	คาบ^2 (s^2)
0.10	7	4.29	18.37
0.20	14	2.14	4.59
0.30	20	1.50	2.25
0.40	24	1.25	1.56

จากตารางที่ 1 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มาล (m) กับ คาบ^2 (T^2) ได้ดังภาพ



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มวล (m) กับ คาบ^2 (T^2)

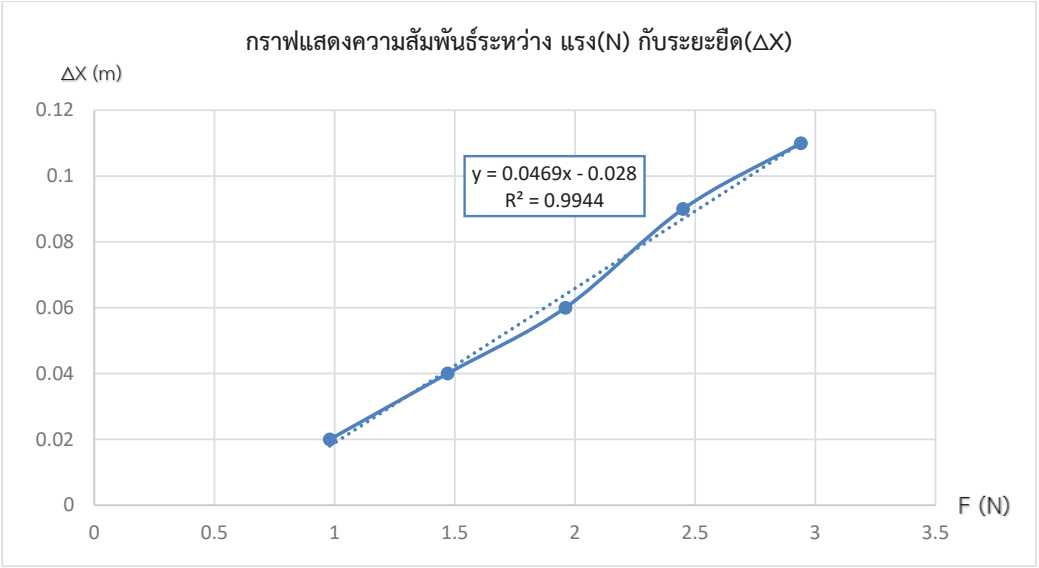
จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะได้ค่า คาบ^2 เท่ากับ 18.37 4.59 2.25 1.56 s2 ตามลำดับ และเมื่อนำค่า มวล และค่าคาบ2 มาเขียนกราฟจะได้ค่าความชันเท่ากับ 87 เมื่อนำค่าความชันที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าคงที่ของสปริงจากสมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ สามารถหาค่าค่าคงที่ของสปริงได้ เท่ากับ 0.45 นิวตัน/เมตร

ตอนที่ 2 หาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการวัดโดยกฎของฮุค

มวล (kg)	แรง F=mg(N)	ระยะยืด Δx (x_1-x_0) (m)			Δx เฉลี่ย (m)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.10	0.98	0.02	0.02	0.02	0.02
0.15	1.47	0.04	0.04	0.04	0.04
0.20	1.96	0.06	0.06	0.06	0.06
0.25	2.45	0.09	0.09	0.08	0.09
0.30	2.94	0.11	0.10	0.11	0.11

จากตารางที่ 2 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (F) กับ ระยะยืด (ΔX) ได้ดังภาพ



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง (F) และ ระยะยืด (ΔX)

จากข้อมูลในตารางที่ 2 จะได้ค่า ระยะยืดเฉลี่ยของสปริง เท่ากับ 0.02 0.04 0.06 0.09 และ 0.11 เมตร ตามลำดับ และนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง กับระยะยืดของสปริงสามารถนำความชันของกราฟมาวิเคราะห์หาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค ได้เท่ากับ 0.46 นิวตัน/เมตร

สรุปผลวิจัย

ในบทความนี้ได้พัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง หาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino ในทดสอบหาค่าคงที่ของสปริง ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ การหาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino และการหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค ผลในการทดลองตอนที่ 1 หาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino ทำการทดลองเปลี่ยนมวลจาก 100, 200, 350 และ 300 กรัม พบว่าคาบที่ได้จากการวัดโดยใช้ Arduino มีค่าเท่ากับ 4.29, 2.14, 1.50 และ 1.25 ตามลำดับ และค่าคงที่ของสปริงมีค่า 0.45 นิวตัน/เมตร ในการทดลองตอนที่ 2 หาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค ทดลองเปลี่ยนมวล 100, 150, 200, 250 และ 300 กรัม พบว่าระยะยืดของสปริง มีค่าเท่ากับ 1.56, 4.00, 6.26, 8.53 และ 10.83 เซนติเมตร ตามลำดับ และค่าคงที่ของสปริงมีค่าเท่ากับ 0.46 นิวตัน/เมตร จากการทดลองหาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino และ การหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค พบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2

วิเคราะห์วิจารณ์ผล

ในการพัฒนาชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง หาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ตอน ได้แก่ การหาค่าคงที่ของสปริง โดยใช้ Arduino โดยการหาคาบและค่าคงที่ของสปริงแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริง พบว่า เมื่อเพิ่มมวลติดปลายสปริง คาบการเคลื่อนที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมอเป็นไปตามสมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ในตอนที่ 2 การหาค่าคงที่ของสปริงจากกฎของฮุค พบว่าเมื่อมวลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะยืดเพิ่มขึ้น เป็นไปตามกฎของฮุค จากการทดลองทำให้มีความคลาดเคลื่อน ซึ่งอาจจากการทดลองที่บ่อยครั้ง ทำให้สปริงมีค่าอ่อนตัวลง ซึ่งส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ในการทดลองนี้เป็นค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่า Arduino สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อการสอนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลติดสปริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก Arduino ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แพลทฟอร์มหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนมีต้นทุนต่ำ ลดปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์การทดลอง สามารถออกแบบและควบคุมการทำงานของ Arduino ได้ตามต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้ชุดทดลอง ไม่ควรมีวัสดุ สิ่งของกีดขวางการเคลื่อนที่ของสปริง เพราะจะทำให้อุปกรณ์ตัวรับสัญญาณจับคลาดเคลื่อนเกิดความไม่แม่นยำได้

References

Amrani, D & Paradis, P. (2010). Use of computer-based data acquisition to teach physics laboratories: case study-simple harmonic motion. *Physics Education, 4*(3), 511-514.

Tong-on, A., Saphet, P.& Thepnurat, M. (2017). Simple harmonics motion experiment based on labview interface for Arduino. *Journal of Physics,* 17, 1-6.

Musik, P. (2017). Development of computer-based experiment set on Simple Harmonic Motion of mass on springs. *The Turkish Online Journal of Educational Technology – October 2017, 16*(4), 1-11.

คณะผู้เขียน/ ผู้เขียน

นางสาวสาธิรัช สะสม

หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพ 10700
e-mail: creamstrss@gmail.com

นางสาวเมทิตา จุปะมะโท

หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพ 10700
e-mail: methitajupamato@gmail.com

การผลิตหน้ากากอนามัยที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจด้วยการเติมสารสกัดจากสะระแหน่และใบมันสำปะหลัง

Production of Hygienic Masks for Anti-Bacterial in Respiratory System by Peppermint and Cassava Leaves Extract

ฐิตินาถ สุคนเขตร์[1,*] นัฐชริตา นาวีว่อง[1] สุจินทรา เอกวัตร์[1] และ สรัญญา เศวตอัญมณี[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Thitinat Sukonket[1,*] Natcharita Naveevong[1] Sujintra Eakkawat[1] and Saranya Sawetanyamanee[1]

[1]Faculty of Science and Technology Suan Dusit University

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตหน้ากากอนามัยที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจด้วยการเติมสารสกัดเมนทอลจากใบสะระแหน่ และแทนนินจากใบมันสำปะหลัง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเมนทอล คือ ใช้ใบสะระแหน่ 45 กรัม สกัดด้วยไอน้ำ 30 นาที และสภาวะของการสกัดสารแทนนิน คือ ใช้ใบมันสำปะหลัง 1 กรัม ต่อเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร สกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์สารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินด้วยเครื่อง GC-MS และ HPLC ตามลำดับ พบว่า สารที่สกัดได้มีองค์ประกอบเป็นสารเมนทอลและสารแทนนินตามมาตรฐาน ผลการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Klebsiella pneumoniae* และ *Pseudomonas aeruginosa* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินหายใจ พบว่า ปริมาณสารสกัดเมนทอลที่ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และปริมาณสารสกัดแทนนินที่ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 2 ชนิด ที่เวลา 48 ชั่วโมง เมื่อทดสอบการเกิดเชื้อราบนหน้ากากที่สภาวะอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิร้อน อุณหภูมิเย็น และในสภาวะที่อับชื้น พบว่า หน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดไม่เกิดเชื้อราบนหน้ากากในเวลา 48 ชั่วโมง จากการศึกษาผลความพึงพอใจของผู้ใช้ 20 คน พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อหน้ากากอนามัยจากสารสกัดจากพืชธรรมชาติ ไม่แตกต่างจากหน้ากากอนามัยตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญ (p=0.05)

คำสำคัญ: หน้ากากอนามัย สารสกัดเมนทอล สารสกัดแทนนิน ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Abstract

This research aims to produce the hygienic masks for bacterial inhibition in respiratory system by adding menthol and tannin extracts from peppermint and cassava leaves respectively. It was found that the appropriate conditions for menthol extraction were the peppermint leaves at 45 g was extracted with steam for 30 min and that of tannin extracts were the ratio of cassava leaves to

*** ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
e-mail: tsukonket@gmail.com

95% ethanol at 1 g : 20 ml. was extracted for 4 hr at room temperature. The menthol and tannin extracts were characterized by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and High Performance Liquid Chromatography (HPLC). It was found that both extracts were menthol and tannin as the standard. The results of bacterial inhibition properties showed that 15 mg/mL of menthol and 5 mg/mL of tannin extracts exhibited the highest inhibition of *Klebsiella pneumoniae* and *Psedomoas aeruginosa* for 24 hr. The hygienic masks with menthol and tannin extracts were tested the bacterial inhibition property and the fungal infection at room temperature, hot, cold and humid conditions. It was found that they can inhibited both types of the bacteria and it was not infected by fungal for 48 hr. The satisfaction of user was tested by 20 persons. It was found that the satisfaction was not significant different from the commercial mask product at (p=0.05)

Keywords: Hygienic Masks, Menthol Extracts, Tannin Extracts, Bacterial Inhibition

บทนำ

การปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในอากาศอาจก่อให้เกิดโรคในผู้ปฏิบัติงานที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับเชื้อแบคทีเรียหรือทำงานอยู่ในแหล่งที่มีการสะสมของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ เช่น สถานประกอบการพยาบาล อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเกี่ยวกับงานบำบัดน้ำเสีย ปศุสัตว์ เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจโดยตรง เช่น *Streptococcus pneumoniae, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Mycoplasma pneumoniae* เป็นต้น นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างสารพิษ (toxin) ที่เป็นอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้ บุคลากรเหล่านี้จึงมีความเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่ขั้นเล็กน้อยไปจนถึงขั้นรุนแรง ในแต่ละปีมีคนงานที่ได้รับอันตรายขั้นรุนแรงจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ส่งผลต่อสุขภาพของคนทำงาน และทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง จากสถิติการประสบอันตรายจากหรือเจ็บป่วยเนื่องจาการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและสาเหตุที่ประสบอันตราย ปี 2559 พบว่า มีคนงานได้รับอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจเป็นเหตุให้สูญเสียอวัยวะหรือสูญเสียสมรรถภาพจำนวน 16 คน (สำนักงานกองทุนเงินทดแทน, 2560) ดังนั้น การป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายโดยใช้หน้ากากอนามัย ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากหน้ากากอนามัยสามารถป้องกันเชื้อแบคทีเรียจากผู้ติดเชื้อแพร่สู่ภายนอก และยังสามารถป้องกันไม่ให้เชื้อแบคทีเรียเข้าไปในร่างกายของผู้ใช้งานอีกด้วย โดยงานวิจัยขององค์กรอนามัยโลก พบว่า หน้ากากอนามัยสามารถลดการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศได้ถึงร้อยละ 80 และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อไม่นานมานี้ได้มีกลุ่มนักวิจัยนำสารแซนโทนซึ่งเป็นสารสกัดจากเปลือกมังคุด มาใช้เป็นสารสกัดเคลือบลงบนหน้ากากอนามัยเพื่อต้านเชื้อวัณโรค (พิชญ์ ศุภผล และคณะ, 2554) และมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการนำสมุนไพรไทยมาพัฒนาเป็นยารักษาโรคทั้งแบบแผนปัจจุบันและแผนโบราณ โดยเน้นการสกัดสารสมุนไพรเพื่อเป็นการนำสมุนไพรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (รัตนา อินทรานุปกรณ์ , 2547: 63-79) พบว่า สมุนไพรหลายชนิดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ เช่น ขมิ้นชัน ชุมเห็ดเทศ จันทน์แดง จันทน์แปดกลีบ ฝาง พริกไทยดำ ฟ้าทะลายโจร ยี่หร่า สมอไทย และอบเชย สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ได้ (วัชรินทร์ รังษีภาณุรัตน์ พัชรี กัมมารเจษฎากุล และอิสยา จันทร์วิทยานุชิต, 2559) ใบสะระแหน่ มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Salmonella Typhi,*

Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae และ *Streptococcus pyogenes* (รองเดช ตั้งตระการพงษ์ และ จุลจิตร์ ตั้งตระการพงษ์. (2559) (Desam, N.R., et al., 2017) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลการวิจัย พบว่า สารสกัดแทนนิน มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* (Widsten, P., et al., 2010) โดยสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* (Kyaw, B.M., et al., 2011) ที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจได้

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจะนำสารสกัดเมนทอลจากสะระแหน่และสารแทนนินจากใบมันสำปะหลังมาชุบเคลือบบนหน้ากากอนามัย เพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อแบคทีเรียในทางเดินหายใจไปสู่บุคคลอื่นและสภาพแวดล้อม และการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และเพิ่มทางเลือกในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติให้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเมนทอลจากสะระแหน่ และสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินที่สกัดได้
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนิน
4. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้หน้ากากอนามัยจากการวิจัย เทียบกับหน้ากากอนามัยในท้องตลาด

วิธีการวิจัย

1) การสกัดสารเมนทอลจากสะระแหน่

การสกัดสารเมนทอลจากสะระแหน่ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (hydrodistillation) โดยใช้อัตราส่วนสะระแหน่ต่อน้ำ 30 :100, 45:100 และ 60:100 กรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 60 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สารสกัดที่กลั่นได้จะมีลักษณะเป็นของเหลวที่แยกเป็น 2 ชั้น โดยมีน้ำอยู่ชั้นล่างและน้ำมันหอมระเหยอยู่ชั้นบน น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะถูกแยกน้ำออกโดยใช้สารโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Sodium Sulphate Anhydrous) สารที่สกัดได้ถูกนำไปวิเคราะห์หาสารสำคัญและทำการตรวจวิเคราะห์สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบด้วยเทคนิค Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC – MS) โดยใช้สภาวะดัดแปลงวิธีการของ (Burana-Osot, J. et al, 2016)

2) การสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง

ทำการสกัดสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยนำใบมันสำปะหลังไปล้างให้สะอาดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนมีค่าน้ำหนักที่คงที่ แล้วทำการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ที่อัตราส่วนของใบมันสำปะหลังต่อเอทานอล 1 กรัม :20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในระบบปิดที่อุณหภูมิห้องจากนั้นสารสกัดที่ได้จะถูกทำการกรองด้วยกระดาษกรอง และนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารสุญญากาศ (Rotary Evaporator) ทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง สารสกัดที่ได้จะถูกทำการตรวจวิเคราะห์สารแทนนินด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้สภาวะวิธีการของ (Bottcher, J., & Momks K. 2016)

3) การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Klebsiella pneumonia* และ *Pseudomonas aeruginosa* ของสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนิน

3.1) การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดเมนทอลและแทนนิน โดยวิธี Agar well diffusion ใช้เชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Klebsiella pneumonia* และ *Pseudomonas aeruginosa* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เตรียมสารสกัดเมนทอลจากใบสะระแหน่ที่มีความเข้มข้นที่ 5 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการปิเปตสารสกัด 5 ไมโครลิตร ที่ความเข้มข้นต่างกันไปลงในจานเพาะเชื้อ ส่วนสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ที่ความเข้มข้น 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายในการควบคุม (control) นำไปบ่มเลี้ยงเชื้อในสภาวะที่มีออกซิเจนจะบ่มภายใต้อุณหภูมิ 35–37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (Inhibition zone) หรือบริเวณที่เกิดโซนใส บนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยวัดหน่วยเป็นมิลลิเมตร

3.2) วิธีการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนิน โดยวิธี Agar disc diffusion จุ่มหน้ากากอนามัยลงในสารสกัดเมนทอลและสารกัดแทนนิน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปเก็บไว้ในซองปิดสนิท ทำการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียเช่นเดียวกับวิธี Agar well diffusion แต่จะใช้ทำการตัดหน้ากากอนามัยที่มีขนาดเท่ากันเป็นรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7 มิลลิเมตร ใช้หน้ากากอนามัยที่ไม่ผ่านการชุบสารสกัดและปราศจากเชื้อต่าง ๆ โดยการผ่านการฆ่าเชื้อในการควบคุม (Control) ศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

การศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยให้ทดลองสวมใส่หน้ากากอนามัยที่ผ่าน

การชุบเคลือบสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินอย่างละ 1 แผ่น เปรียบเทียบกับหน้ากากจากท้องตลาด ให้กลุ่มตัวอย่างสวมหน้ากากอนามัยในสภาวะอุณหภูมิห้องอย่างละ 1 ชั่วโมง และใช้แบบสอบถามในการสำรวจ โดยหัวข้อในการประเมิน ได้แก่ 1) รูปแบบหน้ากากที่เลือกใช้ 2) กลิ่น (ไม่มีกลิ่นฉุน หรือกลิ่นผิดปกติ) 3) อาการแพ้/เกิดผื่นคัน 4) ความสบายในการสวมใส่ โดยการประเมินระดับความพึงพอใจจะใช้เกณฑ์การประเมิน ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยการให้คะแนนจะเรียงจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance : ANOVA)

ผลการวิจัย

1) ผลการทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเมนทอลจากสะระแหน่และสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง

1.1) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเมนทอล

ผลของปริมาณสะระแหน่ต่อปริมาณสารสกัดจากการใช้สะระแหน่สด 30, 45 และ 60 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 และ 30 นาที มีผลดังตารางที่ 1

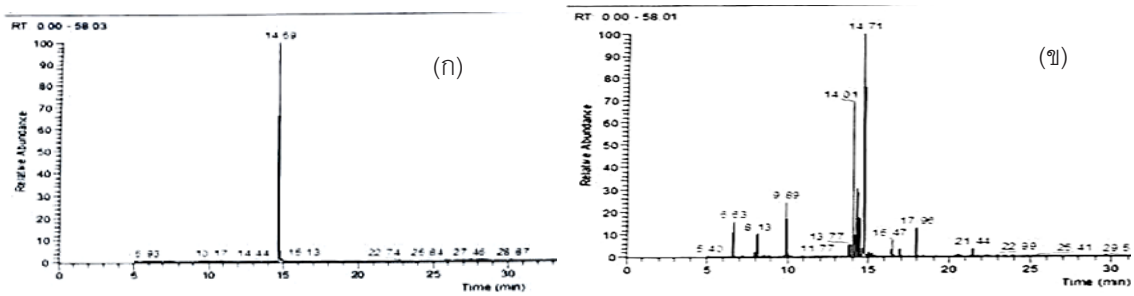
ตารางที่ 1 แสดงผลปริมาณสารสกัดเมนทอลจากสะระแหน่ที่สกัดได้ และลักษณะทางกายภาพ

เวลาการสกัด (นาที)	ปริมาณสะระแหน่ (กรัม)	ปริมาณสารเมนทอลที่ได้ (มิลลิลิตร)	ร้อยละสารสกัด (ร้อยละ)	ลักษณะทางกายภาพ
	30	8	26.00	สีเหลืองใส กลิ่นฉุน มีน้ำมัน
60	45	17	37.	ใส ไม่มีสี กลิ่นฉุน มีน้ำมัน
	60	12	20.00	สีเหลืองใส กลิ่นฉุน ไม่มีน้ำมัน
30	45	28	62.22	ใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุน มีน้ำมันผสม

จากตารางที่ 1 พบว่า สภาวะในการสกัดที่ให้ปริมาณของสารสกัดเมนทอลมากที่สุด คือ น้ำหนักของสะระแหน่สด 45 กรัม ใช้เวลาในการสกัด 30 นาที จะได้ปริมาณสารเมนทอล 28 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 62.22 มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน มีน้ำมันผสม เมื่อนำสารที่สกัดได้ไปวิเคราะห์สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบด้วยเทคนิค Gas Chromatography – Mass spectrometry (GC – MS) พบว่า สารที่สกัดได้เป็นน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด 9 ชนิด โดยมีปริมาณเมนทอล 38.84 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลดังตารางที่ 2 และเมื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารที่สกัดได้เทียบกับสารมาตรฐาน DL-Menthol analytical standard แสดงผลดังภาพที่ 1พบว่า พบองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยของสะระแหน่ที่ ที่เวลา 14.71 นาที (ข) ปรากฏพีคตรงกับสารมาตรฐาน DL-Menthol analytical standard (ก) จึงสรุปได้ว่าสารที่สกัดจากสะระแหน่ที่ได้มีสารองค์ประกอบหลัก คือ สารเมนทอล

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด

ชื่อองค์ประกอบของสารสกัด	ปริมาณที่พบในสารสกัด (ร้อยละ)
Menthol	38.84
Trans-Menthone	25.98
Isomenthone	11.46
D-limonene	8.87
Alpha-pinene	5.53
Sabinen	3.78
Piperitone	2.75
Citronellal	2.03
1-Menthol	0.76



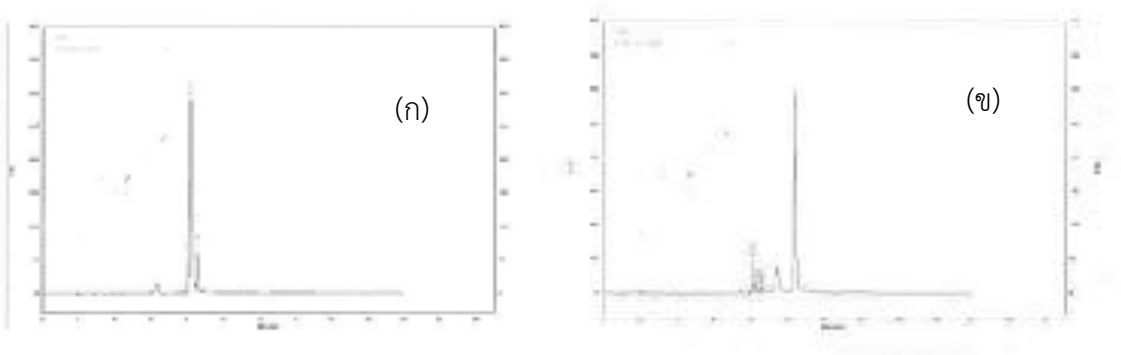
ภาพที่ 1 (ก) สารมาตรฐาน DL-Menthol (ข) สารที่สกัดได้จากใบสะระแหน่

ในการสกัดสารเมนทอลจากใบสะระแหน่สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดด้วยเอทานอล การสกัดด้วยไอน้ำ การสกัดโดยการใช้ไมโครเวฟ (Microwave assisted) และ การสกัดด้วยอัตราโซนิค (Dai J. และคณะ, 2010) เบื้องต้นผู้วิจัยได้เลือกวิธีการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการสกัดมากที่สุด โดยใช้ใบสะระแหน่ต่อเอทานอล 2 กรัมต่อ 20 มิลลิลิตร สกัดเป็นเวลา 5 นาที สารที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวสีเขียวใส กลิ่นฉุน มีค่าการสกัดร้อยละ 5 ซึ่งสารที่สกัดได้ไม่เป็นไปตามลักษณะทางกายภาพของสารเมนทอล และได้ค่าการสกัดน้อยกว่างานวิจัยของ Dai J. และคณะ ในปี 2010 ที่ได้ค่าการสกัดร้อยละเท่ากับ 25 ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนเป็นการสกัดด้วยไอน้ำ (Hydro-distillation) แทนการสกัดด้วยเอทานอล ผลจากการสกัดสะระแหน่ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ จะได้สารสกัดที่บริสุทธิ์จากใบสะระแหน่ที่มีลักษณะเป็นของเหลว ใส มีกลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหย (Essential oil) โดยใช้อัตราส่วนของสะระแหน่ต่อน้ำ 45 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ได้ค่าการสกัดร้อยละ 62.22 ผลการสกัดสอดคล้องกับรายงานของ สมภารธัชธรณ์ ศิโลศรีไช (2011) ที่พบว่า ในใบสะระแหน่ยังมีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสามารถสกัดได้โดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ จากรายงานได้มีการใช้ใบสะระแหน่สดน้ำหนัก 150 กรัม จะได้น้ำมันหอมระเหย 2 มิลลิลิตร มีค่าการสกัดร้อยละ 1.33 และมี

การนำสารสกัดเมนทอลไปใช้ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจ จะเห็นได้ว่าวิธีการสกัดที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพที่ดี และได้ปริมาณสารสกัดมากกว่า 50 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มวิจัยอื่น ๆ

1.2) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนิน

การใช้ใบมันสำปะหลังแห้งน้ำหนัก 1 กรัมต่อเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง จะได้สารสกัดที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีเขียวใส ไม่มีกลิ่น มีความเข้มข้นเฉลี่ย 18.02±0.09 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของสารแทนนินในสารสกัดจากใบมันสำปะหลัง เปรียบเทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน Tannic acid standard ด้วยเทคนิคการแยกของเหลวสมรรถนะสูง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่า สารสารสกัดจากใบมันสำปะหลังปรากฏพีคที่เวลา 8.08-8.10 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับพีคของสารแทนนินมาตรฐานที่ 8.17 นาที ได้สารสกัดแทนนินเฉลี่ยร้อยละ 77.52 และสรุปได้ว่าสารที่สกัดได้มีองค์ประกอบของสารสำคัญเป็นสารแทนนิน แสดงผลดังภาพที่ 2



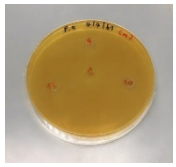
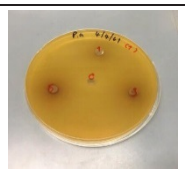
ภาพที่ 2 (ก) สารมาตรฐาน Tannic acid (ข) สารที่สกัดได้จากใบมันสำปะหลัง

การสกัดของใบมันสำปะหลังด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ระเหยได้ง่าย และมีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบสำคัญออกมาได้มาก เมื่อเปรียบเทียบผลการสกัดสารแทนนินเทียบกับผลการวิจัยของ Naima และคณะ (Naima, R., et al., 2015) ซึ่งสกัดสารแทนนินจากกระถินด้วยเอทานอล ได้สารแทนนินเท่ากับ 16.62 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการสกัดของงานวิจัยครั้งนี้ได้ที่มีความเข้มข้นเฉลี่ย 18.02±0.09 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จึงมีประสิทธิภาพในการสกัดที่ดีกว่า

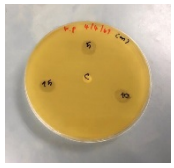
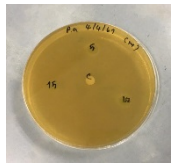
2) ผลการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Klebsiella pneumonia* และ *Pseudomonas aeruginosa*

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Klebsiella Pneumoniae* และ *Pseudomonas aeruginosa* ของสารสกัดเมนทอลจากสะระแหน่ และสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อโดยวิธี Agar well diffusion นำไปเพาะบ่มเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงพื้นที่บริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารเมนทอล (Inhibition zone)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	พื้นที่การยับยั้งเชื้อ (ร้อยละ)		Inhibition Immages	
		Klebsiella pneumonia	*Pseudomonas aeruginosa*	*Klebsiella pneumonia*	*Pseudomonas aeruginosa*
สารสกัดเมนทอล	5	58.46	38.49		
	10	68.14	38.97		
	15	74.00	39.23		
สารสกัดแทนนิน	1	60.29	60.00		
	3	69.57	71.85		
	5	72.26	75.15		

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	พื้นที่การยับยั้งเชื้อ (ร้อยละ) *Klebsiella pneumonia*	*Pseudomonas aeruginosa*	Inhibition Immages *Klebsiella pneumonia*	*Pseudomonas aeruginosa*
หน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอล	5	40.92	38.60		
	10	41.67	39.29		
	15	42.39	39.76		
หน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดแทนนิน	1	35.19	22.82		
	3	37.50	45.87		
	5	59.42	58.58		

จากตารางที่ 3 พบว่าสารสกัดสารเมนทอล และสารสกัดแทนนินสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 2 ชนิด โดยสกัดสารเมนทอลที่ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* และ *Pseudomonas aeruginosa* โดยมีค่า Inhibition zone เท่ากับร้อยละ 74.00 และร้อยละ 39.23 ตามลำดับ สารสกัดแทนนินที่ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* และ *Pseudomonas aeruginosa* โดยมีค่า Inhibition zone เท่ากับร้อยละ 72.26 และร้อยละ 75.15 ตามลำดับ เมื่อทดสอบหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอล และหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดแทนนิน พบว่า หน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ โดยหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัด สารเมนทอลที่ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดแทนนินที่ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะมีการยับยั้งดีที่สุด หน้ากากที่มีสารสกัดทั้งสองชนิด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้แม้ว่าจะมีค่าการยับยั้งจะน้อยกว่าของสารสกัดในรูปแบบของเหลว เนื่องจากการทดสอบนี้ต้องอาศัยการแพร่ของสารยับยั้งในวุ้น สารสกัดที่ดูดซับอยู่บนของแข็งจะมีการแพร่ที่น้อยกว่าสารสกัดที่เป็นของเหลว

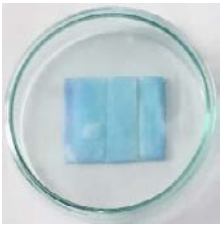
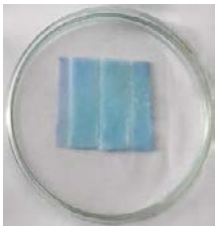
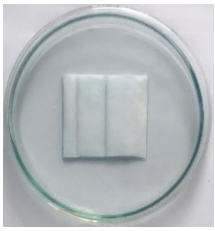
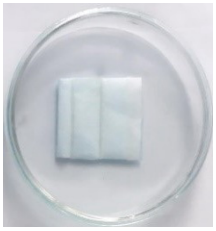
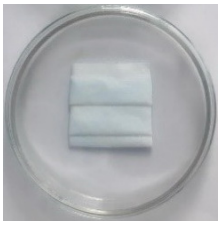
ผลการยับยั้งเชื้อของสารสกัดเมนทอล และสารสกัดแทนนินที่ได้จากการวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ พจมาน ผู้มีสัตย์ และคณะ ในปี 2551 ซึ่งใช้สารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Klebsiella ozaenae* และ *Pseudomonas aeruginosa* ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และร้อยละ 30 ตามลำดับ พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อได้ทั้งสองชนิด

3) ผลการทดสอบการติดเชื้อราบนหน้ากากอนามัย

การทดสอบการเกิดเชื้อราบนหน้ากากอนามัยนี้ เป็นการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม โดยจำลองการเก็บหน้ากากอนามัยในสภาวะต่าง ๆ เนื่องจากสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินที่ผู้วิจัยชุบเคลือบลงบนหน้ากากอนามัยเป็นของเหลว แม้จะมีการอบไล่ความชื้นในหน้ากากแล้วเก็บในซองปิดผนึก อย่างไรก็ตามหากมีความชื้นเหลืออยู่อาจเกิดเชื้อราได้ ผู้วิจัยทำการวางหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินในจานเพาะเชื้อ และทดสอบในสภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิร้อน อุณหภูมิเย็น และในสภาวะที่อับชื้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง สังเกต

การเกิดเชื้อราด้วยตาเปล่า พบว่า ไม่มีสภาวะใดที่ก่อให้เกิดเชื้อราบนหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนิน แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลของการทดสอบการติดเชื้อราของหน้ากากอนามัยที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

หน้ากากอนามัยที่มีสารสกัด	สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ			
	อุณหภูมิห้อง 25°C	อุณหภูมิที่ร้อน 37°C	อุณหภูมิเย็น 15°C	ที่อับชื้น
เมนทอล				
แทนนิน				

4) ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้หน้ากากอนามัย

ทดสอบความพึงพอใจโดยทดลองสวมใส่หน้ากากอนามัยโดยกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ประเมินผล ด้านรูปแบบหน้ากากที่เลือกใช้ กลิ่น อาการแพ้ และความสบายในการสวมใส่ และใช้แบบสอบถามในการสอบถามข้อมูลโดยการจำแนก เพศ สุขภาพขณะการสอบถาม ประวัติสุขภาพเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ และโรคประจำตัว พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และเป็นเพศชาย จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 มีประวัติการสวมใส่หน้ากากอนามัย จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90 และไม่เคยสวมใส่หน้ากากจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 มีไม่มีประวัติเกี่ยวกับโรคระบบทางเดิน 20 คน คิดเป็นร้อยละ100 มีโรคประจำตัว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ10 และไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90

จากการทดลองเปรียบเทียบหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอลและ มีสารสกัดแทนนินที่ผู้วิจัยได้ผลิตขึ้นกับหน้ากากอนามัยที่ขายในท้องตลาด พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดเมนทอลและ มีสารสกัดแทนนินในรูปแบบ กลิ่น อาการแพ้/ผื่นคัน และความสบายในการสวมใส่ ไม่แตกต่างกันกับหน้ากากอนามัยที่ขายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05 โดยกลุ่มตัวอย่างความพึงพอใจต่อหน้ากาก

อนามัยที่มีสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังมากที่สุด ส่วนหน้าอนามัยที่ชุบสารสกัดเมนทอลจากใบสะระแหน่ กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านกลิ่นระดับปานกลาง ซึ่งน้อยกว่าหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดแทนนินและหน้ากากที่ขายในท้องตลาด

สรุปผลวิจัย

การวิจัยนี้ทำการสกัดสารเมนทอลจากใบสะระแหน่ และสารแทนนินจากใบมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจ 2 ชนิด ได้แก่ *Klebsiella pneumoniae* และ *Pseudomonas aeruginosa* โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด สมบัติการยับยั้งเชื้อ สภาวะที่ก่อให้เกิดเชื้อราในการใช้งานหน้ากาก และความพึงพอใจของผู้ใช้ สามารถสรุปได้ดังนี้ สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเมนทอล คือ ใช้ใบสะระแหน่ 45 กรัม สกัดด้วยไอน้ำเป็นเวลา 30 นาที จะได้สารสกัดเมนทอลสูงสุดที่ 28 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 62.22 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนิน คือ ใช้ใบมันสำปะหลัง 1 กรัมต่อเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะได้สารแทนนินร้อยละ 77.52 มีความเข้มข้นเฉลี่ย 18.02±0.09 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทั้งสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 2 ชนิด โดยสารเมนทอลที่ค่าความเข้มข้นร้อยละ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารแทนนินที่มีค่าความเข้มข้นร้อยละ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะให้ผลการยับยั้งที่ดีที่สุด ที่เวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัดทั้ง 2 ชนิด สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ และการทดสอบที่สภาวะอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิร้อน อุณหภูมิเย็น และในสภาวะที่อับชื้น เพื่อติดตามการเกิดเชื้อราในหน้ากาก เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าไม่เกิดเชื้อราบนหน้ากากอนามัยที่มีสารสกัด กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน มีความพึงพอใจผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยที่มีสารเมนทอลและหน้ากากอนามัยที่มีสารแทนนิน ในด้านรูปแบบของหน้ากาก กลิ่น อาการแพ้ และความสบายในการสวมใส่ ไม่แตกต่างจากหน้ากากอนามัยที่ขายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05

ข้อเสนอแนะ

1. ทดสอบสารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินกับเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ
2. ประยุกต์ใช้สารสกัดเมนทอลและสารสกัดแทนนินในการส้องผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ต้องการสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย เช่น ผ้าพันแผล พลาสเตอร์ปิดแผล เป็นต้น

References

พจมาน ผู้มีสัตย์, ชุลีพร ออมสิน, ประภาพร ยวงสาย, และรุ่งตะวัน ส่องแสง. (2551). สมุนไพรที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้างเอนไซม์ Extended-Spectrum Beta-lactamase (ESBL). วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 8 (2): 148-153.

พิชญ์ ศุภผล และผู้แต่งคนอื่น ๆ. (2554) การผลิตแผ่นหน้ากากอนามัยและแผ่นกรองอากาศ ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อวัณโรคจากสารสกัดจากเปลือกมังคุด /. วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: ม.ป.ท.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2547). การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชรินทร์ รังษีภาณุรัตน์ พัชรี กัมมารเจษฎากุล และอิสยา จันทร์วิทยานุชิต. (2559). ฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรไทย 10 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ATCC 25922. วารสาร มฉก.วิชาการ. 19 (38): 35-48.

สมภารธัชธรณ์ ศิโลศรีไชย. (2019). การศึกษาพืชสมุนไพรจากใบสะระแหน่. แหล่งข้อมูล: http://gsc.nmc.ac.th/th/article_details.php?id=2H6EXC. 1 พฤษภาคม, 2560.

สำนักงานกองทุนเงินทดแทน. (2560). *รายงานประจำปี 2559 กองทุนเงินทดแทน.* แหล่งข้อมูล: https:// www. sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/9bf7acf814f7f4c32db1136fad7fa4ab.pdf. 1 พฤษภาคม, 2561.

Bottcher, J., & Momks K. (2016). Quantitative determination of gallic acid and tannic acid from gallnut extract. แหล่งข้อมูล: https://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/companyfiles/12758.pdf. 1 พฤษภาคม, 2560.

Burana-Osot, J., and others. (2016). Determination of volatile constituents from crude drugs of *Phihud Navakot* by gas chromatography-mass spectrometry. *Thai Bull Pharm Sci. 11*(2): 45-60.

Dai, J., and others. (2010). Investigation of various factors for the extraction of peppermint (*Mentha piperita* L.) leaves. Journal of food Engineering. 96: 540-543.

Desam, N.R., and others. (2017). Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha x Piperita L.* (peppermint) essential oils. *Journal of King Saud University – Science.* http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013

Kyaw, B.M., and others. (2011). Anti-Pseudomonal and anti-biofilm activity of tannic acid in combination with antibiotics. *International Journal of Integrative Biology. 1*(3): 110-116.

Naima, R., and others. (2015). Comparison of the impact of different extraction methods on polyphenols yields and tannins extracted from *Moroccan Acacia mollissima barks. Industrial Crops & Products.* 70: 245-252.

Naima, R., and others. (2015). Green extraction process of tannins obtained from *Moroccan Acacia mollissima barks* by microwave: Modeling and optimization of the process using the response surface methodology RSM. Arabian Journal of Chemistry, http://dx.doi.org/10. 1016/j.arabjc.2015.04.032.

Widsten, P., and others. (2010). Enzymatic surface functionalisation of lignocellulosic materials with tannins for enhancing antibacterial properties. *Process Biochemistry.* 45: 1072–1081.

Gamma ray buildup factors and fast neutron removal of Tb_2O_3 doped WO_3: Gd_2O_3: B_2O_3 glass systems

Kittisak Sriwongsa[1,2,*] Punsak Glumglomchit[3] and Jakrapong Kaewkhao[4,5]

[1]Lecturers responsible for Bachelor of Education Program in Physics, Faculty of Education, Silpakorn University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand

[2]The demonstration school of Silpakorn University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand

[3]Huahin Vitthayalai School, Hua-Hin, Prachuapkhirikhan, 77110, Thailand

[4]Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[5]Centre of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

Abstract

Gamma ray buildup factors and fast neutron removal of Te_2O_3 doped WO_3: Gd_2O_3: B_2O_3 glass systems were estimated. The buildup factors values were determined for photon energy 0.015–15 MeV up to penetration depths of 40 mfp (mean free path) by the geometrical progression (GP) method. The EABF and EBF values were found dependent upon photon energy, penetration and Te_2O_3 content. In low and high photon energy ranges, the EABF and EBF values were minimum whereas maximum in intermediate energy range. The fast neutron removal cross sections were computed by the partial density method. The glass systems with 2.0 mol% Te_2O_3 is found to be superior gamma ray and neutron transparent shielding. The results indicate that this glass can be used as radiation shielding material

Keywords: Buildup factors, Neutron, Tellurite, Glass

บทนำ

The creating of radiation shielding medium is an interesting area in the field of radiation application in medical, agriculture, industries, nuclear reactors and accelerator technologies, and future generation fusion reactors. The materials such as concretes, lead and other high–Z materials are the suitable alternative to protect personnel from neutral radiation such as X–ray, gamma ray and neutron. The shielding against compound or mixture of gamma and neutron requires an adequate composition of low and high–Z elements [1,2]. The transmitted intensity of a gamma ray beam moves pass a medium follows Lambert's Beer law under three conditions: (i) mono–

* **ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)**
e-mail: sriwongsa_k@silpakorn.edu

chromatic ray (ii) thin absorbing medium, and (iii) narrow beam geometry. In case, any one of these conditions is not met, this law is no longer valid. The law can be made valid by using a correction factor, called as “buildup factor”. The concept of buildup factor was introduced in late 1950 by obtaining experimentally the buildup factor at 1.25 MeV photon for water up to 16 mfp (mean free path) [3,4].

The determination for buildup factors (BFs) by various codes were reported in ANSI/ANS-6.4.3–1991 by American Nuclear Society (ANSI/ANS–6.4.3, 1991) at energy range 0.015–15 MeV up to penetration depth of 40 mean free path (mfp). The BFs in report ANS–6.4.3 have 23 elements of atomic number, Z = 4–92. The Geometrical Progression (GP) which developed by Harima is gives BFs of the good agreement with the ANS–6.4.3. And then, the GP fitting formula is used to reported gamma ray buildup factors in many materials such as concretes, fly–ash materials, soils & ceramic, soils and fly–ash which shows that the GP fitting is a useful method for estimation of the exposure buildup factors [5,6].

In high density glass with high neutron cross section element, exposure buildup factor (EBF) values and fast neutron removal cross section are important parameters, which can explain behavior of gamma ray and neutron though this material. The main objective of this study is computing the Energy absorption buildup factor (EABF) and exposure buildup factor (EBF) values and fast neutron removal cross section of the high density WO_3-Gd_2O_3-B_2O_3-Tb_2O_3 glass systems and variation of the buildup factor values with photon energy, penetration depth and Tb_2O_3 molar composition. The EABF and EBF values of the glass systems were computed for photon energy 0.015–15 MeV up to a penetration depth of 40 mfp by using the GP method. The fast neutron removal cross sections of glass systems were computed. The study should be very useful for effectiveness of transparent shielding glass material for a wide energy range applications and design of shielding.

วัตถุประสงค์

1. To investigate the mass attenuation coefficients of glass systems in energy range of 1 keV–100 GeV.
2. To compute buildup factors for photon energy 0.015–15 MeV up to a penetration depth of 40 mfp by using the GP method.
3. To determine the fast neutron removal cross sections of glass systems.

Material and methods

The theoretical/method basis have been separated into following sub-sections:

วิธีการวิจัย

Radiation shielding parameters

The theoretical computation of mass attenuation coefficients (μ_m) for glass systems using WinXCom software program for photon at energies range 1 keV to 100 GeV by Eq. (1) [7]:

$$\mu_m = \sum_i w_i (\mu_m)_i \quad (1)$$

where wi and $(\mu_m)i$ are weight fraction and mass attenuation coefficient of element i, respectively.

Buildup factors

Computation of equivalent atomic numbers (Z_{eq})

Equivalent atomic numbers (Z_{eq}) is value to explain properties in terms of equivalent elements identical to atomic number for single element [8]. Z_{eq} values for chose material were applied by matching ratio R (μ_{Comp}/μ_{total}) of specific glass at same energy with according ratio of element. Compton partial attenuation coefficient (μ_{Comp}) and total attenuation coefficients (μ_{total}) values were applied by using WinXCom software program at energy from 0.015–15 MeV. Z_{eq} were computed by logarithmic interpolation formula (Eq. (2)) [9] and exhibited in Fig. 2.

$$Z_{eq} = \frac{Z_1(\log R_2 - \log R) + Z_2(\log R - \log R_1)}{(\log R_2 - \log R_1)} \quad (2)$$

Here Z_1 and Z_2 are atomic numbers of elements according to μ_{Comp}/μ_{total} ratios, R_1 and R_2, respectively, and R (μ_{Comp}/μ_{total}) is ratio for chose material at specific energy, which lies between ratios R_1 and R_2.

Computation of geometric progression (GP) fitting parameters

American National Standards ANSI/ANS–6.4.3 were reported buildup factor values for 23 elements (Z = 4–92), one compound and two mixtures (i.e., air and concrete) in energy range 0.015–15 MeV up to deep 40 mfp for used to standard reference database. This database was used to compute G-P fitting buildup factor coefficients values for glasses compounds according to formula [9,10]:

$$P = \frac{P_1(\log Z_2 - \log Z_{eq}) + P_2(\log Z_{eq} - \log Z_1)}{\log Z_2 - \log Z_1} \quad (3)$$

here P_1 and P_2 are GP fitting coefficients values which according to atomic numbers of Z_1 and Z_2 at same energy, respectively.

Computation of energy exposure and absorption buildup factors

At last, GP fitting parameters were used to compute energy absorption and exposure build-up factors at chosen incident photon energies in range 0.015 < E < 15.0 MeV up to 40 mfp deep penetration. This was determined by [9,10]:

$$B(E,x)=\begin{cases} 1+(b-1)x, K=1 \\ 1+\dfrac{b-1}{K-1}(K^{x}-1), 1<K\leq 40 \\ otherwise, K\geq 40 \end{cases} \quad (4)$$

K(E,x) is photon dose multiplication factor is function of tangent hyperbolic which is expressed by following equation [9,10]:

$$K(E,x)=cx^{a}+d\,\frac{\tanh(x/X_{k}-1)-\tanh(-2)}{1-\tanh(-2)}, x\leq 40 \quad (5)$$

here E is incident photon energy, x is deep penetration in terms of mean free path (mfp) and a, b, c, d, X_k are GP fitting parameters.

Fast neutron removal cross section

A method for computation of the attenuation of fast neutrons by application of effective removal cross section was developed. The effective removal cross section of a compounds and homogenous mixtures is possibly determined from the value of Σ_R (cm^{-1}) or Σ_R/Σ (cm^2/g) of the elements in the mixtures or compounds by mixture rule. Difference in application of mixture or compound for neutron interaction differs as weight fraction is replaced by partial density and mass attenuation coefficient by neutron removal cross section [11,12].

$$\sum_{R/\rho}=\sum_{i}w_{i}(\sum_{R}/\rho)_{i} \quad (6)$$

and

$$\sum_{R}=\sum_{i}\rho_{i}(\sum_{R}/\rho)_{i} \quad (7)$$

where ρi and (Σ_R/ρ)i are the partial density and the fast neutron mass removal cross section of the *i* th constituent, respectively. The Σ_R/ρ values of elements of the glasses were taken from Kaplan and Chilton.

ผลการวิจัย Results and discussion

The chemical composition of the glass systems is listed in Table1. The variation of mass attenuation coefficient with photon energy for the glass systems has been shown in Fig. 1. The variation in the Energy absorption buildup factor (EABF) and exposure buildup factor (EBF) values of the glass systems with photon energy are shown in the Figs. 3 and 4 (a–e) for different penetration depths (1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 mfp). The EABF and EBF values for the glass systems as a function of penetration depths at photon energies 0.015, 0.15, 1.5 and 15 MeV are shown in Figs. 6 and 7 (a–d) and the fast neutron removal cross sections of the glass systems for neutron are shown in Fig. 8.

Table 1 Chemical compositions of glass systems in mol%.

Code	Mole fraction				Chemical Formula
	WO_3	Gd_2O_3	B_2O_3	Tb_2O_3	
Tb0	42.5	27.5	30.0	0.0	$42.5WO_3$: $27.5Gd_2O_3$: $30B_2O_3$
Tb1	42.5	27.5	29.9	0.1	$42.5WO_3$: $27.5Gd_2O_3$: $29.9B_2O_3$: $0.1Tb_2O_3$
Tb2	42.5	27.5	29.5	0.5	$42.5WO_3$: $27.5Gd_2O_3$: $29.5B_2O_3$: $0.5Tb_2O_3$
Tb3	42.5	27.5	29.0	1.0	$42.5WO_3$: $27.5Gd_2O_3$: $29.0B_2O_3$: $1.0Tb_2O_3$
Tb4	42.5	27.5	28.0	2.0	$42.5WO_3$: $27.5Gd_2O_3$: $28.0B_2O_3$: $2.0Tb_2O_3$

Mass attenuation coefficient of glass systems

The mass attenuation coefficient, μ_m of glass systems is shown in Fig. 1. It is shown that the μ_m values of glass systems are highest in photoelectric absorption region, reduces gradually and become lowest in Compton scattering region. After that, it again starts increasing and become nearly constant at around photon energy of 100 MeV. The graphs of μ_m value for glass systems was discontinuous in photoelectric absorption region because of absorption edge of elements as show in Table 2. These variations can be discussed by photon energy and Z dependency of interaction cross section of the elements.

Table 2 The photon energies (in ◊ 10–3 MeV) of absorption edges for elements.

Element	K	L1	L2	L3	M1	M2	M3	M4	M5
Gd	50.24	8.376	7.930	7.243	1.881	1.688	1.544	1.217	1.185
Tb	52.00	8.708	8.252	7.514	1.968	1.768	1.611	1.275	1.241
W	69.53	12.10	11.54	10.21	2.820	2.575	2.281	1.872	1.809

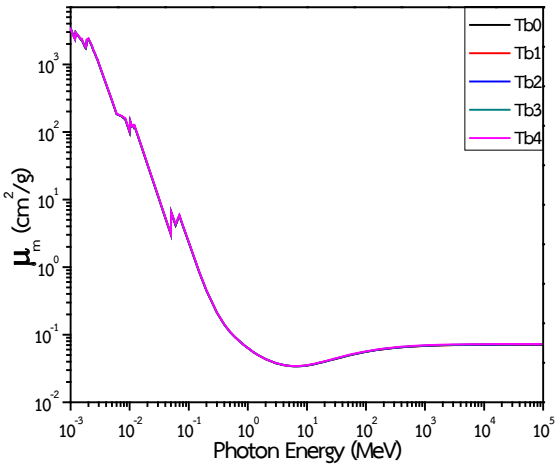


Fig. 1 The mass attenuation coefficients of glass the glass systems for photon energy of 1 keV – 100 GeV.

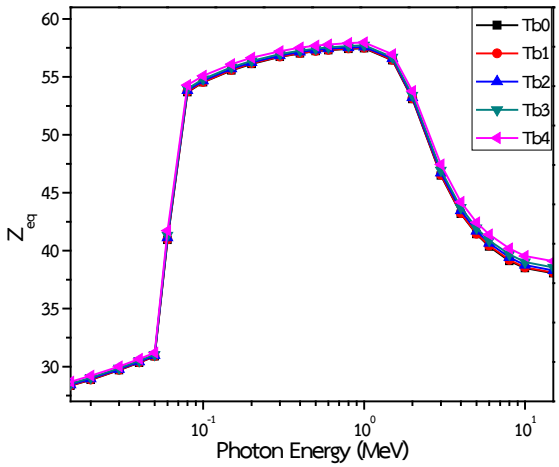


Fig. 2 The equivalent atomic numbers of systems.

Variation of EABF and EBF with photon energy

Fig. 2 gives equivalent atomic numbers (Z_{eq}) of shielding radiation materials at energy range from 0.015–15 MeV. This figure is exhibit Z_{eq} dependence of Tb_2O_3 content which Z_{eq} increase with increasing Tb_2O_3 content.

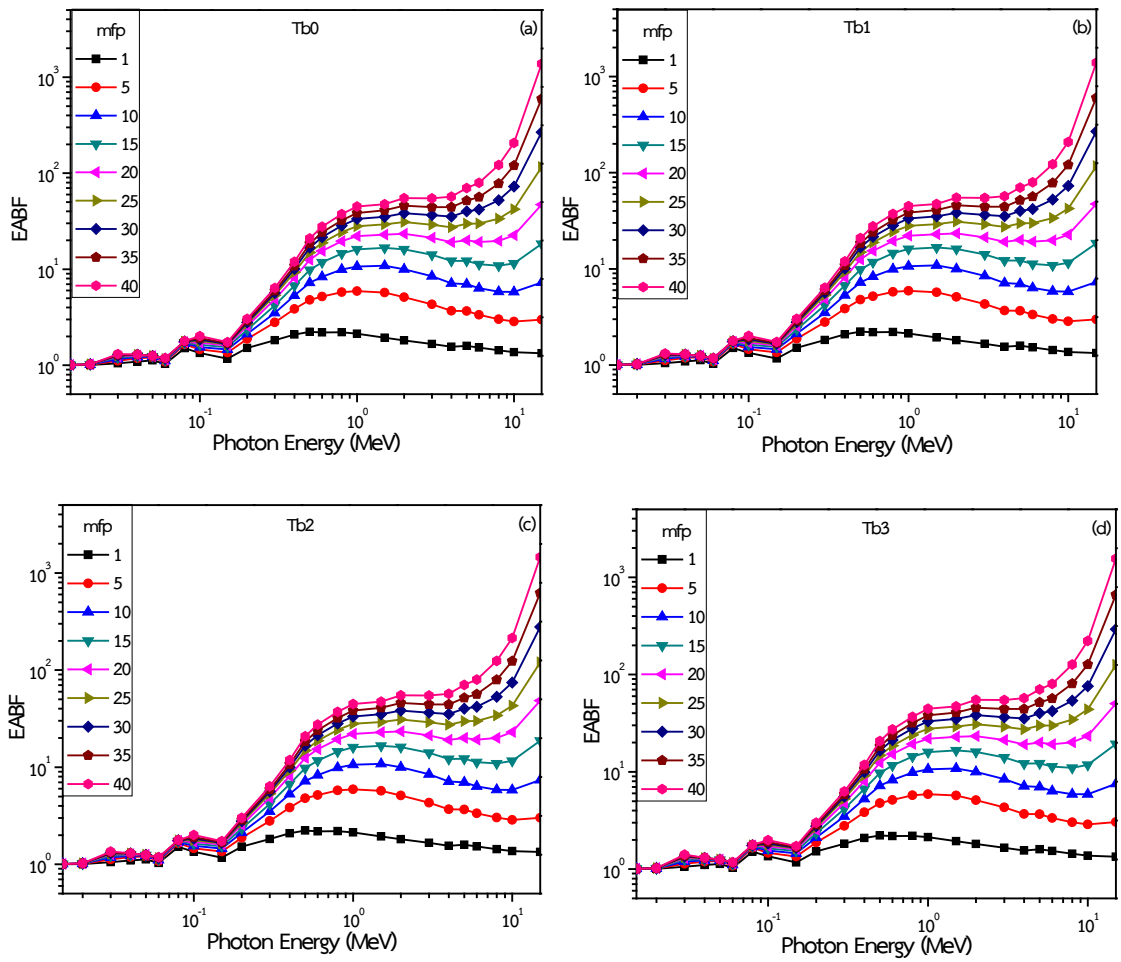
The variations of EABF and EBF, with photon energy, for the glass systems and at different penetration depths, have been shown in Figs. 3 and 4 (a–e), respectively. Form the figures, it is seen that with increasing the photon energy, the EABF and EBF values, for glass systems, increase up to a maximum value at intermediate energies range. This can be discussed in the fundamental of dominance of different partial photon interaction processes in different energy ranges. However, in the low energy range, photoelectric absorption is the main photon interaction process, so maximum number of photons will be absorbed and consequently, EABF and EBF values are reduced. Same as, in the high energy range, another photon absorption process, that is pair production, is the main one. In the intermediate energy range, Compton scattering is the main process of photon interaction that only help in degradation of photon energy because of scattering and fails to completely remove the photon. So, more the life time of the photon is long, more the probability of photon to get away the material is important. This process results in the EABF and EBF values increase.

At high energy and large penetration depth, graph can observe a sharp peak in EABF and EBF. This is because of buildup of secondary gamma photons build by electron–positron annihilation in material because of to multiple scattering incidences. Truly, the increase in penetration depth of the mediums leading to increase the thickness of the interacting medium which in turn results in increasing the scattering events in the interacting medium, in particular for the medium with the

highest equivalent atomic number. Hence it results in large EABF and EBF values.

Clearly from Fig. 3 (a–e) there is a sharp peak at 0.08 MeV energy that may be because of edge absorption of Tb.

It can observe that with increasing Tb_2O_3 content, the variation of EABF and EBF is same and the only difference is in the scale of EABF and EBF. Also, it's obvious differences between EABF and EBF values were observed as the Tb_2O_3 content changes. It is observed that these differences decreased the Tb2O3 content increases.



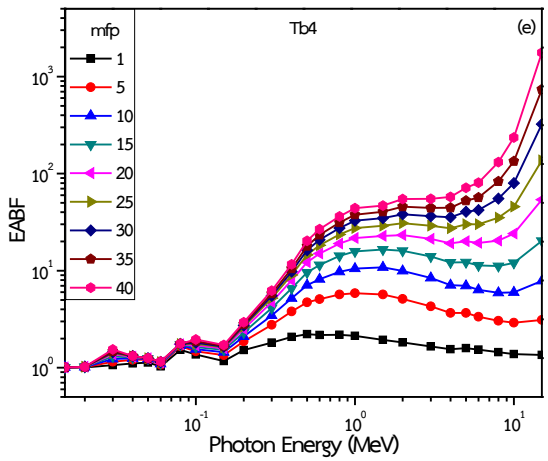
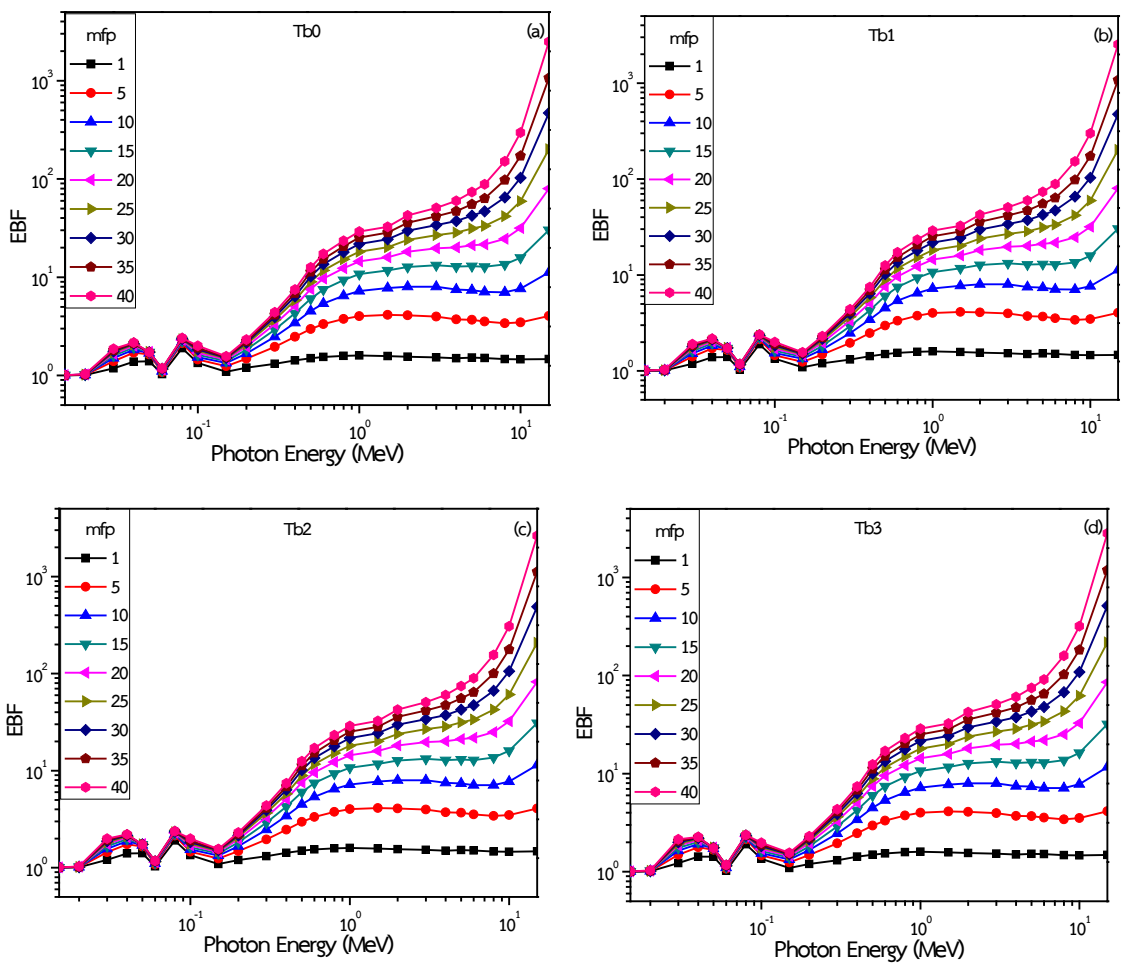


Fig. 3 (a–e) The EABF of glass systems with photon energy for different Tb_2O_3 content.



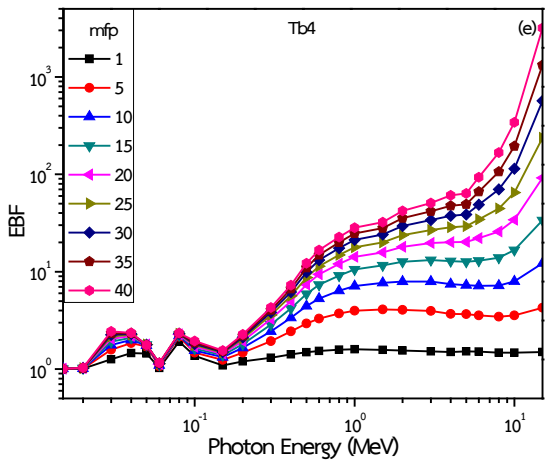


Fig. 4 (a–e) The EBF of glass systems with photon energy for different Tb_2O_3 content.

Variation of EABF and EBF with penetration depths

Figs. 5 and 6 show an increase of EABF and EBF values with penetration depths for the glass systems, at specific the photon energies (0.015, 0.15, 1.5 and 15 MeV). At the lowest energy (Figs. 5 and 6 a), the EABF and EBF values are roughly constant above 5 mfp. The EABF and EBF values according to the chemical composition except at photon energy 0.15 and 1.5 MeV, as shown in Figs. 5 and 6 (c).

It found that for the glass systems with low equivalent atomic numbers (Z_{eq}) (Tb0), the EABF and EBF values are small in the photon energy 0.015 and 15 MeV. However, for the glass systems with higher equivalent atomic numbers (Tb4), the EABF and EBF values are relatively small.

In contrast, at fixed photon energy 0.15 and 1.5 MeV (Figs. 5 and 6 (b–c)), EABF and EBF values are nearly free of chemical composition of glass systems. It may be because of the reason that in this range, the Compton scattering process whose cross section varies linearly with Z_{eq} of the glass systems is the main interacting process, therefore no significant variation of EABF and EBF were observed at this energy.

In high energy range (E ≥ 1.5 MeV), the trend of EABF and EBF values started increase with increasing Z_{eq} (Figs. 5 and 6 (c–d)). This can be discussed on the fundamental of pair production which the main interaction in this energy range. The cross section of pair production process varies with equivalent atomic number as $(Z_{eq})^2$. So, the glass systems with higher Z_{eq} (Tb4) has higher probability to undergo pair production. The result of this process, electron and positron must be produced with different kinetic energies depending on the photon energy. The electron–positron pair suffers several numbers of collisions when it moves pass the glass systems and hence loses its energy. Since, the penetration depth of the glass systems is adequately large for the electron–positron pair to lose its energy with the glass systems and comes to rest. After that, this electron and positron can undergo annihilation process, which results in the creation of two new

secondary gamma rays of 0.511 MeV. These secondary rays have energies in the main range of Compton scattering process. Therefore, these photons will reduce energy in multiple collisions before completely absorbed with in the glass systems by photoelectric absorption. So, the probability of photons to move pass the larger dimensions of glass systems increases, resulting in higher values for EABF and EBF.

At last, for a better radiation shielding material, a high value of μ_m and low value of buildup factor are requested. The μ_m values in the investigated glass systems increase as the content of Tb_2O_3 is increased. The EABF and EBF values increase as the content of Tb_2O_3 is increased in low and high photon energies. Obviously, the higher values of Tb_2O_3 content in the glass systems will improve the radiation shielding properties in terms of μm and buildup factor. Hence, it can conclude that glass systems with 2.0 mol% Tb_2O_3 appears as best gamma ray shielding glass due to higher values for μ_m all energies range and lower values of EABF and EBF in intermediate energies.

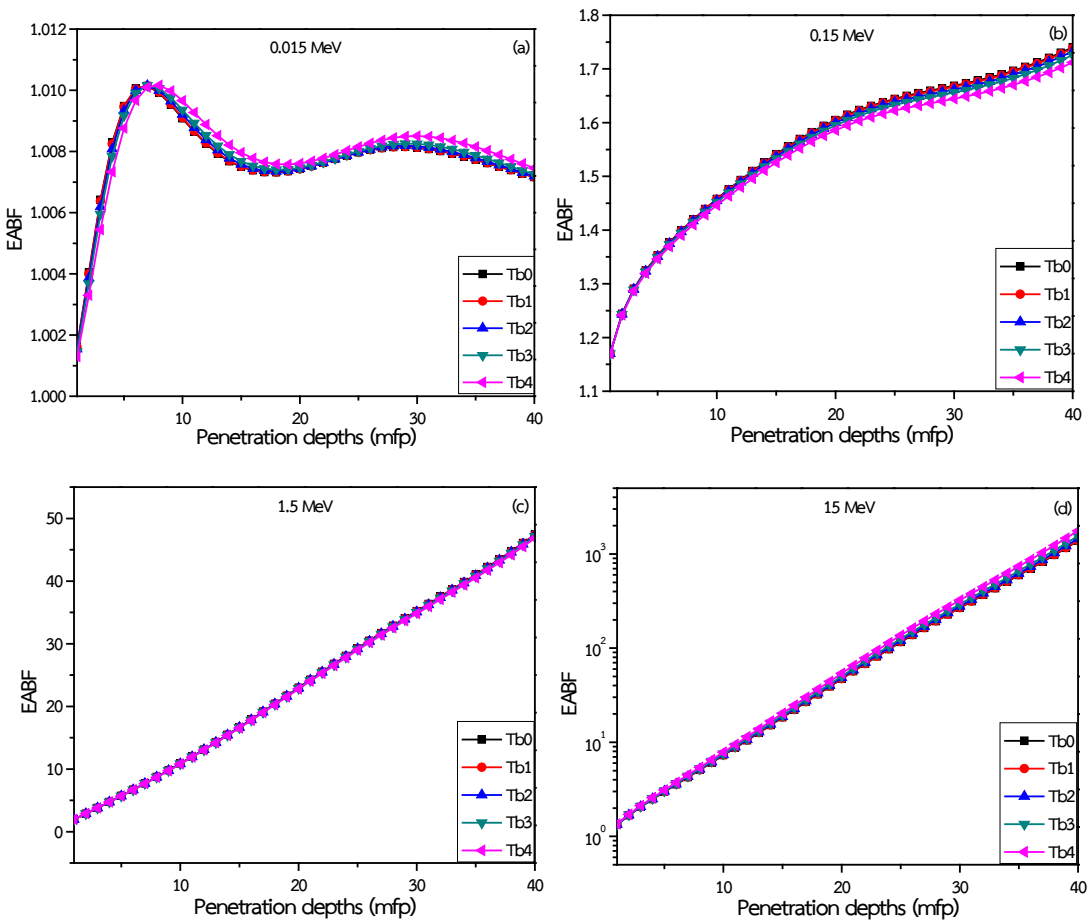


Fig. 5 (a–d) The EABF of glass systems with penetration depths at photon energies (0.015, 0.15, 1.5 and 15 MeV).

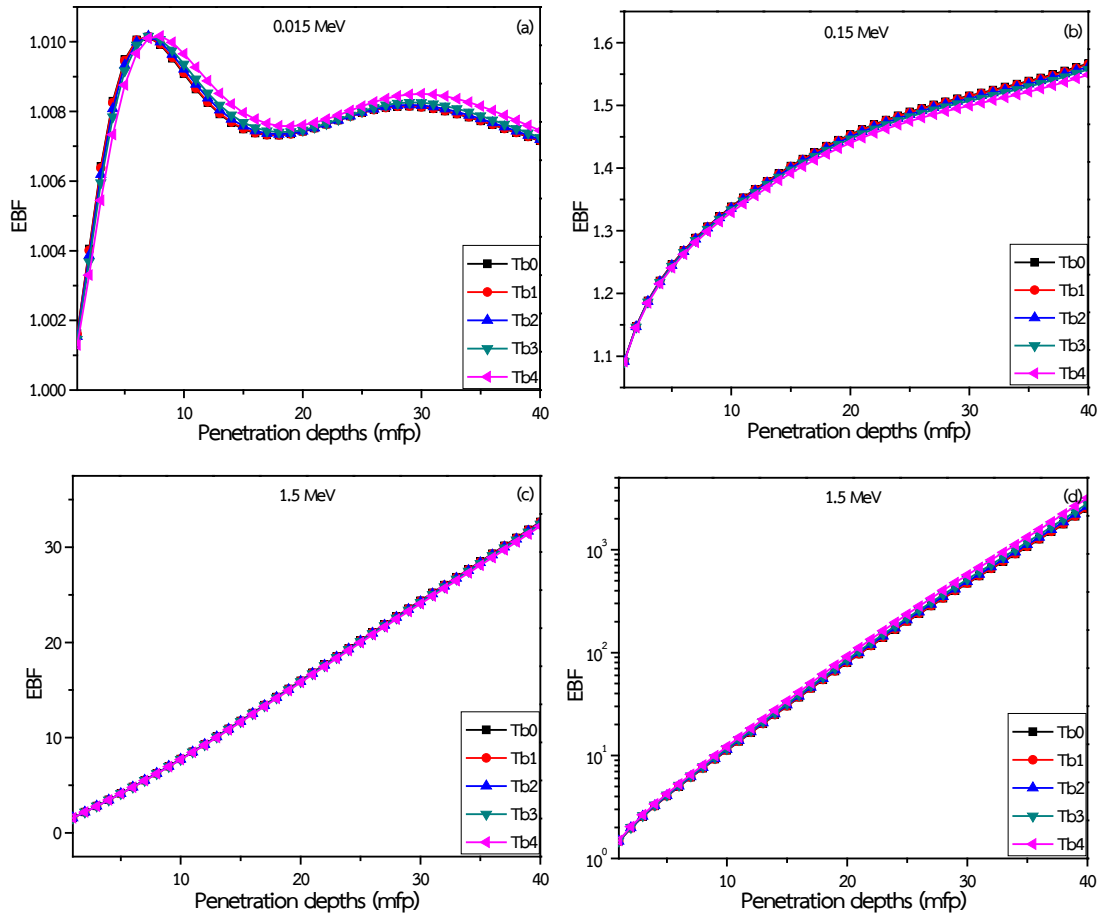


Fig. 6 (a–d) The EABF of glass systems with penetration depths at photon energies (0.015, 0.15, 1.5 and 15 MeV).

Fast neutron removal cross section

The fast neutron removal cross section Σ_R (cm^{-1}) of the glass systems with 0, 0.1, 0.5, 1.0 and 2.0 mol% Tb_2O_3 is shown in Fig. 6. It found that Σ_R of glass systems for Tb_2O_3 at 2.0 mol% had the highest value. Highest value of removal cross section of 2.0 mol% of Tb_2O_3 was observed because of highest elemental composition of low–Z, B_2O_3. Therefore, it is concluded that low–Z elemental composition contributes a vital role in neutron shielding properties.

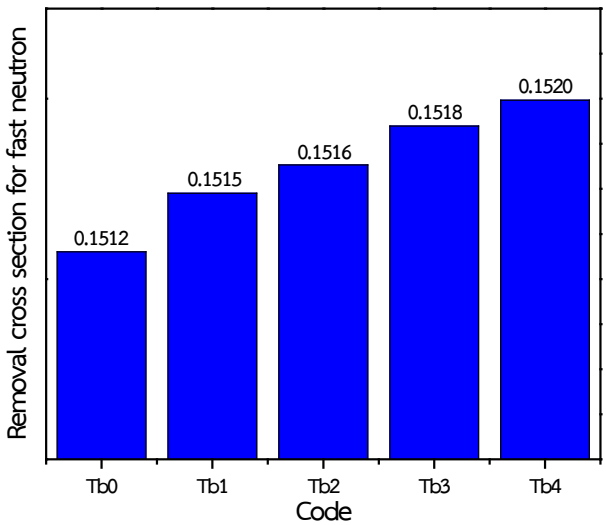


Fig. 7 The fast neutron removal cross section for glass systems.

Conclusions

In this work, the shielding properties for $42.5WO_3$: $27.5Gd_2O_3$: $(30–x)B_2O_3$: xTb_2O_3 glass systems were investigate with different molar composition of Tb_2O_3. The mass attenuation coefficient was computed for total photon interaction in the energy range of 1 keV to 100 GeV.

It was found that the mass attenuation coefficient increases with increasing Te_2O_3 concentration. Moreover, by Geometric Progression method (G-P), energy absorption buildup factors and exposure buildup factors were determined for photon energy in the range 0.015–15 MeV, up to penetration depths of 40 mfp (mean free path). It was found that EABF and EBF possess maximum values in the intermediate energy range, where Compton scattering is the main photon interaction process. The EABF and EBF depend strongly on the chemical composition of the glass systems in the lower and higher energy range, become nearly independent at the intermediate energy range. For glass systems with 2.0 mol% of Tb_2O_3, the EABF and EBF values are found the lowest in low–to–intermediate energy, thus it is having superior gamma ray shielding properties. The obtained results have scientific values to develop excellent shielding properties of materials and provide references to synthesize new materials for gamma rays shielding applications.

Acknowledgments

The authors would like to thank Nakhon Pathom Rajabhat University to support for glass formal and software. This work is partially supported by National Research Council of Thailand (NRCT) and Silpakorn University.

References

Preet Kaur, Devinder Singh, Tejbir Singh. (2016). Heavy metal oxide glasses as gamma rays shielding material. *Nuclear Engineering and Design,* 307, 364–376.

Vishwanath P.Singh, N.M. Badiger, N. Chanthima, J. Kaewkhao. (2014). Evaluation of gamma-ray exposure buildup factors and neutron shielding for bismuth borosilicate glasses. *Radiation Physics and Chemistry,* 98, 14–21.

Kulwinder Singh Mann, Jyoti Singla, Vipan Kumar, Gurdeep Singh Sidhu. (2012). Investigations of mass attenuation coefficients and exposure buildup factors of some low–Z building materials. *Annals of Nuclear Energy,* 43, 157–166.

M.I. Sayyed, H. Elhouichet. (2017). Variation of energy absorption and exposure buildup factors with incident photon energy and penetration depth for boro–tellurite (B2O3–TeO2) glasses. *Radiation Physics and Chemistry,* 130, 335–342.

M. Kurudirek, D. Sardari, N. Khaledi, C. Çakır, K.S. Mann. (2013). Investigation of X–and gamma ray photons buildup in some neutron shielding materials using GP fitting approximation. *Annals of Nuclear Energy,* 53, 485–491.

Vishwanath P. Singh, N.M. Badiger. (2014). Gamma ray and neutron shielding properties of some alloy materials. *Annals of Nuclear Energy,* 64, 301–310.

Cherdsak Bootjomchai, Jintana Laopaiboon, Chadet Yenchai, Raewat Laopaiboon. (2012). Gamma–ray shielding and structural properties of barium–bismuth–borosilicate glasses. *Radiation Physics and Chemistry,* 81, 85–790.

Vishwanath P. Singh, N.M. Badiger. (2014). Comprehensive study on energy absorption buildup factors and exposure buildup factors for photon energy 0.015 to 15MeV up to 40 mfp penetration depth for gel dosimeters. *Radiation Physics and Chemistry,* 103, 234–242.

M.I. Sayyed., Saleem I. Qashou., Z.Y. Khattari. (2017). Radiation shielding competence of newly developed TeO_2–WO_3 glasses. *Journal of Alloys and Compounds. 696,* 632–638.

Preet Kaur, Devinder Singh, Tejbir Singh. (2018). Gamma rays shielding and sensing application of some rare earth doped lead-alumino-phosphate glasses. *Radiation Physics and Chemistry,* 144, 336–343.

Murat Kurudirek. (2017). Heavy metal borate glasses: Potential use for radiation shielding. *Journal of Alloys and Compounds,* 727, 1227–1236.

Berna Oto, Nergiz Yıldız, Turgay Korkut, Esra Kavaz. (2015). Neutron shielding qualities and gamma ray buildup factors of concretes containing limonite ore. *Nuclear Engineering and Design,* 293, 166–175.

คณะผู้เขียน/ ผู้เขียน

รศ.ดร. จักรพงษ์ แก้วขาว

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
เลขที่ 85 ถนนมาลัยแมน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม รหัสไปรษณีย์ 73000
e-mail: mink110@hotmail.com

อ.ดร. กิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม รหัสไปรษณีย์ 73000
e-mail: sriwongsa_k@silpakorn.edu

นายพันศักดิ์ กล่ำกล่อมจิตร์

โรงเรียนหัวหินวิทยาลัย หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์
โรงเรียนหัวหินวิทยาลัย
เลขที่ 240 ถนน เพชรเกษม ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ รหัสไปรษณีย์ 77110
e-mail: punsakk@gmail.com

Arduino-based Educational Robotics with Android Mobile Application

Surasak Artyatha* and Wansuree Massagram

Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science,
Naresuan University, Phitsanulok, Thailand

Abstract

The purpose of this project is to develop an effective tool based on mobile computing and tangible technology to assist children's computational thinking skills. By employing physical objects---in this case, A robot car, people, particularly school students, are encouraged to learn computer science concepts without being intimidated by text-based complicated syntax. For mobile computing, Android OS was selected over iOS for wider accessibility. The application contains various puzzles with a set of solvable commands in blocks. The commands from the mobile application are sent to the Arduino-controlled robot via Bluetooth connection. The combination of mobile-application and tangible robot cars could increase the children's interest and inspire them to learn more about computer science and computational thinking

Keywords: Arducation Bot; Education; Android; Arduino; Coding; Computer Science; Computational Thinking

INTRODUCTION

The first step in the global efforts to prepare children in today's fast changing world is to equip them with knowledge in computer science. Ministries of education worldwide have added computer programming and computation thinking in their curriculums. Computational thinking is a systematic problem solving, using computer science concepts like abstraction and decomposition. Such skills are essential for the digital age in today's modern world (Sye, Y. L., Joyce, H. L. K. ,2014, pp.51-61). However, most schools still do not have access to enough personal computers in order for schools to be able to offer coding as a class.

Phetsrikarn (Phetsrikran, T., Massagram, W., & Harfield, A.,2017) proposed a combination of mobile iOS application and robot car to promote computational thinking skills in children, and demonstrated its feasibility in a cross-cultural setting in (Phetsrikran, T., Massagram, W., Phoka, T., & Harfield, 2018 A.,pp.1-6). This work extends Phetsrikarn's initiatives by creating a mobile application for Android OS. The robot in this work was also modified to improve its performance with a

* **ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)**
e-mail: surasaka59@email.nu.ac.th

proportional–integral–derivative (PID) controller to ensure a more robust locomotion of the robot. Users could still enjoy solving the puzzles by writing short snippets of code to achieve pre-specified goals using a visual programming language similar to Blocky and Logo. Such drag-and-drop interface has been known to be more user-friendly than text-based programming.

The organization of this paper is as follows: Section 2 presents technical background and related research, Section 3 illustrates the design and implementation, Section 4 shows the results of the study, and Section 5 presents this study's conclusion.

TECHNICAL BACKGROUND

The robot in this study was inspired by two main robots: Arducation Bot and the Arduino Line Follower Robot.

Arducation bot (Phetsrikran, T., Massagram, W., & Harfield, A.,2017), (Phetsrikran, T., Massagram, W., Phoka, T., & Harfield, 2018 A.,pp.1-6). [2], [3] is a collaboration between educational robotics and mobile application. It was designed to be a teaching platform to introduce computational thinking concepts to children. But instead of building an iOS application with Swift for the mobile tablet, Android Kotlin is used.

Arduino Line Follower Robot (Anonymous, 2019) [4] is the robot that moves along the black line. It is one of the first robots for students and beginners who want to have a hands-on experience with robotics. The principle of line following is straightforward. By using two IR sensors, which consist of IR LEDs and photodiodes, placing in a reflective way i.e. side – by – side, whenever they come into proximity of a reflective surface, the light emitted by the IR LEDs will be detected by the photodiode. This technique is commonly used for the movement of the robot.

The robot and the application in this project were aimed to teach computational thinking. This is a required skill for a problem-solving process that includes some characteristics and dispositions. The goal of the project is that children can acquire, through solving the puzzles, these following computational thinking skills: decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithm design.

DESIGN AND IMPLEMENTATION

This section presents the design and implementation of both hardware and software development.

A. Design

i) System Architecture:

The system architecture consist of two parts: hardware and software. As illustrated in fig. 1, the system would start when both devices are connected via Bluetooth.

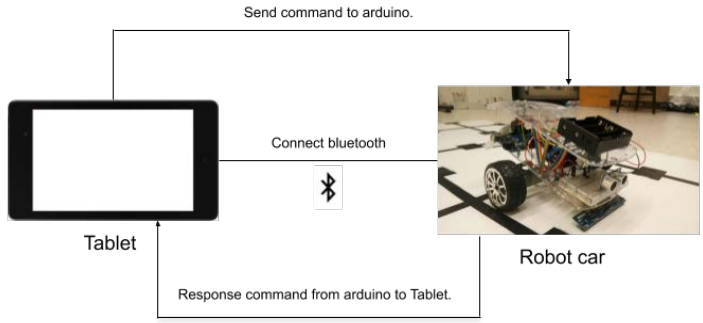


Fig. 1. System architecture

ii) System Analysis:

The main work in this project was to build a reliable communication between Android application and Arduino. The system flow was designed as shown in fig. 2. The flowchart diagram explains how the Android app and the Arduino robot car interacts. The use case diagram explaining how a user interacts with the system is shown in fig. 3.

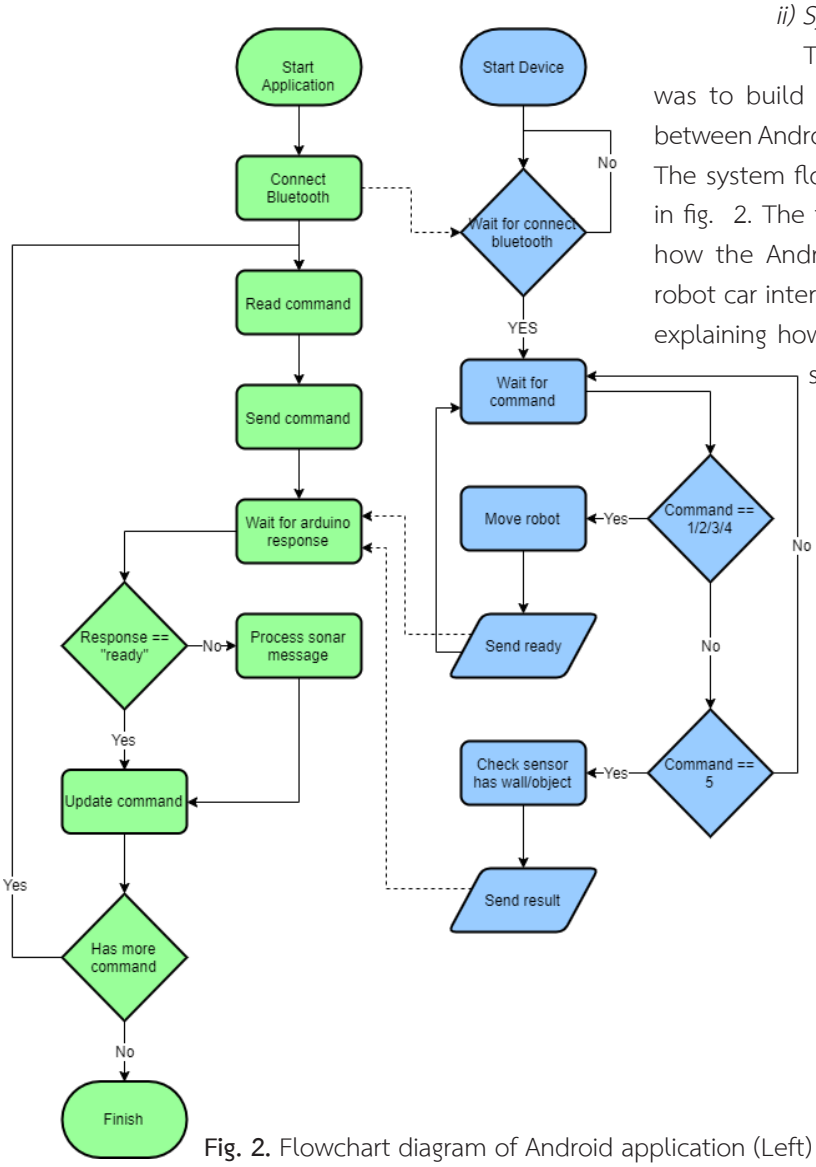


Fig. 2. Flowchart diagram of Android application (Left) and Arduino Process (Right)

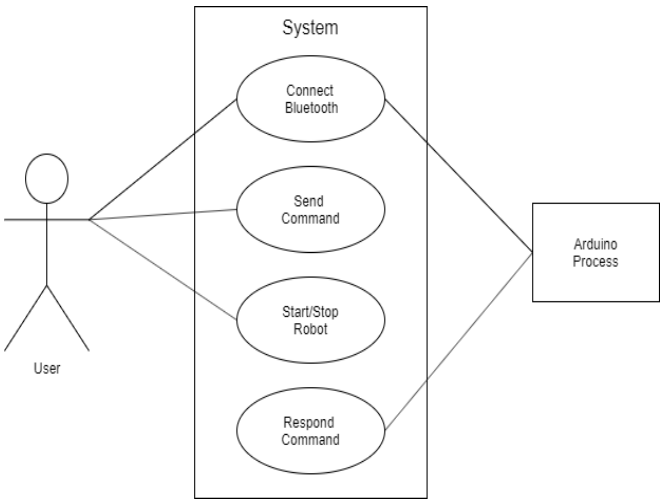


Fig. 3. Use case diagram

B. Implementation

i) InitialDesign:

The project was planned for both hardware and software. Since the project was aimed at children, UI/UX played an important role in the design. For hardware, a ladybug was the inspiration for the robot car. Hence, biomimicry was followed. The major hardware components are the microcontroller, the input sensors, and the output drive system. If the microcontroller is the brain, the sonar sensor would be the insect's eyes, the infrared line sensors would be the antenna, and the wheels would be its legs.

For software, its main functionality is to communicate with the robot car via Bluetooth connection. Fig. 4 shows the initial design of the puzzle page. The user must drag the command into the commands box to make the robot move. The entered commands are passed through the Arduino board to allow the robot to move according to the instructions.

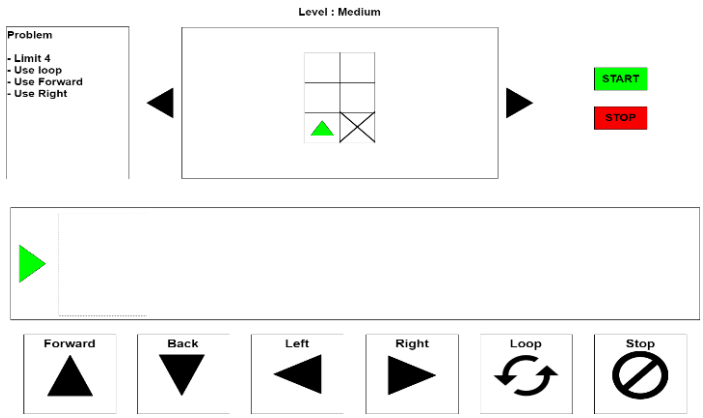


Fig. 4. The initial puzzle design for the mobileapplication

ii) Final Design:

The project has gone through many iterations of work. The final iteration is described as follows.

To improve the control feedback of the robot car, A proportional–integral–derivative (PID) controller (O'Dwyer, A., 2009) [5] was selected for this work. PID calculates the errors derived from the process variables and the desired value. In this project, the values from the IR sensor were used as input to find the error values to adjust the suitable motor speed while moving forward. PID has three values which are Kp, Ki, and Kd. Kp is proportional to the errors. If Kp value is set too high, the robot will vibrate and unstable. However, if it is too low, the robot will be slow to respond. Ki is the integral sum of errors over time. When combined with Kp, it will reach the desired point and reduce the remaining errors. However, the Ki is a response from the previous cumulative error which may result in diverting the desired point to another direction. The last variable, Kd, is the rate of change of errors. Kd is a slow rate of change to reach the desired level. It is used to reduce the overshoot caused by Ki values and improve stability of control. Nonetheless, Kd will be amplified very quickly to disturb the Kp value and can make the control unstable. The PID are calculated from the following equations and their corresponding algorithm implemented is shown in fig. 5.

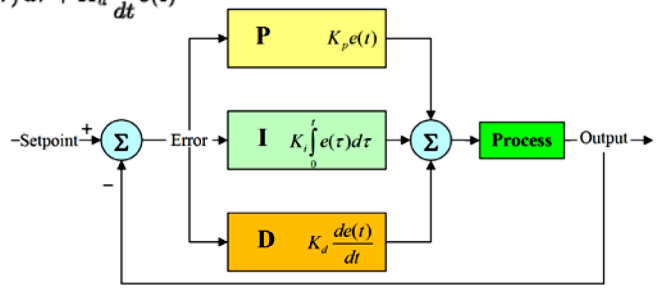
$$P_{\text{out}} = K_p\, e(t)$$

$$I_{\text{out}} = K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau$$

$$D_{\text{out}} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

$$\text{MV}(t) = P_{\text{out}} + I_{\text{out}} + D_{\text{out}}$$

$$\text{u}(t) = \text{MV}(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$



(a).

```
previous_error = setpoint - actual_position
integral = 0
Start:
     error = setpoint - actual_position
     integral = integral + (error*dt)
     derivative = (error - previous_error)/dt
     output = (Kp*error) + (Ki*integral) + (Kd*derivative)
     previous_error = error
     wait(dt)
     goto start
```

Fig. 5. PID controller. (a) feedback control block diagram and (b) algorithm

Once the control algorithm was finalized, the final hardware was specified and sourced. The robot car's hardware includes an Arduino Mega R3, an HC-05 Bluetooth module, a 5-way infrared line tracking, an HC-SR04 ultrasonic sensor, a motor encoder, an L298N motor driver, and two motors. The components were assembled as shown in fig. 6. The circuit diagram of the design, as illustrated in fig. 7, shows the red and black wires as the power source for all components. The other elements were connected accordingly and installed on the plastic chassis with wheels.

A simple Android program was written to test the Bluetooth communication between the Arduino and the Android application. Once the Bluetooth communication was verified to work properly, more functions were added to the Android application.

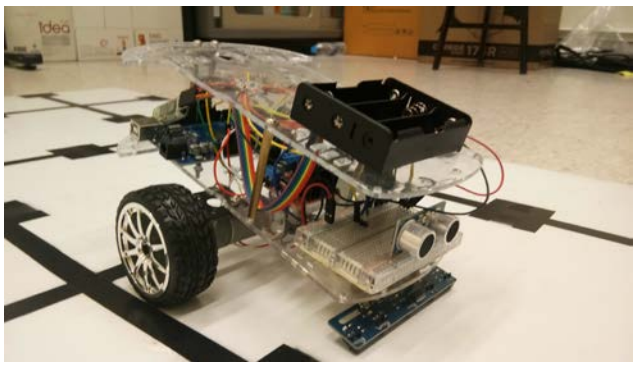


Fig. 6. The robot car

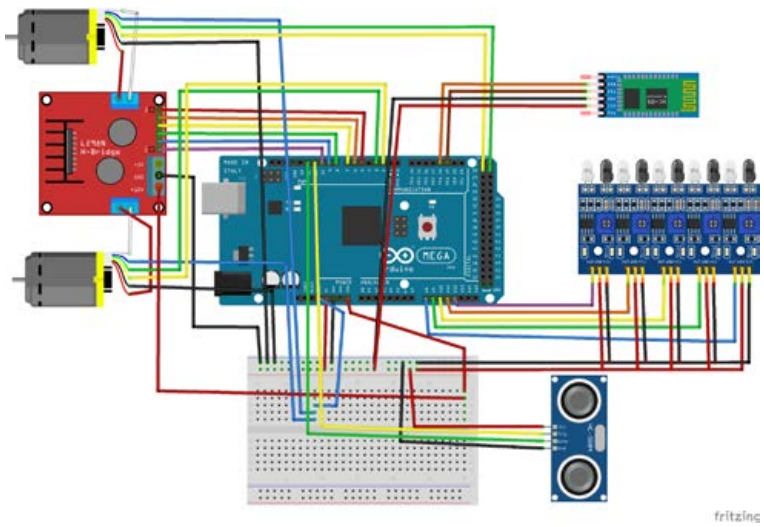


Fig. 7. The robot car's circuit diagram.

The main function of the Android application is to receive the user's commands and send them to control the robot car while keeping track of the user's progress and engaging the users.

To keep young children engaged, colorful and approachable graphics were used. Block programming is intuitive for kids. The following description contains the step-by-step instructions of the program workflow.

When the user enters the application, the first page displays the homepage of the Arducation Bot application as shown in fig. 8.



Fig. 8. The application homepage

If the user selects the "Intro" button, the application takes the user to fig. 9. The introduction page contains basic instructions for the application.



Fig. 9. The introduction page

Before using this application, the Bluetooth connection must be properly established. The Bluetooth symbol can be seen on the home page in fig. 8. The user can select it to pair and connect with the available Bluetooth, as shown in fig. 10. For an Android OS tablet, this should allow the robot car to pair its Bluetooth with the tablet's before proceeding with the application. The user can select the Bluetooth that has already been paired to connect Android and Arduino.



Fig. 10. Bluetooth connection menu

The user can now choose to solve the problem starting from Sequencing, Loop, If, If in Loop, and Free (as in freestyle). Fig. 11 shows the screen capture from Sequencing. There are seven puzzles to teach the basic algorithm to solve the problems sequentially. Each topic also contains a simple and short description in Thai for the user to understand.



Fig. 11. Sequencing menu

The image in the middle of fig. 12 contains an example problem for sequencing. The workspace, seen in the same figure, waits for the commands to be dragged and dropped into the field. The user can solve the puzzle on this page by dragging and dropping the commands she thinks appropriate.

Below the workspace are various commands the user can select from. The number of commands required to solve each problem is shown in the workspace. For example, the particular puzzle in fig. 12 requires two commands to move the robot forward two blocks. The right of the page are menu buttons. The Run button will send all commands in the workspace to the robot car to move according to the command. The robot will operate one by one and stop waiting for the next command. The Stop button will stop the robot from working immediately. The Trash button is a button for clearing all commands in the workspace.



Fig. 12. Workspace in a puzzle page.

TESTING AND RESULTS

A. Hardware Testing

The sensors were first tested to ensure that the output data of the sensors worked as expected. A motor encoder was initially selected as the input feedback to control the movement of the robot car. Using the value of encoder motor to control the movement is difficult because the rotation of each motor must be measured for the calculation. It was difficult for both motors to spin and stop at the same time. The IR sensor was chosen instead a PID controller. The values from the IR sensor were used to calculate the errors straightforwardly. The values of K_p, K_i, and K_d could be adjusted to suit the robot car.

This project uses the Arduino IDE as an environment to write the programs for the robot car in C-like Arduino language. There was a problem with the Bluetooth communication because initially, an HM-10 Bluetooth module was used. However, the HM-10 was designed for iOS and thus

had to be replaced with the HC-05 module. The communication was tested by sending data from an Android device to show in Serial Monitor on Arduino IDE and receiving the data back to show that the prototyping communication worked.

B. Software Testing

The iOS application and the robot car [2] and [3] that this work was inspired by and improved upon was tested on more than one hundred students. For the initial phase of this work, the Android version and the improved robot car with the PID controller were tested with a much smaller target group of 13 students. They solved all the puzzles and completed the survey. Although the number of participants was small and statistically insignificant, the summary of the questionnaire and the collected feedback are shown in Table 1.

Table 1. Summary of the questionnaire (5 being the most significant)

Questions	$\bar{X}$
Software	
1. How satisfied are you with the speed of the application?	4.15
2. How satisfied are you with the overall menu?	4.31
3. Do you think it's easy to use apps with the robot car?	4.15
4. Do you like the application design?	4.15
Hardware	
1. How satisfied are you with this robot car ease of use?	3.92
2. How satisfied are you with the movement of the robot car?	3.92
3. Do you like the robot car's design?	4.08
Overall	
How much fun do you have with the app and robot cars?	4.38
Feedback	
Add more diverse puzzles in the application.	

Most users were satisfied with the overall performance of the Android application and the robot car as a pedagogical tool to teach computational thinking. However, the feedback shows that despite improving with the PID controller, the locomotion of the robot car could still be enhanced, perhaps with more sensory data.

Currently, there are only twenty puzzles in the application to keep the play short. However, for the students to receive more benefits, more practice problems should be added along with instructional video clips.

CONCLUSION

The research objectives of designing and implementing a robot car to be controlled with an Android application on a tablet was met. PID controller was implemented to improve the performance of the robot car locomotion. The mobile application, inspired by the previous iOS version, was written in Android for more universal use. The users were satisfied with the outcomes of the project. The future work includes using more sensory data for PID feedback control loop, more puzzles, and instructional videoclips

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Naresuan University Maker Club for the sponsored equipment, Dr. Antony Harfield for his advice on debugging and developing the mobile application, and finally, Assistant Professor Dr. Thanathorn Phoka, Mr. Titipan Phetchsrichan, and Mr. Kritsana Kumphet for their technical and moral support.

REFERENCE

Sye, Y. L., Joyce, H. L. K. (2014, September). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?, 2014 Computers in Human Behavior (pp. 51- 61).

Phetsrikran, T., Massagram, W., & Harfield, A. (2017). First steps in teaching computational thinking through mobile technology and robotics. Asian International Journal of Social Sciences, 17(3), 37-52. https://doi.org/10.29139/aijss.20170303

Phetsrikran, T., Massagram, W., Phoka, T., & Harfield, A. (2018, November). A Feasibility Study of Arducation Bot: An Educational Robotics and Mobile Application Kit for Computational Thinking Skills. In *2018 22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)* (pp. 1-6). IEEE.

How To Make Arduino Line Follower Robot?, October 10, 2019 Retrived from https://www.electronicshub.org/arduino-line-follower-robot/

O'Dwyer, A. (2009). *Handbook of PI and PID controller tuning rules.* Imperial college press.

การพยากรณ์รูปแบบของการกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน

The forecasting patterns of juvenile recidivism

ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี*, ศิริพร ฉิมพลี, วิชชา ฉิมพลี, วัชรากรณ์ เนตรหาญ และณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

บทคัดย่อ

การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน เป็นประเด็นปัญหาที่หลายประเทศต่างให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ เนื่องจากเด็กและเยาวชนจะเป็นกำลังที่สำคัญของชาติในอนาคตและการกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน เพื่อคาดการณ์การกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริธึมปัญญาประดิษฐ์ (AI : Artificial Intelligence) ผลการวิจัยพบว่าการพยากรณ์ที่ใช้ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนและถูกคัดเลือกโดยอัลกอริธึม XGBoost ประกอบด้วย 6 คุณลักษณะ 1) การดำรงชีพด้วยการประกอบมิฉาชีพ 2) พฤติกรรมงัดแงะเข้าบ้าน อาคาร หรือรถของคนอื่น 3) การรับฝาก รับจ้างซื้อและหรือจำหน่ายยาเสพติด 4) ประวัติการเคยถูกดำเนินคดี 5) ประวัติการฝึกอบรม/จำคุก/คุมประพฤติ/เข้ารับการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ติดยาเสพติด 6) อายุขณะกระทำผิด ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมมีดังนี้ ค่าความถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 97.80 ค่าความแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 97.80 และค่าความระลึก คิดเป็นร้อยละ 100

คำสำคัญ: กระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน ปัญญาประดิษฐ์ อัลกอริธึม XGBoost ค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก

Abstract

The juvenile delinquency is one of the most important problems of many countries because juvenile will be important forces of the nation in the future and the recidivism of juvenile tend to increase continuously. The research also studies the forms of juvenile delinquency to predict juvenile recidivism by applying the AI: Artificial Intelligence algorithm. The result shows the predictions based on factors that cause juvenile delinquency and selected by the XGBoost algorithm consists of 6 characteristics: 1) Living by making a living 2) Tamper behavior into someone else's house, building, or car 3) Accepting employment, purchasing and / or selling drugs 4) History of prosecution 5) Training history / Imprisonment / Probation / Rehabilitation of drug addicts 6) Age

* **ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**
e-mail: siriluck_lor@dusit.ac.th

while committing crime. The results of the performance evaluation are as follows. 97.80 percent of the accuracy accounted for 97.80 percent and the gift accounted for 100 percent.

Keywords: the juvenile recidivism, Artificial Intelligence, XGBoost algorithm, Accuracy, Precision, Recall

บทนำ

การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน เป็นประเด็นปัญหาที่หลายประเทศต่างให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ ในการกำหนดนโยบายเพื่อการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากเด็กและเยาวชนจะเป็นกำลังที่สำคัญของชาติในอนาคต แต่การดำเนินการของกระบวนการยุติธรรมที่เน้นการคุ้มครองเด็กและเยาวชนมากจนเกินไป ก็อาจทำให้การแก้ไขปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร และอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับการกระทำผิดซ้ำของเด็กและเยาวชนตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากการไม่เกรงกลัวต่อบทลงโทษหรือผลกระทบที่จะได้รับจากการกระทำความผิดถึงแม้ว่ารัฐบาลของแต่ละประเทศจะมีความพยายามที่จะพัฒนาและสนับสนุนให้เด็กและเยาวชนเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ แต่สิ่งที่สะท้อนให้เห็นในสภาวการณ์ปัจจุบัน พบว่า มีเด็กและเยาวชนจำนวนไม่น้อยที่มีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ตั้งแต่การฝ่าฝืนกฎระเบียบของโรงเรียน การมั่วสุม การรวมกลุ่มเพื่อทะเลาะวิวาท รวมถึงการสร้างความรุนแรงที่เพิ่มขึ้นจนนำไปสู่การกระทำผิดกฎหมาย เป็นต้น ซึ่งรูปแบบการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนในปัจจุบันนับได้ว่ามีความรุนแรงและมีลักษณะเช่นกับการกระทำความผิดของผู้ใหญ่มากยิ่งขึ้น

ข้อมูลจากกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนในปี พ.ศ. 2555 – 2558 (กรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน, 2562) พบว่าการกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ที่ผ่านมาจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น แต่ยังพบว่าสถานการณ์ที่เด็กและเยาวชนมีการกระทำความผิดซ้ำมิได้ลดลงแต่อย่างใด โดยในปี พ.ศ. 2558 มีจำนวนคดีที่เด็กและเยาวชนกระทำผิดซ้ำเพิ่มขึ้น 2,177 คดี คิดเป็นร้อยละ 52.76 ซึ่งพื้นที่ในกรุงเทพมหานครมีความหลากหลายของลักษณะทางประชากร จึงทำให้ประสบปัญหาความรุนแรงของอาชญากรรมอยู่ในระดับที่สูงกว่าในเขตพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ โดยการศึกษาวิจัยเรื่องแผนที่ความรุนแรงของอาชญากรรมในประเทศไทย ของปรารถนา อุตพัฒน์ ปี พ.ศ. 2560 พบว่า กรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ที่มีความรุนแรงของอาชญากรรมมากที่สุด รองลงมาเป็นจังหวัดนครราชสีมา ชลบุรี เชียงใหม่ ร้อยเอ็ด สมุทรปราการ ปทุมธานี สงขลา อุบลราชธานี สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ตามลำดับ โดยผู้วิจัยได้อธิบายว่าสาเหตุที่พื้นที่ดังกล่าวมีอาชญากรรมสูง เนื่องจากมีประชากรอยู่หนาแน่น มีการกระจุกตัวของอุตสาหกรรม และมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจจำนวนมาก (ปรารถนา อุตพัฒน์, 2560)

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา การแก้ไขปัญหาอาชญากรรมในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้มีการพัฒนากระบวนการดำเนินงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น เช่น มีการใช้แผนที่อาชญากรรม (Crime Mapping) ในการนำข้อมูลทางภูมิศาสตร์และข้อมูลอาชญากรรมมาทำการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง เช่น สถานที่เกิดเหตุอาชญากรรม วันเวลาที่เกิดเหตุ ความถี่ ความต่อเนื่อง หรือแนวโน้มของการเกิดอาชญากรรม เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์แผนที่อาชญากรรมนั้น มีการใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) เป็นตัวสำคัญในการดำเนินการ อย่างไรก็ตาม การใช้เทคนิคดังกล่าวยังเป็นการมุ่งเน้นที่การจัดการกับอาชญากรรมโดยทั่วไปในกลุ่มผู้ใหญ่เท่านั้น ยังไม่ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการป้องกันการกระทำผิดของเด็กและเยาวชนที่เป็นการเฉพาะ จึงทำให้การป้องกันการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนต้อง

ใช้แนวทางเช่นเดียวกับที่ดำเนินการกับผู้กระทำผิดที่เป็นผู้ใหญ่ ทั้งที่มีบริบท รายละเอียดของการกระทำความผิด และวิธีจัดการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาและวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อหาสาเหตุของการกระทำผิด รวมถึงเทคโนโลยีการพยากรณ์แนวโน้มการกระทำผิดซ้ำของเด็กและเยาวชนในแต่ละพื้นที่ เพื่อประโยชน์ต่อการป้องกันการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนในแต่ละพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร รวมถึงการจัดทำมาตรการสำหรับการกำกับติดตามไม่ให้เด็กและเยาวชนที่ได้รับการปล่อยตัวคืนสู่สังคมหวนกลับมากระทำผิดซ้ำอีก ซึ่งจะเป็นการตอบโจทย์การวิจัยเพื่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดที่สอดคล้องกับสังคมในยุคดิจิทัล และสนับสนุนการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาเร่งด่วนของการอำนวยความยุติธรรมและการบริหารงานยุติธรรมสำหรับเด็กและเยาวชนตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ต่อไป

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและจัดทำข้อมูลด้านรูปแบบและปัจจัยที่เป็นสาเหตุการกระทำความผิดของกลุ่มเด็กและเยาวชนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

2) เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลเด็กและเยาวชนที่กระทำผิดและได้รับการปล่อยตัวสู่สังคมในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สำหรับการจัดทำมาตรการกำกับติดตามไม่ให้หวนกลับมากระทำผิดซ้ำ

3) เพื่อสร้างระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับการป้องกันการกระทำความผิดของกลุ่มเด็กและเยาวชนในแต่ละพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร

วิธีการวิจัย

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน

การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนมาจากปัจจัยหลายประการ แต่ละบุคคลก็อาจมีสาเหตุที่แตกต่างกัน เด็กและเยาวชนบางคนอาจพบว่ามีปัญหามาจากสาเหตุเดียว แต่บางคนอาจมาจากหลายปัจจัยรวมกัน ดังนั้นการเข้าใจความหมายของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนจึงเป็นสิ่งสำคัญ

วรชาติ แสนคำ ได้ให้ความหมายของเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิด หมายถึง เด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดและถูกตำรวจจับดำเนินคดีในข้อหาต่าง ๆ ซึ่งข้อหานั้นเป็นความผิดตามประมวลกฎหมายอาญาและพระราชบัญญัติที่มีโทษทางอาญา (วรชาติ แสนคำ อ้างถึงใน ชื่นจิตร วาณิชย์สุวรรณ, 2554, น.7)

ประเทือง ธนิยผล ได้สรุปการกระทำผิดของเด็กและเยาวชนว่าเป็นการกระทำความผิดกฎหมายอาญามาตรา 11 และมีความผิดที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมไม่เหมาะสมของเด็กและเยาวชน ได้แก่ มีพฤติกรรมเกเร เที่ยวเร่ร่อน หนีโรงเรียน (ประเทือง ธนิยผล อ้างถึงใน ชื่นจิตร วาณิชย์สุวรรณ, 2554, น.6)

จากที่กล่าวมาข้างต้นการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนเป็นความผิดทางอาญาที่ต้องมีบุคคลที่ทำหน้าเข้าไปช่วยเหลือ ดูแล และฟื้นฟูจิตใจของเด็กและเยาวชนที่กระทำผิด เพื่อให้เด็กและเยาวชนที่กระทำผิดนั้นสามารถกลับเข้าสู่สังคมและไม่กระทำผิดซ้ำอีก

การกระทำผิดซ้ำของเด็กและเยาวชนเป็นเรื่องที่มีผู้ให้ความสนใจมาก เพราะเด็กและเยาวชนอยู่ในช่วงอายุระหว่างวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ซึ่งเป็นช่วงวัยที่พบว่ามีปัญหามากที่สุด โดยเฉพาะในช่วงอายุ 13-18 ปี ดังนั้นกลุ่มเด็กและเยาวชนควรได้รับการดูแลและป้องกัน เพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนเหล่านั้นให้เป็นกำลังของประเทศต่อไป (ชาญคณิต กฤตยา สุริยะมณี และอุนิษา เลิศโตมรสกุล, 2553, น.1)

สาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนเกิดจากหลาย ๆ ปัจจัยมาประกอบกัน สามารถสรุปได้ออกเป็น 3 ด้าน คือ

1) ความไม่รู้หรือเยาว์วัยของเด็กและเยาวชน ทำให้รู้เท่าไม่ถึงการณ์ จึงมักตกเป็นเครื่องมือให้บุคคลอื่นชักจูงไปกระทำผิดได้ง่าย

2) การได้เห็นพฤติกรรมที่ไม่ดีจากบุคคลในครอบครัว การเลี้ยงดูจากครอบครัวที่มีบุคคลในครอบครัวกระทำความผิดมาก่อน เด็กและเยาวชนซึ่งไม่มีความหนักแน่นจะถูกชักจูงได้ง่าย ให้มีพฤติกรรมลอกเลียนแบบและกระทำความผิด (โสภา ชปีลมันน์, 2536, น.131-132) ได้ศึกษาปัจจัยทางด้านครอบครัวที่มีผลต่อพฤติกรรมเด็กและเยาวชน พบว่าสาเหตุของการกระทำความผิดที่เป็นผลมาจากครอบครัวอาจมีสาเหตุ ดังนี้

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในครอบครัวและภาวะความเป็นอยู่ เด็กและเยาวชนที่กระทำผิดมาจากครอบครัวที่แตกแยก บิดาและมารดาหย่าร้างกัน แยกกันอยู่ บิดา/มารดาถึงแก่กรรม รวมทั้งความไม่สงบสุขของครอบครัวที่มีสาเหตุมาจากบิดาและมารดาทะเลาะเบาะแว้ง ทุบตีกัน เด็กและเยาวชนที่ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะขาดความมั่นคงทางสภาพจิตใจและอารมณ์ บางครั้งอาจต้องตกเป็นเครื่องมือของบิดาและมารดา ทำให้เด็กและเยาวชนเสียใจ ผิดหวัง และแสดงออกโดยการกระทำความผิด (จรจา สุวรรณทัต อ้างถึงใน ชื่นจิตร วาณิชย์สุวรรณ, 2554, น.7)

(2) ลักษณะการอบรมเลี้ยงดูจากบิดา มารดา หรือผู้ปกครองที่มีความเข้มงวดมากจนเป็นเผด็จการหรือในทางตรงข้ามไม่สนใจดูแลเด็กและเยาวชน เมื่อมีการกระทำความผิดแล้วลงโทษเด็กและเยาวชนด้วยความรุนแรงเกินไป

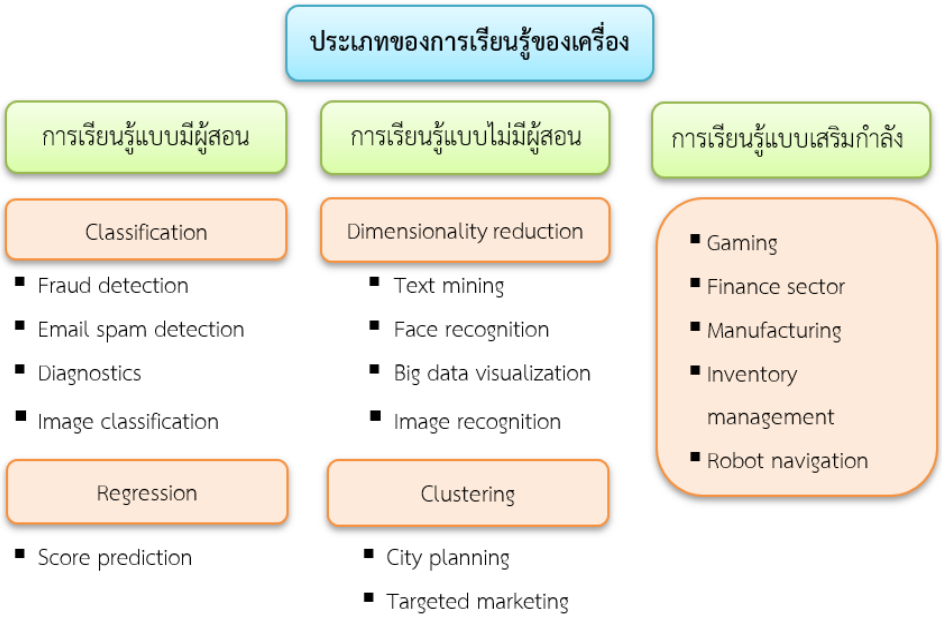
(3) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ครอบครัวมีฐานะยากจน มีความเป็นอยู่อัตคัต จึงเป็นสาเหตุบีบบังคับให้เด็กและเยาวชนกระทำความผิด (อนันต์ ประวิเศษ, 2547, น.14) ปัญหาจากการว่างงาน สมาชิกในครอบครัวไม่มีงานทำ ทำให้ไม่มีรายได้จึงเป็นปัจจัยทำให้เด็กและเยาวชนไปกระทำความผิด (นวลจันทร์ ทัศนชัยกุล, 2548, น.109)

3) ความผิดปกติของร่างกายและทางอารมณ์ ทำให้เด็กและเยาวชนขาดสติความยับยั้งชั่งใจ หรือไม่สามารถควบคุมตนเองได้ จึงมีพฤติกรรมต่อต้านและกระทำผิดได้

4) ปัจจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (สุชา จันทร์เอม, 2541, น.23-38) ได้สรุปปัจจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุให้เด็กและเยาวชนกระทำความผิดมาจากการเพิ่มจำนวนของประชากร ชุมชนและสภาพความเป็นอยู่ไม่ดี เด็กและเยาวชนได้เห็นตัวอย่างที่ไม่ดีจากบุคคลในชุมชน ทำให้เกิดเป็นความเคยชินต่อการเห็นการกระทำผิด ทำให้เด็กและเยาวชนกระทำผิดเลียนแบบผู้ใหญ่ (โกศล วงศ์สวรรค์ และคณะ, 2537, น.251)

2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) เป็นวิธีการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้โดยอัตโนมัติพร้อมทั้งจดจำวิธีการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดซ้ำ ๆ แต่ไม่มีกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนในการตัดสินใจ (Zhang & TSAI, 2003) การพัฒนาระบบการเรียนรู้ของเครื่องประกอบด้วย 2 ขั้นตอนขั้นตอนแรก คือ การเรียนรู้โดยการนำเอาข้อมูลเก่ามาเรียนรู้ (Training) เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้และจดจำรูปแบบ (Pattern) เพื่อนำไปสู่การสร้างตัวแบบ (Model) สำหรับการพยากรณ์หรือการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา ขั้นตอนที่สองเป็นการพยากรณ์หรือการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา (Prediction) โดยใช้ข้อมูลในปัจจุบันที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน นำเข้าไปที่ตัวแบบที่ได้สร้างไว้ เพื่อทำการวิเคราะห์และตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา



ภาพที่ 1 ประเภทของการเรียนรู้ของเครื่อง

ประเภทของการเรียนรู้ของเครื่อง แบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังภาพที่ 1 มีรายละเอียด ดังนี้

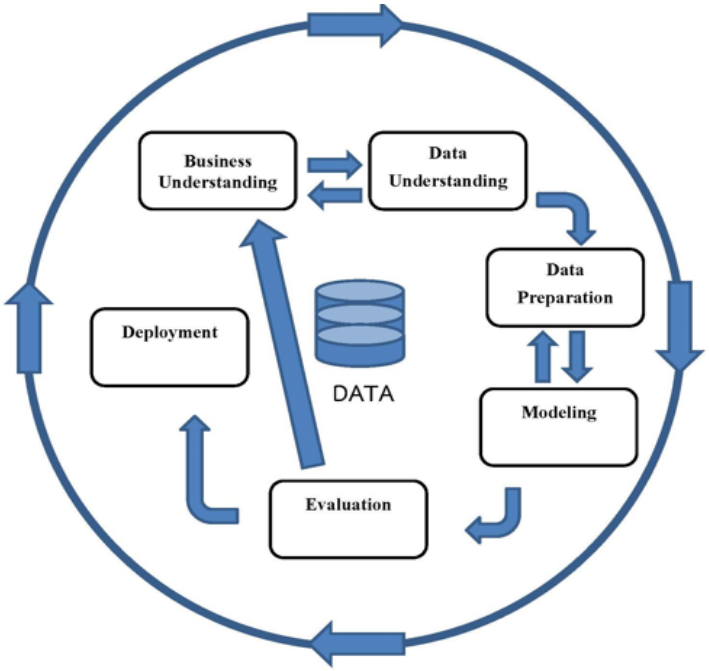
1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning) เป็นการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลในอดีตที่มีทั้งข้อมูลนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) เพื่อให้อัลกอริธึมสร้างตัวแบบที่เกิดจากการเรียนรู้ระหว่างข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ โดยมีความคลาดเคลื่อน (Error) น้อยที่สุด อัลกอริธึมที่อยู่ในการเรียนรู้ประเภทนี้ ได้แก่ การจำแนกประเภท (Classification) การถดถอย (Regression) เป็นต้น

2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) เป็นการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลนำเข้า (Input) แต่ไม่ทราบผลลัพธ์ (Output) การหาผลลัพธ์ว่าควรเป็นอย่างไร ต้องอาศัยวิธีการหรืออัลกอริธึมอื่นมาช่วยในการสร้างการเรียนรู้ อัลกอริธึมที่อยู่ในการเรียนรู้ประเภทนี้ ได้แก่ การจัดกลุ่ม (Clustering) การลดจำนวนมิติเพื่อบีบอัดข้อมูล (Dimensionality reduction) การวิเคราะห์โครงข่าย (Social network analysis) เป็นต้น

3) การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement learning) เป็นการเรียนรู้ที่คอมพิวเตอร์จะสนใจต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัวเป็นพิเศษ เช่น ในการเล่นหมากรุก เกมส์ OX เป็นต้น ผู้เล่นหมากรุกต้องคาดการณ์ล่วงหน้าว่าจะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้นได้ในการเดินหมากรุกแต่ละครั้ง ซึ่งการเดินแต่ละครั้งอาจจะไม่เป็นผลดีต่อครั้งนั้น แต่อาจมีผลดีต่อการเดินหมากรุกในครั้งถัดไปก็ได้ อัลกอริธึมที่อยู่ในการเรียนรู้ประเภทนี้ ได้แก่ Q-learning, Deep Q-Networks (DQN) และ State-Action-Reward-State-Action (SARSA) เป็นต้น

ในขั้นตอนของการเรียนรู้ของเครื่อง งานวิจัยนี้ใช้กระบวนการมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล เรียกว่า กระบวนการมาตรฐานอุตสาหกรรมข้ามสำหรับการทำเหมืองข้อมูล (Cross-Industry Standard Process for Data Mining: CRISP-DM) ที่มีกระบวนการจัดการข้อมูลที่ถูกต้อง สามารถจัดกลุ่ม ค้นหาความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูล และนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ (Shearer, 2000) เพื่อให้ระบบมีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติ

กระบวนการ CRISP-DM ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 2 แต่ละขั้นตอนมีการทำงานที่ต่อเนื่องกัน โดยขั้นตอนถัดไปจะรอผลลัพธ์จากขั้นตอนก่อนหน้า ซึ่งแสดงด้วยลูกศรที่เชื่อมระหว่างกล่องสี่เหลี่ยมแต่ละกล่อง ตัวอย่างเช่นเมื่อได้ผลลัพธ์จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) แล้วจะนำไปสร้างโมเดลจำแนกประเภทข้อมูลในขั้นตอน Modeling และหลังจากนั้นอาจจะย้อนกลับมาเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้ถูกต้องมากขึ้น เพื่อหวังว่าจะได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องมากขึ้น ขั้นตอนในกระบวนการ CRISP-DM มีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 2 กระบวนการมาตรฐานอุตสาหกรรมข้ามสำหรับการทำเหมืองข้อมูล (Shearer, 2000)

1) Business Understanding

ขั้นตอนแรกของกระบวนการที่ต้องทำความเข้าใจกับปัญหาและแปลงปัญหาให้เป็นโจทย์สำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการสัมภาษณ์และรับฟังปัญหาหรือความต้องการจากผู้บริหาร เจ้าหน้าที่กรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน ที่จะเป็นผู้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลไปใช้ประโยชน์ โดยความต้องการทั้งหมดจะนำมาจัดลำดับความสำคัญ และกำหนดวัตถุประสงค์ที่จะนำไปสู่รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลของหน่วยงาน เช่น ผู้บริหารกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน ต้องการทราบปัจจัยสำคัญที่ทำให้เด็กและเยาวชนกระทำผิดซ้ำ จำนวนของเด็กและเยาวชนที่กระทำผิด 3 ปีย้อนหลัง จำแนกตามเขตของกรุงเทพมหานคร สัดส่วนของจำนวนเด็กและเยาวชนที่กระทำผิดต่อจำนวนเด็กและเยาวชนทั้งหมดจำแนกตามเขตของกรุงเทพมหานคร เป็นต้น

2) Data Understanding

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูล เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูลสำหรับการสร้างฐานข้อมูลให้ครบถ้วน ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ โดยการพิจารณาว่าจะใช้

ข้อมูลทั้งหมดหรือคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่สำคัญมาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ งานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนที่ได้ทำการสัมภาษณ์เด็กและเยาวชนที่กระทำผิดตามแบบสัมภาษณ์เพื่อประเมินความเสี่ยงและความจำเป็น และข้อมูลการกระทำผิดของเด็กและเยาวชนที่ได้จากการบันทึกคดีของสถานีตำรวจ ที่แสดงให้เห็นข้อมูลการกระทำผิดซ้ำของเด็กและเยาวชนหลังได้รับการปล่อยตัว

3) Data Preparation

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำการแปลงข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมาให้กลายเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นถัดไปได้ หรือที่เรียกว่าข้อมูลพร้อมใช้ โดยในขั้นตอนนี้ต้องทำการจัดเตรียมข้อมูลให้ถูกต้อง เช่น การแปลงข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ การเติมข้อมูลที่ขาดหายไป เป็นต้น

4) Modeling

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เช่น การจำแนกประเภทข้อมูล การแบ่งกลุ่มข้อมูล การพยากรณ์ข้อมูล เป็นต้น งานวิจัยได้ใช้วิธีการจำแนกประเภทด้วยอัลกอริธึม XGBoost สำหรับการจำแนกเด็กและเยาวชนที่กระทำผิดและกระทำผิดซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

(1) การจำแนกประเภทของข้อมูล

การจำแนกประเภทเป็นเทคนิคที่ใช้ในการจำแนกคลาสของข้อมูลด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ได้มีการกำหนดไว้แล้ว โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ข้อมูลส่วนที่ 1 ใช้สำหรับให้ระบบได้เรียนรู้และจำแนกข้อมูลส่วนที่ 1 ออกมาเป็นประเภทตามที่ได้กำหนดไว้ ผลที่ได้จากการเรียนรู้นี้ คือ ตัวจำแนกประเภทของข้อมูล ข้อมูลส่วนที่ 2 จะถือว่าเป็นข้อมูลใหม่ที่ยังไม่เคยเรียนรู้มาก่อน ตัวจำแนกประเภทของข้อมูลจะทำหน้าที่จัดประเภทและทำนายว่าข้อมูลส่วนที่สองนี้จะจัดอยู่ในประเภทใด

ภาพที่ 3 แสดงรายละเอียดของขั้นตอนการทำงานของการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทข้อมูล การจำแนกประเภทข้อมูลจะเกิดขึ้นจากการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยข้อมูลทั้งหมดจะมีการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลเรียนรู้หรือข้อมูลที่ใช้สำหรับสอน (Training set) เป็นชุดข้อมูลที่มีบทบาทในการสร้างแบบจำลองข้อมูลขึ้นมา และกลุ่มข้อมูลทดสอบ (Test set) เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ประเมินความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น กระบวนการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภท ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบจำลอง

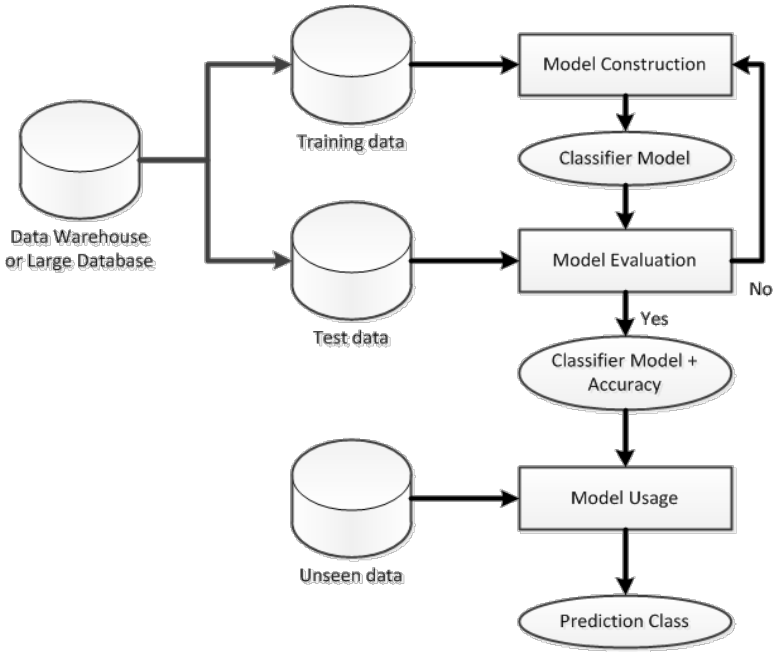
การสร้างแบบจำลอง (Model construction) โดยใช้ข้อมูลที่ได้เรียนรู้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งแต่ละตัวจะมีคุณลักษณะหนึ่งที่บอกว่าข้อมูลอยู่ในประเภทใด ข้อมูลนี้จะถูกเรียกว่า ข้อมูลสอน (Training data) แบบจำลองที่ได้มาจากผลการใช้อัลกอริทึมใดอัลกอริทึมหนึ่งที่จัดอยู่ในการจำแนกประเภทของข้อมูล เช่น ถ้าใช้อัลกอริธึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) แบบจำลองที่ได้จะมีลักษณะคล้ายต้นไม้จริงแต่กลับหัว มีโหนดรากอยู่ด้านบนสุดและโหนดใบอยู่ล่างสุดของต้นไม้ แต่ละโหนดบนต้นไม้จะมีคุณลักษณะ (Attribute) เป็นตัวเลือกทดสอบ มีกิ่งที่เป็นค่าที่เป็นไปได้ของคุณลักษณะ (Attribute value) ที่ถูกเลือกทดสอบและมีโหนดใบแสดงคลาสที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

แบบจำลองที่ได้จากการเรียนรู้ต้องถูกตรวจสอบความถูกต้อง (Evaluation of model accuracy) โดยใช้ข้อมูลที่ยังไม่ได้เรียนรู้มาก่อนสำหรับทดสอบเรียกว่า ข้อมูลทดสอบ (Test data) ข้อมูลทดสอบเป็นคนละชุดกับที่ใช้ในการเรียนรู้ กลุ่มที่ถูกต้องของข้อมูลทดสอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มที่หามาได้จากแบบจำลองจำแนกประเภทเพื่อประเมินว่าแบบจำลองที่ได้นี้สามารถจัดกลุ่มประเภทข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนที่ 3 การนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้

การนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ (Model usage) กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน (Unseen data) เพื่อทำนายและกำหนดประเภทให้กับข้อมูลนั้น ข้อมูลทดสอบเป็นอิสระไม่ขึ้นกับข้อมูลสอน ผลที่ได้จะถูกนำไปหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของแบบจำลองที่ได้ก่อนนำไปใช้



ที่มา: ชินพัฒน์ แก้วชินพร, (2553)

(2) การพยากรณ์ข้อมูล

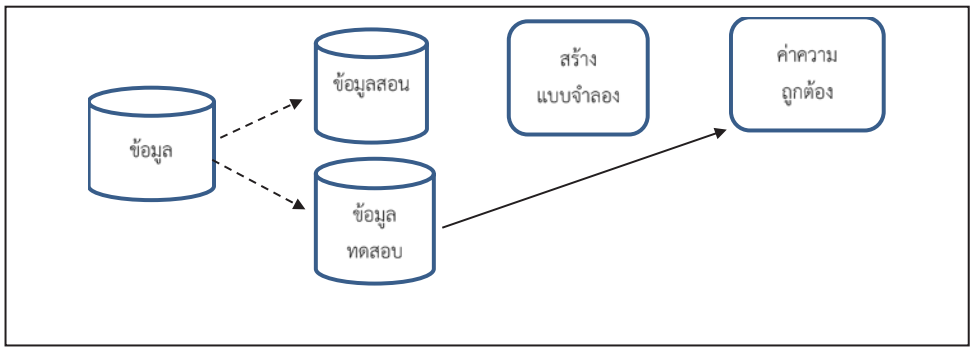
การพยากรณ์ข้อมูล (Data prediction) เป็นกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อพยากรณ์ค่าของข้อมูลที่ต้องการทราบจากข้อมูลที่มีอยู่ การพยากรณ์ข้อมูลไม่มีการจัดข้อมูลเข้ากลุ่มตามที่ได้กำหนด แต่เป็นการพยากรณ์หาค่าที่ต้องการออกมาเป็นตัวเลข ตัวอย่างเช่น การพยากรณ์จำนวนเด็กและเยาวชนที่จะกระทำผิดซ้ำ เป็นต้น

นงเยาว์ ในอรุณ (2557: 34) อธิบายกระบวนการพยากรณ์ข้อมูล ดังภาพที่ 4 ประกอบด้วย

(2.1) การเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลอง โดยการเรียนรู้จากข้อมูลสอน แบบจำลองที่ได้สามารถเป็นไปได้หลายรูปแบบ

(2.2) การประมาณความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลทดสอบ ค่าที่ได้นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อประเมินค่าความถูกต้อง

(2.3) การนำแบบจำลองไปใช้ เป็นการนำแบบจำลองมาใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน โดยการกำหนดค่าผลลัพธ์ให้กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อนนี้



ที่มา: Han, Kamber and Pei (2011: 364)

(3) Extreme Gradient Boosting

Extreme Gradient Boosting หรือ XGBoost มีพื้นฐานมาจาก Gradient Boosting ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของการจำแนกประเภทแบบ Boosting ประเภทหนึ่ง ที่ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้สามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถจัดการ หน่วยการทำงานย่อยแบบ Multithread ได้ดีและการทำให้ตัวแปรมีค่าอยู่ในระดับปกติ (Regularization) เป็นการป้องกันการเข้ากันได้ดีเกินไป (Over fit) ผลการเรียนรู้จะได้เป็นแบบจำลองที่นำเอาต้นไม้ตัดสินใจมาสร้างให้เกิดการเรียนรู้แบบต่อเนื่องต่อ ๆ กัน การเรียนรู้จากการสร้างต้นไม้ตัดสินใจหลาย ๆ ต้น จะทำให้เกิดการเรียนรู้โดยสนใจจากค่าความคลาดเคลื่อน หรือเกิดการเรียนรู้จากความคลาดเคลื่อนของต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างได้ก่อนหน้า ทำให้ความแม่นยำของการพยากรณ์แม่นยำมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อการเรียนรู้ของต้นไม้ตัดสินใจดำเนินอย่างต่อเนื่องกันจนมีความลึกมากพอหรือไม่มีรูปแบบอื่น ๆ ให้เรียนรู้เพิ่ม ระบบจะหยุดการเรียนรู้ แบบจำลองที่ได้จากอัลกอริธึม XGBoost จะใช้แบบจำลองหลาย ๆ ตัวแบบมาประกอบกันเป็นแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้น ดังเช่นในงานวิจัยของ Chen & Guestrin. (2016) ที่นำไปใช้ในการพยากรณ์ผู้ต้องสงสัยที่ไม่ประสงค์ดีต่อระบบ

(4) Evaluation

ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในขั้นตอนแรกหรือไม่ และมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ก่อนที่จะนำผลมาวิเคราะห์ไปใช้งาน หากไม่ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ต้องย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานในขั้นตอนก่อนหน้า สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีการทดสอบไขว้ แบบแบ่งเป็น 5 ส่วน (5-folds cross validation)

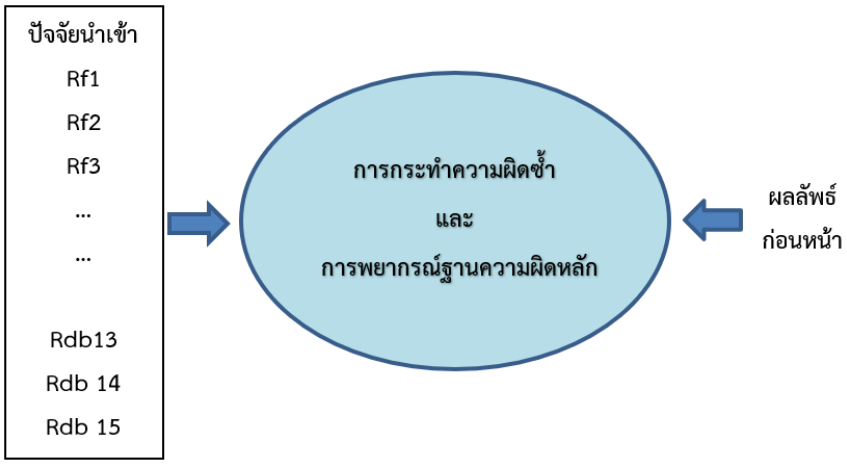
(5) Deployment

การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์จริงเป็นการนำผลการวิจัยไปให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้งานจริง ติดตาม และประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำกลับไปแก้ไขและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานจริง รวมทั้งจัดทำรายงานที่จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผน กำหนดกลยุทธ์ และดำเนินการต่าง ๆ ของกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน

3. การออกแบบปัจจัยนำเข้าเพื่อใช้ในสร้างตัวแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดและกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน

จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนได้มีการนำข้อมูลจากระบบการประเมินความเสี่ยง (Risk: R) ของกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนมาใช้เป็นปัจจัยนำเข้าเพื่อการเรียนรู้ แล้วสร้างตัวแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยนำเข้าทั้งสิ้น 46 ปัจจัย และผลลัพธ์จากการพยากรณ์ที่ได้จากการนำปัจจัยนำเข้าเหล่านี้ ประกอบด้วย 2 ผลลัพธ์ คือ มีการกระทำความผิดซ้ำ

และไม่มีการกระทำผิดซ้ำโดยเมื่อพบว่าเด็กและเยาวชนมีการกระทำผิดซ้ำ ระบบจะสามารถพยากรณ์ต่อไปได้ว่าการกระทำผิดซ้ำนั้นจะเป็นการกระทำความผิดตามฐานความผิดหลักข้อใด ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แนวคิดในการสร้างต้นแบบเพื่อการพยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน

จากภาพที่ 5 การกระทำความผิดซ้ำและตามฐานความผิดหลัก เป็นผลลัพธ์มาจากปัจจัยนำเข้า ซึ่งผลลัพธ์ในปัจจุบันจะมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ ณ ช่วงเวลาก่อนหน้า โดยลักษณะดังกล่าวเรียกว่า ความสัมพันธ์แบบเวียนบังเกิด (Recurrent relation) การเรียนรู้วิธีนี้มีข้อดี คือ มีการเรียนรู้ข้อผิดพลาดในอดีต แล้วนำมาปรับปรุงผลลัพธ์ในปัจจุบันให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งวิธีการนี้สามารถปรับลดหรือเพิ่มปัจจัยใหม่เข้าไปในระบบได้ง่าย

ผลการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบการพยากรณ์

การวัดประสิทธิภาพของต้นแบบการพยากรณ์ในการทำนายการกระทำความผิดซ้ำใช้ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถูกต้อง (Accuracy) ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาพิจารณาในตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ConfusionMatrix

		ค่าพยากรณ์	
		Class A (y=0)	**Class B (y=1)**
ค่าจริง	Class A (y=0)	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Class B (y=1)	False Negative (FN)	True Negative (TN)

จากตารางที่ 1 สมมุติให้ Class A เป็นกลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำ Class B เป็นกลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดครั้งแรก และค่าต่าง ๆ ในตารางมีความหมาย ดังนี้

True Positive (TP) คือ จำนวนครั้งที่พยากรณ์ว่า **เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำ และจากข้อมูลพบว่า **เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำจริง

True Negative (TN) คือ จำนวนครั้งที่พยากรณ์ว่า **ไม่เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำ และจากข้อมูลพบว่า **ไม่เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำจริง

False Positive (FP) คือ จำนวนครั้งที่พยากรณ์ว่า **เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำ และจากข้อมูลพบว่า **ไม่เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำจริง

False Negative (FN) คือ จำนวนครั้งที่พยากรณ์ว่า **ไม่เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำ และจากข้อมูลพบว่า **เป็น** กลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำจริง

ต้นแบบการพยากรณ์จะถูกนำไปประเมินประสิทธิภาพ เพื่อประเมินความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลอง สามารถประเมินได้ 4 วิธี คือ

(1) ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เป็นการวัดความถูกต้องของต้นแบบพยากรณ์โดยค่าที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าต้นแบบการพยากรณ์ที่ใช้ในการพยากรณ์สามารถพยากรณ์ได้ว่าเป็นกลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำ และกลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดได้ถูกต้องเพียงใด โดยคำนวณได้จาก

$$Accuracy = \frac{\mathrm{TP} + \mathrm{TN}}{\mathrm{TP} + \mathrm{TN} + \mathrm{FP} + FN} x100$$

(2) ค่าความแม่นยำ (Precision) เป็นการวัดความแม่นยำของต้นแบบการพยากรณ์ โดยค่าที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าต้นแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ สามารถพยากรณ์ว่าเป็นกลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำได้ถูกต้องเพียงใด โดยคำนวณได้จาก

$$Precision = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP} + FP} x100$$

(3) ค่าความระลึก (Recall) เป็นการวัดความครอบคลุม โดยค่าที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์สามารถพยากรณ์ว่าเป็นกลุ่มเด็กและเยาวชนที่กระทำความผิดซ้ำออกมาได้ครอบคลุมคำตอบที่มีทั้งหมดได้มากน้อยเพียงใด โดยคำนวณได้จาก

$$Recall = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP} + FN} x100$$

2. ผลการพยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนโดยใช้ต้นแบบการพยากรณ์ด้วยอัลกอริธึม XGBoost

ผู้วิจัยทดสอบต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน ด้วยอัลกอริธึม XGBoost โดยมีการสร้างสถานการณ์จำลอง (Scenario) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน สถานการณ์จำลองที่ได้กำหนดสำหรับการทดลอง ประกอบด้วย 4 สถานการณ์ ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 พยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน โดยใช้ปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกจากอัลกอริธึม XGBoost ประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้ คือ Rsb6, Rdb11, Rd4, Rc2, Rc3 และRc4

สถานการณ์ที่ 2 พยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน โดยพิจารณาจากปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดในแต่ละด้าน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป) ประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้ คือ Rf1, Rf2, Rf3, Rf5, Rsb3, Rsb4, Rsb9, Rsb10, Rc2, Rc3, Rdb4, Rdb7, Rdb12, Rdb13 และ Rdb15

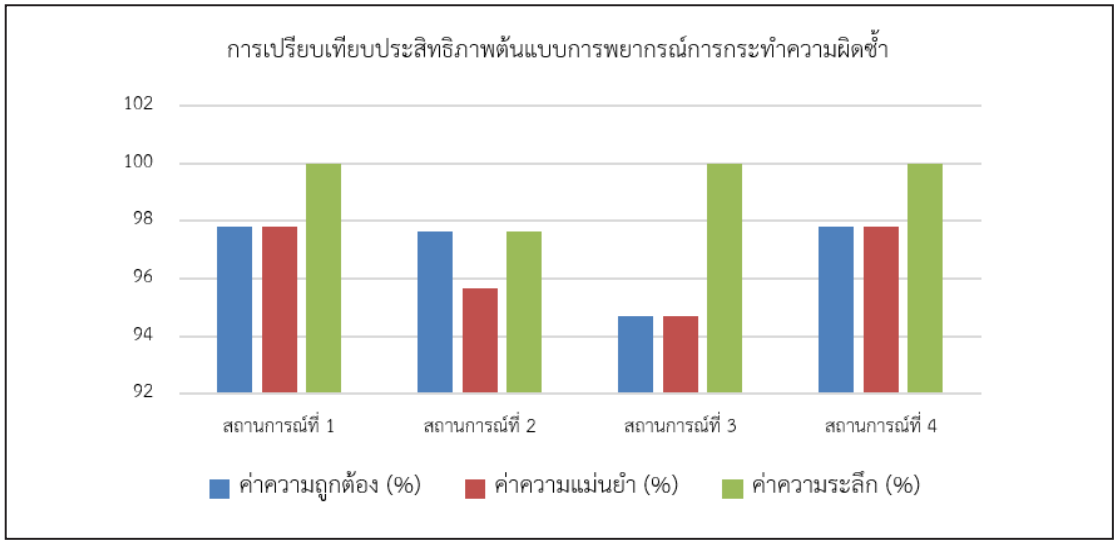
สถานการณ์ที่ 3 พยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน โดยใช้ปัจจัยหลัก ทั้ง 7 ด้าน

สถานการณ์ที่ 4 พยากรณ์การกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน โดยพิจารณาเฉพาะปัจจัยที่มีคุณลักษณะสอดคล้องกับการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน ประกอบด้วยคุณลักษณะต่อไปนี้ คือ Rf1, Rf2, Rf5, Rce1, Rsb3, Rsb4, Rsb9, Rsb10, Rsb11, Rp1, Rp2, Rd1, Rd2, Rc1, Rc2 และ Rc4

การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบการพยากรณ์ใช้วิธีการทดสอบไขว้ แบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน (5-folds cross validation) ผลการพยากรณ์พิจารณาจากค่าความถูกต้อง(Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision และค่าความระลึก (Recall) ผลลัพธ์จากการทดสอบต้นแบบการพยากรณ์เป็น ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 6

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำ ตามสถานการณ์จำลอง

สถานการณ์	ค่าความถูกต้อง (%)	ค่าความแม่นยำ (%)	ค่าความระลึก (%)
สถานการณ์ที่ 1	97.80	97.80	100.00
สถานการณ์ที่ 2	97.65	95.65	97.65
สถานการณ์ที่ 3	94.70	94.70	100.00
สถานการณ์ที่ 4	97.80	97.80	100.00



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำ

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 6 นำเสนอผลการประเมินประสิทธิภาพต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำตามสถานการณ์จำลอง พบว่า สถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 4 ให้ผลการประเมินประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกด้าน รองลงมา คือ สถานณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 3 ตามลำดับ โดยโมเดลต้นแบบของสถานการณ์ที่ 1 และ4 สามารถพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำหรือไม่ซ้ำ ได้อย่างถูกต้องร้อยละ 97.8 นอกจากนี้โมเดลต้นแบบสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 97.8 และค่าความระลึกของคำตอบทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100

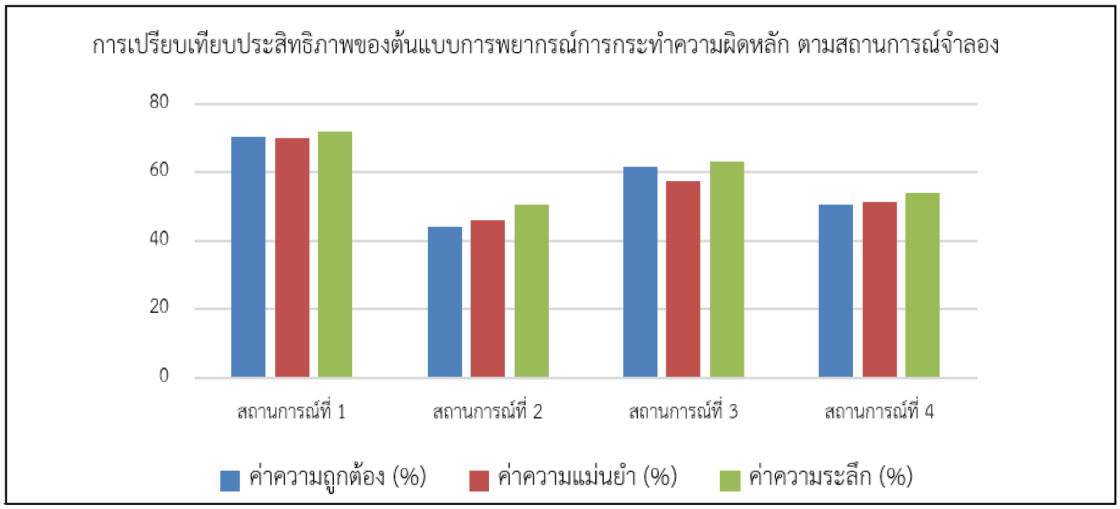
เมื่อทราบผลการการพยากรณ์การกระทำความผิดตามสถานการณ์จำลองที่กำหนดแล้ว ระบบยังสามารถพยากรณ์ฐานความผิดหลักที่เด็กและเยาวชนถ้าได้กระทำความผิดแล้วจะกระทำความผิดซ้ำในฐานความผิดใด ฐานความผิดหลัก ประกอบด้วย

P1 : ฐานความผิดเกี่ยวกับยาเสพติดให้โทษ
P2 : ฐานความผิดเกี่ยวกับเพศ
P3 : ฐานความผิดเกี่ยวกับอาวุธและวัตถุระเบิด
P4 : ฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิตและร่างกาย
P5 : ฐานความผิดเกี่ยวกับทรัพย์
P6 : ฐานความผิดเกี่ยวกับความสงบสุข เสรีภาพ ชื่อเสียงและการปกครอง
P7 : ฐานความผิดอื่น ๆ

ผู้วิจัยทำการประเมินประสิทธิภาพต้นแบบการพยากรณ์ฐานความผิดหลัก ตามสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้แล้ว ผลลัพธ์จากการทดสอบเป็น ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 7

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพต้นแบบการพยากรณ์ฐานความผิดหลัก

สถานการณ์	ค่าความถูกต้อง (%)	ค่าความแม่นยำ (%)	ค่าความระลึก (%)
สถานการณ์ที่ 1	70.49	70.13	71.73
สถานการณ์ที่ 2	44.11	46.15	50.63
สถานการณ์ที่ 3	61.44	57.51	62.98
สถานการณ์ที่ 4	50.55	51.42	53.85



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดตามสถานการณ์จำลอง

จากตารางที่ 3 และภาพที่ 7 นำเสนอผลการประเมินประสิทธิภาพต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดหลัก ตามสถานการณ์จำลอง พบว่า สถานการณ์ที่ 1 ให้ผลการประเมินประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกด้าน รองลงมาคือ สถานการณ์ที่ 3 สถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ที่ 2 ตามลำดับ

สรุปผลวิจัย

งานวิจัยนี้สร้างต้นแบบการพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน ด้วยอัลกอริธึม XGBoost โดยมีการกำหนดสถานการณ์จำลองในการพยากรณ์ที่ใช้จำนวนปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนแตกต่างกัน พบว่า การพยากรณ์โดยใช้ปัจจัยที่คัดเลือกโดยอัลกอริธึม XGBoost และเป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนจำนวน 6 คุณลักษณะ และการพยากรณ์โดยใช้ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน จำนวน 16 คุณลักษณะ มีผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ และค่าความระลึก อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ผลการประเมินด้านความถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 97.80 ค่าความแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 97.80 และค่าความระลึก คิดเป็นร้อยละ 97.80 ดังนั้นในการพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน จึงสามารถพิจารณาโดยใช้จำนวนปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชน จำนวน 6 และ 16 คุณลักษณะ แทนการพยากรณ์โดยการใช้จำนวนปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการกระทำความผิดของเด็กและเยาวชนทั้งหมด ก็สามารถให้ผลการพยากณ์ที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอัลกอริธึม XGBoost เป็นการเรียนรู้ที่นำความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเรียนรู้ก่อนหน้ามาใช้ในการเรียนรู้ปัจจุบัน จึงทำให้มีความแม่นยำของในการพยากรณ์มากขึ้นเรื่อย ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของวิไลลักษณ์ ตรีพืช (2562) ที่นำอัลกอริธึม XGBoost มาใช้ในการพยากรณ์จำนวนผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์ เช่นเดียวกับ Chen & Guestrin (2016) ที่นำอัลกอริธึม XGBoost ไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลจาก KDD cup แล้วพบว่าผลการทำนายมีความถูกต้องอยู่ในระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

มีการประยุกต์ใช้อัลกอริธึมประเภทอื่น ๆ และขยายผลการวิจัยสู่พื้นที่ต่าง ๆ เพื่อวิจัยคุณลักษณะ หรือปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่ ที่มีผลต่อการกระทำความผิดซ้ำของเด็กและเยาวชน โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ และพยากรณ์การกระทำความผิดซ้ำตลอดจนเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ในแต่ละอัลกอริทึม

เอกสารอ้างอิง

โกศล วงศ์สวรรค์ และคณะ. (2537). ปัญหาสังคม. กรุงเทพฯ: รวมสาร์น.

กรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน (2562). สถิติคดีย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2558. สืบค้น 6 กันยายน 2562, จาก http://www.djop.go.th/Djop/main.php?page=NewsAll&CatID=63.

ชื่นจิตร วาณิชย์สุวรรณ. (2554). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระทำผิดของเด็กและเยาวชนในสถานพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนจังหวัดสงขลา. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). คณะรัฐศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ชินพัฒน์ แก้วชินพร. (2553). การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและการจัดกลุ่ม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต) .สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง). กรุงเทพฯ.

ชาญคณิต กฤตยา สุริยะมณี, และ อุนิษา เลิศโตมรสกุล (2553). ปัจจัยที่มีผลต่อการกระทำผิดซ้ำคดียาเสพติด: กรณีศึกษา ผู้กระทำผิดร้ายแรงและมีโทษสูงและต้องดูแลเป็นพิเศษ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด กระทรวงยุติธรรม.

นงเยาว์ ในอรุณ. (2557). การประยุกต์ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลในการพยากรณ์โรคเบาหวาน: กรณีศึกษาโรงพยาบาลศูนย์สวรรค์ประชารักษ์วิทยานิพนธ์ ดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร. กรุงเทพมหานคร.

นวลจันทร์ ทัศนชัยกุล. (2548). อาชญากรรม การป้องกัน: การควบคุม. นนทบุรี: พรทิพย์การพิมพ์.

ปรารถนา อุตพัฒน์. (2560). แผนที่ความรุนแรงของอาชญากรรมในประเทศไทยจากการศึกษาด้วยวิธีเรียงลำดับความคล้ายคลึงกัน. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2, 20 มกราคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, (หน้า 408 – 412)

วิไลลักษณ์ ตรีพืช. (2562). การวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 14(1).

สุชา จันทร์เอม. (2541). จิตวิทยาเด็กเกเร. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

โสภา ชปีลมันน์. (2536). บุคลิกภาพและพัฒนาการ: แนวโน้มสู่พฤติกรรมปกติ และการมีพฤติกรรมเบี่ยงเบนของเด็กและเยาวชน. กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อนันต์ ประวิเศษ. (2547). ความคิดเห็นเกี่ยวกับโรงการบำบัด แก้ไข ฟื้นฟู ผู้กระทำผิดของสถานพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน จังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานโยบายสาธารณะ). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม.

Chen, T. & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceeding of the 22nd ACM SIGKDD international Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, August, 2516, San Francisco California USA.

Han, J., Kamber, M. & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques.* (3th ed.). Morgan Kaufmann Publisher.

Zhang, D. & TSAI, J. P. (2003). Machine Learning and Software Engineering, Software Quality Journal, 11, 87–119.

คณะผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี

หลักสูตรวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
295 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
e-mail: siriluck_lor@dusit.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ฉิมพลี

หลักสูตรวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
295 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
e-mail: siriporn_chi@dusit.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชชา ฉิมพลี

หลักสูตรวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
295 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
e-mail: witcha_chi@dusit.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัชรากรณ์ เนตรหาญ

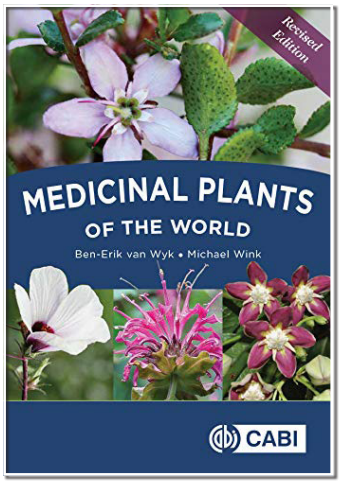
หลักสูตรวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
295 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
e-mail: eeeecon@yahoo.com

อาจารย์ณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก

หลักสูตรวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
295 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
e-mail: narongrit.piromnok@gmail.com

บทวิจารณ์หนังสือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิวัตถ์ กุลชนะภควัต
หลักสูตรเทคโนโลยีเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต



ชื่อหนังสือ: MEDICINAL PLANTS OF THE WORLD Revised Edition
ผู้เขียน: Prof. Dr. Ben-Erik van Wyk
(University of Johannesburg, South Africa)
Prof. Dr. Michael Wink (Heidelberg University, Germany)
จำนวนหน้า: 520 หน้า
จัดพิมพ์โดย: CABI Publishing
ภาษา: อังกฤษ
จำหน่าย: ติดอันดับขายดีอะมาซอน
ซีเอ็ด (ประเทศไทย)
คิโนะคูนิยะ (ประเทศไทย)
ไอเอสบีเอ็น: 9781786393258; 978-1786393258

พืชสมุนไพร คือ การนำส่วนต่าง ๆ ของพืชที่สามารถนำมาใช้ทำเป็นยารักษาโรค ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สามารถนำเอาสารออกฤทธิ์ของพืชแต่ละชนิดมาประยุกต์ใช้บำบัดโรค เพื่อการมีสุขภาพที่ดี ร่างกายแข็งแรงของมนุษย์ สำหรับพันธุ์พืชจากทุกบริเวณพื้นที่ของโลกนั้นโดยทั่วไปมีมากมายหลากหลายชนิด ซึ่งกระจายตัวอยู่ในทุกพื้นที่ของเกือบทุกประเทศ ในหลายทวีปของโลก พืชสมุนไพรบางชนิดมีสารออกฤทธิ์ที่เป็นตัวยาสำคัญจะบำบัดโรคได้ขึ้นอยู่กับวิธีการนำไปใช้ แต่มีพืชสมุนไพรอีกหลายชนิดที่ต่างชนิดกัน แต่กลับมีสารสำคัญที่สามารถใช้ในการรักษาโรคหรือบำบัดอาการเดียวกันได้ มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย เพราะว่ามีความเชื่อมั่นสูงในความปลอดภัยต่อสุขภาพ เพราะว่าเป็น สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติหลาย ๆ ประเทศในโลกในแถบทวีปเอเชียและทวีปอัฟริกามีการนำไปใช้ในระบบประกันสุขภาพสาธารณสุขมูลฐานของประเทศด้วย

พืชสมุนไพรและสารที่ได้จากสมุนไพร ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นในทุกส่วนของโลกที่สามารถนำเอาสารทุติยภูมิที่ สร้างขึ้นในธรรมชาติของพืชแต่ละชนิดมาประยุกต์ใช้ รวบรวมพันธุ์พืชสมุนไพรหลากหลายชนิดเป็นที่รู้จักโดยทั่วไป รวมทั้งสมุนไพรในการเสริมสร้างสุขภาพตัวเองให้แข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ในขณะนี้กระแสของโลกหันกลับไปนิยมยาสมุนไพรมีมากขึ้น ตัวอย่างยาจากพืชสมุนไพรที่อยู่ในความนิยม เช่น กัญชา (*Cannabis*) เป็นพืชในวงศ์ Cannabidaceae สกุล *Cannabis* มี 3 สายพันธุ์ที่พบบ่อย คือ *Cannabis sativa* L., *Cannabis indica* L. และ *Cannabis rudealis* L. ซึ่งเป็น พืชสมุนไพรมหัศจรรย์ บำบัดได้หลายโรค มีประโยชน์มาก ราคาไม่แพง ทำให้ประชาชนเข้าถึงการ

รักษาโรค เพื่อการรักษาโรค และยังมีพืชสมุนไพรของโลกที่สำคัญน่าสนใจในการศึกษาหาความรู้อีกหลาย ๆ ชนิด โดยรวบรวมเนื้อหาข้อมูล การใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรไว้อย่างรอบด้าน ครอบคลุมสามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวกและถูกต้อง

โดยคณะผู้เขียนได้บรรยายเนื้อหาอย่างละเอียด มีทั้งหมด 15 บท ซึ่งเนื้อหาจัดเป็นกลุ่มได้ ดังนี้ 1: คำนำ 2: บทนำ 3: ระบบสุขภาพของโลก 4: ส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยา 5: รูปแบบยาเตรียม 6: การใช้ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพร 7: ตัวยาสำคัญ 8: การควบคุมคุณภาพและความปลอดภัย 9: ประสิทธิภาพของยาสมุนไพร 10: ข้อกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการรักษาด้วยยาสมุนไพรและพฤกษเวชศาสตร์ 11: การจัดเรียงพืชลำดับตามตัวอักษร 12: ปัญหาสุขภาพ 13: บริบทของ สารทุติยภูมิและฤทธิ์ของสารเหล่านั้น 14: คู่มือฉบับย่อการใช้สมุนไพรเชิงพาณิชย์ 15: อภิธานศัพท์

สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอ้างอิงหรือนำไปปฏิบัติได้ เปิดมุมมองใหม่ ๆ เกี่ยวกับพืชสมุนไพรของโลกให้เป็นที่รู้จักกันเป็น อย่างดีมากขึ้นมีพืชสมุนไพรจากทั่วโลกมากกว่า 350 ชนิด ประกอบด้วยภาพสีของพืชสมุนไพร มากกว่า 800 รูป เป็นพืชที่มีความสวยงาม ซึ่งสามารถพบได้ทุกภูมิภาคในโลก ยังให้ข้อมูลพื้นฐานของพืชสมุนไพร คำถามที่จำเป็นทางด้านสมุนไพรที่ต้องการค้นหาคำตอบหรือเป็นสิ่งที่คนทั่วไปอยากรู้ แหล่งกำเนิดของพันธุ์พืชสมุนไพร สมุนไพรที่นิยมนำมาใช้เป็นยา การใช้สมุนไพรและภูมิปัญญาการใช้พืชสมุนไพร การรักษาโรคกับการใช้สมุนไพรในวัฒนธรรมที่หลากหลายของทุกประเทศทั่วโลก การคำนึงถึงการใช้สมุนไพรแล้วควรปลอดภัยอย่างไร มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการรักษาโรค ผู้เขียนมากประสบการณ์ได้ให้ข้อมูลที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่สามารถเข้าใจได้อย่างรวดเร็วเกี่ยวกับการดูแลรักษาสุขภาพเพื่อ ให้ดีขึ้นในหลาย ๆ อย่างด้วยกัน หนังสือเล่มนี้เป็นเล่มล่าสุดได้มีการเพิ่มเติมเนื้อหาที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง โดยการเพิ่มเติมเนื้อหาพืชสมุนไพรสำคัญอีก 30 ชนิด มีเนื้อหาสาระสำคัญทั้งหมดแทรกภาพสีของพืชสมุนไพรแสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชครบทุกชนิด คู่มือฉบับย่อและชื่อของพืชสมุนไพรของโลกเรียงตามตัวอักษรประกอบ 900 ชนิด ของสมุนไพรที่สำคัญและสมุนไพรที่ได้รับความนิยม จัดไว้ถูกต้องตามมาตรฐานสากลรวมทั้งชื่อสามัญ และชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ แหล่งที่พบพืชสมุนไพรเหล่านั้น ส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพรและวิธีการใช้ในการรักษาโรค รวมทั้งคู่มือคำศัพท์ทางการแพทย์และสาขาที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งโดยตรงต่อกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีเนื้อหาที่น่าสนใจและน่าติดตาม

ระเบียบการเขียนต้นฉบับ
วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
(Journal of Science Innovation for Sustainable Development: JSISD)

กองบรรณาธิการวารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Journal of Science Innovation for Sustainable Development: JSISD) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้กำหนดระเบียบการเขียนต้นฉบับ เพื่อให้ผู้เขียนยึดเป็นแนวทางในการดำเนินการสำหรับเตรียมต้นฉบับเพื่อขอตีพิมพ์ในวารสารฯ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การจัดรูปแบบ

1.1 ขนาดของต้นฉบับ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 โดยกำหนดค่าความกว้าง 19 เซนติเมตร ความสูง 26.5 เซนติเมตร และเว้นระยะห่างระหว่างขอบกระดาษด้านบนและซ้ายมือ 3.5 เซนติเมตร ด้านล่างและขวามือ 2.5 เซนติเมตร

1.2 รูปแบบอักษรและการจัดวางตำแหน่ง ภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้รูปแบบอักษร TH SarabunPSK ทั้งเอกสาร พิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด โดยใช้ขนาด ชนิดของตัวอักษร รวมทั้ง การจัดวางตำแหน่ง ดังนี้

1.2.1 หัวกระดาษ ประกอบด้วย เลขหน้าขนาด 12 ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านขวา

1.2.2 ชื่อเรื่อง ภาษาไทยและภาษาอังกฤษขนาด 16 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งกึ่งกลางหน้ากระดาษ ความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด

1.2.3 ชื่อผู้เขียน ภาษาไทยและภาษาอังกฤษขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ชื่อเรื่อง ทั้งนี้ให้ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) กำหนดเป็นตัวยกกำกับท้ายนามสกุลของผู้ประสานงานหลัก

1.2.4 หน่วยงานหรือสังกัดที่ทำวิจัย ภาษาไทยและภาษาอังกฤษขนาด 14.5 ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ชื่อผู้เขียน กรณีคณะผู้เขียนมีหน่วยงานหรือสังกัดที่ต่างกันให้ใส่ตัวเลข 1 และ 2 กำหนดเป็นตัวยกกำกับท้ายนามสกุลผู้เขียนแต่ละท่าน และตัวยกกำกับด้านหน้าหน่วยงานหรือสังกัด ตามลำดับ

1.2.5 เชิงอรรถ กำหนดเชิงอรรถในหน้าแรกของบทความ ส่วนแรกกำหนดข้อความ “*ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)” ภาษาไทยและภาษาอังกฤษขนาด 10 ชนิดตัวหนา ส่วนที่ 2 ระบุข้อความ “e-mail” ระบุเป็น e-mail ของผู้ประสานงานหลัก ในส่วนสุดท้ายกำหนดข้อความ “**กิตติกรรมประกาศ”(ถ้ามี) ระบุเฉพาะแหล่งทุน และหน่วยงานที่สนับสนุนงบประมาณ เช่น “งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากทุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต” เป็นต้น

1.2.6 หัวข้อบทคัดย่อภาษาไทย ขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้ายใต้หน่วยงานหรือสังกัดของผู้เขียน เนื้อหาบทคัดย่อไทยขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ บรรทัดแรกเว้น 1 Tab จากขอบกระดาษด้านซ้ายและพิมพ์ให้ชิดขอบทั้งสองด้าน

1.2.7 หัวข้อคำสำคัญภาษาไทย ขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้ายใต้บทคัดย่อภาษาไทย เนื้อหาภาษาไทยขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา ไม่เกิน 4 คำ เว้นระหว่างคำด้วยการเคาะ 2 ครั้ง

1.2.8 หัวข้อบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้ายใต้คำสำคัญภาษาไทย เนื้อหาบทคัดย่อภาษาอังกฤษขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ บรรทัดแรกเว้น 1 Tab จากขอบกระดาษด้านซ้ายและพิมพ์ให้ชิดขอบทั้งสองด้าน

1.2.9 หัวข้อคำสำคัญภาษาอังกฤษ ขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้ายใต้บทคัดย่อภาษาอังกฤษ เนื้อหาภาษาอังกฤษขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา ไม่เกิน 4 คำ เว้นระหว่างคำด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,)

1.2.10 หัวข้อหลักภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้าย

1.2.11 หัวข้อย่อยภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 14 ชนิดตัวหนา Tab 1.5 เซนติเมตรจากอักษรตัวแรกของหัวข้อเรื่อง

1.2.12 เนื้อหาภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ บรรทัดแรกเว้น 1 Tab จากขอบกระดาษด้านซ้ายและพิมพ์ให้ชิดขอบทั้งสองด้าน

1.2.13 อ้างอิง (References) หัวข้อภาษาอังกฤษขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ชิดขอบซ้ายเนื้อหาภาษาไทยและภาษาอังกฤษขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งชื่อผู้เขียนชิดขอบซ้าย หากยาวเกิน 1 บรรทัด ให้ Tab 1.5 เซนติเมตร การอ้างอิงเอกสารให้เขียนตามแบบ APA (American Psychological Association)

1.2.14 ผู้เขียน/คณะผู้เขียน ภาษาไทยขนาด 14.5 ชนิดตัวหนา ชิดขอบซ้าย และขึ้นบรรทัดใหม่ ให้ Tab 0.75 เซนติเมตร ให้ระบุคำนำหน้าชื่อ ได้แก่ นาย นาง นางสาว และตำแหน่งทางวิชาการของผู้เขียน เนื้อหาใต้ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 14 ชนิดตัวธรรมดา Tab 1.5 เซนติเมตร โดยระบุหน่วยงานหรือสังกัดของผู้เขียน ข้อมูลที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมรหัสไปรษณีย์ หากยาวเกิน 1 บรรทัดให้ Tab 1.5 เซนติเมตร และบรรทัดใหม่ให้ Tab 1.5 เซนติเมตร ระบุอีเมล

1.3 จำนวนหน้า บทความต้นฉบับมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า

2. การเขียนอ้างอิง

การอ้างอิงเอกสารให้เขียนอ้างอิงตามรูปแบบ APA (American Psychological Association) โดยให้แปลรายการอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษทุกรายการ และยังคงรายการอ้างอิงภาษาไทยเดิมไว้ ด้วยเพื่อให้กองบรรณาธิการตรวจสอบความถูกต้องในการแปล

3. ลำดับหัวข้อในการเขียนต้นฉบับ

การเขียนต้นฉบับกำหนดให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษเท่านั้น ในกรณีเขียนเป็นภาษาไทยควรแปลคำศัพท์ภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยให้มากที่สุด ยกเว้นในกรณีที่คำศัพท์ภาษาอังกฤษเป็นคำเฉพาะที่แปลไม่ได้หรือแปลแล้วไม่ได้ความหมายชัดเจนให้ใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษได้ และควรใช้ภาษาที่ผู้อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน หากใช้คำย่อต้องเขียนคำเต็มไว้ครั้งแรกก่อน โดยเนื้อหาต้องเรียงลำดับตามหัวข้อดังนี้

3.1 ชื่อเรื่อง ควรสั้น และกะทัดรัด ความยาวไม่ควรเกิน 100 ตัวอักษร ชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยให้นำชื่อเรื่องภาษาไทยขึ้นก่อน

3.2 ชื่อผู้เขียน เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากเกิน 6 คนให้เขียนเฉพาะคนแรกแล้วต่อท้ายด้วย “และคณะ”

3.3 ชื่อหน่วยงานหรือสังกัด ที่ผู้เขียนทำงานวิจัยเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.4 บทคัดย่อ เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยเขียนสรุปเฉพาะสาระสำคัญของเรื่องอ่านแล้วเข้าใจง่าย ความยาวไม่ควรเกิน 250 คำ หรือ 15 บรรทัด โดยให้นำบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นก่อน ทั้งนี้บทคัดย่อภาษาไทยกับบทคัดย่อภาษาอังกฤษต้องมีเนื้อหาตรงกัน

3.5 คำสำคัญ (Keywords) ให้อยู่ในตำแหน่งต่อท้ายบทคัดย่อ และ Abstract ไม่เกิน 4 คำ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ในการเลือกหรือค้นหาเอกสารที่มีชื่อเรื่องประเภทเดียวกันกับเรื่องที่ทำการวิจัย

3.6 บทนำ เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย และควรอ้างอิงงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

3.7 วัตถุประสงค์ ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการศึกษา

3.8 กรอบแนวคิด ชี้แจงความเชื่อมโยงตัวแปรต้นและตัวแปรตามในการทำการวิจัย

3.9 ระเบียบวิธีการวิจัย ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง และที่มาของกลุ่มตัวอย่าง) การสร้างและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือ การเก็บและรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.10 ผลการวิจัย เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับ อาจแสดงด้วยตาราง กราฟแผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็น ไม่ควรมีเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำที่ชัดเจน และมีคำบรรยายใต้รูป กรณีที่ผู้เขียนต้นฉบับประสงค์จะใช้ภาพสีจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายดังกล่าว

3.11 อภิปรายผล ควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใดและควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบ เพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม

3.12 ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับงานวิจัยควรเป็นข้อเสนอแนะที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงหรือข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

3.13 ผู้เขียน/คณะผู้เขียน ในส่วนท้ายของบทความให้เรียงลำดับตามรายชื่อในส่วนหัวเรื่องของบทความ โดยระบุตำแหน่งทางวิชาการ ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ และ e-mail



มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
SUAN DUSIT UNIVERSITY
295 ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทร. 0 2244 5000
295 Nakhon Ratchasima Rd., Dusit, Bangkok 10300 Tel. +66 2244 5000
www.dusit.ac.th