

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ Thaksin University Journal

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2
Vol.17 No.2

กรกฎาคม – ธันวาคม 2557
July-December 2014



บทความวิจัย (Research Articles)

1. การศึกษาความชุกและวิเคราะห์รูปแบบของการใช้ยาต้านจุลชีพ ของเกษตรกรที่เป็นสาเหตุของการตกค้างในเนื้อสุกรและเนื้อไก่ในจังหวัดสงขลา และแนวทางป้องกันอย่างยั่งยืน
A Study on Prevalence and Usage Pattern Cause of Antimicrobial Residues in Pork and Chicken Meat in Songkhla Province for Preventive Sustainable Strategy
สุรพล ชลดารงค์กุล Surapol Choldumrongkul5
2. ผลต่อการผ่อนคลายในอาสาสมัครของน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลง
Relaxation Effect on Volunteers of Essential Oil from *Amomum biflorum* Jack.
สนั่น ศุภธีรสกุล Sanan Subhadhirasakul, กชกร มุสิกพงษ์ Kotchakorn Moosigapong.....17
3. การประเมินพื้นที่มีศักยภาพในการปลูกต้นจากในบางจังหวัดภาคใต้ของไทย
Assessment of Potential Areas for Growing Nipa Palm in Some Provinces of Southern Thailand
นพรัตน์ บำรุงรักษ์ Noparat Bamroongrugsak, ธีรดา ยงสถิตศักดิ์ Thirada Yongsatitsak, อัสวานี เลี่ยมกะเต็ม Haswanee Lemkatem.....26
4. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาไข่ไก่ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์
A Comparison of Forecasting the Egg Prices between Box-Jenkins Method and Holt's Exponential Smoothing Method
วารังคณา กิรติวิบูลย์ Warangkha Keerativibool.....35
5. การสำรวจความชุกของเชื้อสแตปฟิลโลคอคคัสสอเรียสที่ดื้อยาเมธิซิลลินในพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล บ้านบางคู จังหวัดนครศรีธรรมราช
Survey of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in area of Tambon Health Promoting Hospital, Ban-Bangkoo, Nakhon Si Thammarat
มนทล เลิศคณาวนิชกุล Monthon Lertcanawanichakul, พวงทิพย์ ภูพงษ์ Phuengthip Bhoopong.....44
6. จลนศาสตร์และไอโซเทอมการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่
Kinetic and Adsorption Isotherm of Ammonia Using Egg Shell Powder
รวินิภา ศรีมูล Rawinipa Srimoon, วิทยา คณาวงษ์ Vittaya Kanavong.....50
7. การพัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ กรณีศึกษา: รายวิชาพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
The Development of Automatic Multiple Versions Examination Generator Case Study : Basic Courses in Computer Science and Information Technology
อริยา ปรีชาพานิช Orya Preechapanich, สุธา เขียวมนตรี Suda Thernmontri.....60
8. จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาออกซิเดชันสารประกอบคลอโรฟีนอลในน้ำทิ้ง โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และซีโอไลต์ชนิด Fe/SUZ-4
Kinetics Oxidation Reaction of Wastewater Containing Phenolic Compounds by H_2O_2 and Fe/SUZ-4 Zeolite
พลากร บุญใส Palakorn Boonsai, ไพศาล คงคาอุยฉาย Paisan Kongkachuichay.....69

บทความวิชาการ (Articles)

9. ข้อด้อยของผู้เด่น
Disadvantages of Dominant Males
สุปาณี เลียงพวรรณ Supanee Liengpompan.....78

รูปแบบวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

ชื่อวารสาร	วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (Thaksin University Journal)	
เจ้าของ	มหาวิทยาลัยทักษิณ	
ที่ปรึกษา	อธิการบดี (รศ.ดร.วิชัย ชำนิ)	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาการศึกษาและวิจัย	(รศ.เกษม อัครวรีรัตนกุล) (มหาวิทยาลัยทักษิณ)
บรรณาธิการ	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผศ.ดร.พรพันธุ์ เขมคุณาศัย)	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รศ.ดร.นิคม ชูศิริ	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ศ.ดร.จรัญ จันทลักขณา	(มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
	ศ.ดร.วิสุทธิ์ ใบไม้	(มหาวิทยาลัยมหิดล)
	ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน	(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
	ศ.ดร.วัชรินทร์ รุกขไชยศิริกุล	(มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
	ศ.ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล	(มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
	ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์	(เลขที่ 422 ถ.เทศบาลรังรักษ์เหนือ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร)
	ศ.ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
	รศ.ดร.ครรชิต มัลลียงส์	(สภาวิจัยแห่งชาติ)
กองจัดการ	รศ.ดร.หิรัญญา เพชรมั่ง	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.นุกูล อินทระสังขา	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.กรวิภา ก้องกุล	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.บุญญพัฒน์ ไชยเมล์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	อ.ดร.ศิริรัตน์ สีนประจักษ์ผล	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวอรกมล ไกรวงศ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
วัตถุประสงค์	นางสาวพิมพ์ผดุง มณีวงศ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวสุมาลี จันทร์ผลึก	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวขวัญใจ นิมดวง	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความของบุคลากรมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ	
กำหนดการออก	2. เป็นสื่อประชาสัมพันธ์ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	
	3. เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	
	ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม – มิถุนายน และ กรกฎาคม – ธันวาคม)	
จำนวนพิมพ์	300 ฉบับ	
รูปแบบเล่ม	ขนาด 7.00 X 10.00 นิ้ว ปกอาร์ตการ์ด 210 แกรม พิมพ์ 4 สี เคลือบ UV เนื้อในใช้กระดาษอาร์ตด้าน	
การเผยแพร่	จัดจำหน่ายและสมัครสมาชิก	
การบอกรับเป็นสมาชิก	มอบเป็นอภินันทนาการแก่ห้องสมุดของหน่วยงานรัฐและเอกชน สถาบันการศึกษา	
	ค่าสมาชิก ปีละ 200 บาท แঙ্গ์ชื่อที่อยู่พร้อมธนบัตรหรือเช็คไปรษณีย์ส่งจ่าย	
การติดต่อ	บรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ทำการไปรษณีย์ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110	
	กองจัดการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ	
	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม	
	จังหวัดพัทลุง 93110 โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7251-3 โทรสาร 0-7467-3227	
โรงพิมพ์	E-mail Address: research.tsu@gmail.com	
	ร้านดาวฟิล์มวิดีโอกราฟฟิค อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	

บรรณาธิการแถลง

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณฉบับนี้เป็นฉบับที่ 2 (ประจำเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม) ของปีที่ 17 มีเนื้อหาสาระที่นำเสนอประกอบด้วยบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 8 เรื่อง และบทความวิชาการ จำนวน 1 เรื่อง คณะทำงานประจำกองบรรณาธิการขอขอบคุณเจ้าของบทความทุกท่านที่ได้กรุณาส่งบทความวิจัยมาลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิเป็นอย่างสูงที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการกลั่นกรองพิจารณาแก้ไขงานเขียนดังกล่าวเพื่อนำเสนออ่าน

สำหรับผู้สนใจที่จะเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณไม่ว่าจะเป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยทักษิณ สามารถส่งบทความของท่านมายังกองบรรณาธิการ ทางกองบรรณาธิการยินดีจะเผยแพร่ผลงานของท่านเมื่อผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ ขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านที่ติดตามความเคลื่อนไหวทางวิชาการผ่านวารสารฉบับนี้ หากมีข้อคิดเห็น โปรดเสนอแนะ และชี้ข้อบกพร่องต่างๆ ของวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ทางกองบรรณาธิการขอน้อมรับไปปรับปรุงในการพิมพ์ครั้งต่อไป และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.นิคม ชูศิริ
บรรณาธิการประจำฉบับ

การศึกษาความชุก และวิเคราะห์รูปแบบของการใช้ยาต้านจุลชีพ
ของเกษตรกรที่เป็นสาเหตุ ของการตกค้างในเนื้อสุกร และเนื้อไก่ในจังหวัดสงขลา
และแนวทางป้องกันอย่างยั่งยืน

A Study on Prevalence and Usage Pattern Cause of Antimicrobial
Residues in Pork and Chicken Meat in Songkhla Province for
Preventive Sustainable Strategy

สุรพล ชลดำรงค์กุล^{1*}

Surapol Choldumrongkul^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษาดูผลนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตรวจสอบและแจกแจงค่าความชุก ของการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อสุกร และเนื้อไก่ ที่จำหน่ายอยู่บนแผงขายเนื้อของตลาดสดและห้างสรรพสินค้าในจังหวัดสงขลา และเพื่อศึกษารูปแบบวิธีการใช้ยาของเกษตรกรที่เป็นสาเหตุของการมียาต้านจุลชีพตกค้าง เพื่อหาแนวทางในการป้องกันปัญหาการตกค้างนี้อย่างยั่งยืน โดยทำการศึกษาเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 เก็บตัวอย่างเนื้อสุกรและเนื้อไก่จากแผงขายเนื้อสุกรจาก 6 แหล่ง ในจังหวัดสงขลา จำนวนทั้งสิ้น 720 ตัวอย่าง จากแผงขายเนื้อไก่ 6 แหล่ง จำนวนทั้งสิ้น 630 ตัวอย่าง นำมาตรวจสอบการตกค้างโดยใช้ชุดตรวจสอบ CM-test ใช้ระยะเวลาดำเนินการ 60 วัน (กันยายน – ตุลาคม 2555) ผลการศึกษาพบว่า มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อสุกรที่จำหน่ายในตลาดสด 3 แห่ง อยู่ช่วงในช่วง 7.5-12.92% และพบการตกค้างในเนื้อสุกรที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า 1 แห่ง (จาก 3 แห่ง) โดยมีความชุก 2.22% ในขณะที่เนื้อไก่ที่จำหน่ายในตลาดสด 3 แห่ง พบการตกค้างอยู่ในช่วง 8.88-15% และพบการตกค้างในเนื้อไก่ที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า 1 แห่ง (จาก 3 แห่ง) โดยมีความชุก 3.33% ในช่วงที่ 2 เป็นการศึกษารูปแบบและวิธีการใช้ยาของเกษตรกรที่เลี้ยงสุกรและไก่ส่งจำหน่ายในแผงขายในตลาด ทำการติดตามสืบสวนข้อมูลการใช้ยาจากเกษตรกรใน 15 ฟาร์มสุกร และ 17 ฟาร์มเลี้ยงไก่ใน จ.สงขลา พัทลุง นครศรีธรรมราช ยะลา และสตูล ในช่วงเวลา 60 วัน (กันยายน – ตุลาคม 2555) ผลการศึกษาพบว่า จากฟาร์มสุกรที่พบการตกค้างของยาต้านจุลชีพทั้งหมด 11 ฟาร์ม เป็นฟาร์มขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กในสัดส่วน 9.09%, 18.18% และ 72.72% ตามลำดับ ในขณะที่ฟาร์มไก่เนื้อที่พบการตกค้างทั้งหมด 14 ฟาร์ม เป็นฟาร์มขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กในสัดส่วน 14.28%, 50% และ 35.7% ตามลำดับ และพบว่าปริมาณการใช้ยาในระยะเวลา 60 วัน (NDD รวม 60) ของฟาร์มขนาดเล็กมีแนวโน้มจะมีค่าสูงกว่าฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่

¹ รศ.น.สพ., ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

* Corresponding author: โทรศัพท์/โทรสาร 074-286077 อีเมล surapol.c@psu.ac.th

สำหรับปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อไก่และสุกร ($P < 0.05$) ได้แก่ ระยะเวลาการเลี้ยง
น้ำหนักสุดท้าย อัตราการตายและระยะหยุดยา ก่อนส่งโรงฆ่า ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อปริมาณการใช้ยา (NDD)
และส่งผลให้มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อ โดยเฉพาะปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคมที่จะส่งผลที่สำคัญในอนาคต

คำสำคัญ : การตกค้าง ยาต้านจุลชีพ ความชุก รูปแบบการใช้ยา เนื้อไก่ เนื้อสุกร จังหวัดสงขลา แนวทางป้องกัน

Abstract

The aim of this study was to determine the prevalence of antimicrobial residues in pork and chicken meat on local fresh market and supermarket in Songkhla Province and to investigate about usage pattern of farmers causes that residue. This studied result may help to increase epidemiological knowledge and to specify farm advice some strategy and policy making to reduce inappropriate use of antimicrobials. Meat samples were collected during 60 days period (September-October 2012) from 6 sources (720 pork samples, 630 chicken meat samples), Antimicrobial residues were determined by the CM-test Kid. The results showed that, 7.5%-12.92% of pork in local fresh market and 2.22% in supermarket were found positive and positive residues chicken meat were found of 8.88%-15% and 3.33% in local fresh market and supermarket respectively. In the second period, the study used over 15 fattening pig farms and 17 broiler farms in Songkhla, Phatthalung, Satool, Nakhon si Thammarat and Yala Provinces on 60 days period (September-October 2012). Data included economic and technical factors as well as antimicrobial administration. The results showed that, from 11 positive pig farms showed the proportion on 9.09%, 18.18% and 72.72% of large, medium and small farm size, respectively. From 14 positive broiler farms showed the proportion on 14.28%, 50% and 35.7% of large, medium and small farms size respectively. The numbers of daily dose per 60 day weight (NDD 60) of small farms were found higher than medium and large farm. Factors associated ($P < 0.05$) with the use of antimicrobials included: feeding periods, slaughter weight, mortality rates, withdrawal periods. These factors were related to NDD. Therefore it is recommended to focus future research on the potential role of socioeconomic factors associated with antimicrobial use on animal farms.

Keywords: Antimicrobial Residues, Prevalence, Usage Pattern, Pork, Chicken Meat, Songkhla Province, Sustainable Strategy

บทนำ

เป้าหมายสูงสุดของการผลิตเนื้อสัตว์ปลอดภัย คือ เป็นเนื้อสัตว์ที่ปราศจากสารตกค้างทุกชนิด โดยเฉพาะยาต้านจุลชีพที่เป็นอันตรายหลายระดับความรุนแรงต่อผู้บริโภค การรับทราบว่ามีสารตกค้างของยาต้านจุลชีพอยู่ในเนื้อสัตว์แม้จะอยู่ในระดับต่ำก็ตามจะก่อให้เกิดความตระหนักถึงอันตราย และค่านิยมของผู้บริโภคที่จะหลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อสัตว์เหล่านั้น ซึ่งจะเป็นแรงกดดันต่อผู้ผลิตหรือผู้เลี้ยงสัตว์ให้หยุดการใช้สารที่อาจตกค้างในการผลิตสัตว์ หากแต่เพียงอาศัยมาตรการการสำรวจตรวจพบว่ามีสารตกค้างดังกล่าว ในโครงการตรวจเฝ้าระวัง ที่หน่วยงานบางหน่วยงานปฏิบัติต่อเนื่องกันมา จะยังไม่เพียงพอต่อการที่จะทำให้ได้มาซึ่งเนื้อสัตว์ที่ปลอดภัยจริง ดังนั้น จึงควรมีการสืบหา วิเคราะห์ถึงสาเหตุหรือที่มาของการตกค้าง ซึ่งหมายถึงฟาร์มเลี้ยงสัตว์เหล่านั้น โดยสมมติฐานของสาเหตุของการตกค้างส่วนใหญ่มักมาจากการบริหารจัดการการใช้ยาเพื่อป้องกันและรักษาโรคสัตว์อย่างไม่ถูกวิธี ที่อาจเกิดจากการขาดข้อมูล ขาดความรู้ หรือเพียงไม่เห็นความสำคัญ ประการใดประการหนึ่งหรือทั้ง 3 ประการก็ได้

อนึ่ง การมียาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อสุกรและไก่ในประเทศไทย เป็นปัญหาที่ต่อเนื่อง นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและจะต่อเนื่องไปถึงอนาคต เพราะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า การใช้นโยบายเฝ้าระวังโดยการตรวจพบแล้วรายงานเพื่อทราบ แต่ไม่มีมาตรการสืบเสาะหาต้นตอของสาเหตุ และนำมาแก้ไข เพียงพอแล้วสำหรับการควบคุมคุณภาพของเนื้อสัตว์ได้ ซึ่งไม่จริง

ปรากฏการณ์การพบการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อสัตว์ในประเทศไทยเริ่มมีรายงานมากขึ้น นับตั้งแต่กระทรวงสาธารณสุข มีคำสั่งเพิกถอนทะเบียนตำรับยาที่มีคลอแรมเฟนิคอล และอนุพันธ์ ซึ่งนำมาใช้ในสัตว์ที่บริโภคเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2531 (มีผลบังคับใช้ 1 กุมภาพันธ์ 2532) เป็นต้นมา

อนงค์ และดานิส [1] ได้ตรวจสอบยาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อสุกร เนื้อไก่ และนํ้านมโค จำนวน 600 ตัวอย่างจากจังหวัดอยุธยา ชลบุรี นครปฐม กรุงเทพฯ และปริมณฑล ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2543 ถึงเดือนธันวาคม 2543 โดยใช้วิธีไอโซชาและเอชพีแอลซี พบว่า เนื้อสุกรมียาต้านจุลชีพตกค้างมากที่สุดในจังหวัดนครปฐม โดยมียาเตตราซัยคลินตกค้าง 16 จาก 40 ตัวอย่าง ในปริมาณ 89.244 ถึง 108.686±0.014 พีพีบี ส่วนเนื้อไก่พบว่ามียาเตตราซัยคลินตกค้าง 26 จาก 40 ตัวอย่าง ในปริมาณ 20.046±0.022 ถึง 25.945 พีพีบี ในเขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร

กรมปศุสัตว์ [2] รายงานว่า เนื้อไก่ จำนวน 3.06% ตรวจพบว่ามีอิริโทรมัยซินตกค้าง ในขณะที่เนื้อสุกรพบแอมม็อกซิซิลลิน และยาซัลฟาตกค้างในจำนวน 1.4 และ 2.3% ตามลำดับ จากการสำรวจในเขตกรุงเทพมหานคร

สาเหตุที่พบการตกค้างของยาต้านจุลชีพโดยเฉพาะในกลุ่มยาปฏิชีวนะค่อนข้างสูง มีผลจากหลายสาเหตุ เช่น ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดระยะเวลาปลอดยา (76%) ความผิดพลาดจากการผสมอาหารและจากโรงงาน (12%) และการใช้ยาผิดวัตถุประสงค์ และใช้ยาผิดประเภท (6%) [3]

มีรายงานว่าสุกรที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของยาซัลฟาขนาดต่ำคือ 1 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กรัม โดยให้กินในช่วงที่อยู่ในระยะปลอดยา จะสามารถตรวจพบยาซัลฟาตกค้างในเนื้อสุกรในปริมาณ 0.2 ไมโครกรัมต่อเนื้อ 1 กรัม ซึ่งสูงกว่าปริมาณที่กำหนดให้มิได้ (MRL กำหนด 0.1 ppm) [3]

ระยะปลอดยาของยาต้านจุลชีพในกลุ่มปฏิชีวนะมีระยะ 4-30 วันในสุกร และ 3-14 วันในไก่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้ยาผสมมากกว่า 1 ชนิด ผสมลงในอาหารให้กินจะยังมีระยะปลอดยายาวนานขึ้น [3]

ปัจจุบันได้มีมาตรการทางกฎหมายเพื่อควบคุมการผลิตสินค้าเกษตรให้มีความปลอดภัยจากการมีสารตกค้างเพื่อจุดประสงค์ที่จะยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตรโดยเฉพาะสินค้าจากปศุสัตว์ โดยการออกเป็นพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 ซึ่งดูแลบังคับใช้โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) พ.ร.บ.นี้ประกอบด้วยมาตราต่างๆ ทั้งสิ้น 80 มาตรา และได้ออกเป็นประกาศต่างๆ เพื่อควบคุมมาตรฐานของสินค้าทางปศุสัตว์ จำนวนหลายประการ เช่น มกอช. 9003-2547 เกี่ยวกับสารพิษตกค้าง มกอช.9007-2548 เกี่ยวกับข้อกำหนดความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร และ มกอช. 8400-2550 เกี่ยวกับอาหารฮาลาล เป็นต้น

ดังนั้นการผลิตสัตว์โดยไม่ให้สารตกค้าง นอกจากจะก่อให้เกิดผลดีกับผู้เลี้ยงสัตว์เอง และผู้บริโภคทั่วไปแล้ว ยังเป็นการปฏิบัติตามกฎหมายของผู้เลี้ยงอีกด้วย แต่เป็นที่น่าสนใจว่าเพราะเหตุใดจึงยังสามารถตรวจพบการตกค้างของ ยาต้านจุลชีพในเนื้อสัตว์อยู่ในปัจจุบัน

วิธีการที่นิยมใช้สำหรับตรวจสอบเพื่อคัดกรอง (screening test) เนื้อสัตว์เพื่อให้ได้ข้อมูลการปรากฏของการ ตกค้างยาต้านจุลชีพในเนื้อสัตว์มีหลายวิธี เช่น วิธี European four plate test (EFPT) ซึ่งใช้หลักการยับยั้งการเจริญ เติบโตของเชื้อแบคทีเรียบนจานเพาะเชื้อ วิธีนี้จะใช้เวลาในการตรวจสอบนาน 18 ชั่วโมง และใช้แรงงานมาก รวมทั้งมี ความไว (sensitivity) ค่อนข้างต่ำ และอาจทำให้เกิดผลลบเท็จได้ หรือใช้วิธี Microbial inhibition disk assay (MIDA) ซึ่งต้องสกัดยาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อออกมาโดยใช้ citrate buffer และใช้เวลาในการตรวจสอบนานเช่นเดียวกับวิธี EFPT ส่วนวิธีอื่นๆ เช่น วิธี ELISA และวิธี HPLC เป็นวิธีที่มีราคาในการตรวจสอบสูงมาก วิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดย เป็นวิธีที่มีความไว และความแม่นยำสูง ใช้เวลาในการตรวจสอบ $3\frac{1}{2}$ – $4\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ซึ่งใช้ชื่อชุดตรวจสอบนี้ว่า “CM-Test” ที่ใช้หลักการ Tube diffusion method โดยยาต้านจุลชีพที่ตกค้างจะยับยั้งการแบ่งตัวของแบคทีเรีย *Geobacillus stearothermophilus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารบ่งชี้ที่มีสีเหลือง อ่านผลหลังการบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง อ่านผลบวกเมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีม่วง สามารถตรวจสอบยาต้านจุลชีพตกค้างได้ 21 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 [4]

ตารางที่ 1 แสดงความสามารถของชุดตรวจสอบ CM-Test ในการตรวจสอบหาต้านจุลชีพตกค้างในตัวอย่างเนื้อสัตว์

ยาต้านจุลชีพ	ความเข้มข้นของยาในเนื้อสัตว์ (ppm)	MRL (ppm) ในเนื้อสัตว์
Penicillin	0.008	0.05
Ampicillin	0.01	0.05
Amoxicillin	0.01	0.05
Cloxacillin	0.015	0.3
Chloramphenicol	10	0 (ไม่ได้กำหนด)
Enrofloxacin	7	0.1
Norfloxacin	10	0 (ไม่ได้กำหนด)
Gentamicin	0.6	0.05
Kanamycin	1.5	0.1
Erythromycin	1	0.2
Chlortetracycline	0.8	0.1
Tetracycline	0.4	0.1
Oxytetracycline	0.5	0.1
Sulfamethazine	0.2	0.1

Sulfathiazole	0.15	0.1
Sulfadiazine	0.5	0.1
Trimethoprim	0.5	0.05
Furazolidone	8	0 (ไม่ได้กำหนด)
Furaltadone	12	0 (ไม่ได้กำหนด)
Nitrofurazone	6	0 (ไม่ได้กำหนด)
Nitrofurantoin	5	0 (ไม่ได้กำหนด)

หมายเหตุ MRL (Maximum Residue Limits) คือ ปริมาณยาสูงสุดที่ยอมรับให้มีการตกค้าง เนื้อสัตว์ หมายถึง เนื้อ สุนัข และ/หรือ เนื้อไก่ และ/หรือเนื้อโค-แพะ-แกะ

รายงานการใช้ชุดตรวจสอบยาต้านจุลชีพตกค้าง CM-Test เปรียบเทียบกับวิธีการ European Four Plate test (EFPT) และวิธี Microbial inhibition disk assay (MIDA) โดยสุ่มตัวอย่างเนื้อไก่และเนื้อสุกรจากตลาดสด 5 แห่ง และซูเปอร์มาร์เก็ต 4 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงเดือนสิงหาคม 2544 ถึงกุมภาพันธ์ 2545 (7 เดือน) จำนวน เนื้อไก่ 300 ตัวอย่าง และเนื้อสุกร 300 ตัวอย่าง พบการตกค้าง 12.3, 0 และ 1.7% ในตัวอย่างเนื้อไก่ และ 8.3, 2 และ 2.7% ในตัวอย่างเนื้อสุกร ตามลำดับ จากการใช้วิธีการตรวจสอบเปรียบเทียบ 3 วิธี ที่กล่าวมา [4]

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

การจัดการเก็บข้อมูล

แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างเนื้อสุกรและไก่และนำมาวิเคราะห์การตกค้างโดย CM-test

โดยจัดเก็บตัวอย่างจากตลาดสด 3 แห่ง และแผนกขายเนื้อสุกรและไก่ในห้างสรรพสินค้า 3 แห่ง ตามรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนตัวอย่างที่เก็บจากแผงขายเนื้อสุกรและไก่

	ตลาดสด			ห้างสรรพสินค้า*		
	หาดใหญ่	กิมหยง	สงขลา	A	B	C
ช่วงเช้า						
เนื้อสุกร (แผง)	4	4	3	3	3	3
เนื้อไก่ (แผง)	3	3	3	3	3	3
ช่วงบ่าย						
เนื้อสุกร (แผง)	4	-	-	-	-	-
เนื้อไก่ (แผง)	3	-	-	-	-	-

* สุ่มเก็บตัวอย่าง 3 จุด (3 ซ้ำ) ในแต่ละวัน

Thaksin.J., Vol.17 (2) July-December 2014

- รวมตัวอย่างทั้งหมดทั้งเนื้อไก่และเนื้อสุกร = 45 ตัวอย่าง/วัน
- โดยเก็บตัวอย่างจำนวนประมาณ 50% ของจำนวนแผงของตลาดแต่ละแห่งในแต่ละวัน เช่น ถ้ามีแผงทั้งหมดในตลาด 6 แผง จะเก็บตัวอย่างจาก 3 แผง/วัน
- เก็บตัวอย่างจากแผงที่รู้ที่มาของเนื้อที่มาจำหน่ายแน่นอนทุกครั้งเท่านั้น
- เก็บตัวอย่างวันเว้นวันในช่วงระยะเวลา 60 วัน (เนื่องจากการจับสุกรจากฟาร์มจะจับ 2 วัน/ครั้ง และจับไก่จากฟาร์ม 1-2 วัน/ครั้ง) รวมเป็นการจัดเก็บตัวอย่าง 30 ครั้ง
- เก็บตัวอย่างในเวลา 08.00-09.00 น. ในช่วงเช้า และช่วงบ่าย (เฉพาะตลาดสดเทศบาลนครหาดใหญ่) ในเวลา 16.00-16.30 น. ของทุกวันที่มีการเก็บตัวอย่าง โดยเนื้อสุกรจะใช้เนื้อสะโพกและเนื้อสันนอกอย่างละ 100 กรัม/แผง/วัน ส่วนเนื้อไก่ใช้เนื้อส่วนหน้าอกและส่วนสะโพกอย่างละ 100 กรัม/แผง/วัน นำตัวอย่างบรรจุลงถุงพลาสติกใสที่มีซิปล็อค เขียนระบุแหล่งที่มา วันเดือนปีที่เก็บ บรรจุตัวอย่างทั้งหมดลงในกล่องโฟมควบคุมความเย็นประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส และรีบนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ตรวจสอบวันต่อวัน เป็นเวลา 60 วันต่อเนื่องกัน เริ่มตั้งแต่ 2 กันยายน – 2 พฤศจิกายน 2555
- ทำการตรวจสอบผลการตกค้างของยาต้านจุลชีพในตัวอย่างที่เก็บมา โดยใช้ชุดตรวจสอบ CM-test ตามวิธีของธงชัยและคณะ [4] โดยทำครั้งละ 14 ตัวอย่าง และ negative control อีก 1 ตัวอย่าง (ใช้ชุดตรวจสอบ 15 หลุม) และบันทึกผล

ส่วนที่ 2 เก็บข้อมูลจากการติดตามหาสาเหตุของการตกค้างโดยศึกษารูปแบบของการใช้ยาต้านจุลชีพจากฟาร์มของเกษตรกร

หลังจากทราบผลของการวิเคราะห์การตกค้างของยาต้านจุลชีพจำนวน 15 ครั้ง ภายในระยะเวลา 30 วัน จะนำข้อมูลมาสุ่มเลือกฟาร์มเพื่อกำหนดแผนการออกเก็บข้อมูลจากฟาร์ม โดยจะสุ่มเลือกฟาร์มที่พบให้ผลบวกทุกฟาร์ม โดยเฉพาะฟาร์มที่ให้ผลบวกมากกว่า 3 ครั้ง ซึ่งฟาร์มสุกรที่เลือกมามีทั้งหมด 13 ฟาร์ม ที่ส่งเนื้อสุกรให้กับแผงขายเนื้อ 18 แผง อยู่ใน จ.สงขลา 6 ฟาร์ม จ.พัทลุง 4 ฟาร์ม จ.สตูล 2 ฟาร์ม และ จ.ราชบุรี 1 ฟาร์ม และฟาร์มที่ให้ผลบวกอีก 4 ฟาร์ม ในขณะที่ฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อที่เลือกมีทั้งสิ้น 28 ฟาร์ม อยู่ใน จ.สงขลา 17 ฟาร์ม จ.ปัตตานี 2 ฟาร์ม จ.พัทลุง 5 ฟาร์ม และ จ.สตูล 4 ฟาร์ม และฟาร์มไก่ที่ให้ผลบวกอีก 5 ฟาร์ม

เมื่อทราบผลการวิเคราะห์การตกค้างครบ 30 ครั้ง ในเวลา 60 วันแล้ว จะนำข้อมูลฟาร์มมาคัดเลือกอีกครั้ง เพื่อเลือกฟาร์มที่มีความถี่ของการให้ผลบวกมากกว่า และเป็นฟาร์มที่สามารถให้ข้อมูลการเลี้ยงย้อนหลัง 60 วัน ได้มากที่สุด และจะใช้ข้อมูลจากฟาร์มชุดหลังนี้มาวิเคราะห์ผลและเขียนรายงาน

ข้อมูลที่ทำกรเก็บจากฟาร์ม จะทำโดยการเดินทางไปสัมภาษณ์และเก็บหลักฐานต่างๆ เช่น บันทึกต่างๆ ฤดูกาลฯ ฯลฯ จากฟาร์มโดยตรง การสอบถามสัมภาษณ์จะใช้คำถามชุดเดียวกันทุกฟาร์ม โดยเป็นคำถามปลายปิดและปลายเปิดเพื่อให้เจ้าของฟาร์มให้รายละเอียดได้มากที่สุด แบ่งคำถามออกเป็น 2 ชุด

คำถามชุดที่ 1 เป็นข้อมูลลักษณะฟาร์ม (ทั้งฟาร์มสุกรและฟาร์มไก่)

คำถามชุดที่ 2 เป็นข้อมูลรูปแบบการใช้ยาต้านจุลชีพในฟาร์มในระยะเวลา 60 วัน (กันยายน-ตุลาคม 2555) (ได้ข้อมูลโดยการสอบถามผู้เลี้ยงฯ อ่านจากบันทึกของฟาร์ม รายงานสัตว์ป่วยและขอดูฤดูกาลฯ)

หลังจากได้ข้อมูลจากชุดคำถามทั้ง 2 ชุดแล้ว จะนำข้อมูล น้ำหนักสัตว์ (ทั้งสุกรและไก่) และข้อมูล ขนาดของยาที่ใช้ในระยะเวลา 60 วันของการเก็บข้อมูลมาคำนวณเป็นค่า NDD₆₀ (number of daily dosage per average 60 day weight) ตามวิธีของ Van der Fels-Klerx et al., [5] โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$NDD = \frac{\text{น้ำหนักสัตว์ทั้งหมดที่ถูกให้ยา (กิโลกรัม)}}{\text{ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวสัตว์(กิโลกรัม)ทั้งฟาร์มในขณะนั้น (60 วัน)}}$$

หากมีการใช้ยามากกว่า 1 ชนิดในช่วง 60 วัน

$$NDD \text{ รวม} = NDD \text{ ยา A} + NDD \text{ ยา B} + NDD \text{ ยา C}.....$$

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

คำนวณความชุกของการตกค้างโดยคิดเป็น % และนำข้อมูลการใช้ยาในฟาร์มมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ย NDD และระหว่างปัจจัยต่างๆ ของฟาร์ม โดยใช้ risk step wise ratio ใช้โปรแกรม Genstat (risk mark program 2005 V 3.0)

ผลการวิจัย และวิจารณ์

ความชุกของการมียาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อสุกรและเนื้อไก่

จากการเก็บตัวอย่างเนื้อสุกรและเนื้อไก่จาก 6 แหล่ง (แผง) ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2 กันยายน - 2 พฤศจิกายน 2555 เป็นเวลา 60 วัน จำนวน 30 ครั้งๆละ 45 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 1,350 ตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์การตกค้างด้วยชุดตรวจสอบ CM-test ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อสุกรและเนื้อไก่จาก 6 แหล่ง จำหน่ายในระยะเวลา 60 วัน

รายการ	แหล่งจำหน่าย					
	ตลาดสด			ห้างสรรพสินค้า		
	หาดใหญ่	กิมหยง	สงขลา	A	B	C
เนื้อสุกร						
จำนวนที่ตรวจสอบ	240	120	90	90	90	90
จำนวนที่ให้ผลบวก	31	9	7	-	2	-
คิดเป็น %	12.92	7.50	7.78	-	2.22	-
เนื้อไก่						
จำนวนที่ตรวจสอบ	180	90	90	90	90	90
จำนวนที่ให้ผลบวก	27	8	11	-	-	3
คิดเป็น %	15	8.88	12.22	-	-	3.33

จากตารางที่ 3 พบว่า เนื้อสุกร จากตลาดสดหาดใหญ่ มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพ 12.92% ซึ่งค่อนข้างสูง โดยสูงกว่าการสำรวจเนื้อสุกรที่จำหน่ายในตลาดสดของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีการตกค้าง 2.3% [2] โดยเฉพาะแผงขาย เนื้อสุกรนอกอาคารของตลาดสดหาดใหญ่ ซึ่งมีอยู่ 7 แผง ที่ขายเนื้อสุกรชำแหละวันละ 1-2 ตัว/แผง ในช่วงบ่าย จะพบ มีการตกค้างมากกว่าแผงภายในอาคาร ส่วนเนื้อไก่พบการตกค้างจากตลาดสดหาดใหญ่และตลาดสดสงขลาใกล้เคียงกัน คือ 15% และ 12.22% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการสำรวจในกรุงเทพมหานครที่พบการตกค้างของยาอิริโทรมัยซิน จำนวน 3.06% [2] ในขณะที่แผงขายเนื้อในห้างสรรพสินค้าพบการตกค้าง 2.22% และ 3.33% ในเนื้อสุกรและเนื้อไก่ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์รูปแบบและปริมาณการใช้ยาของเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรและไก่เนื้อ

หลังจากได้ผลการตรวจสอบ ได้ทำการติดตามไปถึงฟาร์มสุกรและไก่ที่เป็นผู้ผลิตสุกรและไก่มาจำหน่าย ใน 6 แหล่งจำหน่ายได้ผลโดยพบว่า

จำนวนตัวอย่างเนื้อสุกรที่มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพทั้งหมด 49 ตัวอย่าง จาก 720 ตัวอย่าง คิดเป็น 6.81 % จาก 4 แหล่งจำหน่าย พบว่าสามารถจำแนกแหล่งผลิต (ฟาร์ม) สุกรได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการกระจายของขนาดฟาร์มสุกรที่เป็นผู้ผลิตเนื้อสุกรที่มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพ จำนวน 11 ฟาร์ม และฟาร์มที่ไม่มีการตกค้าง 4 ฟาร์ม

ตลาด	ฟาร์มเล็ก	ฟาร์มกลาง	ฟาร์มใหญ่	รวม	NDD ₆₀ (เฉลี่ย)
หาดใหญ่	3	1	-	4	13.61 ^a
กิมหยง	2	1	-	3	8.59 ^b
สงขลา	3	-	-	3	9.37 ^b
ห้าง B	-	-	1	1	3.86 ^c
ไม่ตกค้าง	-	3	1	4	7.04 ^b

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวแนวดิ่งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สำหรับเนื้อไก่จากจำนวนที่พบมีการตกค้างของยาต้านจุลชีพ 49 ตัวอย่าง จาก 630 ตัวอย่าง คิดเป็น 7.78% จาก 4 แหล่งจำหน่ายสามารถจำแนกฟาร์มผู้ผลิตได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการกระจายของขนาดฟาร์มไก่เนื้อที่เป็นผู้ผลิตเนื้อไก่ที่มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพ จำนวน 14 ฟาร์ม และฟาร์มที่ไม่พบมีการตกค้าง 3 ฟาร์ม

ตลาด	ฟาร์มเล็ก	ฟาร์มกลาง	ฟาร์มใหญ่	รวม	NDD ₆₀ (เฉลี่ย)
หาดใหญ่	2	4	-	6	12.56 ^a
กิมหยง	1	2	-	3	7.43 ^c
สงขลา	2	1	1	4	10.78 ^b
ห้าง C	-	-	1	1	9.22 ^b
ไม่ตกค้าง	-	2	1	3	9.13 ^b

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแถวแนวดิ่งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ฟาร์มสุรขนาดเล็กที่เลี้ยงสุกรน้อยกว่า 100 ตัว/ฟาร์ม มีแนวโน้มที่จะผลิตสุกรที่มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพมากกว่าฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ในสัดส่วน $72.72\% > 18.18\% > 9.09\%$ โดยจะเห็นได้จากปริมาณการใช้ยาในระยะเวลา 60 วัน ของฟาร์มขนาดเล็กมีแนวโน้มสูงกว่าโดยมีค่า NDD_{60} เฉลี่ยสูงกว่าฟาร์มขนาดใหญ่ ($P < 0.05$) ในขณะที่เนื้อไก่ (ตารางที่ 5) ที่พบมีการตกค้างมาจากฟาร์มขนาดกลาง (50%) และฟาร์มขนาดเล็ก (35.7%) มากกว่าฟาร์มขนาดใหญ่ (14.28%) ($7 > 5 > 2$ ฟาร์ม) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนฟาร์ม จำนวนไก่ที่เลี้ยงและรูปแบบการจัดการใช้ยาของฟาร์มขนาดกลางมีจำนวนมากกว่า สอดคล้องกับ Moller [6] ที่กล่าวว่า การตกค้างของยาต้านจุลชีพในสัตว์ จะเกี่ยวข้องกับจำนวนสัตว์ที่เลี้ยงและการจัดการฝูงสัตว์

จากจำนวนตัวอย่างเนื้อสุกรที่มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพทั้งหมด 49 ตัวอย่าง และเนื้อไก่จำนวน 49 ตัวอย่าง พบว่า มีตัวอย่างจำนวนเนื้อที่ให้ผลบวก 3 ครั้ง หรือมากกว่ามาจากฟาร์มเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนฟาร์ม ร้อยละของตัวอย่างและค่าเฉลี่ย NDD รวม 60 ของฟาร์มที่พบการตกค้างของยาต้านจุลชีพ 3 ครั้ง หรือมากกว่าจากฟาร์มเดียวกัน

ตลาด	ตัวอย่างทั้งหมด	ตัวอย่างที่ให้ผลบวก	ร้อยละ	จำนวนฟาร์ม	NDD รวม 60
เนื้อสุกร					
หาดใหญ่	240	11	4.58	2	18.10
สงขลา	90	5	5.55	1	11.60
เนื้อไก่					
หาดใหญ่	180	13	7.22	3	24.30
กิมหยง	90	4	4.44	1	10.17
สงขลา	90	7	7.77	2	29.55

จากตารางที่ 6 เนื้อสุกรที่พบให้ผลบวกซ้ำ 3 ครั้ง หรือมากกว่าจากฟาร์มเดียวกัน จำนวน 16 ตัวอย่างจากตลาดสด 2 แห่ง และจากฟาร์ม 3 ฟาร์ม โดยเป็นฟาร์มขนาดเล็กทั้งหมดในขณะที่เนื้อไก่ที่ให้ผลบวกซ้ำ 3 ครั้ง หรือมากกว่าจากฟาร์มเดียวกันในตลาดสด 3 แห่ง จาก 6 ฟาร์มไก่เนื้อ พบว่าเป็นฟาร์มขนาดเล็ก 5 ฟาร์ม และฟาร์มขนาดกลาง 1 ฟาร์ม และพบว่าค่า NDD รวม 60 ของฟาร์มเลี้ยงสุกรและไก่เหล่านี้มีค่าสูงกว่าค่า NDD รวม 60 ของการตกค้างทั่วไป ($14.85 > 8.49$ ในสุกร) และ ($21.34 > 9.82$ ในไก่) ซึ่งหมายถึงว่ามีการใช้ยาต้านจุลชีพมากกว่าในฟาร์มเหล่านี้ ซึ่งเป็นฟาร์มขนาดเล็ก มีการจัดการที่ไม่ถูกสุขลักษณะ จึงมีความถี่ในการใช้ยามาก สอดคล้องกับรายงานของ Osterberg [7] ที่กล่าวว่าขนาดฟาร์มและการสุขาภิบาลเป็นปัจจัยเสี่ยง (risk factor) ที่สำคัญมากของการทำให้มีการใช้ยามากขึ้น และมีความเสี่ยงกับการมียาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อสัตว์

ในจำนวนฟาร์มสุกร 11 ฟาร์ม ที่ผลิตสุกรที่มียาต้านจุลชีพตกค้าง เมื่อวิเคราะห์จากข้อมูล การจัดการภายในฟาร์มเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญที่พบว่ามีค่าต่างกัน ได้แก่ ระยะเวลาการเลี้ยง อัตราการตาย น้ำหนักสุดท้าย ปริมาณการเลี้ยง และระยะหยุดยาก่อนส่งฆ่า ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูล ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเลี้ยง อัตราการตาย น้ำหนักฆ่า (slaughter weight) ค่า NDD รวม 60 และระยะหยุดยาก่อนส่งฆ่า (withdrawal period) ของฟาร์มสุกร 11 ฟาร์ม ที่ให้ผลบวกและ 4 ฟาร์มที่ให้ผลลบจากการตรวจการตกค้างของยาต้านจุลชีพ

ตลาด	จำนวนฟาร์ม	NDD รวม 60	ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	น้ำหนักฆ่า (กก.)	อัตราการตาย (%)	ระยะหยุดยา (วัน)	ยาต้านจุลชีพ* (ชนิด)
หาดใหญ่	4	13.61 ^a	142 ^a	104.38 ^a	1.53 ^a	ไม่กำหนด	3-6
กิมหยง	3	8.59 ^b	138 ^a	102.65 ^a	0.71 ^b	5-14	4
สงขลา	3	9.37 ^b	131 ^b	97.66 ^b	0.88 ^b	ไม่กำหนด	3-5
ห้าง B	1	3.86 ^c	125 ^c	95.26 ^b	0.27 ^c	7-10	2
ไม่ตกค้าง	4	7.04 ^b	127 ^c	97.84 ^b	0.41 ^c	5-10	2-4

*ได้แก่ Penicillin + Streptomycin, Amoxycillin, Oxytetracycline, Chloramphenicol, Kanamycin, Gentamycin Enrofloxacin และ Sulfa
a,b,c ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแถวแนวดิ่งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากฟาร์มสุกร 11 ฟาร์มที่พบมีการตกค้างของยาต้านจุลชีพ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการต่างๆ ภายในฟาร์มพบว่า เนื้อสุกรที่จำหน่ายอยู่ในตลาดสดหาดใหญ่มาจากฟาร์มที่มีระยะเวลาการเลี้ยง น้ำหนักฆ่า และอัตราการตายสูงกว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ฟาร์มที่ผลิตสุกรป้อนตลาดสดสงขลาและห้างสรรพสินค้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะฟาร์มเหล่านี้เป็นฟาร์มขนาดเล็กและขนาดกลางเลี้ยงสุกรจำนวน 84-126 ตัว มีสภาพการจัดการเลี้ยงและสุขลักษณะไม่ดี และมีอำนาจต่อรองกับผู้ซื้อน้อย โดยจะเห็นได้จาก ช่วงระยะเวลาการจับส่งโรงฆ่าของผู้ซื้อไม่แน่นอน และช่วงระยะเวลาค่อนข้างนาน (15-40 วัน) ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องทำให้ระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้นด้วย รวมทั้งไม่มีการกำหนดระยะเวลาหยุดยา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มเหล่านี้บางฟาร์มมีการใช้ยาผสมอาหารตลอดช่วงในขณะรอการจับส่งโรงฆ่าเพื่อลดความเสี่ยง ที่สุกรจะป่วย เนื่องจากสุกรมีน้ำหนักตัวมากจึงมีความแออัดและเครียด ซึ่งแตกต่างจากฟาร์มที่ผลิตสุกรให้กับห้างสรรพสินค้าที่เป็นฟาร์มขนาดใหญ่ มีระบบการเลี้ยงที่ได้มาตรฐาน มีสุขลักษณะที่ดี มีการใช้ยาน้อย และมีช่วงระยะเวลาการจับสั้นไม่เกิน 10 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Timmerman และคณะ [8] ซึ่งกล่าวว่าสุกรขุนที่ถูกเลี้ยงจนได้น้ำหนักสุดท้ายไม่เกิน 90 กิโลกรัม มีแนวโน้มจะมีอัตราการตายและอัตราการมีyardาต้านจุลชีพตกค้างน้อยกว่าสุกรขุนที่ถูกเลี้ยงจนน้ำหนักเกิน 100 กิโลกรัม ในขณะที่ค่า NDD รวม 60 ที่มีค่าสูง แสดงถึงจำนวนชนิดและปริมาณการใช้ยามากกว่าและส่งผลให้จะมีการตกค้างของยาต้านจุลชีพในเนื้อสุกรเหล่านี้ (เนื้อสุกรจากตลาดสดหาดใหญ่และตลาดสดสงขลา) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7

สำหรับฟาร์มไก่เนื้อจำนวน 14 ฟาร์ม ที่ผลิตไก่ที่มีyardาต้านจุลชีพตกค้างจะพบปัจจัยสำคัญที่เป็นความต่างในการจัดการที่อาจเป็นผลให้เกิดการตกค้างของยาต้านจุลชีพได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยของ NDD รวม 60 ระยะเวลากาการเลี้ยง น้ำหนักสุดท้าย (จับออก) ระยะเวลาที่จับหมด คอก อัตราการตาย การให้วัคซีน และระยะเวลาหยุดยา ก่อนส่งฆ่าของฟาร์มไก่เนื้อที่ให้ผลบวก 14 ฟาร์ม และฟาร์มที่ให้ผลลบ 3 ฟาร์ม จากการตรวจการตกค้างของยาต้านจุลชีพ

ตลาด	จำนวนฟาร์ม	NDD รวม 60	ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	นน.สุดท้าย (กก.)	ระยะเวลาจับ (วัน)	อัตราการตาย (%)	ระยะหยุดยา (วัน)	การให้วัคซีน (ชนิด)	ยาต้านจุลชีพ (ชนิด)*
หาดใหญ่	6	12.56 ^a	44	2.13 ^a	4-7	3.06 ^a	ไม่กำหนด	2-3	1-2
กิมหยง	3	7.43 ^c	42	2.05 ^a	2-5	1.98 ^b	1-3	2	3
สงขลา	4	10.78 ^b	43	2.08 ^a	3-7	2.50 ^a	ไม่กำหนด	2	2-3
ห้าง C	1	9.22 ^b	38	1.84 ^b	1-3	1.84 ^b	3-5	3	1
ไม่ตกค้าง	3	9.13 ^b	40	1.80 ^b	2-4	2.02 ^b	1-3	3	2

*ได้แก่ Doxycycline, Erythromycin, Norfloxacin, Sulfa, Enrofloxacin

a,b,c ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแถวแนวนึงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 8 พบว่า ระยะเวลากาการเลี้ยง น้ำหนักสุดท้าย อัตราการตายและช่วงระยะเวลาการจับหมดที่นาน เป็นไปแนวทางเดียวกับปริมาณการใช้ยาต้านจุลชีพที่เพิ่มขึ้นของฟาร์มเลี้ยงไก่ที่ป้อนตลาดสดหาดใหญ่และตลาดสด สงขลา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นฟาร์มขนาดกลางและขนาดเล็ก (ตารางที่ 5) ที่เลี้ยงไก่จำนวน 2,500-5,500 ตัว/รุ่น และมีการ ใช้ยาต้านจุลชีพ 1-3 ชนิด ภายในระยะเวลา 35-45 วัน ส่งผลทำให้ค่า NDD รวม 60 สูงกว่า 10 หน่วย แตกต่างจาก ฟาร์ม ซึ่งไม่มีการตกค้างที่เป็นฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่เลี้ยงไก่จำนวน 7,000-15,000 ตัว/รุ่น และมีระบบการ หยุดยา ก่อนส่งโรงฆ่าที่แน่นอน รวมทั้งมีระยะเวลาการจับหมดสั้น (1-4 วัน) สอดคล้องกับรายงานของ Mevius และคณะ [9] ที่กล่าวว่า ระยะเวลากาการเลี้ยงที่นานขึ้นและจำนวนสัตว์ที่เลี้ยงในฟาร์มในขณะนั้นจะเป็นปัจจัยที่สำคัญของการติดเชื้อและส่งผลให้ต้องใช้ยาเพื่อรักษาอาการป่วยมากขึ้นและมีโอกาสเกิดการตกค้างสูง

งานวิจัยนี้ได้ข้อมูลชี้ให้เห็นว่า มีปัจจัยสำคัญอยู่หลายปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้มีการตกค้างของยาต้านจุลชีพใน เนื้อไก่และสุกร เช่น ขนาดฟาร์ม ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนสัตว์ในฟาร์ม ระยะเวลากาการเลี้ยง จำนวนชนิดของยา ปริมาณการใช้ยาซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการสุขลักษณะของฟาร์ม และการมีความรู้เกี่ยวกับการใช้ยาของเกษตรกร ซึ่ง ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้สามารถควบคุมและจัดการได้ โดยการถ่ายทอดความรู้ที่ไม่บิดเบือนและโดยการปลูกฝังแนวความคิด และแนะนำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ใช้วิธีการป้องกันและควบคุมโรคโดยการจัดการ (management for disease control) เริ่มต้นตั้งแต่การเลือกทำเลที่ตั้งโรงเรือน จำนวนสัตว์ต่อพื้นที่ อาหารที่มีคุณภาพและมีปริมาณเพียงพอ การจัดการ สุขลักษณะ การจัดการป้องกันโรค เพื่อลดอัตราการป่วย ทำให้ใช้ยารักษาโรคน้อยลง จนถึงระดับไม่ต้องใช้ยาเลย ซึ่งการ จัดการต่างๆ เหล่านี้จะเป็นแนวทางของการผลิตสัตว์แบบมีคุณภาพไม่ว่าจะเป็นฟาร์มเล็ก กลาง หรือใหญ่ก็ตาม และเมื่อ ฟาร์มเล็กเลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพเท่ากับฟาร์มใหญ่ อำนาจต่อรองในการขายให้กับพ่อค้าก็จะไม่แตกต่างจากฟาร์มใหญ่ ปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม (socioeconomic factors) ก็จะหมดไป ซึ่งนั่นคือแนวทางในการป้องกันการมียาต้าน จุลชีพตกค้างในสัตว์อย่างยั่งยืนนั่นเอง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภททั่วไป ประจำปี 2555

เอกสารอ้างอิง

- [1] อนงค์ บิณฑิพ และดานิส ทวีติยานนท์. (2545). ยาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อไก่ เนื้อสุกร และน้ำมันโคใน **ประเทศไทย**. เสนอในการประชุมวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 227 หน้า.
- [2] กรมปศุสัตว์. (2552). **ผลสำรวจยาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อไก่และสุกร**. สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ รายงานประจำปี. 14 หน้า.
- [3] สุรพล ชลดำรงกุล. (2542). การใช้ยาต้านจุลชีพในสัตว์ : อันตรายจากการตกค้างในผลผลิตจากสัตว์. **วารสารสงขลานครินทร์** 21(3) หน้า 298-301.
- [4] ธงชัย เฉลิมชัยกิจ, เกียรติศักดิ์ พูนสุข, เกียรติศักดิ์ แดงพรหม, มณฑล เลิศวรปรีชา และกิตติกร โชติสกุลรัตน์. (2545). ประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบยาต้านจุลชีพตกค้างในเนื้อสัตว์ CM-Test. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 33(6) หน้า 376-379.
- [5] Van der Fels-Klerx, H.J., Puister-Janson, L.F., Van Asselt, E.D. and Burgers, S.L.G.E. (2011). **Farm factors associated with the use of antibiotics in pig production**. J. Anim. Sci. 89 : 1922-1929
- [6] Moller, J.H. (2006). **Health management with reduced antibiotic use**. Experiences of a Danish pig vet. Anim. Biotechnol. 17 : 189-194.
- [7] Osterberg, J., Vagshotm, I., Boqvist, S. and Lewerin, S.S. (2006). **Risk factors and factors affecting the restriction period in infected farms**. Acta Vet. Scand. 49 : 13-21.
- [8] Timmerman, T., Dewulf, J., Catry, b. and Maes, D. (2006). **Quantification and evaluation of antimicrobial drug use in group treatments for fattening pigs in Belgium**. Prev.Vet. Med. 74 : 251-263.
- [9] Mevius, D.J., Wit, B. and Van pelt, W. (2007). **Monitoring of antimicrobial resistance and antibiotic usage in animals in the Netherlands in 2006/2007**, the Veterinary Antibiotic Usage and Resistance Surveillance Working Group, Central Veterinary Institute, Wageningen UR, Leystad, the Netherlands, 103 pp.

ผลต่อการผ่อนคลายในอาสาสมัครของน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลง
Relaxation Effect on Volunteers of Essential Oil
from *Amomum biflorum* Jack.

สนั่น ศุภธีรสกุล^{1*} และ กชกร มุสิกพงษ์²
Sanan Subhadhirasakul^{1*} and Kotchakorn Moosigapong²

บทคัดย่อ

น้ำมันหอมระเหย 0.72% w/w และ 0.53% w/w จากส่วนเหนือดิน (ใบและกาบใบ) และส่วนใต้ดิน (เหง้า) ของว่านสาวหลง (*Amomum biflorum* Jack.) กลั่นโดยวิธีการต้มกลั่นด้วยน้ำตามลำดับ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS) พบสารองค์ประกอบทั้งหมด 13 ชนิด โดยพบสารองค์ประกอบ 11 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส่วนเหนือดิน และ 10 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส่วนใต้ดิน โดยมีสารองค์ประกอบหลักที่พบปริมาณมากที่สุด คือ camphor และศึกษาผลต่อการผ่อนคลายของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดินของว่านสาวหลงในอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 120 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2552 ถึง เดือนมกราคม 2553 พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจำนวน 4 หยด เป็นค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดที่มีผลต่อการผ่อนคลายมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีผลต่อการผ่อนคลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ : ผลต่อการผ่อนคลาย ว่านสาวหลง อาสาสมัครสุขภาพดี

¹ รศ.ดร., คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112

² อ., คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112

* Corresponding author: โทรศัพท์ 074-282700 อีเมลล์ sanan.s@psu.ac.th

Abstract

Essential oil 0.72% w/w and 0.53% w/w yields from aerial part (leaves and leaf sheaths) and underground part (rhizomes) of Wan Sao Long (*Amomum bijflorum* Jack.) were obtained separately by water distillation, respectively. Total 13 chemical constituents were found by Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS) technique, 11 and 10 chemical constituents were found in essential oil from aerial part and underground part, respectively. The highest chemical constituent was camphor. The study of relaxation effect of essential oil from the aerial part was performed on 120 healthy volunteers: students of Prince of Songkla University, Hat-Yai campus, using purposive sampling technique during June 2009 to January 2010. The result showed that 4-essential oil-drop was a minimum concentration that made a highest-ranked relaxation was statistically significant ($p < 0.01$) and had the effecting on relaxation with statistically significant ($p < 0.01$) when compared between the treatment and control groups.

Keywords: *Amomum bijflorum*, Healthy Volunteers, Relaxation Effect

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคมไทย การดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ โครงสร้างสังคมที่เหลื่อมล้ำสูงทำให้เกิดปัญหาความเครียดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การบำบัดด้วยกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย เป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อความผ่อนคลายและลดอาการเครียดสะสม แต่น้ำมันหอมระเหยที่ใช้บำบัดความเครียดเป็นน้ำมันหอมระเหย ที่ได้มาจากต่างประเทศ จึงทำให้มีราคาแพง ในขณะที่นโยบายสุขภาพเร่งให้มีการพัฒนาไปสู่ระบบสุขภาพแบบพอเพียงด้วยการส่งเสริมการใช้สมุนไพรในประเทศไทย [1] สำหรับประเทศไทยมีสมุนไพรมากมายที่ให้สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยที่มีศักยภาพสูงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางยา และเครื่องสำอางได้ คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาว่านางสาวหลง (*Amomum bijflorum* Jack.) เป็นพันธุ์ไม้ที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ตำรายาไทยพบว่า ช่วยขับลมในลำไส้ ทุกส่วนนำมาต้มอาบ น้ำบำรุงผิวพรรณ ช่วยให้สดชื่นทั้งยังมีการนำมาใช้เป็นสมุนไพรในตำรับยาหอม [2] การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี รวมถึงฤทธิ์ต่อการผ่อนคลายในอาสาสมัครของน้ำมันหอมระเหยจากนางสาวหลง เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และใช้ประโยชน์ในการบำบัดรักษาต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. การเตรียมน้ำมันหอมระเหย

1.1 เตรียมตัวอย่างสมุนไพร

เก็บว่านางสาวหลงจากอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา เมื่อสิงหาคม 2552 ตัวอย่างพืชได้รับการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ โดย รศ.ดร.สนั่น ศุภธีรสกุล คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ voucher specimen คือ SS0809-01 เก็บไว้ที่คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ตัวอย่างสดส่วนเหนือดิน (ใบและกาบใบ) 21.25 กิโลกรัม และส่วนใต้ดิน (เหง้า) 5.69 กิโลกรัม

1.2 วิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

นำทั้ง 2 ส่วนมากลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการต้มกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) ในขวดกลั่นความจุ 10 ลิตร ตามวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ระบุไว้ในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย และนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้บรรจุใส่ขวดสีชา เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันว่านสาวหลง

นำน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของว่านสาวหลงมาตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS (HP 5890 Gas Chromatograph - HP 5972 Mass Selective Detector ,Thermo Scientific Inc., USA) จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สภาวะ GC ที่ใช้ทดสอบ ประกอบด้วย คอลัมน์ชนิด HP-INNOWAX (30 m x 0.25 μ m x 0.25 mm) โหมดการฉีดแบบ split มี split ratio 50:1 ก๊าซตัวพา คือ ฮีเลียม อัตราการไหล 1.0 มิลลิเมตร/นาที่ อุณหภูมิของส่วนฉีดสาร 275 องศาเซลเซียส โปรแกรมอุณหภูมิ oven เริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส คงไว้ 3 นาที เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 15 องศาเซลเซียส/นาทีจนเป็น 185 องศาเซลเซียส คงไว้ 3 นาที และเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 15 องศาเซลเซียส/นาทีจนเป็น 250 องศาเซลเซียส คงไว้ 10 นาที สภาวะของ MS เป็น electron ionization อุณหภูมิ transfer line 250 องศาเซลเซียส ช่วงมวลในการวิเคราะห์ 35-500 amu ฐานข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ คือ Wiley

3. การศึกษาผลต่อการผ่อนคลายของน้ำมันหอมระเหยว่านสาวหลง

นำน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากส่วนเหนือดิน ซึ่งมีปริมาณมากกว่าส่วนใต้ดิน เพียงพอต่อการทดลองและมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ 5 อันดับแรกไม่แตกต่างกัน มาทดสอบผลต่อการผ่อนคลายในอาสาสมัครโดยผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรม

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 19-22 ปี มีสุขภาพแข็งแรง สติสัมปชัญญะสมบูรณ์ สามารถสื่อความหมายเข้าใจได้ ไม่มีโรคประจำตัว ไม่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ไม่อยู่ในช่วงระยะเวลาของการตั้งครรภ์ ไม่อยู่ในช่วงระยะเวลาของการมีประจำเดือน ไม่มีประวัติการสูบบุหรี่ ไม่แพ้กลิ่นเครื่องหอมหรือน้ำมันหอมระเหย และในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา ไม่มีประวัติการดื่มแอลกอฮอล์ การใช้ยาที่ทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย การใช้ยาที่ทำให้สงบ การใช้ยาด้านความวิตกกังวลและการใช้ยาที่มีผลต่อความดันโลหิต จำนวน 120 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) แบ่งเป็นกลุ่ม ทำ Pre-test 40 คน กลุ่มทดลอง 40 คนและกลุ่มควบคุม 40 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท

1) เครื่องมือวิทยาศาสตร์การแพทย์ ประกอบด้วย เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ Stethoscope Classic II S.E / 71 cm (Littmann, USA) และเครื่องวัดความดันโลหิต Sphygmomanometer B&C mercurial CE 0483 (Riester, Germany)

2) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับชั้นปีการศึกษา

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกอัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต

ส่วนที่ 3 แบบประเมินการผ่อนคลายชนิดเปรียบเทียบโดยสายตา (visual analogue scale) [3] มีลักษณะเป็นเส้นตรงแนวนอนมีความยาว 10 เซนติเมตร ตำแหน่งปลายสุดทางซ้ายมือจะเป็น 0 คะแนน ตรงกับความรู้สึกไม่ผ่อนคลายเลย ปลายขวาสุดเป็น 10 คะแนน มีความหมายว่าผ่อนคลายมากที่สุด ในการประเมินให้อาสาสมัครทำเครื่องหมายวงกลมลงบนเส้นที่ขีดบนมาตรวัด ตรงตำแหน่งบนเส้นที่แสดงถึงระดับความผ่อนคลายที่ตนเองรู้สึกในขณะนั้น ซึ่งระดับ

การผ่อนคลายจะวัดจากทางปลายปิดทางซ้ายมือถึงระดับที่อาสาสมัครทำเครื่องหมายไว้ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงแบบประเมินการผ่อนคลายชนิดเปรียบเทียบโดยสายตา (visual analogue scale) [3]

การประเมินระดับการผ่อนคลาย คือ 0 - 2 คะแนน (ไม่ผ่อนคลายเลย) 2.5 - 4 คะแนน (ผ่อนคลายเล็กน้อย) 4.5 - 6 คะแนน (ผ่อนคลายปานกลาง) 6.5 - 8 คะแนน (ผ่อนคลายมาก) และ 8.5 - 10 คะแนน (ผ่อนคลายมากที่สุด)

3.3 ขั้นตอนการทดลอง แบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน โดยดัดแปลงมาจากการงานวิจัยของสร้อยจันทร์ พานทอง (2545) [3] พอสังเขป

1) การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหยว่านสาวหลงที่เหมาะสมที่มีผลต่อการผ่อนคลาย (กลุ่ม pre-test) ในอาสาสมัครจำนวน 40 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อยๆ ละ 10 คน โดยวิธีการจับฉลากจำนวนหยดที่อาสาสมัครจะได้รับ (simple random sampling without replacement) จำนวน 1, 2, 4, 8 หยด ตามลำดับ วิธีการทดลองในขั้นตอนนี้เริ่มจากผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดของโครงการฯ ตามใบเชิญชวน และอาสาสมัครลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยใน “ใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย” จากนั้นให้อาสาสมัครบันทึกข้อมูลตามแบบบันทึกข้อมูลทั่วไป และทำแบบประเมินการผ่อนคลายชนิดเปรียบเทียบด้วยสายตา โดยให้ทำเครื่องหมายวงกลมลงบนเส้นที่ขีดบนมาตรวัด ตรงตำแหน่งบนเส้นที่แสดงถึงระดับความผ่อนคลายที่ตนเองรู้สึกในขณะนั้น และผู้วิจัยทำการประเมินการผ่อนคลายของอาสาสมัครโดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และความดันโลหิตก่อนการทดลอง และบันทึกลงในแบบบันทึก จากนั้นทำการทดลองโดยใช้น้ำมันหอมระเหยว่านสาวหลงจากส่วนเหนือดิน ผ่านการสูดดมน้ำมันหอมระเหยโดยตรงซึ่งให้ออนบนเตียง ในห้องขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 3.8 เมตร สูง 2.8 เมตร ภายในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หยดนํ้ามันหอมระเหยลงบนสำลีก้อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร วางห่างจากปลายจมูกของอาสาสมัคร 3 นิ้ว เป็นแนวตรง (180 องศา) แล้วให้อาสาสมัครสูดดมซ้ำๆ เป็นจังหวะนาน 10 นาที ผู้วิจัยจึงทำการประเมินการผ่อนคลายของอาสาสมัครโดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และความดันโลหิต และให้อาสาสมัครทำแบบประเมินการผ่อนคลายชนิดเปรียบเทียบด้วยสายตา หลังการทดลอง เพื่อนำจำนวนหยดของน้ำมันหอมระเหยที่น้อยที่สุดที่มีผลต่อการผ่อนคลายมากที่สุด มาใช้กับอาสาสมัครในขั้นตอนต่อไป

2) การศึกษาผลต่อการผ่อนคลายในอาสาสมัครจำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 40 คน กลุ่มทดลอง 40 คน ใช้วิธีการทดลองเช่นเดียวกับกลุ่ม pre-test โดยที่กลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับน้ำมันหอมระเหย กลุ่มทดลองจะได้รับน้ำมันหอมระเหยซึ่งใช้จำนวนหยดที่น้อยที่สุดที่มีผลต่อการผ่อนคลายมากที่สุดจากขั้นตอนแรก

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์แบบ Paired t-test, Independent t-test และสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) โดยการหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

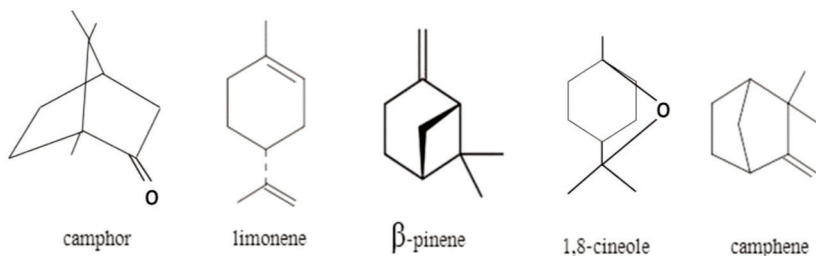
กลิ่นน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดินของว่านสาวหลงได้ 152 กรัม คิดเป็น 0.72 % w/w และน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใต้ดินของว่านสาวหลงได้ 30 กรัม คิดเป็น 0.53 % w/w ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงส่วนใต้ดิน พบว่ามีลักษณะใส สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงส่วนเหนือดิน มีสีเข้มกว่า และมีกลิ่นหอมฉุนกว่า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงเรียงลำดับตาม Retention time (Rt)

ส่วนเหนือดินของว่านสาวหลง			ส่วนใต้ดินของว่านสาวหลง			รวม ปริมาณ (%)
Rt (นาท)	ปริมาณ (%)	ชื่อสาร	Rt (นาท)	ปริมาณ (%)	ชื่อสาร	
4.74	1.34	α -pinene (C ₁₀ H ₁₆)	4.74	1.13	α -pinene (C ₁₀ H ₁₆)	2.47
5.39	1.78	camphene (C ₁₀ H ₁₆)	5.39	2.19	camphene (C ₁₀ H ₁₆)	3.97
5.98	3.34	β -pinene (C ₁₀ H ₁₆)	5.99	3.43	β -pinene (C ₁₀ H ₁₆)	6.77
7.19	3.44	limonene (C ₁₀ H ₁₆)	7.19	3.25	limonene (C ₁₀ H ₁₆)	6.69
7.28	1.94	1,8-cineole (C ₁₀ H ₁₈ O)	7.29	3.48	1,8-cineole (C ₁₀ H ₁₈ O)	5.42
10.52	3.65	camphor (C ₁₀ H ₁₆ O)	10.53	4.98	camphor (C ₁₀ H ₁₆ O)	8.63
11.01	0.55	2,4-diisopropenyl-1-methyl-1-vinyl-cyclohexane (C ₁₅ H ₂₄)	11.00	0.65	bornyl acetate (C ₁₂ H ₂₀ O ₂)	1.2
16.92	0.74	methyl palmitate (C ₁₇ H ₃₄ O ₂)	11.16	0.47	4-terpineol (C ₁₀ H ₁₈ O)	1.21
18.54	0.89	ethyl phthalate (C ₁₂ H ₁₄ O ₄)	16.92	0.72	methyl palmitate (C ₁₇ H ₃₄ O ₂)	1.61
18.77	1.55	palmitic acid (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	19.07	0.77	methyl oleate (C ₁₉ H ₃₆ O ₂)	2.32
19.07	0.92	methyl oleate (C ₁₉ H ₃₆ O ₂)	-	-	-	0.92

จากตารางที่ 1 ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยว่านสาวหลง โดยใช้เทคนิค GC-MS พบสารองค์ประกอบ 11 และ 10 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงที่ได้จากส่วนเหนือดิน และส่วนใต้ดินตามลำดับ สารองค์ประกอบที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรกในน้ำมันจากทั้ง 2 ส่วน คือ camphor, limonene, β -pinene, 1,8-cineole และ camphene ดังได้แสดงโครงสร้างไว้ในภาพที่ 2 ปริมาณของสารองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส่วนของพืชมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ สารองค์ประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส่วนเหนือดินเมื่อเรียงจากปริมาณมากไปน้อย คือ camphor, limonene, β -pinene, 1,8-cineole และ camphene ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใต้ดิน พบปริมาณของสารองค์ประกอบเรียงจากมากไปน้อย คือ camphor, 1,8-cineole, β -pinene, limonene และ camphene อย่างไรก็ตาม สารองค์ประกอบที่พบมากที่สุดจากน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ส่วนเป็นสารชนิดเดียวกัน คือ camphor เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของ Singtothong et al. [4] พบองค์ประกอบที่เหมือนกัน 2 ชนิด คือ camphor และ camphene ส่วนองค์ประกอบที่ต่างกัน คือ alpha-bisabolol และ alpha-humulene และเมื่อเปรียบเทียบ

กับรายงานวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย พบองค์ประกอบที่เหมือนกัน 6 ชนิด คือ camphor, limonene, β -pinene, 1,8-cineole, camphene และ α -pinene และที่พบเฉพาะในรายงานวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย มี 6 ชนิด คือ *trans*-p-(1-butenyl)anisole, anisaldehyde, β -elemen fenchyl acetate, myrcene และ bicyclogermacrene ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยที่มีผลกระทบ คือ สถานที่ สภาพภูมิประเทศ ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวและฤดูกาล และส่วนที่นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารองค์ประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลง

ตารางที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ความดันโลหิตช่วงบนและช่วงล่าง และคะแนนการผ่อนคลาย ก่อน-หลังการทดลองในกลุ่ม pre-test

การทดลองในกลุ่ม pre-test		ตัวแปร									
		อัตราการเต้นของหัวใจ		อัตราการหายใจ		ความดันโลหิตช่วงบน		ความดันโลหิตช่วงล่าง		ระดับคะแนนการผ่อนคลาย	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1 หายต	Mean $\pm$ SD	74.6 $\pm$ 10.50	68.6 $\pm$ 10.71	18.0 $\pm$ 1.88	18.0 $\pm$ 2.66	105 $\pm$ 8.49	100 $\pm$ 9.42	69 $\pm$ 9.94	65 $\pm$ 9.71	4.5 $\pm$ 1.33	6.85 $\pm$ 1.37
	p-value	0.012		1.000		0.015		0.104		0.001*	
2 หายต	Mean $\pm$ SD	76.0 $\pm$ 8.94	72.2 $\pm$ 5.11	18.0 $\pm$ 1.88	18.6 $\pm$ 2.50	100 $\pm$ 9.42	100 $\pm$ 6.66	62 $\pm$ 7.88	61 $\pm$ 5.67	4.8 $\pm$ 1.15	7.2 $\pm$ 1.58
	p-value	0.088		0.394		1.000		0.678		0.000*	
4 หายต	Mean $\pm$ SD	77.2 $\pm$ 6.19	69.1 $\pm$ 9.29	20.2 $\pm$ 1.75	18.2 $\pm$ 2.2	104 $\pm$ 6.9	99 $\pm$ 7.37	64 $\pm$ 6.99	60 $\pm$ 6.66	4.25 $\pm$ 1.39	6.2 $\pm$ 1.62
	p-value	0.001*		0.032		0.015		0.104		0.004*	
8 หายต	Mean $\pm$ SD	74.8 $\pm$ 6.81	70.0 $\pm$ 7.77	18.2 $\pm$ 2.57	16.2 $\pm$ 2.2	102 $\pm$ 11.35	99 $\pm$ 7.37	63 $\pm$ 8.23	60 $\pm$ 8.16	5.1 $\pm$ 1.69	6.95 $\pm$ 1.54
	p-value	0.053		0.052		0.193		0.081		0.003*	

*p-value < 0.01

เมื่อจำแนกอาสาสมัครกลุ่ม pre-test จำนวน 40 คนตามอายุ พบอาสาสมัครอายุ 19, 20, 21, 22 ปี คิดเป็นร้อยละ 12.5, 15, 20, 52.5 ตามลำดับ จากตารางที่ 2 เมื่อตรวจสอบหาความเข้มข้นน้อยที่สุดที่มีผลต่อการผ่อนคลายมากที่สุด ในอาสาสมัครกลุ่ม Pre-test ซึ่งส่วนใหญ่มีอายุ 22 ปี (ร้อยละ 52.5) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจำนวน 4 หยด มีค่าผลต่างของตัวแปรที่ใช้วัดมากที่สุด เมื่อเทียบกับจำนวน 1, 2, 8 หยด โดยค่าเฉลี่ยผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ลดลงมากที่สุด เมื่อเทียบกับจำนวน 1, 2, 8 หยด ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจเป็นการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ไม่สามารถควบคุมได้ [5] จึงใช้เป็นตัวแปรในการหาปริมาณความเข้มข้นที่มีผลต่อการผ่อนคลาย ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจำนวน 4 หยด เป็นความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่มีผลต่อการผ่อนคลายมากที่สุด จำแนกอาสาสมัครกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 40 คนตามอายุ พบอาสาสมัครกลุ่มควบคุมอายุ 19, 20, 21, 22 ปี คิดเป็นร้อยละ 10, 20, 22.5, 47.5 ตามลำดับ และอาสาสมัครกลุ่มทดลองอายุ 19, 20, 21, 22 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.5, 17.5, 27.5, 52.5 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอาสาสมัครกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองส่วนใหญ่มีอายุ 22 ปี คิดเป็นร้อยละ 47.5 และร้อยละ 52.5 ตามลำดับ จากตารางที่ 3 ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดินของว่านสาวหลง โดยอาสาสมัครกลุ่มควบคุมไม่ได้รับน้ำมันหอมระเหย และให้อาสาสมัครกลุ่มทดลองสูดดมน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดินของว่านสาวหลงที่หยดลงบนก้อนสำลีจำนวน 4 หยด มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Paired Sample T-test หลังการทดลองพบว่า อาสาสมัครกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจและการเพิ่มขึ้นของคะแนนการผ่อนคลายอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ความดันโลหิตช่วงบนและช่วงล่าง และคะแนนการผ่อนคลายก่อน-หลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

การวิจัย			Mean±SD	t	การวิจัย			Mean±SD	t
อัตราการเต้นของหัวใจ	กลุ่มควบคุม (T ₀) n=40	ก่อนทดลอง	75.85 ±10.14	3.819	ความดันโลหิต (Systolic/ Diastolic)	กลุ่มควบคุม (T ₀) n=40	ก่อนทดลอง	102.25/65.75 ±10.97/ 7.81	1.433/ 2.623
		หลังทดลอง	74.45 ±10.36				หลังทดลอง	101.25/64.25 ±10.67/ 8.13	
	กลุ่มทดลอง (T ₁) n=40	ก่อนทดลอง	76.95 ±7.74	5.074		กลุ่มทดลอง (T ₁) n=40	ก่อนทดลอง	106.75/ 65.7 ±59.97/9.31	7.154/ 5.135
		หลังทดลอง	71.75 ±6.95				หลังทดลอง	97.0/ 60.25 ±7.91/ 6.6	
อัตราการหายใจ	กลุ่มควบคุม (T ₀) n=40	ก่อนทดลอง	19.30 ±3.25	3.569	ระดับคะแนนการผ่อนคลาย	กลุ่มควบคุม (T ₀) n=40	ก่อนทดลอง	4.55 ±1.45	-5.672
		หลังทดลอง	18.50 ±3.13				หลังทดลอง	5.59 ±1.51	
	กลุ่มทดลอง (T ₁) n=40	ก่อนทดลอง	19.85 ±3.09	7.154		กลุ่มทดลอง (T ₁) n=40	ก่อนทดลอง	4.89 ±1.32	-12.804
		หลังทดลอง	17.40 ±2.40				หลังทดลอง	7.28 ±1.42	

*p-value < 0.01

ทางสถิติที่ระดับค่า $p < 0.01$ ส่วนค่าความดันโลหิตช่วงบนและความดันโลหิตช่วงล่างไม่ลดลงในกลุ่มควบคุม แต่ลดลงในกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับค่า $p < 0.01$ ($T_1 > T_0$) จากการเปรียบเทียบผลต่อการผ่อนคลายของอาสาสมัครก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยสถิติ Independent Sample T-test พบว่า มีการผ่อนคลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับค่า $p < 0.01$ ($T_1 > T_0$) จึงสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยที่กล่าวว่า น้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงมีผลทำให้เกิดการผ่อนคลายเพิ่มขึ้นในอาสาสมัคร ซึ่งอาจเป็นผลมาจากโมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยที่อาสาสมัครสูดดมเข้าทางจมูก ส่งผลให้ประสาทรับกลิ่นที่จมูกส่งการรับรู้ไปที่ limbic system ซึ่งเป็นระบบที่ติดต่อกับสมองส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต การหายใจ ความจำและการตอบสนองต่อความเครียด ไอหอมระเหยหรือโมเลกุลจะช่วยปรับสภาวะทางอารมณ์ ส่งผลดีต่อทางร่างกาย อารมณ์และจิตใจ [6] เมื่อร่างกายผ่อนคลายจะแสดงผลต่างๆ เช่น ลดอัตราการเต้นของหัวใจ ลดความดันโลหิต ลดอัตราการหายใจ ทำให้รู้สึกสงบ [7] สอดคล้องกับการออกฤทธิ์ของสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลง เช่น camphor มีฤทธิ์ยับยั้ง norepinephrine [8] และ limonene มีฤทธิ์ sedative [9] ทำให้ผ่อนคลาย แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยมีผลทำให้เกิดความผ่อนคลายในกลุ่มทดลองโดยการลดความดันโลหิตและเพิ่มระดับความผ่อนคลาย และถึงแม้ว่าอาสาสมัครกลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับการสูดดมน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลง แต่เนื่องจากการนอนทำให้ร่างกายผ่อนคลายความตึงเครียดประกอบกับสิ่งแวดล้อมที่เงียบสงบ (ห้องทดลอง) จึงทำให้อาสาสมัครกลุ่มควบคุมมีการผ่อนคลายเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของว่านสาวหลง (*Amomum biflorum* Jack.) ซึ่งได้จากการต้มกลั่นด้วยน้ำ คิดเป็น 0.72% w/w และ 0.53% w/w ตามลำดับ การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เทคนิค GC-MS พบสารองค์ประกอบทั้งหมด 13 ชนิด โดยพบสารองค์ประกอบ 11 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดิน และ 10 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใต้ดิน องค์ประกอบหลักที่พบในปริมาณมากที่สุดที่ในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส่วนเหนือดินและใต้ดิน คือ camphor คิดเป็นร้อยละ 3.65 และ 4.98 ตามลำดับ การศึกษาผลต่อการผ่อนคลายของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนเหนือดินของว่านสาวหลงในอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยจำนวน 4 หยด เป็นค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดที่มีผลต่อการผ่อนคลายมากที่สุด และผลการเปรียบเทียบการผ่อนคลายก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่า มีการผ่อนคลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับค่า $p < 0.01$ จากผลการวิจัยดังกล่าวจึงสามารถนำน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงไปใช้เป็นทางเลือกในสუნัขบำบัดเพื่อผ่อนคลายความเครียด และสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของเครื่องหอม หรือนำไปใช้ในการผลิตเครื่องสำอางในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2555). **แผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 11**. กรุงเทพฯ: องค์การส่งเสริมสุขภาพอนามัย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- [2] งานสวนพฤกษศาสตร์ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2550). **คู่มือองค์ความรู้ วานสาวหลง: พืชมหาเสน่ห์**. สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2557 จาก http://www.itrmu.net/web/06rs1/show-webcontent.php?cat_id=2&mid=41
- [3] สร้อยจันทร์ พานทอง. (2545). **ผลของการเพิ่มการรับรู้สมรรถนะแห่งตนในการผ่อนคลายกล้ามเนื้อต่อความดันโลหิตในผู้ที่มีความดันโลหิตสูง**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] Singtothong C, Gagnon MJ, et al. (2013). Chemical composition and biological activity of the essential oil of *Amomum biflorum*. *Nat Prod Commun* 8 (2): 265-7.
- [5] รัชฎา แก่นสาร. (2552). **สรีรวิทยา**. นนทบุรี: สวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก.
- [6] พิราภรณ์ บุตรหนัน. (2548). **กลิ่นหอมช่วยบำบัดโรคได้จริงหรือ**. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2553 จาก http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/post.asp?method=TopicQuote&TOPIC_ID=1113&FORUM_ID=8.
- [7] ชินินทร์ สีวานันท์. (2548). **การบริหารกายคลายเครียด**. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2553 จาก <http://www.si.Mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=48>.
- [8] Park, T.J., Seo, H.K., Kang, B.J., and Kim, K.T. (2001). Noncompetitive inhibition by camphor of nicotinic acetylcholine receptors. **Biochemical Pharmacology**. 61 (7), 787-793.
- [9] Almeida, A.A.C., Costa, J.P., Carvalho, R.F., Sousa, D.P., Freitas, R.M. (2012). Evaluation of acute toxicity of a natural compound (+)-limonene epoxide and its anxiolytic-like action. **Brain Research**. 1448, 56-62.

การประเมินพื้นที่มีศักยภาพในการปลูกต้นจากในบางจังหวัดภาคใต้ของไทย
Assessment of Potential Areas for Growing Nipa Palm in Some Provinces
of Southern Thailand

นพรัตน์ บำรุงรักษ์^{1*}, ธีรดา ยงสถิตศักดิ์² และ ฮัสวานี เล็มกะเต็ม³
Noparat Bamroongrugs^{1*}, Thirada Yongsatitsak² and Haswanee Lemkatem³

บทคัดย่อ

ต้นจากเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตเอทานอลสูง เพราะมีรายงานว่าสามารถผลิตได้มากกว่าอ้อย ถึง 2 เท่า เนื่องจากต้นจากเป็นพืชทนดินเค็ม ขึ้นอยู่ทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเล จึงได้ทำการสำรวจพื้นที่ป่าจากที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจภาคสนาม ในพื้นที่นาร่อง 4 จังหวัด ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย แล้วประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก โดยยึดหลักการประเมินที่ดินของ FAO ผลจากการประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก รวมทั้งพื้นที่มีศักยภาพต่ำซึ่งสามารถปลูกต้นจากได้แต่ต้องดูแลเอาใจใส่มากขึ้น ในพื้นที่ 4 จังหวัดที่สำรวจมีพื้นที่ต้นจากทั้งหมด 1,743,751.02 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง 1,052,287.09 ไร่ ปานกลาง 409,145.23 ไร่ และต่ำ 282,226.44 ไร่ โดยจังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ที่มีศักยภาพปลูกจากมากที่สุด คือ พื้นที่ 775,679.79 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.48 ของพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งหมด รองลงมาคือจังหวัดสงขลา 448,270.15 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 25.71 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 358,160.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.54 และจังหวัดชุมพร 161,604.10 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.27

คำสำคัญ : ต้นจาก *Nypa fruticans* wurmb พื้นที่ปลูกจาก

¹ รศ.ดร., ผู้เชี่ยวชาญมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

² นักวิจัย คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

³ บัณฑิตศึกษา คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

* Corresponding author: โทรศัพท์ 074-286825 อีเมล b_npr@yahoo.com

Abstract

Nipa palm (*Nypa fruticans* wurmb) has been reported to have the potential to produce ethanol, with two folds higher than that of the sugar cane. Since nipa is a salt-tolerant plant, therefore the objectives of this research is to assess potential growing areas of nipa palm together with a database of geographic information systems. For this pilot stage the assessment of nipa areas was conducted along the east coast of four southern provinces of Thailand in 2012. The natural growing nipa sites were mapped out using GIS and then ground survey. Then potential sites for growing nipa palm was assessed using FAO principles. Results from the assessment showed that Chumphon, Surat Thani, Nakhon Si Thammarat and Songkhla had a total area of 279,000 ha including an area with high potential of 168,366 ha, moderate 65,463 ha and less potential 45,156 ha. Among these, Nakhon Si Thammarat had the greatest potential growing area of 124,109 ha representing 44.48 percent of the total potential. Next is Songkhla of 717,232 ha representing 25.71 percent of the total potential. Surat Thani had 57,306 ha representing 20.54 percent of the total potential. Lastly, Chumphon had 25,857 ha which representing 9.27 percent of the total potential.

Keywords: Nipa Palm, *Nypa fruticans* wurmb, Nipa Growing Area

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการพลังงานภายในประเทศ เพื่อใช้ในการพัฒนาในด้านต่างๆ โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและเป็นแหล่งพลังงานสำรอง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยควรทำการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพของการใช้ทรัพยากรพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป เรื่องนี้ประเทศไทยโชคดีที่เป็นประเทศเศรษฐกิจเกษตรกรรมเป็นแหล่ง “น้ำมันปลูกได้” จากพืชพลังงานทั้งปาล์ม อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ฯลฯ นำมาผลิตเป็นเอทานอลบริสุทธิ์ได้ นอกจากพืชเศรษฐกิจที่เป็นทั้งอาหารและพลังงานดังกล่าวแล้ว ต้นจากที่เจริญเติบโตอยู่ทั่วไป ในบริเวณชายฝั่งทะเลริมแม่น้ำลำคลอง ริมอ่าวและพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีดินเลนหรือดินอ่อนของประเทศ มักเป็นพืชที่ถูกลืมนิ่งๆ ที่เป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการผลิตน้ำตาล เพื่อผลิตเอทานอล [1,2] จึงควรให้ความสำคัญกับต้นจาก เพราะเป็นพืชท้องถิ่น ต้นทุนการผลิตต่ำ มีอายุยืนยาวหลายร้อยปีหลังปลูก ไม่ต้องปลูกซ้ำเหมือนอ้อยหรือมันสำปะหลัง ไม่ต้องปีนป่ายเก็บน้ำหวานเหมือนต้นตาลหรือต้นมะพร้าว เป็นพืชป่าชายเลนที่ช่วยรักษาสภาพนิเวศ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ทั้งยังเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณดินกร่อยหรือดินเค็ม ที่ไม่ใช่ประโยชน์ เช่น พื้นที่ดินเค็มถัดจากป่าชายเลน พื้นที่ลุ่มน้ำดินเค็มหรือบ่อเกลือที่มีอยู่มากมายอีกด้วย

ต้นจากมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nypa fruticans* Wurmb มีชื่อสามัญว่า Nipa Palm หรือ Nypah palm ต้นจากมีจำนวนโครโมโซม $2n = 16$ จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Palmae หรือ Arecaceae บางคนจัดไว้ในวงศ์ Nypaceae และวงศ์ย่อย (Subfamily) Nypoidae เป็น genus ที่มีเพียง 1 species เท่านั้น [3] จากมีลำต้นอ้วนสั้น อาจเลื้อยตามผิวดินหากถูกน้ำเซาะหรืออยู่ใต้ผิวดินและสามารถแตกเป็น 2 ง่าม (dichotomous branching) เพื่อการขยายพันธุ์ และมีรากแตกออกมาจากลำต้นด้านล่าง ลำต้นใต้ดินหรือเหง้านี้มีลักษณะอวบอ้วน แบนและแข็ง ต้นจากเจริญเติบโตได้ดีบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำกร่อย แดดจ้า บริเวณเขตร้อนทั่วไป และบริเวณใกล้เคียงกับป่าชายเลน ในปี พ.ศ. 2549-ปัจจุบันพบว่าพื้นที่ป่าชายเลนทั่วประเทศประมาณ 2,501.94 ตารางกิโลเมตร หรือ 1563730.17 ไร่ [4] จากการที่ได้ศึกษา

เรื่องต้นจากในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง นพรัตน์ [5,6] พบว่า ต้นจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประชาชนในลุ่มน้ำปากพนัง เพราะต้นจากนอกจากมีคุณค่าทางนิเวศวิทยา เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งแล้ว ต้นจากธรรมชาติยังสามารถผลิตน้ำหวาน เพื่อทำเป็นน้ำส้มสายชู ทำแอลกอฮอล์ และทำน้ำตาล Hamilton and Murphy [1] รายงานว่าต้นจากสามารถให้น้ำตาลได้ถึง 20 ตันต่อเฮกตาร์ หรือ 3,200 กก. ต่อไร่ต่อปี และคิดเป็นแอลกอฮอล์ 90 บาร์เรลหรือ 14,300 ลิตรต่อเฮกตาร์ หรือ 2,288 ลิตรต่อไร่ต่อปี ซึ่งมากกว่าอ้อยถึงสองเท่า [1] ในขณะที่บางรายงานกล่าวว่าต้นจากแต่ละแหล่งแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตและการจัดการ

ดังนั้น การทราบจำนวนที่ชัดเจนของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูก ต้นจากโดยระยะแรกได้ศึกษา ในพื้นที่ 4 จังหวัดฝั่งอ่าวไทย จะทำให้มีการพัฒนาพื้นที่ต้นจากในพื้นที่ที่เหมาะสม โดยผู้ได้รับประโยชน์ คือ ราษฎรที่อาศัยบริเวณชายฝั่งพื้นที่ดินเค็ม ผู้ประกอบอาชีพเกี่ยวกับต้นจาก เจ้าของนาุ้งทั้งร้าง คนไทยทั้งประเทศที่ต้องใช้พลังงานทดแทน การศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกต้นจากในพื้นที่นาร่อง 4 จังหวัด ชายฝั่งอ่าวไทยซึ่งตะวันออก คือ จังหวัดสงขลา นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานการศึกษาวิจัย แผนที่ ตำแหน่งที่ตั้ง ของพื้นที่ป่าชายเลน (รวมป่าจาก) ที่มีเหลืออยู่ในปัจจุบันจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ฯลฯ สำรวจขอบเขตการกระจายตัวของพื้นที่ป่าจาก (แยกจากป่าชายเลนโดยทั่วไป) โดยใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีซิเชิงเลข ปี พ.ศ. 2545 มาตราส่วน 1:4,000 (รายละเอียดภาพ 1X1 เมตร) หรือ 1:25,000 ในบางพื้นที่ โดยใช้วิธีการแปลตีความด้วยสายตา โดยอาศัยความแตกต่างของสี (Color) รูปร่าง (Shape) และรูปแบบการกระจายตัว (Pattern) หลังจากนั้นจึงทำการการนำเข้า (Digitize) สู่วระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ปรับปรุงขอบเขตการกระจายตัวของพื้นที่ป่าจากให้เป็นปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2555) โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับปลูกจาก โดยการซ้อนทับแผนที่ (Overlay) ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Arc GIS) กำหนดเกณฑ์การวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก โดยยึดหลักการประเมินที่ดินของ FAO [7,8] ที่ใช้กันทั่วไปคือ พิจารณาจากปัจจัยทางกายภาพ คุณลักษณะดิน สภาพพื้นที่ และสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยที่นำมาใช้ในการประเมิน ประกอบด้วย ข้อมูลภูมิสารสนเทศและความลาดชัน คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของดิน การระบายน้ำของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และดินเค็มชายทะเล การใช้ที่ดิน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และปริมาณน้ำฝน โดยจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญและใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด [9]

นำข้อมูลปัจจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการปลูกจาก คือ ภูมิสารสนเทศของพื้นที่ โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.29 ส่วนคุณสมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของดิน และการระบายน้ำของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และความเค็มของดิน มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.12 ระยะห่างจากแหล่งน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.05 การใช้ที่ดิน มีค่าเท่ากับ 0.04 และปริมาณน้ำฝน มีค่าเท่ากับ 0.02 ทำการซ้อนทับในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของปัจจัยต่างๆ จะถูกนำมารวมกันโดยค่าคะแนนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.606 และค่าคะแนนต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.09 เมื่อนำมาจัดช่วงชั้นเป็น 3 ระดับ โดยวิธีหาค่าพิสัยของระดับคะแนนที่เท่า ๆ กัน สามารถจัดพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจากเป็น 3 ระดับ คือ ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับคะแนนจัดพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก

ศักยภาพของพื้นที่ปลูกจาก	ระดับคะแนน
สูง	0.42-0.60
ปานกลาง	0.26-0.41
ต่ำ	0.09-0.25
ไม่เหมาะสม	0

พื้นที่ที่มีศักยภาพสูง เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมมากสำหรับการปลูกจาก ได้แก่ บริเวณที่ราบชายฝั่งทะเล ที่มีน้ำทะเลท่วมถึง ที่ราบตะกอนน้ำทะเล มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบ ความลาดชัน 0-1 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของดินเป็นดินเลนเค็มชายทะเล ที่มีลักษณะร่วนเหนียวถึงเหนียวที่เกิดจากตะกอนน้ำทะเลที่ระดับความลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลางถึงด่าง มีการระบายน้ำเร็ว สภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าชายเลนรอสภาพฟื้นฟู พื้นที่นาเกลือ และนาเกลือร้าง

พื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางในการปลูกจาก สภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบเรียบ มีความลาดชัน 0-1 เปอร์เซ็นต์ สภาพภูมิฐานส่วนใหญ่จะเป็นที่ราบน้ำทะเลเค็มท่วมถึงในอดีต พื้นที่พรุ ที่อยู่ระหว่างสันทรายและชายทะเล และที่ราบน้ำท่วมถึงตะกอนน้ำพัดพาจากแม่น้ำ ลักษณะดินเป็นดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายแฉะ ดินร่วนปนทราย ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว สภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันเป็นพื้นที่นาข้าว นาไร่ และปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่นาไร่

พื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยในการปลูกจาก สภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบ ความลาดชัน 1-2 เปอร์เซ็นต์ มีสภาพภูมิฐานส่วนใหญ่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึง หรือตะกอนน้ำพัดพาจากแม่น้ำ บางส่วนเป็นตะกอนน้ำทะเลพัดพามาที่ถม เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะ และดินทรายปนร่วน ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดถึงด่าง การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว สภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันเป็นพื้นที่นาข้าวและนาไร่ ปาล์มน้ำมันที่ ปลูกในพื้นที่นาไร่ พื้นที่ลุ่ม ไม้พุ่มหรือทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม พื้นที่เช่นนี้ สามารถปลูกต้นจากได้ แต่ต้องเอาใจใส่มากกว่า 2 พื้นที่ ดังกล่าว

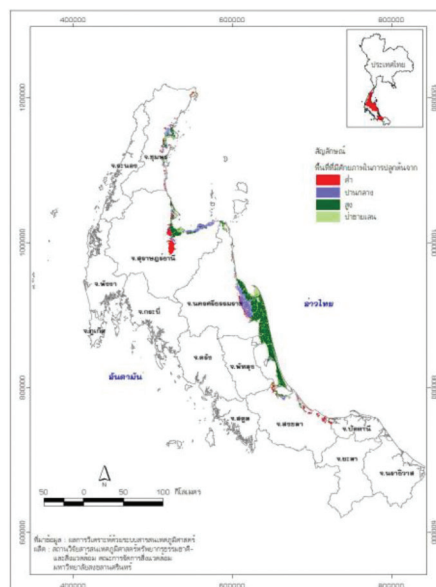
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก พบว่าจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา มีพื้นที่มีศักยภาพทั้งหมด 1,743,751.02 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง 1,052,287.09 ไร่ ปานกลาง 409,145.23 ไร่ และต่ำ 282,226.44 ไร่ โดยจังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ที่มีศักยภาพปลูกจากมากที่สุด มีพื้นที่ 775,679.79 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.48 ของพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งหมด รองลงมาคือจังหวัดสงขลา 448,270.15 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 25.71 ของพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งหมด จังหวัดสุราษฎร์ธานี 358,160.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.54 ของพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งหมด และจังหวัดชุมพร 161,604.10 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.27 ของพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งหมด ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 พื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจากจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา

จังหวัดและอำเภอ	พื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก (ไร่)			รวมพื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่ ที่มีศักยภาพ ทั้งหมด
	สูง	ปานกลาง	ต่ำ		
จ.ชุมพร	58,303.83	62,894.06	40,406.21	161,604.10	9.27
อ.เมืองชุมพร	35,376.24	32,481.89	9,709.54	77,567.67	4.45
อ.สวี	10,382.62	13,992.78	11,756.98	36,132.38	2.07
อ.ปะทิว	5,458.02	1,956.14	8,577.29	15,991.45	0.92
อ.ทุ่งตะโก	3,900.82	2,845.71	-	6,746.53	0.39
อ.หลังสวน	2,935.31	10,661.10	5,023.98	18,620.39	1.07
อ.ละแม	250.82	956.44	5,338.42	6,545.68	0.38
จ.สุราษฎร์ธานี	132,251.86	106,720.79	119,132.07	358,160.98	20.54
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	40,608.61	-	-	40,608.61	2.33
อ.พุนพิน	22,071.22	13,546.30	81,486.14	117,103.66	6.72
อ.ไชยา	19,851.62	7,518.57	8,194.21	35,564.40	2.04
อ.ท่าฉาง	19,293.13	5,560.88	12,417.76	37,271.77	2.14
อ.กาญจนดิษฐ์	18,918.71	49,480.13	816.62	69,215.46	3.97
อ.ท่าชนะ	8,186.34	590.82	3,109.17	11,886.33	0.68
อ.ดอนสัก	3,322.23	29,976.12	335.13	33,633.48	1.93
อ.บ้านนาเดิม	-	-	12,587.91	12,587.91	0.72
จ.นครศรีธรรมราช	528,511.14	202,660.15	44,508.50	775,679.79	44.48
อ.ปากพนัง	165,523.59	55,172.54	3,793.37	224,489.50	12.87
อ.หัวไทร	166,920.51	-	-	166,920.51	9.57
อ.เชียรใหญ่	96,223.08	28,577.99	1,744.68	126,545.75	7.26
อ.เมืองนครศรีธรรมราช	76,749.97	84,275.25	13,269.98	174,295.20	10.00
อ.ขนอม	12,495.24	4,001.03	1,960.83	18,457.10	1.06
อ.ท่าศาลา	5,991.49	1,598.63	5,440.33	13,030.45	0.75
อ.สิชล	4,607.26	1,083.61	4,884.67	10,575.54	0.61
อ.เฉลิมพระเกียรติ	-	27,951.10	13,414.64	41,365.74	2.37

จังหวัดและอำเภอ	พื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจาก (ไร่)			รวมพื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่ ที่มีศักยภาพ ทั้งหมด
	สูง	ปานกลาง	ต่ำ		
จ.สงขลา	333,220.26	36,870.23	78,179.66	448,270.15	25.71
อ.ระโนด	162,424.82	-	-	162,424.82	9.31
อ.สทิงพระ	55,521.54	1,163.70	-	56,685.24	3.25
อ.สิงหนคร	53,694.62	-	666.48	54,361.10	3.12
อ.กระแสสินธุ์	30,673.60	7,166.04	-	37,839.64	2.17
อ.ควนเนียง	10,269.70	1,863.53	19,433.99	31,567.22	1.81
อ.หาดใหญ่	7,099.81	12,261.27	994.84	20,355.92	1.17
อ.จะนะ	6,829.62	5,330.59	20,266.71	32,426.92	1.86
อ.เทพา	4,122.21	3,189.94	31,429.76	38,741.91	2.22
อ.บางกล่ำ	2,584.34	616.24	-	3,200.58	0.18
อ.เมืองสงขลา	-	5,278.92	5,387.88	10,666.80	0.61
รวมพื้นที่ทั้งหมด	1,052,287.09	409,145.23	282,226.44	1,743,715.02	100.00



ภาพที่ 1 แผนที่พื้นที่ที่มีศักยภาพปลูกต้นจาก สำหรับจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา

จากการศึกษาพบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่ต้นจากมากเป็นพื้นที่อ่าวขนาดใหญ่และเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ คือบริเวณ อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ส่วนอ่าวสวี จังหวัดชุมพรมีขนาดเล็กกว่า ทั้งสองอ่าวดังกล่าว ตลอดจนทะเลสาบสงขลา มีต้นจากขึ้นอยู่บ้างในบางพื้นที่ ตลอดจนปากน้ำเพา สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจากสูง โดยมากอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ในเขตอำเภอปากพนัง หัวไทร เขียวใหญ่ และชายฝั่งของอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช ในอดีตมีต้นจากขึ้นอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติในพื้นที่เหล่านี้อย่างกว้างขวาง ทั้งริมฝั่งของอ่าว แม่น้ำ ตลอดจนลึกเข้าไปในแผ่นดินนับสิบกิโลเมตร ในพื้นที่น้ำกร่อย หรือบริเวณน้ำทะเลเคเคท่วมถึง ดังนั้น บางพื้นที่ราบลุ่มน้ำจึงมีต้นจากเจริญเติบโตอยู่มากแม้จะห่างจากชายฝั่งทะเล แต่หลังจากการขยายตัวของการทำนาและการขยายตัวของชุมชนหรือความเจริญในลักษณะอื่น ๆ พื้นที่ต้นจากหรือป่าจากเหล่านี้ ถูกทำลายหรือถูกเปลี่ยนแปลง เนื่องจากในขณะนั้นชาวบ้านคิดว่าการเลี้ยงกุ้งจะเป็นอาชีพทำรายได้ดีและยั่งยืน แต่พบว่าในเวลาต่อมา ผลลัพธ์กลับตรงกันข้าม เช่น บริเวณตำบลขนานนก อำเภอปากพนัง ชาวบ้านส่วนใหญ่เข้าใจความยั่งยืนที่ได้รับผลตอบแทนจากต้นจาก จึงพยายามเปลี่ยนพื้นที่นาทุ่งร้าง กลับไปปลูกต้นจากอีกครั้ง แต่ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ให้มีสภาพน้ำกลับมาท่วมขังได้บ้างเหมือนอดีต รวมทั้งรักษาระดับความเค็มของน้ำที่เปลี่ยนไป ต้นจากเป็นพืชที่ต้องการความชื้นในดินสูง เนื่องจากมีหัวใต้ดินที่เจริญ และเลื้อยไปจนคลุมพื้นที่เพื่อแตกกอใหม่ ตลอดจนอาศัยธาตุอาหารที่มากับน้ำท่วมเป็นครั้งคราว ซึ่งการปลูกวิธีนี้ในนาทุ่งร้าง ประสบผลสำเร็จในหลายพื้นที่ อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่เคยมีต้นจากมาก่อนบางคนเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่น ซึ่งพบมากบริเวณอ่าวบ้านดอน เช่น ปาล์มน้ำมันหรือมะพร้าว เป็นต้น เพราะเชื่อว่าให้ผลตอบแทนดีกว่า แต่ในระยะยาวยังไม่มีผลการประเมินผลที่ชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อรากพืชกระทบกับความเค็มของดินหรือการท่วมของน้ำกร่อย ดังนั้น จากการสำรวจครั้งนี้ จึงพบว่ามีต้นจากดั้งเดิมขึ้นปะปนกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นด้วย เนื่องจากต้นจากมีลักษณะทางสรีรวิทยาที่เป็นพืชทนเค็ม มีลำต้นอยู่ใต้ดิน จึงต้องการดินอ่อนนุ่ม และหน้าดินลึก พื้นที่เหมาะสมจึงเป็นชายทะเลหรือที่ราบลุ่มชายทะเล โดยเฉพาะบริเวณดินตะกอนที่เกิดจากการทับถม ปากอ่าวหรือแม่น้ำ ดังนั้นการนำพืชชนิดอื่นที่ไม่เหมาะกับดิน หรือไม่เหมาะกับพื้นที่น่าจะมีปัญหาในระยะยาวที่เกิดขึ้นได้

อนึ่งเมื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจากโดยอาศัยพื้นฐานข้อมูลจากต้นจากที่เจริญเองตามธรรมชาติหรือปลูกเพิ่มโดยชาวบ้าน โดยการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกยึดหลักการประเมินที่ดินของ FAO จากการศึกษพบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการปลูกจาก คือ ภูมิสัณฐานของพื้นที่ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยคำนึงน้ำหนักและค่าคะแนนของปัจจัยสามารถจัดพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกจากเป็น 3 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีศักยภาพสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างไรก็ตาม ความมีศักยภาพของพื้นที่นี้ ยังหมายถึงความเข้มข้นของการจัดการพืชที่ปลูก กล่าวคือ ในพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงเมื่อปลูกแล้ว เพียงมีการจัดการเล็กน้อย เช่น การตัดแต่งใบ กอ (thinning) ระยะปลูก การดูแลจัดการศัตรูพืช เป็นต้น ในขณะที่พื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำก็สามารถปลูกต้นจากได้เมื่อมีความต้องการ แต่ต้องมีการดูแลเอาใจใส่อย่างมาก (intensive care) กว่าพื้นที่ที่ศักยภาพปานกลาง เช่น การจัดการเรื่องการท่วมถึงของน้ำ การใส่ปุ๋ย ความเค็มของน้ำ ความเป็นกรด ด่างของดิน เป็นต้น อนึ่ง ต้นจากเป็นพืชชนิดหนึ่งของป่าชายเลน ในทางสรีรวิทยานั้น เป็นพืชต้องการน้ำจืดและเจริญเติบโตได้ดีในน้ำจืด แต่เป็นพืชสามารถทนทานในสภาพความเค็มได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เกลือในการดำรงชีพ (facultative halophyte) รวมทั้งยังมีความสามารถกำจัดเกลือออกจากเซลล์ได้เอง การท่วมถึงของน้ำเค็มบ้างก็มีส่วนดี ทำให้ศัตรูพืช เช่น ตัวด้วงกัดกินยอดหายไปตลอดจนน้ำตาลจะมีรสหวานเข้มข้น จึงควรศึกษารายละเอียดเรื่องต่อไป

ประเทศไทยโชคดีที่เป็นประเทศเศรษฐกิจเกษตรกรรม เป็นแหล่ง “น้ำมันปลูกได้” จากพืชพลังงานทั้งปาล์ม อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ฯลฯ นำมาผลิตเป็นเอทานอลบริสุทธิ์ได้ นอกจากพืชเศรษฐกิจที่เป็นทั้งอาหารและพลังงานดังกล่าวแล้ว ต้นจากยังเป็นพืชป่าชายเลนที่ช่วยรักษาสภาพนิเวศ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งสามารถนำมาผลิตเอทานอลบริสุทธิ์ได้เช่นกัน โดยไม่กระทบหรือรุกรานพื้นที่ป่าชายเลนเดิม เหมือนที่

มีบางคนเข้าใจ เพราะ ในการแพร่พันธุ์นั้น ผลจากจะลอยไปกับน้ำ สภาพความเค็มต่ำ มีแสงมากพอ จึงจะออกเป็นต้นใหม่ได้ แต่ถ้าปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่ให้มีการแพร่กระจาย มีภูมิฐานของพื้นที่ไม่เหมาะสมและมีป่าชายเลนเดิมอยู่เป็นรุ่มเงา ต้นจากมักแพ้แสง light competition และตายไปในที่สุด

เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของชาติ จึงลองประเมินความสามารถของต้นจากโดยเฉลี่ยผลผลิตเอทานอล โดยใช้ผลผลิตค่าต่ำสุดของต้นจากคือ 6,480 ลิตร / แยกตาร์ หรือ 1,037 ลิตรต่อไร่ต่อปี [5] ตามนโยบายของประเทศ คือ ถ้าใช้เอทานอลเพียง 3.4% ต่อปี (พ.ศ. 2555-2559) ต้องใช้เนื้อที่ปลูกจากอย่างเดียวเพื่อการผลิตประมาณ 31,250 ไร่ แต่ถ้า 13.7% ต่อปี (พ.ศ. 2560-2563) ต้องใช้เนื้อที่ปลูกจากประมาณ 125,000 ไร่ และ ถ้าใช้ เอทานอล 34.3% ต่อปี (จาก พ.ศ. 2573 -) ต้องใช้เนื้อที่ปลูกจากประมาณ 312,500 ไร่ ตามลำดับ ดังนั้นพื้นที่ที่มีศักยภาพของจังหวัดนครศรีธรรมราช (โดยจังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ที่มีศักยภาพปลูกจากมากที่สุด จำนวน 775,679 ไร่) เพียงจังหวัดเดียวก็จะมีเอทานอลมากพอสำหรับสนับสนุนแผนพลังงานชาติหลังจาก ปี พ.ศ.2563 หากมีการจัดการที่ดี รวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ในอนาคตเมื่อประชากรมากขึ้นมีการใช้พลังงานมากขึ้นการขนส่งเอทานอล ในระยะทางไกลมีค่าใช้จ่ายสูงจึงควรใช้พืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ในการผลิตพลังงานให้มากที่สุด เช่น ภาคอีสาน ใช้มันสำปะหลัง ภาคกลาง และภาคตะวันออก ใช้อ้อย ภาคใต้ใช้ต้นจาก เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกต้นจากในพื้นที่นำร่อง 4 จังหวัดของภาคใต้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการปลูกต้นจาก โดยมีเป้าหมายเพื่อผลิตน้ำตาลและเอทานอลเป็นพลังงานในอนาคตนั้น พบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่ที่มีศักยภาพหรือเหมาะสมเรียงจากมากไปหาน้อย คือ นครศรีธรรมราช สงขลา สุราษฎร์ธานี และชุมพร ตามลำดับ โดยมีพื้นที่ศักยภาพรวมทั้งหมด 1,743,751.02 ไร่ ในขณะที่แผนพลังงานชาติหลังจากปี พ.ศ. 2573 ที่ต้องใช้เอทานอลประมาณ 34.3% ต่อปี และใช้เนื้อที่ปลูกต้นจากประมาณ 312,500 ไร่ ดังนั้น พื้นที่ที่มีศักยภาพของจังหวัดนครศรีธรรมราชเพียงครั้งเดียวก็เพียงพอสำหรับแผนดังกล่าว ความมีศักยภาพของพื้นที่สามารถนำมาวิเคราะห์ความต้องการพลังงานทดแทน เมื่อประเทศมีความจำเป็นในอนาคต จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยควรทำการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพของการใช้ทรัพยากรพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณงานวิจัยในครั้งนี้ที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ระหว่างมิถุนายน 2555 - มิถุนายน 2556 และสถาบันวิจัยระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hamilton, L.S. and Murphy, D.H. (1988). “Use and Management of Nipa Palm (*Nypa fruticans*, *Areaceae*): a Review” *Economic Botany*. 42(2): 206-213.
- [2] Okugbo, T.O., U. Usonobum, A. Esan, J.A. Adegbegi, J.O. Oyedeggi, and C.O. Okiemien. (2012). **A Review of Nipa Plam as a Renewable Energy Source in Nigeria.** *Research Journal of Applied Sciences, Engoneering and Technology*. 4(15): 2367-2371
- [3] Purseglove, J.W. (1972). **Tropical Crops: Monocotyledons**, Vol.1 and 2 combined. Longman Group Ltd.
- [4] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. มปป. การสำรวจและแปลภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย. บริษัท โอ.จี.ไอ. เอส คอนซัลท์ จำกัด.
- [5] นพรัตน์ บำรุงรักษ์. (2540). รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาด้านนิเวศวิทยา ประโยชน์ใช้สอย และการขยายพันธุ์ต้นจากในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [6] นพรัตน์ บำรุงรักษ์. (2544). ต้นจาก... พืชเศรษฐกิจของป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. บริษัทเฟื่องฟ้าพรินติ้ง จำกัด กทม : 58 หน้า.
- [7] กรมพัฒนาที่ดิน. (2535). คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [8] FAO. (1976). **A framework for land evaluation.** *Soil Bulletin*. Food and Agriculture Organization of United Nations. Rome
- [9] Saaty,T. (1980). **The Analytic Hierachy Process.** New York, Mcgraw Hill.

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาไข่ไก่ด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์
และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์
A Comparison of Forecasting the Egg Prices between Box-Jenkins Method
and Holt's Exponential Smoothing Method

วรangkan กิระติวิบูลย์^{1*}

Warangkhan Keerativibool^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีบอซ-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ สำหรับการพยากรณ์ราคาไข่ไก่ โดยใช้ข้อมูลรายเดือนจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 152 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 จำนวน 140 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ชุดที่ 2 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 12 ค่า สำหรับการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีบอซ-เจนกินส์ ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์เป็น $\hat{Y}_{t+m} = 3.209995 + 0.010026(m)$ เมื่อ m แทนจำนวนเดือนที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า โดยมีค่าเริ่มต้น คือ เดือนกันยายน 2556 ($m = 1$)

คำสำคัญ: ราคาไข่ไก่ วิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

¹ ผศ.ดร., สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93110

* Corresponding author: โทรศัพท์/โทรสาร: 074-609600 ext. 2573 อีเมล warang27@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is to compare two forecasting methods which are Box-Jenkins method and Holt's exponential smoothing method for predicting the egg prices. Time series that used is the monthly data from the website of Office of Agricultural Economics during January 2001 to August 2013 (152 values). The data are split into two sets, the first 140 values from January 2001 until August 2012 for the modeling and the last 12 values from September 2012 until August 2013 for finding the most suitable forecasting method by the criterion of the lowest mean absolute percentage error. The results show that Holt's exponential smoothing method is suitable for this time series than Box-Jenkins method which the forecasting model is $\hat{Y}_{t+m} = 3.209995 + 0.010026(m)$ where m represents the number of months to forecast ahead with the starting value of September 2013 ($m = 1$).

Keywords: Egg Prices, Box-Jenkins, Holt's Exponential Smoothing, Mean Absolute Percentage Error

บทนำ

ปัจจุบันราคาไข่ไก่มีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้น ขณะที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รายงานว่าราคาที่สูงขึ้นนั้นยังคงเป็นไปตามกลไกตลาด เนื่องจากในช่วงเดือนกรกฎาคมที่ผ่านมา เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่มีการปลดแม่ไก่ยืนกรง เพื่อลดปริมาณไข่ในตลาด ประกอบกับสภาพอากาศที่มีฝนตกต่อเนื่อง ทำให้มีจำนวนไข่ไก่ออกสู่ตลาดน้อยลง นอกจากนี้ราคาไข่ไก่ที่สูงขึ้นยังเกิดจากปัญหาพ่อค้าคนกลางมีการกักตุนเพื่อเก็งราคา ปัจจัยด้านต้นทุนการผลิต เช่น ราคาต้นทุนหัวอาหาร และราคาพันธุ์ไก่ไข่ มีการปรับตัวสูงขึ้น รวมทั้งเกษตรกรบางส่วนมีการงดเลี้ยงชั่วคราวเนื่องจากประสบกับปัญหาขาดทุน สาเหตุดังกล่าวล้วนส่งผลให้ผลผลิตไข่ไก่ลดลง เฉลี่ยแล้วมีปริมาณไข่ไก่ลดลงประมาณ 3 ล้านฟอง จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และส่งผลต่อราคาที่สูงขึ้นในที่สุด โดยจากรายงานยังพบว่า ณ วันที่ 11 กันยายน 2556 ราคาไข่ไก่สดคละขนาดหน้าฟาร์มอยู่ที่ 3.50 บาท/ฟอง แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตของเกษตรกรซึ่งอยู่ที่ 2.89 บาท/ฟอง คิดเป็นกำไรเฉลี่ยที่เกษตรกรได้รับประมาณ 20% จึงถือว่ายังเป็นราคาที่อยู่ในเกณฑ์ที่คณะกรรมการไก่ไข่และผลิตภัณฑ์กำหนดไว้ [1-2] ถึงแม้ว่าการปรับตัวของราคาไข่ไก่ที่สูงขึ้นยังคงเป็นไปตามกลไกของตลาด แต่ก็ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ทราบการเคลื่อนไหวของราคาไข่ไก่ในอนาคต คือ การพยากรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำราคาไข่ไก่ในอดีตมาสร้างเป็นตัวแบบ เพื่อช่วยในการพยากรณ์ราคาไข่ไก่ในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาไข่ไก่ โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Sciences) รุ่น 17 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [3] เป็นอนุกรมเวลารายเดือนของราคาไข่ไก่สดคละขนาดต่อ 100 ฟอง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 152 ค่า แต่เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบและง่ายต่อการนำไปใช้ จึงแปลงข้อมูลเป็นราคาต่อฟอง และแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลราคาไข่ไก่ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 จำนวน 140 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 2 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของไฮลด์ ชุดที่ 2 เป็นข้อมูลราคาไข่ไก่ตั้งแต่เดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 12 ค่า สำหรับการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ที่ต่ำที่สุด

1. การสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูง เนื่องจากได้กำหนดตัวแบบโดยการตรวจสอบคุณสมบัติของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ซึ่งพิจารณาภายใต้อนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ (Stationary) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ [4] ตัวแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s แสดงดังสมการ (1) [5]

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_P(B^s)$ แทนค่าคงที่ โดยที่ μ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p (Non-Seasonal Autoregressive Operator of Order p : AR(p))

$\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps}$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P (Seasonal Autoregressive Operator of Order P : SAR(P))

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q (Non-Seasonal Moving Average Operator of Order q : MA(q))

$\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q (Seasonal Moving Average Operator of Order Q : SMA(Q))

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทนจำนวนฤดูกาล

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (Backward Operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มีรายละเอียดดังนี้

1) พิจารณาอนุกรมเวลาว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา (Y_t, t) รวมถึงกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา หากพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะไม่คงที่ (Non-Stationary) ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้มีลักษณะคงที่ก่อนที่ จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป เช่น การแปลงด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (Difference or Seasonal Difference) การแปลงด้วยลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ (Common Logarithm or Natural Logarithm) หรือการแปลงด้วยเลขยกกำลัง เช่น ยกกำลัง 0.5 (Square Root Transformation) หรือยกกำลัง 2 (Square Transformation) เป็นต้น [6]

2) กำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ นั่นคือ กำหนดค่า p, q, P และ Q พร้อมทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

3) ตัดพารามิเตอร์ที่ไม่มีความสำคัญออกจากตัวแบบพยากรณ์ครั้งละ 1 ตัว จากนั้นจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์และประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่จนกว่าจะได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญทั้งหมด

4) คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเบย์เซียน (Bayesian Information Criterion: BIC) ต่ำที่สุด มีค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ไม่มีนัยสำคัญ และอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ $\{e_t\}$ มีการแจกแจงปรกติ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov's Test) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของ $\{e_t\}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที (t-Test) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบเอฟ (F-Test) ของเลวิน ภายใต้การใช้อำริฐาน (Levene's Test Based on Median)

5) พยากรณ์อนุกรมเวลา โดยใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นตอนที่ 4

2. การสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ (Holt's Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล มีค่าคงที่การปรับเรียบ 2 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ (Level: α) และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน (Trend: γ) สามารถเขียนตัวแบบได้ดังสมการ (2) และเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการ (3) [7-8]

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \quad (3)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

β_0 และ β_1 แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบแสดงระยะตัดแกน และความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปรกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

a_t และ b_t แทนค่าประมาณ ณ เวลา t ของพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ

โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$ และ $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

α และ γ แทนค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$ และ $0 < \gamma < 1$

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ตามขั้นตอนที่ 4 ของการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

3. การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ โดยทำการพยากรณ์ราคาไข่ไก่ของข้อมูลชุดที่ 2 คือ อนุกรมเวลาตั้งแต่เดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 12 ค่า ได้ค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ (Error: e_t) เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ซึ่งมีสูตรแสดงดังสมการ (4) [9] โดยวิธีการพยากรณ์ใดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ต่ำที่สุด คือ วิธีที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์มากที่สุด

$$MAPE = \frac{100}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \quad (4)$$

เมื่อ $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t
 Y_t และ $\hat{Y}_t$ แทนอนุกรมเวลา และค่าพยากรณ์ ณ เวลา t ตามลำดับ
 t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

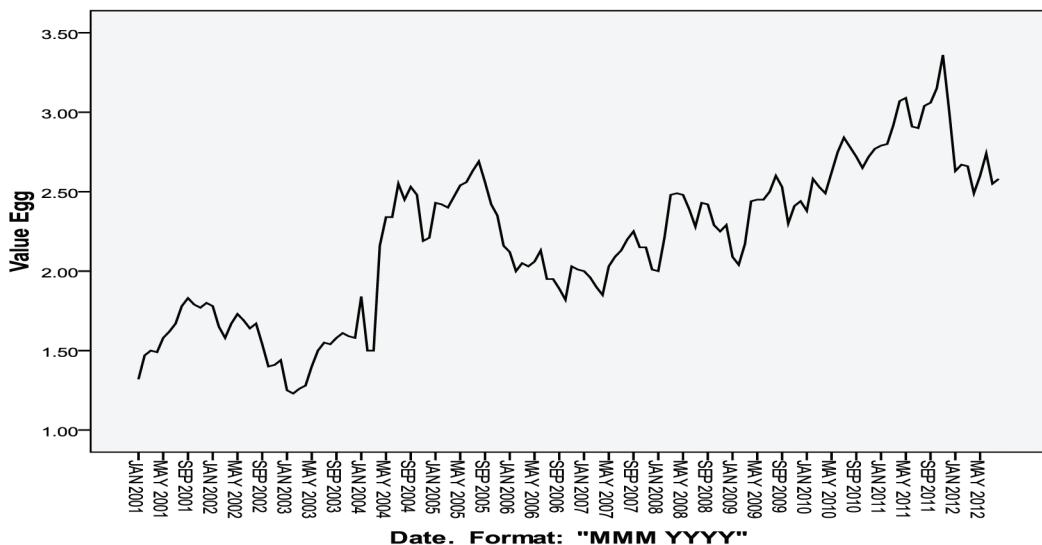
4. การพยากรณ์ราคาไข่ไก่

จากการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี เมื่อทราบว่าวิธีการพยากรณ์ใดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ต่ำที่สุด จะใช้วิธีการพยากรณ์นั้นในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลทั้ง 2 ชุด คือ ราคาไข่ไก่ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 152 ค่า

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 คือ ราคาไข่ไก่ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 จำนวน 140 ค่า ดังภาพที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาชุดนี้ยังไม่คงที่ เนื่องจากมีส่วนประกอบของแนวโน้ม



ภาพที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคาไข่ไก่ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2555

จากกราฟ ACF และ PACF ดังภาพที่ 2 พบว่า กราฟ ACF ในภาพซ้ายมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบลดลงอย่างช้าๆ ดังนั้นจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือ ตัวแบบ AR(19) I(1) MA(2, 18) มีค่า BIC เท่ากับ -4.188 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 17.274, p-value = 0.303) เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.039, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในภาพที่ 4 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 0.246$, p-value = 0.806) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.170, p-value = 0.315) ดังนั้นตัวแบบ AR(19) I(1) MA(2, 18) มีความเหมาะสม ซึ่งจากสมการ (1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบได้ดังนี้

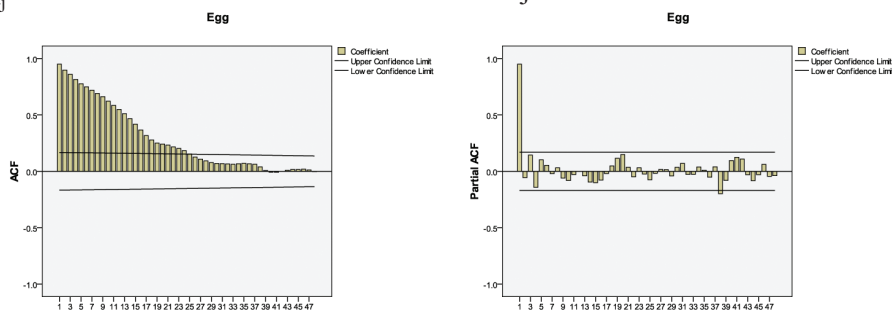
$$(1 - \phi_{19}B^{19})(1 - B)Y_t = \delta + (1 - \theta_2B^2 - \theta_{18}B^{18})\varepsilon_t$$

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + \phi_{19}(Y_{t-19} - Y_{t-20}) + \varepsilon_t - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \theta_{18}\varepsilon_{t-18}$$

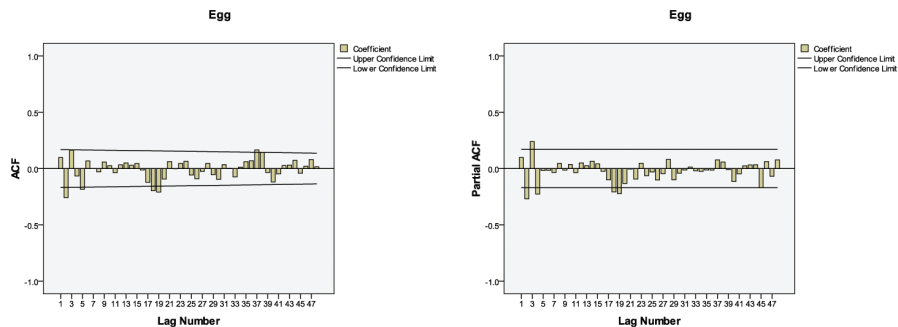
เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์ จะได้ตัวแบบพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = 0.009577 + Y_{t-1} - 0.283488(Y_{t-19} - Y_{t-20}) - 0.443410\varepsilon_{t-2} - 0.283462\varepsilon_{t-18} \quad (5)$$

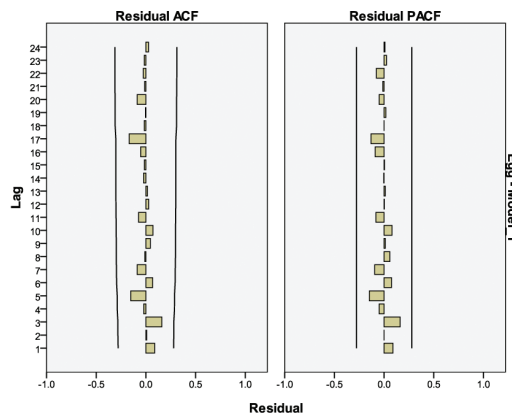
เมื่อ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
 Y_{t-j} แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา $t - j$
 ε_{t-j} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t - j$



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคาไข่ไก่



ภาพที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคาไข่ไก่
เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1



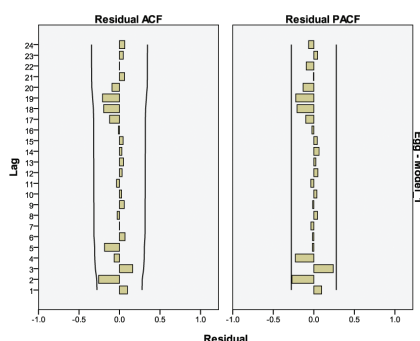
ภาพที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์
โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ที่มีตัวแบบ AR(19) I(1) MA(2, 18)

2. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ -4.008 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 31.669, p-value = 0.011) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.069, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในภาพที่ 5 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = -0.071$, p-value = 0.943) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.545, p-value = 0.869) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 2.579999 + 0.009835 (m) \quad (6)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ ถึง 12 (เดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 12 ค่า) α และ γ มีค่าเท่ากับ 0.99997 และ 0.00006 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์
โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

3. ผลการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ในสมการ (5) และโดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ ในสมการ (6) สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ราคาไข่ไก่ ตั้งแต่เดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 12 ค่า ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 9.0495 และ 7.8806 ตามลำดับ ดังนั้นวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ต่ำที่สุด

4. ผลการพยากรณ์ราคาไข่ไก่

จากการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี พบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด และมีตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างจากข้อมูลทั้งหมด คือ ราคาไข่ไก่ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 152 ค่า ดังนี้ $\hat{Y}_{t+m} = 3.209995 + 0.010026(m)$ เมื่อ m แทนจำนวนเดือนที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า โดยมีค่าเริ่มต้น คือ เดือนกันยายน 2556 ($m = 1$)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาไข่ไก่ โดยใช้ข้อมูลรายเดือนจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 152 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 จำนวน 140 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 2 วิธี ได้แก่ วิธีบอซซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2556 จำนวน 12 ค่า สำหรับการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีบอซซ์-เจนกินส์ ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_{t+m} = 3.209995 + 0.010026 (m)$$

เมื่อ m แทนจำนวนเดือนที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า โดยมีค่าเริ่มต้น คือ เดือนกันยายน 2556 ($m = 1$)

เอกสารอ้างอิง

- [1] ASTV ผู้จัดการออนไลน์. (2556, 16 กันยายน). เกษตรกรเลี้ยงไก่ไข่ย่ำราคาไข่พุ่ง เหตุต้นทุนหัวอาหาร-แม่พันธุ์เพิ่มแนะรัฐเร่งแก้แทนควบคุมราคา. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2556 จาก <http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9560000116505>
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556, 11 กันยายน). เกษตรฯ ชี้แนวโน้มราคาไข่ไก่ที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับกลไกตลาด คาดในสองสัปดาห์ราคาจะลดลงหลังเข้าช่วงเทศกาลกินเจ-ปิดเทอม ปิดแผนชะลอส่งออกไม่ส่งผลดีต่อตลาดหลักในระยะยาว. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2556 จาก http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=15792&filename=index
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). ราคาไข่ไก่สดคละ รายเดือนที่เกษตรกรขายได้ที่ฟาร์มทั่วประเทศ ปี 2540 – 2556. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2556 จาก <http://www.oae.go.th/download/price/monthlyprice/livestock/egg.pdf>
- [4] ทรงศิริ แต่สมบัติ. (2549). การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- [6] Bowerman, B.L. and O'Connell, R.T. (1993). *Forecasting and Time Series: An Applied Approach*. 3rd ed. California: Duxbury Press.
- [7] มุกดา แม้นมิตร. (2549). *อนุกรมเวลาและการพยากรณ์*. กรุงเทพฯ: โพรพรินต์.
- [8] IBM Corporation. (2013). *IBM SPSS Statistics Information Center*. Retrieved 22 September 2013 from <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spssstat/v20r0m0/index.jsp?>
- [9] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บทความวิจัย

การสำรวจความชุกของเชื้อสแตปฟิโลคอคคัสที่ดื้อยาเมธิซิลลิน ในพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล บ้านบางคู จังหวัดนครศรีธรรมราช Survey of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Area of Tambon Health Promoting Hospital, Ban-Bangkoo, Nakhon Si Thammarat

มณฑล เลิศคนาวนิชกุล^{1*} พวงทิพย์ ภู่งษ์²
Monthon Lertcanawanichakul^{1*} Phuangthip Bhoopong²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาเพื่อหาความชุกของเชื้อเอ็มอาร์เอสในพื้นที่ยาบาลสงเสริมสุขภาพตำบลบางคู จังหวัดนครศรีธรรมราช ในตัวอย่างโพรงจมูก ฝามือของประชาชน จำนวน 79 คน ด้วยการเพาะเชื้อลงในจานเพาะเชื้อแมนนิทอลซอลต์ผสมยาออกซาซิลลิน ความเข้มข้น 6 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ปรากฏว่าตรวจพบเชื้อเอ็มอาร์เอส คิดเป็นร้อยละ 46.9 % (37/79) โดยพบว่าเชื้อทุกไอโซเลทดื้อต่อออกซาซิลลินและไวต่ออะมิคาซิน และดื้อยาแบบหลายชนิดคิดเป็นร้อยละ 5.6-10.9 ดังนั้นควรป้องกันไม่ให้มีการแพร่กระจายของเชื้อเอ็มอาร์เอสในพื้นที่เพื่อป้องกันโรคที่เกิดจากการติดเชื้อเอ็มอาร์เอส

คำสำคัญ: เซฟิอกซิลิน เอ็มอาร์เอส โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

¹ Assoc. Prof. Dr., Division of Medical Technology, Biomedical Science Research Unit, School of Allied Health Sciences and Public Health, Walailak University, Nakhon Si Thammarat 80161

² Dr., Division of Medical Technology, Biomedical Science Research Unit, School of Allied Health Sciences and Public Health, Walailak University, Nakhon Si Thammarat 80161

* Corresponding author: Tel/Fax 075672104 / 075672106 E-mail: lmonthon@wu.ac.th

Abstract

This research is descriptive study to survey of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in area of Tambon Health Promoting Hospital Ban-Bangkoo, Nakhon Si Thammarat. The 79 samples were collected from nasal cavity and palm of people who live in Ban Bangkoo. All samples were investigated for MRSA by plating on mannitol salt agar (MSA) supplemented with 6 µg/ml of oxacillin. The results showed that the isolates of MRSA were detected from people in the percentage of 46.9 % (37/79). All MRSA isolates were resistant to oxacillin but susceptible to amikacin. It found that 5.6%-10.9% of the strains were multidrug-resistant. It should be aware the dispersion of MRSA in the area for preventing the MRSA infections.

Keywords: Cefoxitin, MRSA, Tambon Health Promoting Hospital

บทนำ

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) พบเป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล เรียกว่า health care-associated MRSA (HA-MRSA) ผู้ป่วยมักมีปัจจัยเสี่ยงของการติดเชื้อ ได้แก่ การผ่าตัด การอยู่โรงพยาบาล หรือการใส่สายสวนเข้าในเส้นเลือด [1-4] MRSA เริ่มพบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 ซึ่งดื้อต่อยากลุ่ม penicillinase-resistant penicillin โดยการผลิต penicillin binding protein 2' (PBP2') หรือ PBP2a ที่ถูกกำหนดด้วยยีน *mecA* ทำให้จับกับยาในกลุ่ม beta-lactam ทุกชนิดได้ไม่ดี เป็นผลให้ยาในกลุ่ม beta-lactam ออกฤทธิ์ไม่ได้ เชื้อ MRSA มักก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาลโดยร้อยละ 30 ถึง 60 ของ *S. aureus* ที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาลในประเทศไทยเป็น MRSA จากข้อมูลของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่ได้รับรวบรวมเชื้อและแบบแผนความไวของเชื้อแบคทีเรียจากโรงพยาบาลศูนย์และโรงพยาบาลทั่วไปทั่วประเทศกว่า 30 แห่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2548 พบว่าเชื้อ MRSA มีความชุกร้อยละ 35 ในปี พ.ศ. 2543 และความชุกค่อนข้างคงที่ในระหว่างร้อยละ 30-35 ในช่วง 5 ปี และคาดว่าจะมีอัตราสูงมากขึ้นในโรงพยาบาลที่มี MRSA ได้กลายเป็นเชื้อประจำถิ่น [5] และที่น่าสนใจมากกว่านั้นคือ เริ่มมีรายงานการติดเชื้อ MRSA ในชุมชนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 เรียกว่า community-acquired methicillin-resistant MRSA (CA-MRSA) ซึ่งเป็นการติดเชื้อนอกโรงพยาบาล โดยการติดเชื้อมีต้นตอส่วนหนึ่งเกิดจากการแพร่กระจายของเชื้อ MRSA จากผู้ป่วยที่เคยอยู่โรงพยาบาลหรือบุคลากรการแพทย์ที่มีการเกาะรวมกลุ่ม (colonized) ของเชื้อ MRSA ที่ผู้ป่วยได้รับขณะอยู่ในโรงพยาบาลซึ่งสามารถคงอยู่ในผู้ป่วยรายนั้นได้นานหลายเดือน และแพร่กระจายไปยังบุคคลอื่นในครอบครัวได้ แต่เชื้อ MRSA สายพันธุ์เหล่านี้ยังไวต่อยาบางขนาน เช่น คลินดามัยซิน (clindamycin) โค-ไตรม็อกซาโซล (co-trimoxazole) เป็นต้น ส่วนเชื้อ MRSA ที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาลนอกจากจะดื้อต่อยากลุ่ม beta-lactam ทุกชนิดแล้ว ยังดื้อต่อยากลุ่มอื่นด้วย เช่น อะมิโนกลัยโคไซด์ (aminoglycosides) แมโครไลด์ (macrolides) [6] การติดเชื้อ CA-MRSA มักพบในผู้ป่วยเด็กและส่วนใหญ่เป็นการติดเชื้อที่ผิวหนังและเนื้อเยื่อ เช่น เป็นฝีหรือผิวหนังอักเสบ บางรายอาจพบมีการติดเชื้อที่รุนแรง ได้แก่ ปอดอักเสบ หรือ necrotizing fasciitis นอกจากนี้อาจมีการติดเชื้อที่กระดูก และการติดเชื้อในกระแสเลือดที่รุนแรงและมีรายงานการเสียชีวิตจากการติดเชื้อ MRSA ในชุมชน [1-4, 6-9] อย่างไรก็ตามการติดเชื้อ CA-MRSA ของผู้ป่วยในประเทศไทยยังพบน้อยมากและยังไม่มีรายงานความชุกของ MRSA ในโรงพยาบาลระดับอื่นและโรงพยาบาลทั่วไปหรือชุมชน รวมถึงในบริเวณชุมชนรายรอบ ดังนั้นจึงได้สนใจหาความชุกของ MRSA รวมทั้งแบบแผนความไวของเชื้อดังกล่าวต่อยาปฏิชีวนะจากประชาชนในพื้นที่ รพสต.บ้านบางคู อำเภอนวม จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นการเฝ้าระวังไม่ให้มีการแพร่กระจายของเชื้อรวมทั้งเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดโรคติดเชื้อ MRSA ในชุมชนต่อไป

วัสดุและวิธีการ

โครงการนี้ได้รับเอกสารการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เลขที่ 009 ปี พ.ศ. 2556 โดยมีระยะเวลาเข้าชุมชน ในเดือน เมษายน พ.ศ. 2556

1. แบคทีเรีย

S. aureus TISTR517 และ MRSA 334 ใช้เป็นแบคทีเรียควบคุมการทดสอบความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพ ด้วยวิธี Kirby-Bauer สำหรับกลุ่มเชื้อที่ไวและดื้อต่อยาออกซาซิลลิน (oxacillin) ตามลำดับ

2. สารต้านจุลชีพ

ได้แก่ ผงยา oxacillin (Sigma-Aldrich, USA) และแผ่นยาต่างๆ (Oxoid, UK) ได้แก่ อะมิคาซิน (amikacin: AK30) คลินดามัยซิน (clindamycin: DA2) เซฟิออกซิทีน (cefotaxime: FOX30) ไนโตรฟลูแรนโตอิน (nitrofurantoin: F300) ออกซาซิลลิน (oxacillin: OX1) เพนิซิลลินจี (penicillin G: P10)

3. การตรวจหาเชื้อ MRSA จากพาหะ

ตรวจหาพาหะของเชื้อ MRSA ในประชาชน (พาหะ หมายถึง บุคคลที่มีเชื้อ MRSA เกษะติดโดยไม่แสดงอาการ) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณโพรงจมูกส่วนหน้า และฝ่ามือทั้ง 2 ข้างของประชาชนในหมู่บ้านบางคู หมู่ที่ 3 พร้อมบุคคลในครอบครัวจำนวนรวม 79 คน โดยไม่แบ่งแยกเพศและวัย ด้วยการจุ่มไม้พันสำลีลงในน้ำเกลือ (0.85% NaCl) ไร้เชื้อ เขย่าไม้พันสำลีเล็กน้อย เพื่อให้สำลีดูดซับน้ำเกลือแล้วใช้ไม้พันสำลีนี้เช็ดบริเวณโพรงจมูกทั้ง 2 ข้าง 1 swab และฝ่ามือ 2 ข้าง 1 swab เช็ดค่อนข้างแรงแต่ไม่ถึงกับทำให้รู้สึกเจ็บ ประมาณ 5-10 ครั้งและหมุนก้านไม้ไปด้วย เพื่อให้ผิวสัมผัสของไม้พันสำลีได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ จากนั้นป้ายลงบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง mannitol salt agar (MS) ที่เติม 6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (มค.ก./มล.) ของยา oxacillin (MSOX) จากนั้นนำไปบ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (°ซ.) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ชม.) คัดเลือกโคโลนีสีเหลืองที่มีบริเวณรอบโคโลนีเป็นสีเหลืองจากจานเพาะเชื้อแต่ละจานๆ ละ 1 ไอโซเลท ไปศึกษาความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพ

4. การทดสอบความไวของยาต้านจุลชีพอื่นๆ ด้วยวิธี Kirby-Bauer

สุ่มเลือกโคโลนีเดียวในจานอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MSOX จากข้อ 3 (โคโลนีสีเหลืองที่มีบริเวณรอบโคโลนีเป็นสีเหลือง) จานละ 1 ไอโซเลท ไปย้อมสีแบบแกรม และทดสอบเอนไซม์ coagulase เพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อ *S. aureus*

เพาะเชื้อที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลมเรียงตัวเป็นกลุ่มและให้ผลบวกกับการทดสอบ coagulase บนจานเพาะเชื้อ Mueller Hinton agar (Difco) ที่ผสม 4 % NaCl และ oxacillin ความเข้มข้น 6 มค.ก. / มล. (MHOX) บ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 °ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหากปรากฏโคโลนีแสดงว่าเป็นเชื้อ MRSA นำไปทดสอบความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพชนิดอื่น (ข้อ 2) ด้วยวิธี Kirby-Bauer และแปลผลตามเกณฑ์ของ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) [10]

ผลการศึกษา

1. ผลการตรวจหาพาหะของเชื้อ MRSA

จากการตรวจหาพาหะ MRSA ด้วยการป้ายโพรงจมูกและฝ่ามือของประชาชนในพื้นที่ รพสต. บ้านบางคู จำนวน 79 คน ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MSOX พบว่าตรวจพบแบคทีเรียที่เรียกว่า oxacillin จากกลุ่มประชาชนคิดเป็น 46.9% (37/79) โดยไอโซเลททั้งหมดให้ผลการย้อมสีแกรมเป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลมเรียงตัวเป็นกลุ่มและให้ผลการทดสอบบวกกับการทดสอบ coagulase ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าเป็นเชื้อ MRSA จึงเลือกนำไปทดสอบความไวของเชื้อต่อยาปฏิชีวนะต่อไป

2. แบบแผนความไวของเชื้อ MRSA ต่อยาด้านจุลชีพ

เชื้อ MRSA ทั้งหมดที่ให้ผลบวกกับการทดสอบ coagulase สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MHOX ซึ่งยืนยันได้ว่าเป็น MRSA จึงนำไปทดสอบความไวของเชื้อต่อยาด้านจุลชีพอื่นด้วยวิธีของ Kirby-Bauer พบว่าเชื้อ MRSA ทั้งหมดต่อยา oxacillin (100%), cefoxitin (100%) และไวต่อยา amikacin (100%) ดังแสดงในตารางที่ 1 และมีแบบแผนความไวของเชื้อต่อยาด้านจุลชีพ 7 แบบ แบบที่พบมากที่สุดคือคือ oxacillin, penicillin G และ cefoxitin เท่ากับ 97 % (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อ MRSA ที่แยกได้จากพาหะคือ clindamycin คิดเป็น 43.0 % (แบบที่ 2) ตามลำดับ และพบมีเชื้อ MRSA ที่แยกได้จากพาหะ 1 ไอโซเลตแสดงแบบแผนการดื้อยาหลายชนิดคิดเป็น 5.6-10.9 % (แบบที่ 6 และแบบที่ 7) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ร้อยละ (%) การดื้อยาด้านจุลชีพของเชื้อ MRSA

แหล่ง	จำนวนเชื้อ MRSA	ร้อยละ (%) การดื้อยาด้านจุลชีพของเชื้อ MRSA						
		AK3	C30	DA2	F300	FOX30	OX1	OP10
พาหะ	37	0	16	32	5	100	100	100

P10, penicillin G 10 ยูนิต; C30, chloramphenical 30 มค.น.; OX1, oxacillin 1 มค.น.; AK30, amikacin 30 มค.น.; F300, nitrofurantoin 300 มค.น.; DA, clindamycin 2 มค.น.; FOX; cefoxitin 30 มค.น.

ตารางที่ 2 แบบแผนความไวของเชื้อ MRSA ที่แยกได้จากพาหะต่อยาด้านจุลชีพ

	แบบแผนความไวยา							ร้อยละ
	AK30	C30	DA2	F300	FOX30	OX100	P10	
แบบที่ 1	S	S	S	S	R	R	R	97.0
แบบที่ 2	S	S	R	S	R	R	R	43.0
แบบที่ 3	S	S	S	S	R	R	R	22.0
แบบที่ 4	S	R	S	S	R	R	R	11.1
แบบที่ 5	S	S	S	S	R	R	S	5.6
แบบที่ 6	S	R	R	S	R	R	R	5.6
แบบที่ 7	S	R	R	R	R	R	R	10.9

MRSA, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*; R, resistant; S, susceptible

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้อาหารเลี้ยง MSOX เพื่อคัดเลือกเชื้อ MRSA จากพาหะในพื้นที่ รพสต.บ้านบางคู ซึ่งมีรายงานว่ามีความไวสูงถึง 90.7 % และมีความจำเพาะ 96.0 % [11] ในการคัดเลือกเชื้อกลุ่มดังกล่าว ซึ่งโคลินิที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวจะให้ลักษณะโคโลนีสีเหลืองเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะโคโลนีที่คัดแยกได้จากพาหะในการศึกษาครั้งนี้ และเลือกเฉพาะไอโซเลตที่ให้ผลการทดสอบเป็นบวกกับการทดสอบ coagulase ไปศึกษาแบบแผนความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพ โดยมีรายงานว่าหากเป็นเชื้อ MRSA ในโรงพยาบาล (HA-MRSA) มักจะดื้อยาหลายชนิด [6] ส่วน CA-MRSA มักพบมีการดื้อยาขึ้นกับแบบแผนการใช้ยาปฏิชีวนะ [6-8] และมักพบมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละสายพันธุ์ที่แยกได้ในแต่ละส่วนของโลก [12] โดยพบว่ามักไม่ดื้อต่อ vancomycin, linezolid, clindamycin และ gentamycin แต่มักพบดื้อต่อ ciprofloxacin และ co-trimoxazole [13-14] แต่ในการศึกษานี้พบว่าเชื้อ MRSA ดื้อต่อ clindamycin และ chloramphenicol (ตารางที่ 1) ดังนั้นควรป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อ MRSA ด้วยหลักสำคัญคือต้องหมั่นล้างมือให้สะอาดอยู่เสมอ รักษาความสะอาดของบาดแผลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผล และต้องหลีกเลี่ยงการสัมผัสบาดแผลหรือสิ่งปนเปื้อนของผู้ป่วย และควรมีคำแนะนำในการปฏิบัติตนต่อโรคติดเชื้อ MRSA ตามหลัก standard precaution เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อ [15] ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

สรุปผลการศึกษา

เชื้อ *S. aureus* ที่แยกได้จากพาหะดื้อต่อ oxacillin, cefoxitin และ penicillin G แต่ไวต่อ amikacin (100%) นอกจากนี้บางไอโซเลตดื้อต่อ clindamycin และ chloramphenicol ซึ่งมีแบบแผนความไวต่อยาเหมือนกับ MRSA 334 ที่ใช้เป็นตัวควบคุมผลบวกในการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าอาจจะมีพาหะของเชื้อ MRSA ในพื้นที่ รพสต. บ้านบางคู ดังนั้นจึงควรป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อจนกลายเป็น CA-MRSA ด้วยหลักการของ standard precaution [15]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยชีวเวชศาสตร์ สำนักวิชาสหเวชศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ขอขอบคุณคุณดารารัตน์ ปันวงศ์ ที่เตรียมอุปกรณ์และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Herold, B., Immergluck, L., Maranan, M., Lauderdale, D., Gaskin, R. and Boyle-Vavra S. (1998). Community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in children with no identified predisposing risk. *JAMA* 279, 593–598.
- [2] Lindenmayer, J.M., Schoenfeld, S., O’Grady, R. and Carney, J.K. (1998). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in a high school wrestling team and the surrounding community. *Arch Intern Med.* 158, 895–899.
- [3] Gorak, E., Yamada, S. and Brown, J. (1999). Community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in hospitalized adults and children without known risk factors. *Clin Infect Dis.* 29, 797–800.

- [4] L'Héritau, F., Lucet, J.C., Scanvic, A. and Bouvet, E. (1999). Community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and familial transmission. **JAMA** 282, 1038–1039.
- [5] ศูนย์เฝ้าระวังเชื้อดื้อยาแห่งชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. **Antimicrobial susceptibility 2000**.
- [6] Thamlikitkul, V., Jintanothaitavorn, D., Sathitmathakul, R., Vaithayapiches, S., Trakulsomboon, S. and Danchaivijitr, S. (2001). Bacterial infections in hospitalized patients in Thailand 1997 & 2000. **J Med Assoc Thailand** 84, 666-672.
- [7] Chambers, H.F. (2001). The changing epidemiology of *Staphylococcus aureus*? **Emerg Infect Dis.** 7, 178-182.
- [8] Shopsis, B. and Kreiswirth, B.N. (2001). Molecular epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Emerg Infect Dis.** 7, 323-326.
- [9] Shopsis, B., Mathema, B., Martinez, J., Ha, E., Campo, M.L. and Fierman, A. (2000). Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the community. **J Infect Dis.** 182, 359-362.
- [10] Wikler, M.A., Cockerill, F.R., Criag, W.A., Dudley, M.A., Eliospoulos, M.A., Hecht, D.W. et al. (2007). Performance standards for antimicrobial sensitivity testing: Seventeenth Informational Supplement. **CLSI** 26(3), 1-177.
- [11] Smyth, R.W., Kahlmeter, G., Liljequist, B.O. and Hoffman, B. (2001). Methods for identifying methicillin resistance in *Staphylococcus aureus*. **J Hosp Infect.** 48, 103-107.
- [12] Chua, K., Laurent, F., Coombs, G., Grayson, M.L. and Howden, B.P. (2011) "Not community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (CA-MRSA)! A clinicians guide to community MRSA-its evolving antimicrobial resistance and implications for therapy". **Clin Infect Dis.** 134, 281-294.
- [13] Mandelia, C., Shenoy, S. and Garg, Y. (2012). **Antibiotic sensitivity pattern of community associated-methicillin resistant *Staphylococcus aureus***. *Rev Soc Brasil Med Trop.* 45, 418.
- [14] Lowy, F.D. (2003). Antimicrobial resistance: the example of *Staphylococcus aureus*. *J Clin Invest.* 111, 1265-1273.
- [15] Muto, C.A., Jernigan, J.A., Ostrowsky, B.R. (2003). **Guideline for preventing nosocomial transmission of multidrug-resistant strains of *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus***. *Infect Contr Hosp Epidem.* 24, 362-386.

จลนศาสตร์และไอโซเทอมการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่ Kinetic and Adsorption Isotherm of Ammonia Using Egg Shell Powder

รวินิภา ศรีมูล^{1*} และ วิทยา คณาวงษ์¹
Rawinipa Srimoon^{1*} and Vittaya Kanavong¹

บทคัดย่อ

ศึกษาการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่ชนิดผงแบบธรรมดาและแบบปลดโปรตีน พบว่า การดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับและความเข้มข้นของสารละลาย ร้อยละของการดูดซับจะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ซึ่งเป็นเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับ การละลายของเปลือกไข่ทั้งสองชนิดทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น ร้อยละของการดูดซับแอมโมเนียของเปลือกไข่ธรรมดาและเปลือกไข่ปลดโปรตีน เท่ากับ 91.53 ± 2.42 และ 76.17 ± 1.43 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าเปลือกไข่ธรรมดาดูดซับแอมโมเนียได้มากกว่าเปลือกไข่ปลดโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากเปลือกไข่ธรรมดามีการละลายต่ำกว่าทำให้สามารถดูดซับได้ดีกว่า จลนศาสตร์ของการดูดซับเป็นไปตามสมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม มีค่าคงที่อัตรา 0.00852 และ 0.00461 นาที⁻¹ สำหรับเปลือกไข่ธรรมดาและเปลือกไข่ปลดโปรตีน ตามลำดับ เมื่อศึกษาไอโซเทอมการดูดซับพบว่า สอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดซับของแลงเมียร์ ความสามารถในการดูดซับของเปลือกไข่ธรรมดาและเปลือกไข่ปลดโปรตีน มีค่าเท่ากับ 51.813 และ 46.512 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าการดูดซับเป็นแบบพื้นผิวชั้นเดียว ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้เปลือกไข่เป็นตัวดูดซับแอมโมเนียในน้ำเสีย ซึ่งนอกจากจะช่วยบำบัดน้ำเสียได้แล้วยังช่วยลดปริมาณเปลือกไข่เหลือทิ้งได้อีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: แอมโมเนีย เปลือกไข่ ไอโซเทอมการดูดซับ

¹ Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-OK, Chanthaburi Campus. 22210
* Corresponding author: โทรศัพท์ 081-7155329 อีเมล little_nicky@hotmail.com

Abstract

Adsorption study of ammonia using normal and non-protein eggshell powder showed that when the initial concentration and adsorbent dosage increased, the adsorption increased. The removal attained the equilibrium was at 30 minutes. Dissolution of eggshell made the pH of the solution increased. The percentage of removal using normal and non-protein eggshell were 91.53 ± 2.42 and 76.17 ± 1.43 , respectively. Normal eggshell adsorbed ammonia was better than non-protein eggshell significantly ($p < 0.05$). That was because of the lower dissolution of normal eggshell. The kinetic sorption data followed the pseudo-first order reaction. The rate constants were found to be 0.00852 and 0.00461 min^{-1} for normal and non-protein eggshell, respectively. The data was fitted to the Langmuir adsorption isotherm, which was the monolayer sorption occurred. Adsorption capacity for normal and non-protein eggshell were 51.813 and 46.512 mg/g, respectively. From the study, it could be concluded that it was possible to develop the adsorbing materials from eggshell for wastewater treatment and also decreasing the waste materials.

Keywords: Ammonia, Egg shell, Adsorption isotherm

บทนำ

สารประกอบแอมโมเนียในน้ำมี 2 รูปแบบที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) มาจากการขับถ่ายของเสียของสิ่งมีชีวิตในน้ำรวมถึงการเน่าเสียของกากอาหาร [1] ปริมาณแอมโมเนียทั้งสองรูปแบบขึ้นกับ pH และอุณหภูมิ [2] โดยปกติน้ำที่เป็นกลางแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออนมากกว่า แต่ถ้า pH สูงขึ้นจะพบแอมโมเนียมากขึ้น แอมโมเนียเป็นพิษต่อระบบหายใจและทำให้ผิวหนังของสัตว์น้ำระคายเคือง มีผลเสียต่อระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเพราะทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในระบบต่ำลง และเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน [3] นอกจากนี้แหล่งค่อนพิษและพิษน้ำอื่น ๆ ยังชอบใช้แอมโมเนียมากกว่าไนเตรต เนื่องจากสามารถนำไปใช้สร้างกรดอะมิโนได้โดยตรง [4] เมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น การเจริญเติบโตของแหล่งค่อนพิษและพิษน้ำเหล่านี้สูงตามไปด้วย ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะต่ำลง

การบำบัดแอมโมเนียในน้ำมีหลายวิธี เช่น การใช้กระบวนการทางชีวภาพ การไล่ด้วยอากาศ การตกตะกอนทางเคมี และการเติมคลอรีน [5,6] กระบวนการดูดซับเป็นวิธีบำบัดแอมโมเนียที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ทำได้ง่าย และไม่มีขั้นตอนการกำจัดสลัดจ์ [7] ปัจจุบันมีการใช้ซีโอไลท์ดูดซับแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของแอมโมเนียมไอออนกับโซเดียมไอออนที่อยู่ในรูพรุนของซีโอไลท์ [8] แต่ซีโอไลท์มีราคาสูงทำให้กระบวนการกำจัดแอมโมเนียมีต้นทุนสูงตามไปด้วย [9] การใช้เปลือกไข่ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมในการใช้เป็นตัวดูดซับจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากองค์ประกอบหลักของเปลือกไข่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ร้อยละ 94 โดยน้ำหนัก [10,11] สามารถดูดซับโลหะหนักและสารอินทรีย์โดยการแลกเปลี่ยนไอออนและการดูดซับภายในรูพรุน ซึ่งมีจำนวนมาก ตั้งแต่ 7,000 – 17,000 รูต่อฟอง มีทั้งรูพรุนขนาดใหญ่ 0.022 – 0.029 มิลลิเมตร และ รูพรุนขนาดเล็ก 0.0038 – 0.0054 มิลลิเมตร ตามลำดับ [12] ในเยื่อเปลือกไข่มีสารเชิงซ้อนโปรตีนมิโคโพลิแซคคาไรด์ ประมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักเปลือกไข่ โครงสร้างประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (COOH^-) หมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) และหมู่ซัลเฟต (SO_4^{2-}) จำนวนมากที่สามารถสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารอินทรีย์และโลหะหนักได้ [13] สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จะศึกษาจลนศาสตร์การดูดซับ (sorption kinetic) และไอโซเทอมการดูดซับ

(adsorption isotherm) ของแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่ชนิดผงแบบธรรมดาและแบบปลดโปรตีน เพื่อให้เข้าใจกลไกการดูดซับแอมโมเนีย รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ การละลายของเปลือกไข่ที่มีผลต่อ pH ของสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนีย และปริมาณเปลือกไข่ที่ใช้

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. การเตรียมสารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์

สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย (NH_4Cl) เข้มข้น 100 มิลลิกรัมแอมโมเนียต่อลิตร สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ สารละลายฟีนอล ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) ผสมกับ ไดโซเดียมไนโตรพรีสไซด์ ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.5 โมลาร์ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) เข้มข้น 150 มิลลิกรัม active chlorine และ สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร สารทุกชนิดใช้เกรดวิเคราะห์ (AR grade) การวิจัยใช้วิธี Bottle point method [14] ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่าสารละลายด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที ทุกการทดลองจะเตรียมชุดควบคุมที่ไม่เติมเปลือกไข่เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียตามวิธีการของ Strickland and Parsons [15] โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย เข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมแอมโมเนียต่อลิตร ตวงสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียหรือสารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตลงไป 0.2 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลายฟีนอล 0.3 มิลลิลิตร และสารละลายไฮโปคลอไรต์ 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ของ Libra S22 Biochrom คำนวณปริมาณแอมโมเนียเทียบกับกราฟมาตรฐาน

2. การเตรียมตัวอย่างเปลือกไข่ชนิดผง

ล้างเปลือกไข่ให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง บดให้ละเอียด แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ลอกเยื่อเปลือกไข่ด้านในออก (เปลือกไข่ธรรมดา, normal eggshell) ส่วนที่ 2 แช่ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 20 นาน 5 วัน แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น (เปลือกไข่ปลดโปรตีน, non-protein eggshell) นำเปลือกไข่ทั้งสองชนิดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 10 องศาเซลเซียส เก็บในที่แห้ง และอุณหภูมิห้อง

3. ปัจจัยในการดูดซับแอมโมเนียโดยเปลือกไข่ชนิดผง

3.1 เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (contact time) และ การละลายของเปลือกไข่ต่อ pH ของสารละลาย

ชั่งเปลือกไข่ 4.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตร วัด pH และเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียที่เวลา 5, 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการดูดซับและการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายที่เวลาต่างๆ

3.2 ความเข้มข้นของแอมโมเนียต่อการดูดซับ

ชั่งเปลือกไข่ 4.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 50, 100, 150, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียที่เวลา 30 นาที สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายแอมโมเนีย กับ ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ถูกดูดซับ และ ร้อยละของการดูดซับ

3.3 ปริมาณเปลือกไข่ต่อการดูดซับ

ชั่งเปลือกไข่ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียที่เวลา 30 นาที สร้างกราฟระหว่างร้อยละของการดูดซับกับปริมาณเปลือกไข่

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในแต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง รายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละการดูดซับแอมโมเนียด้วยเปลือกไข่ชนิดผงแบบธรรมดาและแบบปลดโปรตีนด้วยสถิติ t-test

4. จลนศาสตร์ของการดูดซับ (sorption kinetic)

ซึ่งเปลือกไข่ 4.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียที่เวลา 10, 20, 30, 60 90 และ 120 นาที สร้างกราฟจลนศาสตร์การดูดซับภายใต้สมมติฐานว่า การดูดซับแอมโมเนียด้วยเปลือกไข่ชนิดผงเป็นไปตามสมการของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (pseudo first-order reaction) ที่ผันกลับไม่ได้ (irreversible reaction) ของ Lagergren [16] ดังสมการที่ (1) และ (2)



$$\log \frac{C}{C_s} = \frac{K}{2.303} t \quad (2)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร), C_s คือ ความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร), t คือ เวลา (นาที) และ K คือ ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (นาที⁻¹)

5. ไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm)

สร้างกราฟไอโซเทอมการดูดซับของแลงเมียร์ (Langmuir adsorption isotherm) และไอโซเทอมการดูดซับของ ฟรุนดลิช (Freundlich adsorption isotherm) [17] ดังสมการที่ (3) และ (4)

$$\frac{C_s}{C_s} = \frac{1}{ab} + \frac{C_s}{a} \quad (3)$$

$$\ln C_s = \ln Kf + \frac{1}{n} \ln c_s \quad (4)$$

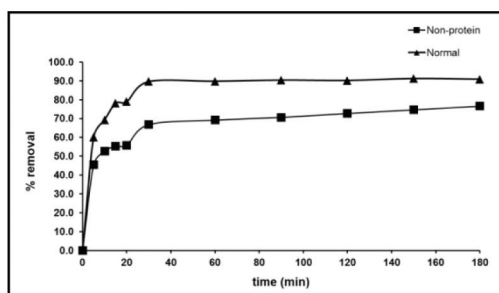
เมื่อ C_s คือ ปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัม) ต่อมวลของตัวดูดซับ (มิลลิกรัม) ที่ภาวะสมดุล, C_e คือ ความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร), a คือ ความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity) (มิลลิกรัมต่อกรัม), b คือ ค่าคงที่ทางพลังงานของการดูดซับของแลงเมียร์ (adsorption energy constant) (ลิตรต่อมิลลิกรัม), Kf คือ ความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity) (มิลลิกรัมต่อกรัม) และ 1/n คือ ความแรงของการดูดซับ (adsorption intensity) ตามสมการของฟรุนดลิช วิเคราะห์ความสอดคล้องของการดูดซับกับไอโซเทอมทั้งสองแบบโดยใช้ค่า r^2

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ปัจจัยในการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่ชนิดผง

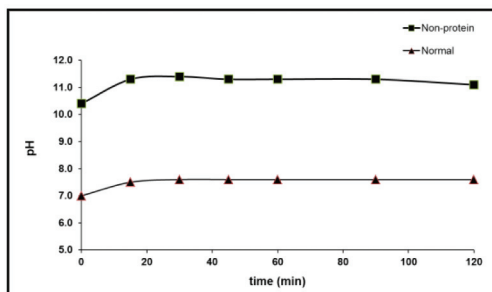
1.1 เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (contact time) และ การละลายของเปลือกไข่ต่อ pH ของสารละลาย

จากผลการทดลอง การดูดซับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการดูดซับ โดยเฉพาะในช่วง 30 นาทีแรก อัตราการดูดซับเพิ่มขึ้นเร็วมาก เนื่องจากที่ว่างบนผิวของเปลือกไข่ที่สามารถดูดซับได้มีจำนวนมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไป ที่ว่างเหล่านั้นมีจำนวนน้อยลง ทำให้อัตราการดูดซับช้าลงและคงที่ในที่สุด (ภาพที่ 1) แนวโน้มเช่นนี้สอดคล้องกับการดูดซับแอมโมเนียด้วยถ่านกัมมันต์ (activated carbon) [18]



ภาพที่ 1 การดูดซับแอมโมเนียโดยเปลือกไข่ที่เวลาต่างๆ

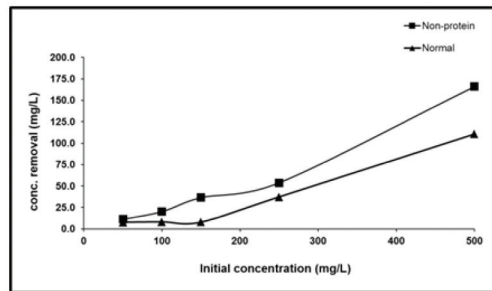
เมื่อทดลองวัด pH ของสารละลายที่เวลาต่างๆ พบว่า pH เริ่มต้นของสารละลายแอมโมเนียที่เตรียมจากแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) มีค่าเท่ากับ 5.78 การละลายของเปลือกไข่ทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยเปลือกไข่ปลดโปรตีนทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มมากกว่าเปลือกไข่แบบธรรมดาร้อยละ 50 ที่เวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับคือ 30 นาที (ภาพที่ 2) เนื่องจากเปลือกไข่ปลดโปรตีนไม่มีเยื่อเปลือกไข่ติดอยู่ จึงละลายได้ดีกว่า ทำให้ pH เพิ่มขึ้นมากกว่า pH ที่เพิ่มขึ้นของการละลายของเปลือกไข่มาจากการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) [13]



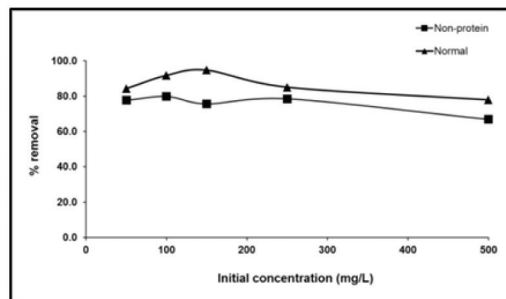
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายแอมโมเนียจากการละลายของเปลือกไข่

1.2 ความเข้มข้นของแอมโมเนียต่อการดูดซับ

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย ปริมาณการดูดซับเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3) เนื่องจากอัตราการถ่ายเทมวล (mass transfer) ที่มีมากเป็นผลมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารบนตัวดูดซับกับความเข้มข้นของสารในสารละลาย (concentration gradient) [7] แต่เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารในขณะที่ปริมาณตัวดูดซับคงที่ ทำให้ร้อยละของการดูดซับคงที่ (ภาพที่ 4) เพราะถูกจำกัดด้วยที่ว่างบนผิวตัวดูดซับ



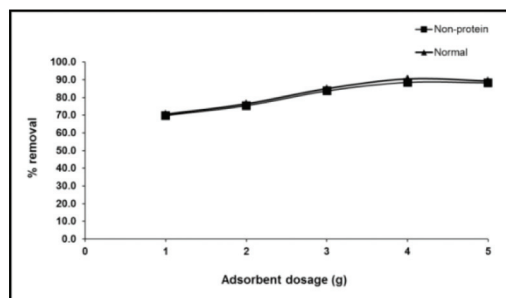
ภาพที่ 3 ปริมาณการดูดซับแอมโมเนียบนเปลือกไข่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนีย



ภาพที่ 4 ร้อยละของการดูดซับแอมโมเนียบนเปลือกไข่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนีย

1.3 ปริมาณเปลือกไข่ต่อการดูดซับ

จากผลการทดลอง พบว่า การดูดซับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกไข่ (ภาพที่ 5) และร้อยละของการดูดซับแอมโมเนียสูงสุดเมื่อใช้เปลือกไข่ 4 กรัม แต่เมื่อเพิ่มเปลือกไข่เป็น 5 กรัม การดูดซับลดลงร้อยละ 1.27 และ 0.31 สำหรับเปลือกไข่ธรรมชาติและเปลือกไข่ปลอดโปรตีน ตามลำดับ ในช่วงแรกการเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เป็นการเพิ่มพื้นที่ว่างที่สามารถดูดซับแอมโมเนียไว้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Moussavi et al. [7] ซึ่งทดลองใช้ซีโอไลท์ธรรมชาติดูดซับแอมโมเนีย พบว่า การดูดซับเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 31.5 เป็นร้อยละ 84.8 เมื่อเพิ่มปริมาณซีโอไลท์จาก 1 กรัมต่อลิตร เป็น 10 กรัมต่อลิตร และหลังจากนั้นการดูดซับคงที่ เนื่องจากพื้นที่ว่างถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลของแอมโมเนียแล้ว



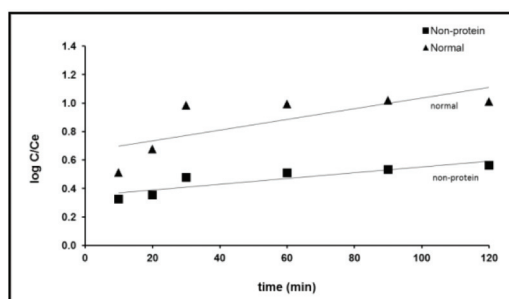
ภาพที่ 5 ร้อยละการดูดซับแอมโมเนียบนเปลือกไข่เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณตัวดูดซับ

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของการดูดซับแอมโมเนีย ระหว่างเปลือกไข่ทั้ง 2 ชนิด พบว่า ร้อยละการดูดซับแอมโมเนียของเปลือกไข่ธรรมชาติและเปลือกไข่ปลดโปรตีน เท่ากับ 91.53 ± 2.42 และ 76.17 ± 1.43 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า เปลือกไข่ธรรมชาติดูดซับแอมโมเนียได้ดีกว่าเปลือกไข่ปลดโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเปลือกไข่ธรรมชาติมีการละลายน้อยกว่าเพราะยังมีเยื่อเปลือกไข่ติดอยู่ด้านใน จึงมีพื้นที่ผิวสำหรับการดูดซับมากกว่าเปลือกไข่ปลดโปรตีน ร้อยละของการดูดซับจึงสูงกว่า นอกจากนี้ เปลือกไข่ปลดโปรตีนเมื่อละลายลงในสารละลายแล้วมีผลทำให้ pH ของสารละลายสูงกว่า และเมื่อ pH สูงขึ้น แอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) มากขึ้น จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การดูดซับแอมโมเนียด้วยเปลือกไข่ปลดโปรตีน มีค่าต่ำกว่าเปลือกไข่ธรรมชาติ

2. จลนศาสตร์ของการดูดซับ (sorption kinetic)

จากการศึกษาจลนศาสตร์การดูดซับของแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่ชนิดผง ภายใต้สมมติฐานว่า การดูดซับแอมโมเนียด้วยเปลือกไข่ชนิดผงเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (pseudo first-order reaction) ที่ผันกลับไม่ได้ (irreversible reaction) ดังสมการที่ (1) และ (2) กราฟที่ได้เป็นไปตามภาพที่ 6 คำนวณค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม หรือ K จากความชันของกราฟ เท่ากับ 0.00852 และ 0.00461 นาที⁻¹ สำหรับเปลือกไข่ธรรมชาติและเปลือกไข่ปลดโปรตีน ตามลำดับ การดูดซับที่เป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม แสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของการดูดซับขึ้นกับสารตั้งต้น นั่นคือ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าปริมาณการดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนีย

จากการศึกษาการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้ตัวดูดซับหลายชนิดสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม [22,23] นอกจากนี้ กลไกการดูดซับมี 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการแพร่ของสารบนตัวดูดซับ (film diffusion) และขั้นตอนการแพร่ของโมเลกุลสารเข้าสู่รูพรุน (intraparticle diffusion) ขั้นตอนแรกเกิดขึ้นได้เร็วมาก โดยเฉพาะเมื่อในระบบมีความแตกต่างของความเข้มข้นของสารบนตัวดูดซับกับความเข้มข้นของสารในสารละลายสูงๆ แต่ขั้น intraparticle diffusion เกิดได้ช้ากว่ามาก จึงมักเป็นขั้นกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ (rate-controlling step) [21]



ภาพที่ 6 กราฟของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียมของการดูดซับแอมโมเนีย

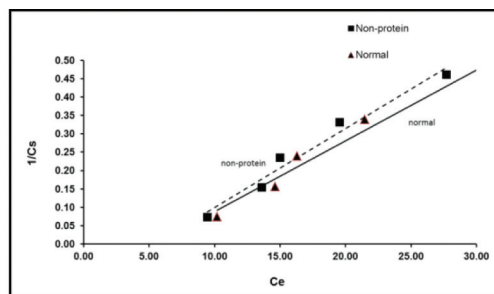
3. ไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm)

เมื่อสร้างไอโซเทอมการดูดซับของแกละเมียร์และไอโซเทอมการดูดซับของฟรุตลิช ดังสมการที่ (3) และ (4) พบว่า การดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอมของแกละเมียร์มากกว่า พิจารณาจากค่า r^2 (ตารางที่ 1) การดูดซับที่สอดคล้องกับสมการของแกละเมียร์ (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นถึงการดูดซับเป็นแบบพื้นผิวชั้นเดียว (monolayer adsorbed model) พื้นที่ว่างบนผิวของของเปลือกไข่จับกับโมเลกุลของแอมโมเนียได้เพียง 1 โมเลกุล [22] เมื่อคำนวณค่าความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity) ของเปลือกไข่ธรรมชาติและเปลือกไข่ปลดโปรตีน โดยพิจารณาจากค่า a ในสมการของแกละเมียร์ มีค่า 51.813 และ 46.512 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Englert and Rubio [19] และ Bernal and Lopez-Real [20] ที่ศึกษาการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้ซีโอไลต์ธรรมชาติ พบว่า การดูดซับเป็นไปตามไอโซเทอมของแกละเมียร์ มีค่าความสามารถในการดูดซับอยู่ระหว่าง 11.4 – 14.8 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 8.149 – 15.169 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่า correlation constant (r^2) และค่าคงที่ตามสมการแกละเมียร์

ชนิดของเปลือกไข่	r^2		ค่าคงที่ตามสมการแกละเมียร์	
	แกละเมียร์	ฟรุตลิช	a	b
เปลือกไข่ธรรมชาติ	0.9722	0.9465	51.813	-0.185
เปลือกไข่ปลดโปรตีน	0.9717	0.9436	46.512	-0.187

หน่วยของ $a = \text{mg/g}$, $b = \text{L/mg}$



ภาพที่ 7 ไอโซเทอมการดูดซับตามสมการของแกละเมียร์

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการดูดซับแอมโมเนียโดยใช้เปลือกไข่ชนิดผึ่งทั้งแบบธรรมชาติและแบบปลดโปรตีน พบว่า การดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับและความเข้มข้นของสารละลาย แต่ร้อยละของการดูดซับจะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ซึ่งเป็นเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับ การละลายของเปลือกไข่ทั้งสองชนิดทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น ร้อยละของการดูดซับแอมโมเนียของเปลือกไข่ธรรมชาติสูงกว่าเปลือกไข่ปลดโปรตีน เนื่องจากการละลายที่ต่ำกว่าทำให้มีพื้นที่สำหรับดูดซับได้มากกว่า จลนศาสตร์การดูดซับเป็นไปตามสมการของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม แสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของการดูดซับขึ้นกับสารตั้งต้น คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำ เมื่อศึกษาไอโซเทอมการดูดซับพบว่า สอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดซับของแกละเมียร์ชี้ให้เห็นว่าการดูดซับเป็นแบบพื้นผิวชั้นเดียวและบนผิวหน้าของตัวดูดซับ

สามารถจับกับสารได้เพียงหนึ่งโมเลกุล จากผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้เปลือกไข่เป็นตัวดูดซับแอมโมเนียในน้ำเสีย ซึ่งนอกจากจะช่วยบำบัดน้ำเสียได้ดีแล้วยังช่วยลดปริมาณเปลือกไข่เหลือทิ้งได้อีกทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการทำวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก สำหรับการอุดหนุนทุนสำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ip, Y.K., Chew, S.F. and Randall, D.J. (2001). Ammonia toxicity, tolerance and excretion. In : Wright, P.A. and Anderson, P.M. (Eds.). **Fish Physiology, Nitrogen Excretion**. 20, 109-148.
- [2] Körner, S., Das, S.K., Veenstra, S. and Vermaat, J.E. (2001). The effect of pH variation at the ammonium/ammonia equilibrium in wastewater and its toxicity to *Lemna gibba*. **Aquatic Botany**. 71, 71–78.
- [3] Wang, S., Wu, X., Wang, Y., Li, Q. and Tao, M. (2008). Removal of organic matter and ammonia nitrogen from landfill leachate by ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**. 15, 933–937.
- [4] มนุดี หังสฤกษ์. (2531). **สมุทรศาสตร์เคมี**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 329 หน้า.
- [5] Wenjun, L., Di., W., Xin, S., Lixiong, W. and Lei, S. (2012). Removal of organic matter and ammonia nitrogen in azodicarbonamide wastewater by a combination of power ultrasound radiation and hydrogen peroxide. *Energy, Resources and Environmental Technology*. **Chinese Journal of Chemical Engineering**. 20(4), 754 – 759.
- [6] Lin, L., Chen, J., Xu, Z., Yuan, S., Cao, M, Liu, H. and Lu, X. (2009). Removal of ammonia nitrogen in wastewater by microwave radiation: A pilot-scale study. **Journal of Hazardous Materials**. 168, 862 –867.
- [7] Moussavi, G., Talebi, S., Farrokhi, M. and Sabouti, R.M. (2011). The investigation of mechanism, kinetic and isotherm of ammonia and humic acid co-adsorption onto natural zeolite. **Chemical Engineering Journal**. 171, 1159 – 1169.
- [8] Siljeg, M., Foglarb, L. and Kukucka, M. (2010). The ground water ammonium sorption onto Croatian and Serbian clinoptilolite. **Journal of Hazardous Materials**. 178, 572 – 577.
- [9] จริญญา บุญกาญจน์, จิตติมา ทิพย์สุขุม, วโรชา พิทักษ์วงศ์ และ จรรยา อินทมณี. (2552). การดูดซับแอมโมเนียโดยใช้สารดูดซับที่เตรียมจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ครั้งที่ 7 : 21 - 22 พฤษภาคม 2552. หน้า 82 - 87.
- [10] Tsai, W.T., Yang, J.M., Lai, C.W., Cheng, Y.H., Lin, C.C. and Yeh, C.W. (2006). Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshell membrane. **Bioresource Technology**. 97, 488 – 493.
- [11] Stadelman, J.W. and Cotterill, J.O. (1986). **Egg Science and Technology**. USA. : AVI Publishing Company Inc.

- [12] ยุวัฒน์ ปรมีศนาภรณ์. (2544). การพัฒนาวัสดุดูดซับจากเปลือกไข่เพื่อกำจัดแคดเมียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [13] Tullet, S.G. (1987). **Egg Shell Formation and Quality**. UK : Butterworth Co.Ltd.
- [14] Mohan, S.V., Chandrasekhar, N. and Karthikeyan, J. (2002). Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents : a kinetic and mechanistic study. **Journal of Hazardous Materials**. 90, 189-204.
- [15] Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1997). **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. 2nd Edition. Canada : Fisheries Research Board of Canada.
- [16] Wen, D., Ho, Y.S and Tang, X. (2006). Comparative sorption kinetic studies of ammonium onto zeolite. **Journal of Hazardous Materials**. 133, 252 – 256.
- [17] Kucic, D., Markic, M. and Briski, F. (2012). Ammonium adsorption on natural zeolite (cliptilolite) : adsorption isotherms and kinetics modeling. **The Holistic Approach to Environment**. 2(4), 145-158.
- [18] Ghauri, M., Tahir, M., Abbas, T., Khurram, M.S. and Shehzad, K. (2012). Adsorption studies for the removal of ammonia by thermally activated carbon. **Science International (Lahore)**. 24(4), 411-414.
- [19] Englert, A.H. and Rubio, J. (2005). Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite. **International Minerals Process**. 75, 21 – 29.
- [20] Bernal, M. P., Lopez-Real, J.M. (1993). Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. **Bioresource Technology**. 43, 27 – 33.
- [21] Robinson, S.M., Arnold, W.D. and Byers, C.H. (1994). Mass-transfer mechanisms for zeolite ion-exchange in waste-water treatment. **AIChE Journal**. 40, 2045 – 2054.
- [22] Sanuel, D.F. and Osman, M.A. (1987). **Adsorption Processes for Water Treatment**. USA : Butterworths Publishers.
- [23] Moussavi, G. and Khosravi, R. (2010). Removal of cyanide from wastewater by adsorption onto pistachio hull wastes : parametric experiments, kinetics and equilibrium analysis. **Journal of Hazardous Materials**. 183, 724 – 730.

บทความวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ กรณีศึกษา: รายวิชาพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ The Development of Automatic Multiple Versions Examination Generator Case Study: Basic Courses in Computer Science and Information Technology

อริยา ปรีชาพานิช^{1*} และ สุธา เทียนมนตร์²

Oraya Preechapanich^{1*} and Suda Thernmontri²

บทคัดย่อ

การทดสอบเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของการเรียนการสอน การสร้างแบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพและสามารถวัดผลทักษะความรู้ของผู้เรียนอย่างแท้จริงเป็นกิจกรรมที่ค่อนข้างยาก นอกจากนั้นแล้วการสร้างชุดแบบทดสอบที่แตกต่างกันเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนการสอนที่มีนิสิตจำนวนมากและอาจารย์ผู้สอนต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานในการดำเนินการ งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ 1) ส่วนของคลังข้อสอบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจัดเก็บข้อสอบปรนัย ซึ่งสามารถนำเข้าข้อสอบได้ 2 วิธีการคือ การบันทึกข้อมูลผ่านระบบ และนำเข้าไฟล์ข้อสอบที่มีอยู่เดิม 2) ส่วนของการสร้างชุดข้อสอบที่แตกต่างกัน เครื่องมือนี้ได้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษา PHP, Javascript, Ajax, jQuery และ CSS ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL บนพื้นฐานความปลอดภัยของโปรโตคอล HTTPS เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นได้ติดตั้งใช้งานที่สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ 1/2555 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยผู้ทั่วไปจำนวน 30 คน และอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้นได้แสดงไว้ในบทความนี้

คำสำคัญ : เครื่องมือสร้างข้อสอบ แบบหลายชุด การนำเข้าไฟล์ข้อสอบ

¹ อ., สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

² ผศ., สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

* Corresponding author : โทรศัพท์ 074-609600 ต่อ 2567 อีเมล ms_oraya@yahoo.com

Abstract

Testing is one of the most importance components of learning. Creating a good testing is very difficult. The test has to make sure that it can measure the student's knowledge. A variety of testing is also critical for the large classroom. It takes time for many instructors to develop such testing. In this research, a web-based examination generator system is proposed. The system composes of two components. The first component is a pool of examination items management. There are two input methods; a manual entry and an upload text file. The second component provides users for generating several versions of an examination. The proposed system was developed by PHP, Javascript, Ajax, jQuery, CSS, MySQL and using HTTPS for secure communication. This system was uploaded to web server at the department of computer science and information technology in the semester 1/2555. The result of assessing system efficiency from 30 users and the instructors, who are responsible for the subject of Introduction to Computer are shown in this paper.

Keywords: Examination Generator, Multiple Versions, Test File Importation

บทนำ

ในแต่ละภาคเรียนมหาวิทยาลัยทักษิณได้ทำการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทั้งหมวดวิชาศึกษาทั่วไป หมวดวิชาเฉพาะ และหมวดวิชาเลือกเสรี ตามโครงสร้างหลักสูตรที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งแต่ละรายวิชาก็มีนิสิตลงทะเบียนเรียนจำนวนมากตามยอดการรับสมัครที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังนั้นในการจัดการสอบกลางภาคและการสอบปลายภาคจึงจำเป็นต้องใช้จำนวนห้องสอบที่เหมาะสมกับจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนเรียน แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านสถานที่และระยะเวลาในการจัดการสอบ จึงทำให้เกิดปัญหาจำนวนนิสิตในแต่ละห้องสอบมากเกินไปพื้นที่ในห้องสอบ ผลที่เกิดขึ้นคือการจัดระยะห่างระหว่างที่นั่งสอบของนิสิตแต่ละคนไม่เพียงพอ ประกอบกับข้อสอบที่ใช้ในรายวิชาที่มีนิสิตลงทะเบียนเรียนเป็นจำนวนมากมักเป็นข้อสอบปรนัยแบบหลายตัวเลือกที่มีเพียง 1 รูปแบบ (Version) เท่านั้น จึงก่อให้เกิดการทุจริตในระหว่างการสอบได้ง่ายขึ้นและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการคุมสอบของมหาวิทยาลัยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การแก้ปัญหาข้างต้นมีได้หลายแนวทาง เช่น การเพิ่มจำนวนวันในการจัดสอบให้มากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้มหาวิทยาลัยสามารถจัดนิสิตเข้าสอบได้พอเหมาะกับพื้นที่ของห้องสอบในแต่ละห้อง หรืออาจจะใช้วิธีการจัดสอบมากกว่า 1 รายวิชาในห้องเดียวกันและให้นิสิตนั่งสอบแต่ละรายวิชาแบบสลับแถว รวมไปถึงการสร้างระบบสารสนเทศสำหรับสร้างชุดข้อสอบที่แตกต่างกันในแต่ละรายวิชา เป็นต้น จากทางเลือกที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าทางเลือกสุดท้ายจะส่งผลกระทบต่อการบริหารการศึกษาของมหาวิทยาลัยและการจัดการด้านการสอบน้อยที่สุด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติจากระบบฐานข้อมูลคลังข้อสอบอิเล็กทรอนิกส์ ผลจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่ารายวิชาพื้นฐานมักมีอาจารย์สอนร่วมกันมากกว่า 1 คน ดังนั้นเครื่องมือที่พัฒนาจะออกแบบให้อาจารย์สามารถจัดทำและคัดเลือกข้อสอบร่วมกันได้ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าในแต่ละรายวิชาได้มีการพิมพ์ต้นฉบับของไฟล์ข้อสอบไว้แล้วในรูปแบบของไฟล์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นเครื่องมือที่พัฒนาจะมีส่วนของการนำเข้าข้อมูลจากไฟล์เอกสารเพื่อจัดเก็บไว้ในระบบได้โดยอัตโนมัติ เพื่อนำข้อสอบเหล่านั้นมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างข้อสอบในครั้งต่อไป การสร้างชุดข้อสอบแต่ละครั้งระบบจะจัดทำชุดเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้สอดคล้องกัน นอกจากนั้นแล้วอาจารย์สามารถจัดเก็บไฟล์ข้อสอบในรูปแบบของไฟล์เอกสาร (Document File) เพื่อนำไปพิมพ์เป็นต้นฉบับของข้อสอบ และสามารถปรับปรุงลักษณะการจัดวางของข้อสอบให้เหมาะสมได้ตามความต้องการอีกด้วย

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมทางสมองของผู้เรียนว่ามีความรู้ความสามารถในเรื่องที่เรียนรู้หรือได้รับการฝึกฝนมาแล้วมากน้อยเพียงใด [1] ข้อสอบที่นิยมใช้มีดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง คือข้อสอบที่กำหนดให้ผู้สอบตอบคำถาม โดยวิธีเขียนบรรยายและเรียบเรียงคำตอบโดยใช้ภาษาของตนเองในการแสดงความรู้

2. ข้อสอบปรนัย แบ่งเป็น แบบเลือกตอบ (Multiple - Choice Test) คือข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถาม และมีคำตอบให้เลือกหลายคำตอบ เพื่อให้ผู้สอบพิจารณาเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องที่สุด, แบบถูกหรือผิด (True - False Test) คือข้อสอบที่ยกข้อความให้ผู้สอบพิจารณาว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด จริงหรือเท็จ, แบบจับคู่ (Matching Test) คือข้อสอบที่ประกอบด้วยชุดของคำถามที่มีตัวเลือกชุดหนึ่งร่วมกัน โดยให้ผู้สอบจับคู่แต่ละคำถามให้ตรงกับคำตอบที่ถูกต้องที่สุด และแบบเติมคำ (Completion Test) คือข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ และจะเว้นให้ผู้สอบเติมข้อความ หรือประโยค ลงในช่องว่างให้ได้ความสมบูรณ์

คลังข้อสอบ (Item Bank)

อุทัย บุญประเสริฐ [2] ได้ให้ความหมายของคลังข้อสอบว่า หมายถึง ที่รวมของข้อคำถามซึ่งมีไว้เพื่อประโยชน์ในการใช้ข้อสอบเหล่านั้นตามจุดมุ่งหมายของการสอบในโอกาสต่อไป

สุพัฒน์ สุกมลสันต์ [3] กล่าวว่าธนาคารข้อทดสอบ (Item Bank) หมายถึงสถานที่หรือแหล่งเก็บรวบรวมข้อทดสอบที่มีการบริหารจัดการจัดเก็บและการใช้อย่างมีระบบ และธนาคารข้อทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Item Bank) หมายถึง สถานที่หรือแหล่งเก็บรวบรวมข้อทดสอบที่มีการบริหารจัดการจัดเก็บและการใช้อย่างมีระบบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วย

มิลล์แมน และอาร์เทอร์ [4] กล่าวว่าคลังข้อสอบเป็นการรวบรวมข้อคำถามจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างข้อสอบได้และข้อคำถามดังกล่าวจะมีค่าสถิติต่าง ๆ ระบุไว้ มีดัชนีช่วยในการค้นหาซึ่งได้จัดไว้อย่างเป็นระเบียบ

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าคลังข้อสอบหมายถึงแหล่งรวมข้อคำถามจำนวนมากที่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ เพื่อประโยชน์ในการเรียกใช้งานในแต่ละช่วงเวลาตามความเหมาะสม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันได้มีซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับใช้ในการออกข้อสอบทั้งที่เป็นแบบจำหน่ายและแบบที่ใช้งานฟรี โดยมีฟังก์ชันหลักที่คล้ายคลึงกันแต่แตกต่างกันตรงฟังก์ชันเสริมซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะตัวของแต่ละซอฟต์แวร์ เช่น 1) โปรแกรม EasyTestMaker [5] เป็นเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบออนไลน์ได้หลายรูปแบบ เช่น แบบปรนัยหลายตัวเลือก แบบเติมคำในช่องว่าง แบบจับคู่ แบบตอบถูก/ผิด หรือการตอบคำถามสั้นๆ พร้อมกับการสร้างไฟล์เอกสารข้อสอบได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งในกรณีที่ฟังก์ชันพื้นฐานดังที่ได้กล่าวมาแล้วจะไม่มีกรคิดค่าใช้จ่ายในการใช้งาน แต่ถ้าต้องการใช้งานฟังก์ชันเพิ่มเติม เช่น การสร้างคลังข้อสอบ และการจัดทำข้อสอบแบบหลายชุด เป็นต้น จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นรายปี 2) โปรแกรม Hot Potatoes [6] โปรแกรมดังกล่าวสามารถสร้างข้อสอบได้หลายรูปแบบโดยโปรแกรมจะเน้นการทำข้อสอบและตรวจคำตอบผ่านเว็บไซต์เป็นหลัก นอกจากนั้นแล้วยังมีงานวิจัยที่พัฒนาเครื่องมือช่วยในการสร้างข้อสอบ เช่น ปิฎมา กระต่ายทอง และคณะ [7] ซึ่งได้พัฒนาระบบช่วยสร้างและวิเคราะห์ข้อสอบในรูปแบบของแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว (Stand Alone Application) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนของการสร้างข้อสอบโดยเลือกข้อคำถามจากคลังข้อสอบ และส่วนของการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ

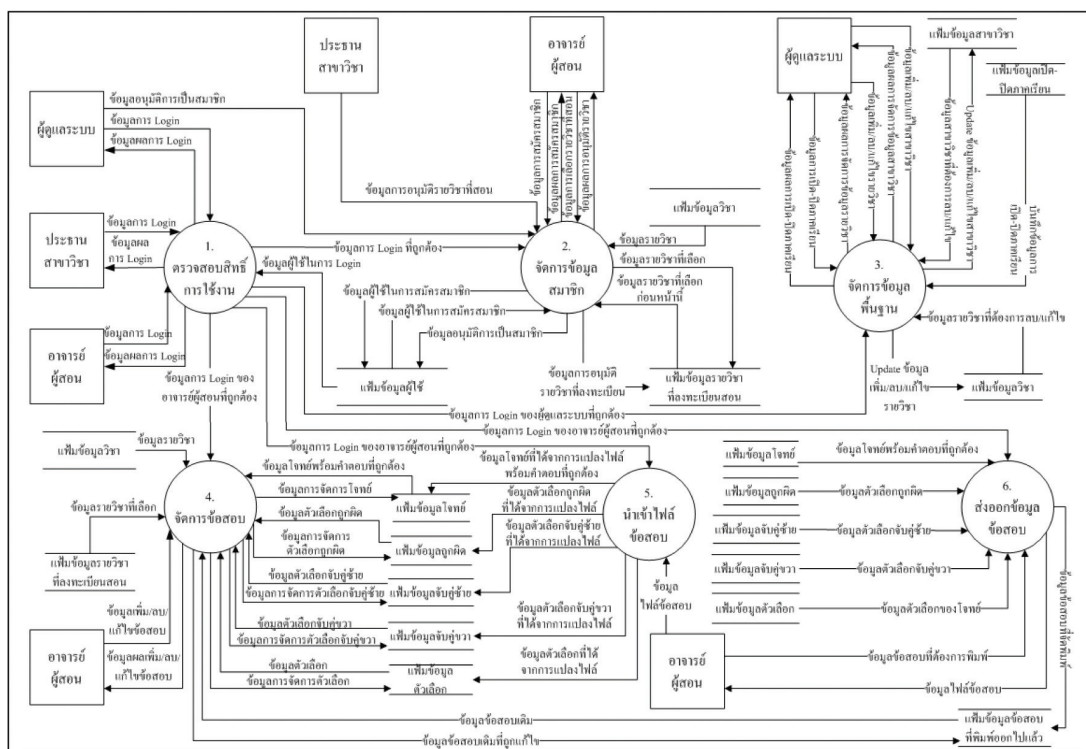
จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีการใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกันแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการวิจัยนั้น ๆ และเครื่องมือเหล่านั้นล้วนมุ่งเน้นไปที่การจัดเก็บคลังข้อสอบ การทดสอบออนไลน์ รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อสอบ แต่ไม่มีการพัฒนาเครื่องมือช่วยในการนำเข้าข้อมูลข้อสอบจากไฟล์เอกสารที่อาจารย์ได้เคยจัดทำไว้แล้ว ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าเป็นฟังก์ชันที่สำคัญมากเนื่องจากมหาวิทยาลัยและองค์กรทางด้านการศึกษาล้วนแล้วแต่มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดพิมพ์เอกสารในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เป็นระยะเวลายาวนานแล้ว ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการนำเข้าข้อมูลที่มีอยู่เดิมเข้าสู่ฐานข้อมูลคลังข้อสอบโดยอัตโนมัติจะเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสร้างฐานข้อมูลคลังข้อสอบอิเล็กทรอนิกส์ของแต่ละรายวิชาได้เป็นอย่างดี ทั้งยังสร้างแรงจูงใจที่ดีสำหรับอาจารย์ในการเริ่มต้นใช้งานเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นด้วย

การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหลักวิศวกรรมซอฟต์แวร์ โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือรวมถึงการพัฒนาเครื่องมือ [8] ดังนี้

การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือโดยสร้างแผนภาพกระแสข้อมูล ระดับที่ 0 ซึ่งแบ่งผู้ใช้งานเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ ประธานสาขาวิชา และอาจารย์ผู้สอน โดยแต่ละบทบาทจะสามารถใช้งานฟังก์ชันได้แตกต่างกันไปตามหน้าที่และความรับผิดชอบ (ภาพที่ 1) นอกจากนั้นสิ่งที่สำคัญสำหรับการออกแบบระบบนี้คือ ระบบการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้แบ่งการจัดการด้านความปลอดภัยของระบบเป็น 3 ส่วนคือ 1) การรักษาความปลอดภัยโดยใช้เทคโนโลยีด้านความปลอดภัยของ Hypertext Transfer Protocol Security (HTTPS) สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลนั้นถูกรับ-ส่งระหว่างผู้รับและผู้ส่งตามที่ระบุไว้จริง โดยที่ข้อมูลจะต้องไม่ถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไขไปจากเดิม 2) การรักษาความปลอดภัยโดยการจัดการสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลในระบบ โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเป็น 3 บทบาทดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ซึ่งแต่ละบทบาทจะต้องมีการตรวจสอบและอนุมัติสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลคลังข้อสอบในแต่ละรายวิชาของแต่ละภาคการศึกษาตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ และ 3) การที่ผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์กับระบบภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้คือ 20 นาที มิเช่นนั้นระบบจะปิดการใช้งานโดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 0 ของเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ

การพัฒนาเครื่องมือ

เครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ ได้ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของระบบสารสนเทศบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรมภาษา PHP, Javascript, Ajax, jQuery และ CSS ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL บนพื้นฐานความปลอดภัยของโปรโตคอล HTTPS โดยเครื่องมือดังกล่าวจะมีคุณลักษณะสำคัญดังนี้

1. สามารถจัดการการเข้าถึงข้อมูลของอาจารย์ผู้สอนแต่ละคนในรายวิชาพื้นฐานของแต่ละภาคเรียน โดยจะต้องได้รับการอนุมัติใช้งานระบบจากประธานสาขาวิชานั้น ๆ และเมื่อหมดภาคเรียนระบบจะทำการปิดการใช้งานในส่วนของการจัดการข้อสอบของอาจารย์แต่ละคนโดยอัตโนมัติ

2. สามารถจัดการข้อสอบของรายวิชาพื้นฐานซึ่งมักมีอาจารย์สอนร่วมกันมากกว่า 1 คน ดังนั้นเครื่องมือที่พัฒนาจะออกแบบให้อาจารย์สามารถจัดการคลังข้อสอบและคัดเลือกข้อสอบเพื่อสร้างชุดแบบทดสอบร่วมกันได้

3. สามารถจัดการคลังข้อสอบแบบปรนัย ประกอบด้วย ข้อสอบแบบหลายตัวเลือก , ข้อสอบแบบถูก-ผิด และข้อสอบแบบจับคู่ โดยมีช่องทางการนำเข้าสู่ข้อมูลเพื่อจัดเก็บในคลังข้อสอบ 2 วิธีการคือ การบันทึกข้อสอบผ่านหน้าจอของระบบ และการนำเข้าสู่ข้อมูลข้อสอบที่มีอยู่เดิมในรูปแบบของไฟล์เอกสารในรูปแบบ .txt โดยใช้อัลกอริทึมในการอ่านข้อความจากไฟล์ .txt เพื่อนำเข้าสู่ฐานข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบของข้อสอบที่แตกต่างกัน จากนั้นอาจารย์ผู้สอนจะต้องทำการบันทึกข้อมูลเฉลยเข้าสู่ระบบ (ภาพที่ 2)

4. สามารถสร้างชุดข้อสอบต้นแบบที่ผู้สอนได้เลือกจากคลังข้อสอบเพื่อสร้างไฟล์เอกสารของชุดข้อสอบในรูปแบบไฟล์เอกสาร .doc (ภาพที่ 3) โดยอาจารย์สามารถสลับข้อถามในแต่ละบทเรียน และ/หรือสลับตัวเลือกในแต่ละข้อ

รวมทั้งจัดทำแบบเฉลยที่สอดคล้องกับชุดข้อสอบได้โดยอัตโนมัติ โดยระบบจะทำการจัดเก็บแบบทดสอบทุกเวอร์ชันที่ได้สร้างจากระบบและมีการส่งพิมพ์ไว้ในฐานข้อมูลด้วย

ภาพที่ 2 หน้าจอผลการนำเข้าไฟล์ข้อสอบที่มีอยู่เดิม

ภาพที่ 3 หน้าจอการสร้างชุดข้อสอบต้นแบบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เมื่อคณะผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติตามข้อกำหนดคุณลักษณะของซอฟต์แวร์ที่ได้กำหนดไว้แล้ว ลำดับถัดมาจึงเป็นการประเมินผลการใช้งานเครื่องมือ ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จากการประเมินผลการใช้งานเครื่องมือเบื้องต้นจากผู้ใช้งานทั่วไป และการประเมินผลการใช้งานเครื่องมือจากอาจารย์ผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น โดยการใช้แบบสอบถามที่มีหลักเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับจากระดับน้อยที่สุดไปหาระดับมากที่สุด และมีคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 คะแนนตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของลิเคิร์ท (Likert) ในการสรุปผลจากแบบสอบถาม สามารถสรุปและอภิปรายผลการดำเนินงานได้ดังนี้

ผลการประเมินการใช้งานเครื่องมือเบื้องต้น

จากการทดลองใช้งานระบบโดยผู้ใช้งานจำนวน 30 คน และตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องมือ สรุปผลการประเมินได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องมือ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน	
	Mean	S.D.
ส่วนประสานการติดต่อกับผู้ใช้งาน		
1. หน้าจอมีการจัดวัตถุต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	4.53	0.53
2. หน้าจอมีการใช้สีอย่างเหมาะสม	4.60	0.51
3. รูปแบบและสีตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.47	0.57
4. ท่านมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบนี้	4.47	0.50

รายการประเมิน	ผลการประเมิน	
	Mean	S.D.
ความง่ายในการใช้งาน		
1. ระบบนี้มีการเชื่อมโยงหน้าจอต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ	4.57	0.55
2. มีคำอธิบายประกอบการใช้งานที่ชัดเจน	4.27	0.59
3. มีเมนูที่ทำให้เข้าสู่หน้าจอที่ต้องการ	4.33	0.67
4. ท่านสามารถไปสู่หน้าจอที่สนใจ	4.37	0.63
ความถูกต้องของระบบ		
1. ระบบมีการบันทึกข้อมูลต่างๆอย่างถูกต้อง	4.70	0.46
2. ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลต่างๆได้อย่างชัดเจน	4.77	0.39
ความถูกต้องของระบบ		
1. ระบบทำงานได้ตามขอบเขตที่วางไว้	4.67	0.44
2. ระบบช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น	4.63	0.46

จากผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องมือในเบื้องต้นจะเห็นได้ว่า ทุกรายการประเมินมีความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุด ยกเว้นผลการประเมินเรื่องความง่ายในการใช้งานเครื่องมือจะค่อนข้างน้อยกว่าผลการประเมินในด้านอื่น ๆ ซึ่งจากผลสะท้อนกลับจากการทดลองใช้งานพบว่า เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีเมนูให้ใช้งานค่อนข้างหลากหลาย และมีลำดับการใช้งานแต่ละฟังก์ชันที่ต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ค่อนข้างมาก นอกจากนั้นแล้วผู้ใช้งานยังต้องการให้มีการแนบไฟล์ตัวอย่างที่เป็นชนิด .txt ของข้อสอบแต่ละประเภท แทนการเขียนคำอธิบายรูปแบบเชิงพรรณนาเพียงอย่างเดียวเพราะอาจสื่อสารได้ไม่เข้าใจครอบคลุมทุกประเด็น ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยได้จัดการแนบไฟล์ตัวอย่างแล้ว ก่อนที่จะประเมินการใช้งานเครื่องมือโดยอาจารย์ผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้นในลำดับถัดไป

ผลการประเมินการใช้งานเครื่องมือโดยอาจารย์ผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น

การใช้งานเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นและประเมินผลการใช้งานโดยอาจารย์ผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ซึ่งเป็นรายวิชาพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 4 คนนั้นได้แบ่งการประเมินผลเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) การประเมินประสิทธิภาพของฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ตามข้อกำหนดคุณลักษณะความต้องการใช้งานซอฟต์แวร์ และ 2) การประเมินคุณภาพของเครื่องมือ สรุปผลการประเมินได้ดังตารางที่ 2 - 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ฟังก์ชันหลัก	ผลการประเมิน		ฟังก์ชันหลัก	ผลการประเมิน	
	Mean	S.D.		Mean	S.D.
1. จัดการข้อมูลพื้นฐาน	4.25	0.38	7. เพิ่ม/ลบ/แก้ไขข้อสอบ	4.50	0.50
2. สมัครสมาชิก	4.00	0.00	8. อัปโหลดไฟล์ข้อสอบเดิม	4.50	0.50
3. อนุมัติสิทธิ์การใช้งาน	3.50	0.50	9. สร้างคลังข้อสอบเพื่อจัดพิมพ์	4.50	0.50
4. เพิ่ม-ลบรายวิชาที่สอน	4.50	0.50	10. เลือกข้อสอบเข้าคลังจัดพิมพ์	4.50	0.50
5. อนุมัติรายวิชาที่สอน	4.00	0.50	11. นำเข้าข้อสอบจากคลังอื่น	4.50	0.50
6. กำหนดโครงสร้างบทเรียน	4.00	0.50	12. การจัดพิมพ์ชุดข้อสอบ	4.25	0.75

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือ

มิติของคุณภาพ	ประเด็น	ผลการประเมิน	
		Mean	S.D.
คุณภาพของสารสนเทศ	ความแม่นยำ (Accuracy)	4.25	0.75
	ความน่าเชื่อถือ (Reliability)	4.25	0.38
	ความสมบูรณ์ (Completeness)	4.50	0.50
	ความตรงประเด็น (Relevance)	4.50	0.50
คุณภาพของระบบ	การใช้งานได้ (Usability)	4.50	0.50
	สภาพพร้อมใช้งาน (Availability)	4.50	0.50
	การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface Design)	4.00	0.00
	ความยืดหยุ่น (Flexibility)	3.50	0.50
คุณภาพของการบริการ	ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว (Security and Privacy)	4.75	0.38
	ความสามารถในการตอบสนอง (Responsiveness)	4.00	0.00

จากผลการประเมินผลการใช้งานเครื่องมือโดยอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้นพบว่า ผลการประเมินจากผู้ใช้งานทั้ง 2 ส่วนอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดทุกรายการประเมิน แต่ยังมีส่วนที่ผู้ใช้งานระบบได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ เช่น ฟังก์ชันการอนุมัติสิทธิ์การใช้งาน ซึ่งระบบได้กำหนดให้อาจารย์ผู้สอนต้องทำการลงทะเบียนรายวิชาที่ต้องการใช้งานคลังข้อสอบและจะต้องได้รับการอนุมัติจากอาจารย์ประธานสาขาวิชาเป็นรายภาคเรียน ทำให้เกิดระยะเวลาที่ต้องรอคอยการอนุมัติสิทธิ์การใช้งานระบบ รวมไปถึงความยืดหยุ่นของระบบในส่วนของการนำเข้าไฟล์ข้อสอบเดิม เนื่องจากระบบได้กำหนดรูปแบบของไฟล์ .txt ของข้อสอบแต่ละประเภทไว้เพื่อให้เป็นไปในมาตรฐานเดียวกัน ส่งผลให้อาจารย์ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบไฟล์ก่อนใช้งานฟังก์ชันดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมให้อ่านข้อความแต่ละประโยค เพื่อทำการแยกส่วนที่เป็นโจทย์และตัวเลือกออกจากกัน จากนั้นจึงจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูลเป็นรายข้อ จึงต้องมีการกำหนดรูปแบบที่แน่นอนเพื่อให้อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมาใช้งานสามารถตัดคำและแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ ประกอบด้วย 1) ระบบจัดการข้อมูลพื้นฐาน 2) ระบบจัดการคลังข้อสอบแบบปรนัย 3) เครื่องมือในการนำเข้าข้อมูลข้อสอบที่มีอยู่เดิมในรูปแบบของไฟล์เอกสารในรูปแบบ .txt 4) เครื่องมือสำหรับสร้างชุดข้อสอบที่แตกต่างกันพร้อมทั้งจัดทำแบบเฉลยที่สอดคล้องกับชุดข้อสอบได้โดยอัตโนมัติ 5) เครื่องมือสำหรับส่งออกข้อมูลชุดแบบทดสอบในรูปแบบไฟล์เอกสาร .doc รวมไปถึงการทดสอบระบบตามหลักการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ และการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานที่สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเบื้องต้นรวมถึงการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพของระบบพบว่าทุกรายการอยู่ในระดับที่ดีถึงดีมาก จากผลสะท้อนกลับพบว่าจุดเด่นของเครื่องมือนี้คือฟังก์ชันในการนำเข้าข้อมูลข้อสอบจากไฟล์เอกสารที่ได้สร้างไว้แล้ว ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและลดระยะเวลาในการสร้างฐานข้อมูลคลังข้อสอบอิเล็กทรอนิกส์ของแต่ละรายวิชาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในขณะเดียวกันก็ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับรูปแบบของไฟล์ .txt ของข้อสอบแต่ละประเภทที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้เพื่อให้เป็นไปในมาตรฐานเดียวกัน ส่งผลให้อาจารย์ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบไฟล์ก่อนใช้งานฟังก์ชันดังกล่าว ซึ่งทางผู้วิจัยจะได้รวบรวมข้อมูลผลสะท้อนกลับนี้ไว้สำหรับประกอบการตัดสินใจปรับปรุงเครื่องมือนี้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ทำให้การทำวิจัยนี้เสร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมบูรณ์ ดันยะ. (2545). การประเมินทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- [2] อุทัย บุญประเสริฐ. (2535). การจัดทำคลังข้อทดสอบ (แนวความคิดสำหรับผู้บริหารสถานศึกษาและผู้รับผิดชอบงานคลังข้อทดสอบของสถานศึกษา) (Test Items Banking). กรุงเทพฯ: ศรีมงคลการพิมพ์.
- [3] สุพัฒน์ สุกมลสันต์. (2539). ธนาครข้อทดสอบและการทดสอบปรับเปลี่ยนด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : วิทยพัฒน์.
- [4] Millman, J. and Arter, J. A. (1984). Issues in item banking. *Journal of Educational Measurement*, vol. 21, 315–330.
- [5] EasyTestMaker. Retrieved November 1, 2013, From <http://www.easytestmaker.com/> .
- [6] HotPotatoes. Retrieved November 15, 2013, From <http://hotpot.uvic.ca/>.
- [7] ปฐมา กระต่ายทอง, ชลนิสา เทียมบัณฑิตย์ และณัฐชนน หงส์วริทธิ์ธร. (2552). ระบบช่วยสร้างและวิเคราะห์ข้อสอบ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2556, จาก nccitedoc/admin/nccit_files/NCCIT-20110304171039.pdf.
- [8] อรยา ปรีชาพานิช และสุดา เขียวมนตรี. (2555). การพัฒนาเครื่องมือสร้างข้อสอบแบบหลายชุดโดยอัตโนมัติ กรณีศึกษา: รายวิชาพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาออกซิเดชันสารประกอบคลอโรฟีนอลในน้ำทิ้ง
โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และซีโอไลต์ชนิด Fe/SUZ-4
Kinetics Oxidation Reaction of Wastewater Containing Phenolic
Compounds by H_2O_2 and Fe/SUZ-4 Zeolite

พลากร บุญใส^{1*} และ ไพศาล คงคำอุ้ยฉาย¹
Palakorn Boonsai^{1*} and Paisan Kongkachuichay¹

บทคัดย่อ

การศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันสารประกอบคลอโรฟีนอลในน้ำโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และซีโอไลต์ชนิด Fe/SUZ-4 ที่สังเคราะห์จากเถ้าแกลบ (RHA) เมื่อทำปฏิกิริยากับฟีนอล 2,4-Dichlorophenol และ 4-Chlorophenol โดยใช้ความเข้มข้น 100 40 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เป็นเวลา 300 นาที ที่ pH 3.0 และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ RHA พบว่า มีซิลิกา (SiO_2) 99.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Fe/SUZ-4 มีเหล็ก (Fe) 4.72 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สำหรับโครงสร้างของ Fe/SUZ-4 ผลึกเป็นรูปเข็มความยาว 5.0 ไมโครเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 ไมโครเมตร การศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาพบว่า ใช้ Fe/SUZ-4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปฏิกิริยาการสลายตัวของฟีนอลและคลอโรฟีนอลเร็วกว่าการใช้ SUZ-4 ที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนไอออนกับ Fe โดยที่อัตราการสลายตัวเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของคลอโรฟีนอล และ H_2O_2 และมีกฎอัตราของปฏิกิริยาการสลายตัวเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

คำสำคัญ : กฎอัตรา ซีโอไลต์ชนิด SUZ-4 การสังเคราะห์ซีโอไลต์จากเถ้าแกลบ ออกซิเดชันคลอโรฟีนอล

¹ Doctorate student, Assoc.Dr., Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Center for Advanced Studies in Nanotechnology and Its Applications in Chemical, Food and Agricultural Industries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

* Corresponding author: E-mail b_palakorn@hotmail.com

Abstract

By using synthesized Fe/SUZ-4 zeolite catalysts and hydrogen peroxide (H_2O_2) oxidation agent, the degradation reactions of Phenol, 2,4-Dichlorophenol, and 4-Chlorophenol with the concentrations of 100, 40 and 100 mg/l respectively were carried out at pH 3.0 for 300 minutes. The analysis of the rice husk ash (RHA) found that the raw material contained 99.7% SiO_2 and the amount of Fe in SUZ-4 was found to be 4.72 wt. %. The synthesized SUZ-4 has a micro-structure of needle-shaped crystals approximately 0.2 μm in diameter and 5.0 μm in length. The ion-exchanged SUZ-4 zeolite (Fe/SUZ-4) was used since the degradation rate obtained was actually higher than that of the reaction without ion-exchanged zeolite. The rate of reaction were investigated and it was found that the degradation rates slightly increase with increasing the phenol concentration. In the same way, the variation of H_2O_2 was also investigated and the result indicates that the degradation rates also slightly increase as the H_2O_2 concentration increases. The kinetics of the corresponding reactions was found that the degradation reactions of Phenol, 2,4-Dichlorophenol and 4-Chlorophenol can be classified as a first-order reaction.

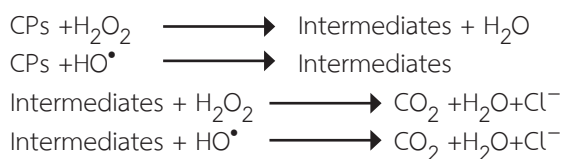
Keywords: Kinetics, SUZ-4 Zeolite, 2,4-Dichlorophenol, 4-Chlorophenol, Phenol, Catalytic Oxidation.

Introduction

Phenols and related compounds are toxic to human and aquatic life, Chlorinated organic compounds are also another major source of pollution in water. These pollutants are now receiving great concern due to ecological concerns and public health. Pollution in water by phenol-like compounds is a serious problem in both developed and developing countries [1]. Chlorophenols (CPs) have been listed as potential toxic pollutants [2] by United States Environmental Protection Agency (USEPA) in the Clean Water Act [3] and used as preservative agents for agricultural chemicals and biocides as well as widely employed in many industrial processes as synthesized intermediates in the manufacturing of herbicides and of pesticides and in the paper industry [3]. One of chlorophenol in particular, 4 chlorophenol (4-CP), is used for the extraction of sulfur and nitrogen from coal, as intermediate in a synthesis of dyes and drugs, and as a denaturant in alcohol or solvent in a refining of oils [4]. In addition, 2, 4-dichlorophenol (2,4-DCP), is widely used as an intermediate in the production of agricultural chemicals and medicines. This chemical is not only harmful to the environment, but is also very dangerous to human beings, animals and crops [1]. There are several methods for treatments of chlorophenol compounds; for example, pH-adjustment, biological methods, coagulation and chemical oxidation [5]. Particularly, chemical oxidation has been found to be effective in the treatment of wastewater containing high concentration of chlorophenol.

The Fenton reaction is a catalytic process for the generation of hydroxyl radicals from hydrogen peroxide and is based on an electron transfer between H_2O_2 and iron ions acting as homogeneous catalysts. The hydroxyl radicals produced during this activation of hydrogen peroxide are a strong oxidizing agent and able to oxidize organic compounds under ambient conditions [6].

The advantages of Fenton's reagent over other oxidizing treatments are numerous, including high efficiency performance, stability to treat a wide range of substances, and no need of special equipment [1]. Therefore, this oxidation process is considered to be the most promising treatment method for wastewater containing chlorophenol. The Fenton reagent is a mixture of H_2O_2 and ferrous iron, which generates hydroxyl radicals according to the following reaction [5].



The ferrous iron initiates and catalyzes the decomposition of H_2O_2 , resulting in a generation of hydroxyl radicals. This generation involves a complete reaction sequence in an aqueous solution [7]. In this study, kinetics of degradation of phenol, 2, 4-dichlorophenol and 4-chlorophenol by the Fenton reaction, using Fe/SUZ-4 Zeolite as a catalyst and H_2O_2 as an oxidation agent, were investigated.

Materials and Methods

Phenol, 2, 4-dichlorophenol, 4-chlorophenol and hydrogen peroxide (H_2O_2 , 30%) were purchased from Merck, Ltd. Company. Analytical grade $FeCl_2 \cdot 7H_2O$, purchased from QRec New Zealand, was used as a source of ferrous ion. HPLC-grade methanol from Sk Chemicals Korea and acetonitrile from Honey well Burdick & Jackson USA were employed as eluents. A mixture of silica sol and rice husk was used as a source of silica for synthesis the SUZ-4 zeolite. All other used chemicals such as tetraethyl ammonium hydroxide 35 %, aluminum powder 97 % were supplied by Mallinck Rodt Baker Inc., USA.

Firstly, potassium aluminate solution was prepared by gradually dissolving potassium hydroxide in water and then aluminum powder was added under continuous stirring for 20 to 25 h. Silica source was prepared by mixing rice husk ash in proportion to the silica sol. the synthesized zeolite SUZ-4 using a rice husk ash to silica sol ratio of 1:1. Then, tetraethyl ammonium hydroxide (TEAOH) and distilled water were added and stirred continuously for 2 h. Subsequently, the prepared potassium aluminate solution was slowly poured into the mixed silica source solution and kept stirring for another 3 h. The pH-value of the mixed solution was adjusted in the range of 13 to 14 by using potassium hydroxide. After that the gel compound was poured into a Teflon cup and put into an autoclave reactor for further hydrothermal processing at 423 K with agitation speed of 250 rpm

(Model M6, CAT Ingenieurbuero M. Zipperer, Germany) for 4 days [8]. Obtained powder was then filtered and rinsed with distilled water until the pH was close to 7. After drying at 393 K and calcining at 773 K, it was kept in a desiccator for further use. The Fe/SUZ-4 catalyst was prepared by a wet impregnation and ion-exchange methods. The synthesized SUZ-4 zeolite was suspended in 150 ml iron (II) chloride solution at room temperature for 24 h. At this stage, Fe^{2+} was expected to exchange with K^+ of SUZ-4 and simultaneously, FeCl_2 was impregnated onto the SUZ-4 surface. Next, the suspended solid was filtered, rinsed with deionized water, and dried at 393 K overnight. Finally, the impregnated FeCl_2 onto the SUZ-4 was decomposed at 673 K for 4 h to become Fe_2O_3 .

The degradation of phenol, 2,4-dichlorophenol and 4-chlorophenol was conducted in a 500 ml glass batch reactor. 200 ml wastewater containing of 2,4-dichlorophenol and 4-chlorophenol was used in each batch reaction. After equilibrating of temperature and pH, the Fe/SUZ-4 catalyst was added, followed by hydrogen peroxide solution (30 % w/w), under rigorous stirring. The concentration of phenol, 2,4-dichlorophenol and 4-chlorophenol was measured by a high performance liquid chromatograph (HPLC Agilent 1200 Infinity Series LC). The analytic conditions of HPLC are as follows: flow-rate of 1.0 ml/min; temperature of chromatogram of 298 K; mobile phase 30% methanol; 30 % acetonitrile and 40 % DI water; wavelength of Photodiode array detector (DAD) of 280 nm.

The chemical composition and crystal structure of the obtained powder were confirmed to be a SUZ-4 zeolite by an X-ray fluorescence Spectrometry (XRF, HORIBA, MESA 500W). The specific surface area and micro pore volume of the product was carried out using a BET- N_2 adsorption (Quantachrome Autosorb-1-C).

Results and Discussion

Before being used as a raw material, the obtained rice husk ash was analyzed its chemical composition by an XRF and was found to contain 99.7% SiO_2 with traces of oxides of aluminum and other metals as shown in Table 1. The total amount of Fe in the synthesized SUZ-4 was also found to be 4.72 wt. % as presented in Table 2.

Table 1. Chemical composition of rice husk ash (RHA).

Chemical Composition	Wt. %
SiO_2	99.7
Al_2O_3	0.2
Others	0.1

Table 2. Chemical composition of synthesized Fe/SUZ-4

Chemical Composition	Wt. %
Si	33.32
K	11.89
Fe	4.72
Al	3.64
Others	46.43

The analysis of micro-structure of synthesized SUZ-4 by a Scanning Electron Microscope (SEM, Jeol Model JSM-5600 LV) is shown in Figure 1. Needle-shaped crystals of SUZ-4 [9] having diameter of approximately $0.2\ \mu\text{m}$ and length of approximately $5\ \mu\text{m}$ can be seen.

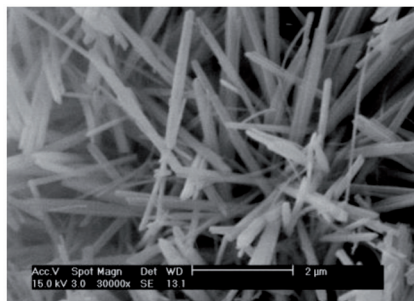


Figure 1. SEM of SUZ-4 zeolite synthesized by using RHA to Silica Sol at the ratio 1:1

In this study, the reaction temperature of the degradation rate of phenolic compounds was maintained at 303 K. The comparison of the degradation rate between the reactions with and without ion-exchanged SUZ-4 was performed. It is clearly seen in Figures 2 that the degradation of the phenolic compounds obtained by using ion-exchanged SUZ-4 is obviously higher than that of without ion-exchanged SUZ-4.

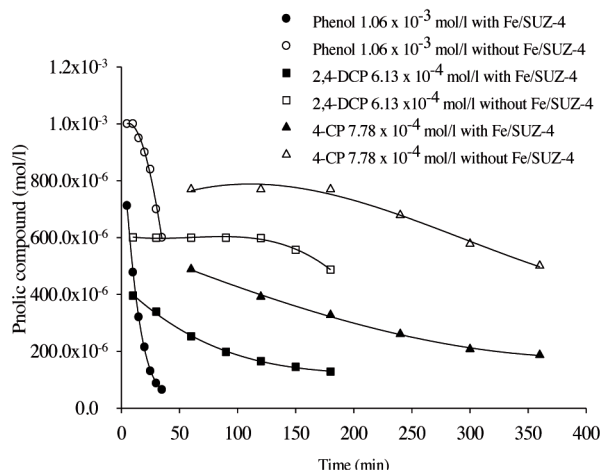


Figure 2. Degradation of phenol, 2,4-DCP and 4-CP using H_2O_2 0.50 g/L, 0.3 % (V/V) and 0.53 g/L, respectively, comparison between the reactions with and without Fe/SUZ-4.

The calculation on the degradation of phenol, 2,4-dichlorophenol and 4-chlorophenol was done by applying equation (1) [1].

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100 \quad (1)$$

Where η is degradation of phenolic compounds, C_1 and C_2 are the concentrations of phenolic compounds before and after reaction, respectively. The results show that the degradation rate of phenol, 2,4-dichlorophenol and 4-chlorophenol without ion-exchanged SUZ-4 and with Fe/SUZ-4 are 34.12, 20.55, 35.61 % and 93.92, 79.03, 75.95 %, respectively. Consequently, the ion-exchanged SUZ-4 (Fe/SUZ-4) was chosen to be used for the rest of experiment.

The degradation reaction of phenol, 2,4-dichlorophenol and 4-chlorophenol degradation were investigated and the obtained results are shown in Figures 3 – 5. It is evident that the rate of degradation ($-r_d$) (i.e., slope of each curve) increases when the initial concentration of phenolic compound increases. This is just consistent with a kinetic behavior-the more concentration of reactant presents in the system, the higher rate of reaction occurs.

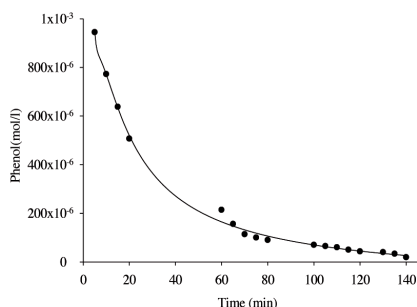


Figure 3. Degradation of phenol using H_2O_2 0.50 g/l and Fe/SUZ-4 0.026 g/l at 303 K, pH 3.0.

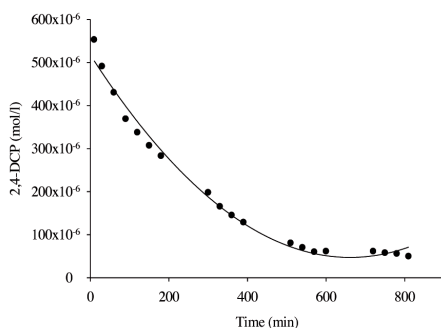


Figure 4. Degradation of 2,4-DCP using H_2O_2 0.3 % (V/V) and Fe/SUZ-4 0.2 g/l at 303 K, pH 3.0.

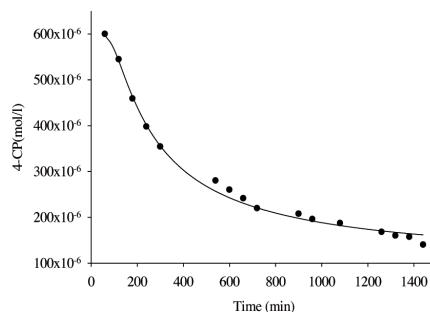


Figure 5. Degradation of 4-CP using H_2O_2 0.53 g/l and Fe/SUZ-4 0.1 g/l at 303 K, pH 3.0.

When the slope of each curve was taken at time approaching zero, the plot of phenolic compound concentration versus $\ln(-r_d)$ for phenol, 2,4-DCP and 4-CP degradation was obtained as shown in Figure 6.

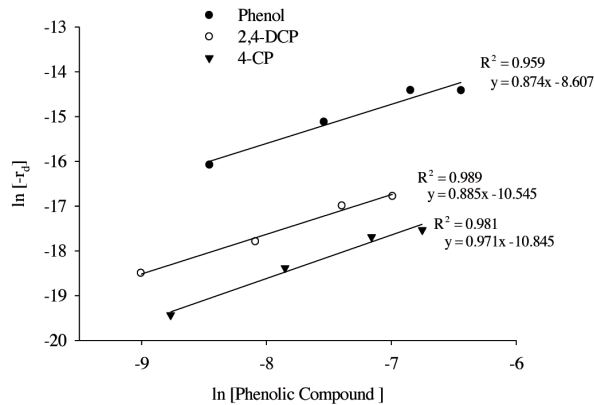


Figure 6. Plot of $\ln [\text{Phenolic Compound}]$ versus $\ln[-r_d]$ for phenol, 2,4-DCP and 4-CP degradation
The slope of each plot is, in fact, an order of degradation reaction, following these equations:

$$r_d = \frac{dC_{\text{CPs}}}{dt} = kC_{\text{CPs}}^n C_{\text{H}_2\text{O}_2}^m \quad (2)$$

$$\ln \frac{dC_{\text{CPs}}}{dt} = n \ln C_{\text{CPs}} + \ln(kC_{\text{H}_2\text{O}_2}^m) \quad (3)$$

Where C_{CPs} : concentration of corresponding phenolic compound , $C_{\text{H}_2\text{O}_2}$ concentration of H_2O_2 that was kept constant, n : order of reaction with respect to C_{CPs} and k : rate constant.

From Figure 6, since the obtained slopes are close to 1, it can be concluded that the degradation of phenolic compounds follow the 1st-order reaction scheme. Then, the degradation of phenolic compounds repeated by varying H_2O_2 concentration and fixing phenolic compound concentration. The obtained results are presented in Figures 7 – 9.

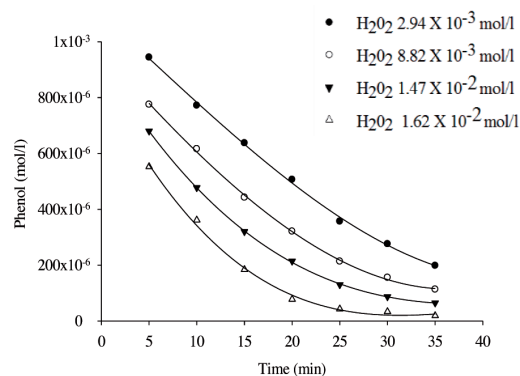


Figure 7. Degradation of phenol 0.10 g/l when $[\text{H}_2\text{O}_2]$ was varied, using Fe/SUZ-4 0.026 g/l, 303 K, pH of 3.0.

Thaksin.J., Vol.17 (2) July-December 2014

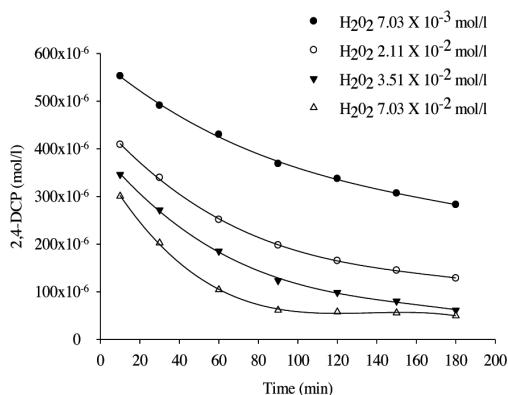


Figure 8. Degradation of 2,4-DCP 0.10 g/l when $[H_2O_2]$ was varied, using Fe/SUZ-4 0.2 g/l, 303 K, pH of 3.0.

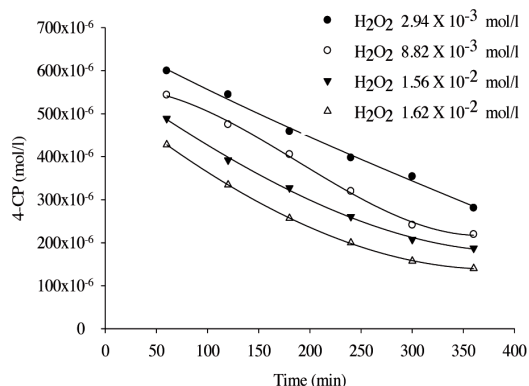


Figure 9. Degradation of 4-CP 0.10 g/l when $[H_2O_2]$ was varied, using Fe/SUZ-4 0.1 g/l, 303 K, pH of 3.0.

When the slope of each curve (i.e., $-r_d$) was determined and plotted against $[H_2O_2]$ in logarithmic scale as shown in Figure 10.,

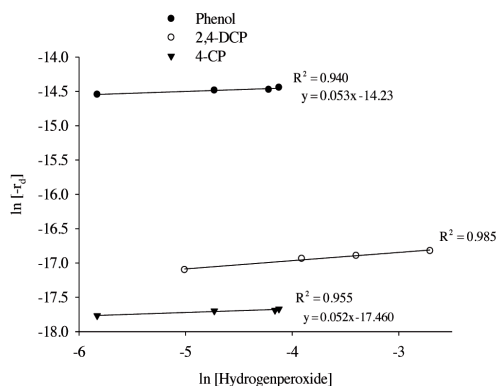


Figure 10. Plot of $\ln [H_2O_2]$ versus $\ln [-r_d]$ for phenol, 2,4-DCP and 4-CP degradation.

it obviously shows that the slopes of all three lines are close to zero. These slopes are corresponded to the order of reaction with respect to H_2O_2 . This means the rate of degradation does not depend on the hydrogen peroxide concentration.

Conclusions

Catalytic degradation of phenol, 2,4-DCP and 4-CP by the heterogeneous Fenton reaction using self prepared Fe/suz-4 zeolite catalysts was performed, and it was determined that the optimal reaction conditions were maintained at pH 3.0 and a reaction temperature at 303 K. The reaction kinetics study illustrated that the degradation of phenol, 2,4-DCP and 4-CP follow a first-order reaction scheme. The rate law of reaction, following these equations $\ln \frac{dC_{CPs}}{dt} = \ln C_{CPs} + \ln k$.

References

- [1] Yinchun, Y., Liping H., Chenghua, X., Zhixiang, Y. and Shengyu L. (2009). 2,4-Dichlorophenol Degradation by Heterogeneous Fenton Like Reaction Using Carbon-Fe Catalysts, **Bioinformatics and Biomedical Engineering ICBBE 3rd International Conference**. 1–3.
- [2] Lai, T.L., Lee, C.C., Huang, G.L., Shu, Y.Y. and Wang, C.B. (2008). Microwave-Enhanced Catalytic Degradation of 4-Chlorophenol Over Nickel Oxide. **Appl. Catal. B: Environ.** **78**, 151–157.
- [3] Zhou, T., Li, Y., Ji J., Wong, F. S. and Lu, X. (2008). Oxidation of 4-Chlorophenol in a Heterogeneous Zero Valent Iron/H₂O₂ Fenton-Like System: Kinetics, Pathway and Effect Factors. **Sep. Purif. Technol.** **62**, 551–558.
- [4] García-Mendieta, M., Solache-Rios, M.T., and Olguin M. (2003). Comparison of Phenol and 4-Chlorophenol Adsorption in Activated Carbon with Different Physical Properties. **Sep. Sci. Technol.** **38**, 2549–2564.
- [5] Pera-Titus, M., García-Molina, V., Baños, M.A., Giménez, J. and Espuglas, S. (2004). Degradation of Chlorophenols by Means of Advanced Oxidation Processes: A General Review. **Appl. Catal. B: Environ.** **47**, 219–256.
- [6] Lucking, F., Koser, H., Jank, M. and Riter, A. (1998). Iron Powder Graphite and Activated Carbon As Catalysts for the Oxidation of 4-Chlorophenol with Hydrogen Peroxide in Aqueous Solution. **Water. Res.** **32**, 2607–2614.
- [7] Farrokhi1, M., Mesdaghinia, A.R., Yazdanbakhsh, A.R. and Nasser, S. (2004). Characteristics of Fenton's Oxidation of 2, 4, 6 Trichlorophenol. **Iranian J. Env. Health. Sci. Eng.** **1**, 13–19.
- [8] Worathanakul, P., Trisuwan, D., Phatruk, A. and Kongkachuichay, P. (2011). Effect of Sol–Gel Synthesis Parameters and Cu Loading on the Physicochemical Properties of a New SUZ-4 Zeolite. **Colloids Surf. A**, **377**, 187–194.
- [9] Worathanakul, P. and Kongkachuichay, P. (2008). New SUZ-4 Zeolite Membrane from Sol-Gel Technique. **Int. J. Chem. Biolmol. Eng.** **1**, 131–135.

ข้อด้อยของตัวผู้เด่น Disadvantages of Dominant Males

สุปาณี เลี้ยงพรพรรณ^{1*}
Supanee Liengpornpan^{1*}

บทคัดย่อ

เรามักจะคิดว่าตัวเมียส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะผสมพันธุ์กับตัวผู้เด่น เนื่องจากตัวเมียจะได้รับผลประโยชน์มากมาย เช่น อาหาร ที่อยู่อาศัย และความปลอดภัย เป็นต้น อย่างไรก็ตามตัวเมียบางตัวอาจผสมพันธุ์กับตัวผู้ด้อยได้เนื่องจากตัวผู้เด่นมีปัญหาหรือมีข้อด้อยซึ่งสามารถสรุปได้ 4 ประการคือ มีปัญหาสุขภาพบางอย่าง มีจำนวนน้อย มีพฤติกรรมก้าวร้าว และเลี้ยงลูกไม่เก่ง ดังนั้นการที่ตัวเมียบางตัวเลือกผสมพันธุ์กับตัวผู้ด้อยส่งผลให้ขนาดของประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้สัตว์สามารถรักษาเผ่าพันธุ์ไว้ได้

คำสำคัญ: ตัวผู้เด่น ตัวผู้ด้อย การเลือกคู่ของตัวเมีย

Abstract

It is generally thought that most females tend to mate with dominant males because they may gain many benefits such as food, habitat, and safety. However, some females may occasionally mate with subordinate males. This can be considered as 4 disadvantages of some dominant males which are some healthy problems, small amount, aggressive behavior and low parental quality. As a result, mating between some females and subordinate males can continuously increase the population size. It can lead to maintain their races.

Keywords: Dominant Males, Subordinate Males, Female Mate Choice

¹ ผศ.ดร., สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

* Corresponding author: อีเมลล์ supanee@tsu.ac.th

บทนำ

โดยทั่วไปสัตว์ตัวเมียจะเลือกผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่มีคุณสมบัติเด่นกว่าตัวอื่น คือ มีลำดับทางสังคมสูงสุด เป็นจำพวกที่สามารถต่อสู้ชนะตัวผู้ทุกตัว หรือมีรูปร่างลักษณะเด่นตามชนิดของสัตว์ เช่น มีร่างกายใหญ่โต มีสีสดใสโต มีเขาคงใหญ่ มีเสียงร้องดังและกังวาน เป็นต้น แต่หากตัวเมียทุกตัวพอใจที่จะผสมพันธุ์กับตัวผู้เด่นซึ่งมีจำนวนน้อยเท่านั้น ตัวผู้ด้อยที่มีลำดับทางสังคมต่ำต่อยกว่า หรือมีรูปร่างลักษณะด้อยกว่า แต่มีจำนวนมากกว่าจะมีโอกาสผสมพันธุ์ และถ่ายทอดยีนให้กับลูกหลานรุ่นต่อไปได้อย่างไร และขนาดของประชากรต้องลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วขนาดของประชากรของสัตว์บางชนิดไม่ได้ลดลงเลย

มีการศึกษาจำนวนมากที่ยืนยันว่าในบางสถานการณ์ตัวเมียบางชนิดบางตัวไม่ผสมพันธุ์กับตัวผู้เด่น แสดงว่าตัวผู้เด่นบางตัวอาจมีคุณสมบัติหรือลักษณะบางประการที่ตัวเมียไม่ชอบ ข้อต่อหรือข้อบกพร่องของตัวผู้เด่นที่สามารถรวบรวมได้มี 4 ด้าน คือ มีปัญหาสุขภาพบางอย่าง มีจำนวนน้อย มีพฤติกรรมก้าวร้าว และเลี้ยงลูกไม่เก่ง เนื่องจากความสำเร็จของการสืบพันธุ์ของตัวเมียขึ้นอยู่กับคุณภาพของคู่ผสมพันธุ์ [1] ดังนั้นตัวเมียจึงต้องพิจารณาเลือกตัวผู้รอบคอบ ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคใหม่ ๆ ทางพันธุศาสตร์มาใช้เพื่อศึกษาและอธิบายวิวัฒนาการของการเลือกคู่ผสมพันธุ์ของตัวเมียด้วย [2]

ตัวผู้เด่นมีปัญหาสุขภาพบางอย่าง

ตัวผู้เด่นโดยเฉพาะจำพวกจะเพิ่มความสำเร็จของการสืบพันธุ์ด้วยการผสมพันธุ์และอยู่ร่วมกับตัวเมียหลายตัว (polygyny) ทำให้ตัวเมียแต่ละตัวต้องใช้และแบ่งปันทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ร่วมกัน เช่น อาหาร ที่อยู่อาศัย เป็นต้น รวมทั้งลดโอกาสที่จะได้รับการดูแลคุ้มครอง และผสมพันธุ์ ทำให้ตัวเมียบางตัวไม่เลือกจำพวก เนื่องจากต้องผสมพันธุ์บ่อย ทำให้น้ำอสุจิที่หลังในแต่ละครั้งมีปริมาณและคุณภาพต่ำไม่เพียงพอต่อการขยายพันธุ์ของตัวเมีย [1] สอดคล้องกับการศึกษาการผสมพันธุ์ของปูหิน (stone crab, *Hapalogaster dentata*) พบว่าตัวเมียจะไม่ผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่เพิ่งผสมพันธุ์กับตัวเมียตัวอื่น [3]

ตัวผู้เด่นจะมีปริมาณฮอร์โมนเพศคือ ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนสูงกว่าตัวผู้ด้อย ทำให้มีพฤติกรรมและรูปร่างลักษณะที่ดีกว่า [4] แต่ฮอร์โมนนี้มีฤทธิ์ขัดขวางการสร้างภูมิคุ้มกัน ทำให้ตัวผู้เด่นติดเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ง่าย รวมทั้งปรสิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดเชื้อจากการผสมพันธุ์ [5] ซึ่งการแพร่เชื้อจะรุนแรงมากขึ้นหากผสมพันธุ์กับตัวเมียหลายตัว ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสที่จะติดเชื้อโรคต่าง ๆ จากตัวผู้เด่น ตัวเมียบางตัวจึงหลีกเลี่ยงที่จะผสมพันธุ์ด้วย

ตัวเมียจะไม่ผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่เป็นสายเลือดเดียวกันหรือที่เรียกว่าเลือดชิด แม้ว่าตัวผู้ดังกล่าวจะเป็นตัวเด่นก็ตาม เช่นเดียวกับตัวผู้จะไม่ผสมพันธุ์กับตัวเมียที่เป็นญาติสายเลือดเดียวกัน [6] เนื่องจากลูกที่ได้จะมีร่างกายผิดปกติหรือพิการ โดยหนูตัวเมียสามารถรับรู้ความเป็นเลือดชิดของตัวผู้ได้จากการดมกลิ่นน้ำปัสสาวะ ซึ่งจะมีสารเฉพาะที่บ่งบอกถึงความเป็นเครือญาติ [7] สอดคล้องกับหนูหางสั้นชนิดหนึ่ง (mandarin vole, *Microtus mandarinus*) ชอบผสมพันธุ์กับเพศตรงข้ามที่ไม่คุ้นเคยมากกว่าที่คุ้นเคย ทั้งนี้อาจเพื่อหลีกเลี่ยงการผสมพันธุ์แบบเลือดชิด [8] นอกจากนี้ตัวเมียบางชนิดสามารถรับรู้ลำดับทางสังคมของตัวผู้ได้จากการดมกลิ่นน้ำปัสสาวะ เช่น หนูแรท [9] หนูโมซัส [10] แฮมสเตอร์ [11,12] และแมลงสาบ [13] เป็นต้น

แม้ว่าโดยทั่วไปตัวผู้เด่นจะมีพลังหรือมีลักษณะต่าง ๆ ที่ได้เปรียบตัวผู้ด้อย แต่หากสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปอย่างรุนแรง ตัวผู้เด่นจะสามารถปรับตัวได้ยากมาก เช่น ไม่สามารถทนต่อภาวะอดอาหารได้นาน ดังนั้นเมื่ออาหารขาดแคลน ตัวเมียจะเลือกคู่ผสมพันธุ์กับตัวผู้ด้อย เนื่องจากสามารถอยู่รอดได้ดีกว่า [1] สอดคล้องกับข้อเท็จจริงที่ว่า สัตว์ที่มีพันธุกรรมต่างกันจะมีความสามารถในการปรับตัวได้ไม่เท่ากัน ดังการศึกษาในแมลงวันชนิดหนึ่ง (yellow dung fly, *Scathophaga stercoraria*) ที่ตัวเมียจะผสมพันธุ์กับตัวผู้หลายตัว และสามารถแยกไข่ที่ผสมกับตัวผู้สุจิจากตัวผู้แต่ละตัวได้ และจะเลือกวางไข่ที่มีพันธุกรรมต่างกันในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เพื่อให้ไข่มีโอกาสอยู่รอดและเจริญเติบโตได้มากที่สุด [14]

ตัวผู้เด่นมีจำนวนน้อยกว่าตัวผู้ด้อย

เมื่อใดที่ตัวผู้เด่นมีจำนวนน้อย พบว่าตัวเมียจะผสมพันธุ์กับตัวผู้ด้อย เช่น ปลาบู่ชนิดหนึ่ง (two-spotted goby, *Gobiusculus flavescens*) จะมีตัวผู้จำนวนมากในตอนต้นฤดูผสมพันธุ์ ทำให้ตัวเมียเลือกผสมพันธุ์กับตัวผู้ขนาดใหญ่ แต่เมื่อถึงปลายฤดูที่ตัวผู้ขนาดใหญ่มีจำนวนลดลง ตัวเมียก็สามารถผสมพันธุ์กับตัวผู้ขนาดเล็กได้ แสดงว่าตัวเมียไม่ใช่ขนาดตัวเป็นเกณฑ์ในการเลือกคู่เสมอไป แต่จะใช้เกณฑ์อย่างอื่นแทนได้ในตอนปลายฤดูผสมพันธุ์ [15] ซึ่งทำให้ตัวเมียประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ได้เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาในนกจับแมลงขาวดำ (pied flycatcher, *Ficedula hypoleuca*) ที่ในตอนแรกเริ่มฤดูผสมพันธุ์ตัวเมียจะเลือกตัวผู้ที่มีขนสีดาสลับขาว เนื่องจากสามารถสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี แต่ในตอนท้ายฤดูซึ่งตัวผู้ที่มีสีขนดังกล่าวมีจำนวนลดลง ตัวเมียจะผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่มีขนสีน้ำตาลสลับขาวได้ [16] แสดงว่าเกณฑ์ที่ตัวเมียใช้ในการเลือกคู่เปลี่ยนแปลงได้ตามช่วงเวลาของฤดูผสมพันธุ์

นอกจากนี้การอยู่รวมกันเป็นฝูงของสัตว์บางชนิดในฤดูผสมพันธุ์ ช่วยให้ตัวผู้ที่มีลำดับทางสังคมต่ำมีโอกาสผสมพันธุ์ได้มากขึ้น เช่น นกริมฝั่งแม่น้ำชนิดหนึ่งที่มีจะงอยปากยาว (great snipe, *Gallinago media*) จะมาอยู่รวมกันเป็นฤดูผสมพันธุ์ และตัวผู้มีการจัดลำดับทางสังคมอย่างเด่นชัด มีจำฝูง รองจำฝูง และตัวผู้ด้อย โดยจำฝูงและรองจำฝูงซึ่งมีจำนวนน้อยจะอยู่ตรงกลางของฝูง ส่วนตัวผู้ด้อยที่มีจำนวนมากกว่าจะอยู่รอบนอก ทำให้สามารถขัดขวางและแย่งชิงตัวเมียบางตัวไม่ให้เข้าไปผสมพันธุ์กับตัวผู้เด่นที่อยู่ข้างในได้ [17]

ตัวผู้เด่นมีพฤติกรรมก้าวร้าว

จำฝูงบางตัวมีพฤติกรรมก้าวร้าวและดุร้ายมาก เช่น แมวน้ำช้างตัวผู้ (northern elephant seal, *Mirounga angustirostris*) จะทำร้ายคู่ต่อสู้จนบาดเจ็บหรือตาย รวมทั้งอาจทำร้ายตัวเมียจนตายได้ในขณะผสมพันธุ์ [18] ทำให้ตัวเมียบางตัวไม่ชอบผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่มีพฤติกรรมดุร้าย ดังผลการศึกษาในนกกระทาญี่ปุ่นตัวเมีย (Japanese quail, *Coturnix japonica*) ที่แอบดูตัวผู้ต่อสู้กัน พบว่าจะเลือกผสมพันธุ์กับผู้แพ้ เนื่องจากหากเลือกผู้ชนะก็อาจถูกจิกตีสจนได้รับบาดเจ็บในขณะผสมพันธุ์ [19] เช่นเดียวกับนกคิริบูนตัวเมีย (canary, *Serinus canaria*) ที่แอบดูตัวผู้ต่อสู้ และส่งเสียงร้องประชันกันเพื่อแย่งอาหาร พบว่าจะเลือกตัวผู้ที่ส่งเสียงร้องได้นานกว่า แม้จะเป็นผู้แพ้และแย่งอาหารไม่ได้ก็ตาม แสดงว่านกตัวเมียชนิดนี้จะประเมินความสามารถในการผสมพันธุ์ของตัวผู้จากระยะเวลาที่ส่งเสียงร้องมากกว่าความสามารถในการหาอาหาร [20] เช่นเดียวกับหนูทุ่งตัวเมีย (meadow vole, *Microtus pennsylvanicus*) จะไม่ชอบตัวผู้ที่มีพฤติกรรมก้าวร้าว [21] นอกจากนี้เมื่อใช้ context-signal memory model (CSM) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้กับภาพของสิ่งเร้าที่เป็นอันตรายพบว่า ปูตัวผู้ (crab, *Chasmagnathus granulatus*) ที่แพ้จะจดจำประสบการณ์การต่อสู้ได้ดีกว่าผู้ชนะ [22] และผู้แพ้จะมีความเครียดและมีฮอร์โมนคอร์ติซอลสูงกว่าผู้ชนะ เช่น ไพรเมตชนิดต่าง ๆ [23] ปลาเทราที่น้ำจืด (brown trout, *Salmo trutta*) [24] เป็นต้น ส่วนหนู (rat, *Rattus norvegicus*) ผู้แพ้จะมีฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนต่ำร่วมด้วย [25]

เมื่อศึกษาในฝูงลิงกังญี่ปุ่นหรือลิงหิมะญี่ปุ่น (Japanese macaques, *Macaca fuscata fuscata*) ที่มีการจัดลำดับของตัวผู้สองแบบคือ จัดลำดับตามความสามารถในการต่อสู้ ซึ่งจำฝูงจะอยู่ลำดับสูงสุด และจัดลำดับตามความมีเสน่ห์โดยดูจากการที่ตัวเมียชอบมาอยู่ใกล้ พบว่าตำแหน่งสูงสุดไม่ใช่จำฝูง แสดงว่าจำฝูงไม่ได้มีเสน่ห์มากที่สุดในสายตาของตัวเมีย หรือตัวเมียส่วนใหญ่ไม่ชอบผสมพันธุ์กับจำฝูง [26] เนื่องจากไม่ชอบพฤติกรรมก้าวร้าว เช่นเดียวกับหนูขนาดเล็กชนิดหนึ่ง (harvest mouse, *Micromys minutus*) ที่ตัวเมียจะเลือกผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่ชอบ [27] นอกจากนี้หนูตัวเมีย (rat, *Rattus norvegicus*) จะแสดงท่าทางต่าง ๆ ในระหว่างผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่ชอบมากกว่าแสดงกับตัวผู้ที่ไม่ชอบ แต่จำนวนครอกและจำนวนลูกในแต่ละครอกที่ได้จากการผสมพันธุ์กับตัวผู้ทั้งสองตัวไม่แตกต่างกัน แสดงว่าความชอบตัวผู้ของตัวเมียไม่ได้ส่งเสริมให้ตัวเมียมีความสำเร็จในการสืบพันธุ์มากขึ้น [28] แตกต่างจากแมลงวันผลไม้

(fruit fly, *Drosophila simulans*) ที่การผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่ชอบจะทำให้ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของตัวเมียเพิ่มขึ้น เนื่องจากได้ตัวสุกที่แข็งแรง และตัวผู้จะสามารถเลี้ยงลูกได้ดีด้วย [29]

ตัวผู้เด่นเลี้ยงลูกไม่เก่ง

ในสัตว์บางชนิดตัวผู้เด่นจะมีคุณสมบัติเด่นในทุก ๆ ด้านทั้งรูปร่างลักษณะ พลละกำลัง และความสามารถในการแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ รวมทั้งการเลี้ยงลูก เช่น ปลาบู่น้ำจืดชนิดหนึ่ง (*Padogobius martensi*) ที่ตัวเมียชอบผสมพันธุ์กับตัวผู้ขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถสร้างรังขนาดใหญ่ และดูแลไข่ได้ดี [30] ตรงกันข้ามกับปลาบู่ทะเลชื่อปลาบู่ทราย (sand goby, *Pomatoschistus minutus*) ที่ตัวเมียไม่ชอบผสมพันธุ์ตัวผู้ขนาดใหญ่ที่ขณะคู่ต่อสู้ เนื่องจากตัวผู้ไม่สามารถดูแลไข่ได้ ทำให้อัตราการฟักไข่ต่ำ [31] และพฤติกรรมที่ดุร้ายของผู้ชนะจะขัดขวางการเลี้ยงลูก [32,33] แต่ตัวเมียจะพิจารณาเลือกจากคุณภาพของรังที่ตัวผู้สร้างมากกว่า [34]

ในบางกรณีตัวเมียจะเลือกคู่ผสมพันธุ์โดยประเมินจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่แสดงออกในขณะที่เกี้ยวพาราสีมากกว่ารูปร่างลักษณะ เนื่องจากสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของตัวผู้ได้ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาชนิดที่ตัวผู้ต้องดูแลไข่ได้ภายหลังการผสมพันธุ์ เช่น ปลาหลังหนามตัวผู้ขนาดเล็ก (fifteen-spined sticklebacks, *Spinachia spinachia*) จะโบกพัดครีบและสั่นลำตัวถี่กว่าตัวผู้ขนาดใหญ่ ดังนั้นตัวเมียจะเลือกผสมพันธุ์กับตัวผู้ขนาดเล็กที่เคลื่อนไหวร่างกายมากกว่า เนื่องจากสามารถโบกพัดน้ำเพื่อไล่สิ่งสกปรกออกจากไข่ให้กับไข่ได้ดี ทำให้อัตราการฟักไข่สูงขึ้น [35] ส่งผลให้คุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวผู้ที่ตัวเมียชอบมีวิวัฒนาการในทางที่ดีขึ้น [36] เช่น ครีบหลังของปลาสดหางดาบตัวผู้ (swordtail fish, *Xiphophorus birchmanni*) มีขนาดใหญ่ขึ้น [37] การส่งเสียงร้องของนก swamp sparrows ตัวผู้ (*Melospiza georgiana*) มีจังหวะชัดเจนขึ้น [38] เป็นต้น

ตัวเมียบางชนิดชอบตัวผู้ที่ใช้เวลาเกี้ยวพาราสีนาน เนื่องจากสามารถสะท้อนถึงเวลาที่ใช้ในการดูแลไข่ เช่น ห่านบ้าน (*Capra hircus*) [39] และปลาน้ำจืดชื่อ Pacific blue-eye (*Pseudomugil signifer*) โดยไม่สนใจว่าตัวผู้นั้นจะเป็นผู้ชนะในการต่อสู้หรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการฟักไข่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ตัวผู้ใช้ดูแลไข่ [40] เช่นเดียวกับจิ้งเหลนตัวเมีย (mountain log skink, *Pseudemoia entrecasteauxii*) ที่ชอบตัวผู้ที่เกี้ยวพาราสีนานกว่าตัวผู้ที่มีสีสันสดใสสวยงาม เนื่องจากหากใช้เวลาในการเกี้ยวพาราสีนานก็จะใช้เวลาในการผสมพันธุ์นานด้วย ทำให้ตัวเมียมีโอกาสประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์มากขึ้น [41]

อย่างไรก็ตามสัตว์ตัวเมียบางชนิดไม่ได้ประเมินความสามารถในการเลี้ยงลูกของตัวผู้จากการเกี้ยวพาราสี แต่จะประเมินจากความสามารถในการดูแลไข่โดยตรง เช่น ปลาสลิคตินตัวเมีย (scissortail sergeants, *Abudefduf sexfasciatus*) จะวางไข่จำนวนน้อยก่อนเป็นชุดทดสอบ หากตัวผู้สามารถดูแลไข่ชุดนี้ได้ดีก็จะยอมผสมพันธุ์ด้วย โดยไม่สนใจขนาดตัวหรือความถี่ในการเกี้ยวพาราสี [42] ต่างจากนกจับแมลงขาวดำตัวเมีย (European pied flycatcher, *Ficedula hypoleuca*) ที่จะเลือกตัวผู้โดยดูจากคุณภาพของอาณาเขตที่ครอบครองอยู่และได้พยายามป้องกันไว้ไม่ให้ตัวอื่นเข้ามา โดยไม่สนใจอายุ ขนาด สีขน หรือคุณภาพของเสียงร้องเลย [43]

ในกรณีของมนุษย์มีการศึกษาเกี่ยวกับความชอบผู้ชายของผู้หญิงเช่นเดียวกัน พบว่าผู้หญิงจะชอบหรือสนใจผู้ชายในช่วงครึ่งแรกของรอบเดือน (follicular phase) ก่อนเวลาไข่ตกมากกว่าช่วงครึ่งหลัง (luteal phase) ที่ไข่ตกไปแล้ว [44] ซึ่งช่วยเพิ่มความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของผู้หญิงได้ เนื่องจากเซลล์สืบพันธุ์มีโอกาสปฏิสนธิได้มากกว่า

นอกจากนี้มีการศึกษาในชายอเมริกันอายุ 21-55 ปี และมีลูก 1-2 คน พบว่าพ่อที่มีอัตราเพศขนาดเล็กจะทุ่มเทพลังงานในการเลี้ยงดูลูกมากกว่าพ่อที่มีอัตราเพศขนาดใหญ่ เนื่องจากพ่อที่มีอัตราเพศขนาดใหญ่จะสร้างฮอร์โมนเพศได้มากกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะสนใจเรื่องเพศ และการขยายพันธุ์มากกว่าการเลี้ยงดูลูก ซึ่งผู้วิจัยสรุปว่า มนุษย์มีพลังงานจำกัด ดังนั้นเมื่อใช้ไปในการผสมพันธุ์มากก็จะต้องเหลือเพื่อการเลี้ยงดูลูกน้อยลง [45] แต่ข้อสรุปนี้อาจไม่ถูกต้องเสมอไป สำหรับมนุษย์ การดำรงชีวิตไม่เหมือนสัตว์ชนิดอื่น โอกาสที่พ่อจะทุ่มเทพลังงานให้กับการเลี้ยงลูกอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลายประการนอกเหนือจากปริมาณฮอร์โมนเพศ เช่น อายุ อาชีพ ภาวะเศรษฐกิจ สุขภาพ เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ก็สอดคล้องกับการศึกษาในนก dark-eyed juncos (*Junco hyemalis carolinensis*) ที่พบว่าฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนจะทำให้ตัวผู้มีความสนใจต่างกัน เช่น อายุ อาชีพ ภาวะเศรษฐกิจ สุขภาพ เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ก็สอดคล้องกับการศึกษาในนก dark-eyed juncos (*Junco hyemalis carolinensis*) ที่พบว่าฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนจะทำให้ตัวผู้มีความสนใจต่างกัน

ผลการศึกษาเหล่านี้สอดคล้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่วิเคราะห์การเลือกคู่ผสมพันธุ์ของตัวเมีย เมื่อตัวผู้มีความสามารถในการผสมพันธุ์ และมีเวลาดูแลลูกต่างกัน พบว่าตัวเมียมีโอกาสเลือกคู่ผสมพันธุ์กับตัวผู้ด้วย หากตัวผู้ดูแลลูกน้อยใช้เวลาเลี้ยงดูมากกว่า [47] และจะผสมพันธุ์กับตัวผู้ตัวเดียว (monoandry) แต่หากตัวผู้เลี้ยงลูกได้ไม่ดี ตัวเมียมักจะผสมพันธุ์กับตัวผู้ตัวอื่นด้วย (polyandry) [48] นอกจากนี้หากเป็นสัตว์ชนิดที่ตัวผู้ไม่ต้องช่วยเลี้ยงดูลูก ตัวเมียจะเลือกตัวผู้เด่น เนื่องจากต้องการพันธุกรรมหรือยีนที่ดีเท่านั้น โดยไม่สนใจความสามารถในการเลี้ยงดู [49] ดังจะเห็นได้จากการศึกษาในสัตว์ฟันแทะชนิดหนึ่งในทวีปยุโรป (bank vole, *Myodes (Clethrionomys) glareolus*) พบว่าลูกที่เกิดจากตัวผู้เด่นจะมีอัตราเพศหรือขนาดลูกใหญ่กว่าลูกที่เกิดจากตัวผู้ด้อย [50]

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดจะเห็นได้ว่า แม้โดยทั่วไปจำฝูง หรือตัวผู้เด่นจะมีโอกาสผสมพันธุ์ และถ่ายทอดยีนเด่นสู่ลูกหลานได้มากกว่าตัวผู้ด้อย แต่ในบางสถานการณ์ เช่น เมื่อตัวผู้เด่นมีสุขภาพไม่ดี มีจำนวนน้อย มีพฤติกรรมก้าวร้าว หรือเลี้ยงลูกไม่เก่ง ตัวเมียก็จะเปลี่ยนไปเลือกตัวผู้ด้อย ทำให้ตัวผู้ด้อยมีโอกาสผสมพันธุ์มากขึ้น ซึ่งกลไกนี้ช่วยเพิ่มขนาดของประชากร ทำให้สามารถดำรงเผ่าพันธุ์ของสัตว์ชนิดนั้นไว้ได้ เนื่องจากตัวผู้ด้อยมีจำนวนมากกว่าตัวผู้เด่นนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Qvarnstrom, A., Forsgren E. (1998). Should females prefer dominant males? *TREE* 1998. Dec; 13(12): 498-501.
- [2] Andersson M, Simmons LW. (2006). Sexual selection and mate choice. *Trends Ecol Evol* 2006 Jun; 21(6):296-302
- [3] Sato T, Goshima S. (2007). Female choice in response to risk of sperm limitation by the stone crab, *Haplogaster dentate*. *Anim Behav.* 73, 331-338.
- [4] Kraus C, Heistermann M, Kappeler PM. (1999). Physiological suppression of sexual function of subordinate males: A subtle form of intrasexual competition among male sifakas (*Propithecus verreauxi*)?. *Physiol Behav.* 66 (5), 855-861.
- [5] Loehle C. (1997). The pathogen transmission avoidance theory of sexual selection. *Ecol Model.* 103, 231-250.
- [6] Lemaitre JF, Ramm SA, Hurst JL, Stockley P. (2012). Inbreeding avoidance behavior of male bank voles in relation to social status. *Anim Behav.* 83, 453-457.
- [7] Hurst JL. (2009). Female recognition and assessment of males through scent. *Behav Brain Res.* 200, 295-303.

- [8] Fadao T, Tingzheng W, Yajun Z. (2000). Inbreeding avoidance and mate choice in the mandarin vole (*Microtus mandarinus*). **Can J Zool.** **78** (12), 2119-2125.
- [9] Hoffmeyer I. (1982). Responses of female bank voles (*Clethrionomys glareolus*) to dominant vs subordinate conspecific males and to urine odors from dominant vs subordinate males. **Behav Neural Biol.** **36** (2), 178-188.
- [10] Veyrac A, Wang G, Baum MJ, Bakker J. (2011). The main and accessory olfactory systems of female mice are activated differentially by dominant versus subordinate male urinary odors. **Brain Res.** **1402**, 20-29.
- [11] White PJ, Fischer RB, Meunier GF. (1984). The ability of females to predict male status via urinary odors. **Horm Behav.** **18** (4), 491-494.
- [12] White PJ, Fischer RB, Meunier GF. (1986). Female discrimination of male dominance by urine odor cues in hamsters. **Physiol Behav.** **37** (2), 273-277.
- [13] Moore AJ. (1998). Female preferences, male social status, and sexual selection in *Nauphoeta cinerea*. **Anim Behav.** **36** (1), 303-305.
- [14] Ward PI. (1998). **Possible Explanation for Cryptic Female Choice in the Yellow Dung Fly.** *Scathophaga stercoraria* (L.) Ethology 1998; 140:97-110.
- [15] Borg AA, Forsgren E, Amundsen T. (2006). Seasonal change in female choice for male size in the two-spotted goby. **Anim Behav.** **72**, 763-771.
- [16] Sirkia PM, Laaksonen T. (2009). Distinguishing between male and territory quality: females choose multiple traits in the pied flycatcher. **Anim Behav.** **78**, 1051-1060.
- [17] Hoglund J, Robertson JGM. (1990). Female preferences, male decision rules and the evolution of leks in the great snipe *Gallinago media*. **Anim Behav.** **40**, 15-22.
- [18] Le Boeuf BJ, Mesnick S. (1990). **Sexual behavior of male northern elephant seals: I. lethal injuries to adult females.** Behaviour 1990; 116(1-2):143-162.
- [19] Ophir AG, Galef JrBG. (2003). Female Japanese quail that 'evaesdrop' on fighting males prefer losers to winners. **Anim Behav.** **66**, 399-407.
- [20] Amy M, Monbureau M, Durand C, Gomez D, Thery M, Leboucher G. (2008). Female canary mate preferences: differential use of information from two types of male-male interaction. **Anim Behav.** **76**, 971-982.
- [21] Spritzer MD, Meikle DB, Solomon NG. (2005). Female choice based on male spatial ability and aggressiveness among meadow voles. **Anim Behav.** **69**, 1121-1130.
- [22] Kaczer L, Pedetta S, Maldonado H. (2007). Aggressiveness and memory: Subordinate crabs present higher memory ability than dominants after an agonistic experience. **Neurobiol Learn Mem.** **87**, 140-148.
- [23] Abbott DH, Keverne EB, Bercovitch FB, Shively CA, Mendoza SP, Saltzman W, Snowdon CT, Ziegler TE, Banjevic M, Garland JrT, Sapolsky RM. (2003). Are subordinates always stressed? A comparative analysis of rank differences in cortisol levels among primates. **Horm Behav.** **43**, 67-82.

Thaksin.J., Vol.17 (2) July-December 2014

- [24] Eaton, L., Sloman, K.A. (2011). **Subordinate brown trout exaggerate social signaling in turbid conditions.** 81, 603-608.
- [25] Blanchard RJ, Yudko E, Dulloog L, Blanchard DC. (2001). Defense changes in stress nonresponsive subordinate males in a visible burrow system. **Physiol Behav.** 72, 635-642.
- [26] Soltis J, Mitsunaga F, Shimizu K, Nozakis M, Yanagihara Y, Domingo-Roura X, Takenaka O. (1997). Sexual selection in Japanese macaques II: female mate choice and male-male competition. **Anim Behav.** 54, 737-746.
- [27] Brandt R, Macdonald DW. (2011). To know him is to love him? Familiarity and female preference in the harvest mouse, *Micromys minutus*. **Anim Behav.** 82, 353-358.
- [28] Taylor GT, Weiss J. (1987). Behaviour and fecundity of female rats mated with preferred or non-preferred males. **Anim Behav.** 35, 115-121.
- [29] Hosken DJ, Taylor ML, Hoyle K, Higgins S, Wedell N. (2008). **Attractive males have greater success in sperm competition.** Curr Biol 2008; 18:R533-R554.
- [30] Bisazza A, Marconato A, Marin G. (1989). Male competition and female choice in *Padogobius martensi*. **Anim Behav.** 38, 406-413.
- [31] Forsgren E. (1997). **Female sand gobies prefer good fathers over dominant.** Proc R Soc Lond B 1997; 264:1283-1286.
- [32] Huygha K, Vanhooydonck B, Herrel A, Tadic Z, Damme RV. (2012). **Female lizards ignore the sweet scent of success: Male characteristics implicated in female mate preference.** Zool. 2012; 115:217-222.
- [33] Soltis J, Mitsunaga F, Shimizu K, Nozakis M, Yanagihara Y, Domingo-Roura X, Takenaka O. (1997). Sexual selection in Japanese macaques II: female mate choice and male-male competition. **Anim Behav.** 54, 737-746.
- [34] Olsson, K.H., Kvarnemo, C., Svensson, O. (2009). Relative costs of courtship behaviours in nest-building sand gobies. **Animal Behaviour.** 77, 541-546
- [35] Ostlund S, Ahnesjö I. (2009). Female fifteen-spined sticklebacks prefer better fathers. **Anim Behav.** 56, 1177-1183.
- [36] Clutton-Brock T. (2009). Sexual selection in females. **Anim Behav.** 77, 3-11.
- [37] Robison DM, Tudor MS, Morris MR. (2011). Female preference and the evolution of an exaggerated male ornament: the shape of the preference function matters. **Anim Behav.** 81, 1015-1021.
- [38] Nowicki, S., Searcy W.A., Hughes, M., Podos, J. (2001). The evolution of bird song: male and female response to song innovation in swamp sparrows. **Animal Behaviour.** 62, 1189-1195.
- [39] Longpre KM, Koepfinger ME, Katz LS. (2011). Female goats use courtship display as an honest indicator of male quality. **Horm Behav.** 60, 505-511.
- [40] Wong BBM. (2004). Superior fighters make mediocre fathers in the Pacific blue-eye fish. **Anim Behav.** 67, 583-590.

- [41] Stapley J. (2008). Female mountain log skinks are more likely to mate with males that court more, not males that are dominant. **Amin Behav. 75**, 529-538.
- [42] Manica A. .(2010). Female scissortail sergeants (Pisces: Pomacentridae) use test eggs to choose good fathers. **Anim Behav. 79**, 237-242
- [43] Alatalo R.V., Lundberg, A. and Glynn, C. (1986). **Female pied flycatchers choose territory quality and not male characteristics**. *Nature*. 323: 152-153.
- [44] Little AC, Jones BC, DeBruine LM. (2008). Preferences for variation in masculinity in real male faces change across the menstrual cycle: Women prefer more masculine faces when they are more fertile. **Pers Indiv Differ. 45**, 478-482.
- [45] Druce V. (2013). **Men with small testicles make the best dads**. *New Scientist* 2013; Sep 14; 219:16.
- [46] Ketterson ED, Nolan VJr, Wolf L, Ziegenfus C, Dufty AMJr, Ball GF, Johnsen TS. (1991). Testosterone and avian life histories: The effect of experimentally elevated testosterone on corticosterone and body mass in dark-eyed juncos. **Horm Behav. 25**, 489-503.
- [47] Cotar C, McNamara JM, Collins EJ, Houston AI. (2008). Should females prefer to mate with low-quality males?. **J Theor Biol. 254**, 561-567.
- [48] Seki M, Wakano JY, Ihara Y. (2007). A theoretical study on the evolution of male parental care and female multiple mating: Effects of female mate choice and male care bias. **J Theor Biol. 247**, 281-296.
- [49] Petrie M, Kempenaers B. (1998). Extra-pair paternity in birds: explaining variation between species and populations. **Trends Ecol Evol. 13**, 52-58.
- [50] Kruczek M, Zatorska M. (2008). Male rank affects reproductive success and offspring performance in bank voles. **Physiol Behav. 94**, 611-615.

ดัชนี (Index)

ดัชนีผู้เขียน (Author Index)

หน้า

กชกร มุสิกพงษ์	Kotchakorn Moosigapong	17
จิรดา ยงสถิตศักดิ์	Thirada Yongsatitsak	26
นพรัตน์ บำรุงรักษ์	Noparat Bamroongrugsa	26
พลากร บุญไส	Palakorn Boonsai	69
พวงทิพย์ ภูพงษ์	Phuangthip Bhoopong	44
ไพศาล คงคาอุยฉาย	Paisan Kongkachuichay	69
มณฑล เลิศคนาวนิชกุล	Monthon Lertcanawanichakul	44
รวินิภา ศรีมูล	Rawinipa Srimoon	50
วรางคณา กীরติวิบูลย์	Warangkhan Keerativibool	35
วิทยา คณาวงษ์	Vittaya Kanavong	50
สนั่น ศุภธีรสกุล	Sanan Subhadhirasakul	17
สุดา เจริมมนตรี	Suda Thernmontri	60
สุพาณี เลียงพรพรรณ	Supanee Liengpornpan	78
สุรพล ชลดำรงค์กุล	Surapol Choldumrongkul	5
อระยา ปรีชาพานิช	Oraya Preechapanich	60
ฮัสวานี เล็มกะเต็ม	Haswanee Lemkatem	26

ดัชนีคำสำคัญ

หน้า

กฎอัตรา	69
การตกค้าง	6
การนำเข้าไฟล์ข้อสอบ	60
การเลือกคู่ของตัวเมีย	78
การสังเคราะห์ซีโอไลต์จากเถ้าแกลบ	69
ความชุก	6
เครื่องมือสร้างข้อสอบ	60
จังหวัดสงขลา	6
ซีโอไลต์ชนิด SUZ-4	69
เซฟ็อกซิธิน	44
ต้นจาก	26
ตัวผู้ด้อย	78
ตัวผู้เด่น	78
เนื้อไก่	6
เนื้อสุกร	6
แนวทางป้องกัน	6
แบบหลายชุด	60
เปลือกไข่	50
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	35
ผลต่อการผ่อนคลาย	17
พื้นที่ปลูกจาก	26
ยาด้านจุลชีพ	6
ราคาไข่ไก่	35
รูปแบบการใช้ยา	6
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล	44
ว่านสาวหลง	17
วิธีการปรับเรียงด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์	35
วิธีบอกซ์-เจนกินส์	35
ออกซิเดชันคลอโรฟีนอล	69
อาสาสมัครสุขภาพดี	17
เอ็มอาร์เอสเอ	44
แอมโมเนีย	50
ไอโซโทมการดูดซับ	50

Thaksin.J., Vol.17 (2) July-December 2014

Keywords Index	page
2,4-Dichlorophenol	70
4-Chlorophenol	70
Adsorption Isotherm	51
Ammonia	51
<i>Amomum biflorum</i>	18
Antimicrobial Residues	6
Box-Jenkins	36
Catalytic Oxidation	70
Cefoxitin	45
Chicken Meat	6
Dominant Males	78
Egg Prices	36
Egg Shell	51
Examination Generator	61
Female Mate Choice	78
Healthy Volunteers	18
Holt's Exponential Smoothing	36
Kinetics	70
Mean Absolute Percentage Error	36
MRSA	45
Multiple Versions	61
Nipa Growing Area	27
Nipa Palm	27
<i>Nypa fruticans</i> wurmb	26,27
Phenol	70
Pork	6
Prevalence	6
Relaxation Effect	18
Songkhla Province	6
Subordinate Males	78
Sustainable Strategy	6
SUZ-4 Zeolite	70
Tambon Health Promoting Hospital	45
Test File Importation	61
Usage Pattern	6

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ต้นฉบับบทความวิจัย บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2557) ได้รับการตรวจแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้

- | | | |
|----|----------------------------------|--|
| 1 | ศ.นพ.วีระศักดิ์ จงสู่วิวัฒน์วงศ์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 2 | รศ.ดร.จรัญ บุญกาญจน์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 3 | รศ.ดร.พวงผกา สุนทรชัยนาคแสง | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 4 | รศ.ดร.พัชรินทร์ วรณกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 5 | รศ.ดร.วราภรณ์ จิรชีพพัฒนา | สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ |
| 6 | รศ.ดร.วิพัทธ์ จินตนา | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 7 | รศ.ดร.สมเกียรติ สายธนู | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 8 | รศ.ดร.สมจิตร อาจอินทร์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 9 | รศ.ดวงพร หัซซะวณิช | มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย |
| 10 | รศ.น.สพ.ดร.ธีระ รักความสุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 11 | รศ.ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 12 | ผศ.ดร.กล่าวขวัญ ศรีสุข | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 13 | ผศ.ดร.จอมภพ แววศักดิ์ | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 14 | ผศ.ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา |
| 15 | ผศ.ดร.สุธาสนี เนรมิตตพงศ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 16 | ผศ.ดร.สุรศักดิ์ คชภักดี | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 17 | ผศ.น.สพ. ดร.ภคินิจ คุปพิทยานันท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 18 | อ.ดร.พญ.เพชรวรรณ พึ่งรัมย์ | สำนักวันโรค กรมควบคุมโรค |

รูปแบบเนื้อหา

ลักษณะของวารสาร

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ เป็นวารสารเผยแพร่ผลงานวิจัย/บทความทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ

ข้อแนะนำทั่วไป

1. เรื่องที่รับพิมพ์ในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร รายงานหรือสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน
2. ผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณเท่านั้น ยกเว้นบทความพิเศษที่กองบรรณาธิการพิจารณาให้ได้รับการยกเว้น
3. ต้นฉบับจะเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ถ้าเป็นผลงานการวิจัยต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. เนื้อหา บทความ หรือข้อคิดเห็นที่พิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
5. ต้นฉบับจะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์

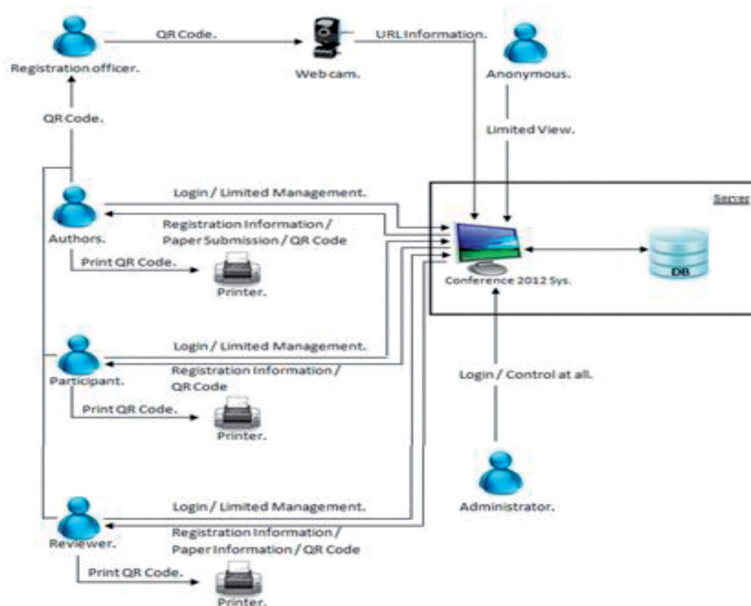
ประเภทของผลงานที่จะรับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Articles)
2. บทความวิชาการ (Articles)
3. จดหมายถึงบรรณาธิการ (Letter to Editor) เพื่อแสดงความคิดเห็นสนับสนุนหรือโต้แย้งความเห็นของนักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

การเตรียมต้นฉบับทั่วไป

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์บนกระดาษขาว ขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบด้านหน้า 1 นิ้วครึ่ง ด้านหลัง 1 นิ้ว ไม่ต้องใส่เลขหน้ากำกับ โดยใช้แบบอักษร Angsana New ขนาดตัวอักษรปกติขนาด 14 และหัวข้อขนาด 16 ส่งเป็นต้นฉบับพร้อมแผ่นซีดีบันทึกไฟล์ข้อมูล
2. ถ้ามีภาพประกอบ ควรเป็นภาพถ่ายขาว-ดำที่ชัดเจน นอกจากจำเป็นจึงควรใช้ภาพสี คำบรรยายใต้ภาพ ใช้คำว่า ภาพที่ เป็นตัวหนา และคำบรรยายเป็นตัวอักษรปกติ และจัดกลางหน้ากระดาษ

ตัวอย่างเช่น



ภาพที่ 1 แสดงขอบเขตของระบบ

3. ถ้ามีตารางใช้คำบรรยายบนตารางคำว่า ตารางที่ เป็นตัวหนา และจัดชิดขอบซ้าย
ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแบบ Black-box testing. ส่วนหน้าระบบ

กรณีทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. สามารถสมัครเป็นสมาชิกกับระบบได้ด้วยตนเอง	ผ่าน
2. สามารถดูข้อมูลทั่วไปของการประชุมวิชาการได้ เช่น รูปแบบกิจกรรม อัตราค่าลงทะเบียน รายชื่อผู้ลงทะเบียน ฯ	ผ่าน
3. ผู้เข้าร่วมการประชุมสามารถแก้ไขข้อมูลการลงทะเบียนของตนได้ เช่น ที่อยู่สำหรับออกใบเสร็จรับเงิน ชื่อ-สกุล ฯ	ผ่าน
4. ผู้เข้าร่วมการประชุม (นำเสนอผลงานวิจัย) สามารถแนบไฟล์ผลงานวิจัยผ่านเว็บไซต์ได้	ผ่าน
5. ผู้เข้าร่วมการประชุม (นำเสนอผลงานวิจัย) สามารถดูผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิผ่านเว็บไซต์ได้	ผ่าน

- ถ้าเป็นภาพวาดลายเส้นให้วาดบนกระดาษขาวโดยใช้หมึกดำให้สะอาดและลายเส้นคมชัด
- ความยาวของเรื่อง รวมภาพ ตาราง ไม่เกิน 8 หน้า
- ส่งต้นฉบับจำนวน 3 ชุด มายังกองบรรณาธิการวารสาร

การเตรียมต้นฉบับสำหรับบทความวิจัย

บทความวิจัยให้เรียงลำดับตามองค์ประกอบดังนี้

1. ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. ชื่อผู้เขียน (Authors) ครบทุกคน
3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกิน 200 คำ และอยู่ในบทความหน้าที่

1 เท่านั้น

4. คำสำคัญ (Key Words) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5. เนื้อเรื่อง (Main Body) ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

1) บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย

และอาจรวมการสำรวจเอกสาร (Review of Related Literature)

2) วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ (Materials and Methodology)

3) ผลการวิจัย (Results)

4) อภิปรายผล (Discussion)

* 3) และ 4) อาจเขียนรวมกันได้

5) เอกสารอ้างอิง (References) **ใช้อ้างอิงแบบตัวเลข**

6. แบบเอกสารแสดงการอนุญาตให้ทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ จรรยาบรรณการ
ใช้สัตว์ทดลอง หรือจริยธรรมของการทดลองในมนุษย์มาพร้อมกับบทความวิจัย

7. รูปแบบการใช้คำย่อ สัญลักษณ์ คำย่อที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำเต็มเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ
หลังจากนั้นสามารถใช้คำย่อเหล่านั้นได้ตามปกติ ควรใช้ให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการใช้คำย่อที่ชื่อเรื่องและในบทคัดย่อ ไม่
แนะนำให้ใช้คำย่อที่ใช้ไม่เกิน 4 ครั้ง ใน 1 บทความ สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำจำกัดความหรือคำ
อธิบายเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นไม่จำเป็นต้องมีคำจำกัดความหรือคำอธิบาย

การอ้างอิง (แบบตัวเลข)

การอ้างอิงแบบตัวเลข ใช้วิธีการดังนี้

1. ใส่ตัวเลขกำกับไว้ในเครื่องหมาย [] ท้ายข้อความหรือชื่อบุคคลที่อ้างอิง โดยให้ตัวเลขอยู่ในระดับบรรทัด
เดียวกันกับเนื้อหา เช่น [1] [2] [3]

2. ให้ใส่ตัวเลขอ้างอิงเรียงลำดับตั้งแต่เลข 1 เป็นต้นไป ต่อเนื่องกัน และในกรณีที่มี การอ้างอิงซ้ำให้ใช้ตัวเลข
เดิมที่เคยใช้อ้างอิงมาก่อนแล้ว

3. แหล่งที่ใช้อ้างอิงทั้งหมดในบทความจะไปปรากฏอยู่ในเอกสารอ้างอิง (references) ท้ายบทความ โดยการ
เรียงลำดับตามหมายเลข และพิมพ์หมายเลขอยู่ในเครื่องหมาย []

4. กรณีที่อ้างอิงเอกสารหลาย รายการในคราวเดียวกัน

4.1 อ้างอิงไม่เกิน 2 รายการให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายจุลภาค
(,) คั่น เช่น [1, 2] หรือ [1, 5]

4.2 อ้างอิงเกิน 2 รายการและเป็นรายการที่ต่อเนื่องกันให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างเรียงลำดับ
โดยใส่เครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่น เช่น [1-3] หรือ [1-5]

4.3 อ้างอิงเกิน 2 รายการและเป็นรายการทั้งต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่
อ้างเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่นในกรณีไม่ต่อเนื่อง และเครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่นในกรณีต่อเนื่อง เช่น [1, 4-5]

การอ้างอิง ในเนื้อเรื่อง

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง ใช้ระบบตัวเลขอยู่ในวงเล็บ “[]” หลังข้อความที่อ้างถึง โดยตัวเลขดังกล่าวเรียงตามลำดับการอ้างอิง

ตัวอย่าง

1. การใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยเชิงเดี่ยวบางชนิดนานและมากเกินไปมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดขาดแคลน [1]...
2. Scherer [2] รายงานว่า...
3. และยังทำให้สมดุลของธาตุอาหารพืชในดินเสียไปด้วย [3,4]...

การอ้างอิงเอกสารอ้างอิง

1) บทความวารสาร

ชื่อผู้เขียน. (ปี พ.ศ./ค.ศ.). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์ (ฉบับ), หน้า.

ตัวอย่าง

- [1] อุไรวรรณ โอสุวรรณ์. (2549). ผลของการปลูกสับปะรดต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของชุดดินท้ายางในจังหวัดเพชรบุรี. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29 (2), 297-305.
- [2] Scherer, H.W. (2001). Sulphur in crop production-invited paper. *European Journal of Agronomy*. 14 (3), 81-111.

2) หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปี พ.ศ./ค.ศ.). ชื่อหนังสือ. สถานที่พิมพ์ : สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- [3] มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- [4] Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (2005). *Soil Fertility and Fertilizers : an Introduction to Nutrient Management*. New Jersey. Pearson Education, Inc.,

3) เอกสารที่ค้นได้จากเว็บไซต์

เขียนเอกสารอ้างอิงโดยใช้รูปแบบเดียวกับบรรณานุกรมของสิ่งพิมพ์โดยทั่วไปก่อนที่จะนำมาใส่ในเว็บไซต์ต่าง ๆ เช่น เมื่อนำข้อมูลมาจากหนังสือ สามารถเขียนเอกสารอ้างอิงโดยประกอบด้วย ชื่อผู้แต่ง ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่อง และสถานที่พิมพ์ และเพิ่มข้อมูลที่จะช่วยในการสืบค้น คือ วันที่สืบค้น และ URL โดยภาษาไทยใช้ว่า สืบค้นเมื่อ...จาก... และภาษาอังกฤษใช้ว่า Retrieved...from... หรือถ้านำข้อมูลมาจากบทความก็เขียนเอกสารอ้างอิงของบทความก่อน

ตัวอย่าง

- [5] อำนวย สุขเวชย์. (2542, 3 พฤษภาคม). เพื่อนคิดประกันชีวิต : ตัวแทนประกันมีบทบาทสำคัญอย่างไร. *ฐานเศรษฐกิจ* 19 (377), 25-28. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2542 จาก <http://www.thainews.th.com>
- [6] ระพีพล กุญชร ณ อยุธยา. (ม.ป.ป.). *ความดันโลหิตสูง* สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2550 จาก <http://www.thaiheartweb.com>.

ระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (Thaksin University Journal) เป็นวารสารทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานภายนอก ซึ่งจัดพิมพ์เป็นราย 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ มกราคม-มิถุนายน และกรกฎาคม-ธันวาคม) สำหรับปี พ.ศ.2556 เป็นต้นไป ผู้สนใจที่จะเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถส่งผลงานของท่านทางระบบไปรษณีย์ มาที่กองบรรณาธิการวารสารฯ หรือ ส่งผ่านระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-journal) ด้วยระบบสมาชิกวารสารฯ ได้ที่ <http://rms.rdi.tsu.ac.th/ejournal> โดยเริ่มใช้ระบบวารสารฯ ตั้งแต่วันที่ 1 (เดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2556) เป็นต้นไป ระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-journal) นี้ พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ เพื่อเป็นศูนย์กลางในการรับ-ส่งบทความผ่านระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ และการบริหารจัดการบทความให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการเผยแพร่บทความแก่ผู้สนใจให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น



ระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

สถาบันวิจัยและพัฒนา

ศุกร์ 8 เมษายน 2554 12:45:58

หน้าหลัก | ปฏิทินวารสาร | Download | ติดต่อกองบรรณาธิการ

เข้าสู่ระบบ

ชื่อผู้ใช้

รหัสผ่าน

สถานะในการเข้าระบบ ▼

Login

สมัครสมาชิก

เมนูหลัก

- > หน้าหลัก
- > วารสารทั้งหมด
- > ค้นหาบทความ
- > ขั้นตอนการส่งบทความ
- > คู่มือการเขียนบทความ
- > คณะบรรณาธิการ
- > ประเด็นระบบ

จำนวนผู้เข้าใช้ระบบ
000186

ยินดีต้อนรับเข้าสู่ระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

ลักษณะของวารสาร
วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ เป็นวารสารเผยแพร่ผลงานวิจัย/บทความทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ

ประเภทของผลงานที่จะรับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Articles)
2. บทความวิชาการ (Articles)
3. จดหมายถึงบรรณาธิการ (Letter to Editor) เพื่อแสดงความคิดเห็นสนับสนุนหรือโต้แย้งความเห็นของ นักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

กำหนดออก
ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม)

ข้อแนะนำทั่วไป

1. เรื่องที่รับตีพิมพ์ในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร รายงานหรือสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน
2. ผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณเท่านั้น ยกเว้นบทความพิเศษที่กองบรรณาธิการพิจารณาให้ได้รับการยกเว้น
3. ต้นฉบับจะเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ถ้าเป็นผลงานการวิจัยต้องมีคำย่อทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
4. เนื้อหา บทความ หรือข้อคิดเห็นที่พิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
5. ต้นฉบับจะต้องได้รับการส่งตรงจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์

การบอกรับเป็นสมาชิก
ค่าสมาชิก ปีละ 100 บาท
แจ้งชื่อที่อยู่พร้อมแนบฉัลดหรือเช็คไปรษณีย์ส่งจ่าย
บรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ทำการไปรษณีย์ขอนแก่น จ.พัทลุง 93110

การติดต่อ
บรรณาธิการวารสาร มหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110 โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7250-3 โทรสาร 0-7467-3227 E-mail Address: research.tsu@gmail.com

Copyright © สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ

ใบสมัครสมาชิก
วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
THAKSIN UNIVERSITY JOURNAL

วันรับสมัคร.....
หมายเลขสมาชิก.....
(สำหรับเจ้าหน้าที่)

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
ที่อยู่ทางไปรษณีย์ที่ต้องการให้จัดส่งวารสาร.....

อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

มีความประสงค์เป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน.....ปี (ปีละ 200 บาท)
พร้อมนี้ได้ส่งค่าสมาชิกจำนวน.....บาท (.....)

โดย ธนาคารดี ส่งจ่าย ปณ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110 ในนามบรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
ตัวแลกเงินธนาคาร.....เลขที่.....

(ลงชื่อ).....
...../...../.....

สำนักงานวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110
โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7250-8 โทรสาร 0-7467-3227
E-mail Address: research.tsu@gmail.com



ปัญญา จริยธรรม นำการพัฒนา

มหาวิทยาลัยทักษิณ

222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110

โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7250-8 โทรสาร 0-74673227

E-mail : research.tsu@gmail.com