การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต : วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013
(Suan Dusit National Conference: Science Researcher Day 2013)
เรื่อง "ปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เพื่อสังคมดีมีคุณภาพ"

บทความฉบับสมบูรณ์

เครือข่ายวิจัยประชาชื่น
Prachachuen Research Network

ATTO, Japan

Electrophoresis, Blotting System, Power Supply, Sequencer Chromatography, Peristatic Pump, Sample Fractional (Nativen), Luminometer, Kronos Dio, Chemiluminescence image system Gel Documentation System, Precast Polyacrylamide Gel, Reagents for electrophoresis, gel staining and blotting

BIOER, China

Real time PCR Detection System, Thermal Cycler, Gene Purification, Dry Bath, Cooling Circulation Bath, Gene Lab (Pre-fabricated PCR Laboratory)

GENLAB, U.K.

Laboratory Oven, Incubator, Hot Air Sterilizer, Drying/warming Cabinet, Water Bath

HT, Taiwan
LioFuge, Taiwan

Centrifuge, Microcentrifuge, Refrigerated Centrifuge, Minicentrifuge

LABNET, USA
SelectBioProduct, USA

Microcentrifuge, Shaker, Oven, Incubator, Thermal Cycler Vortex Mixer, DyNA Chill
Liquid Handing and Pipette, Electrophoresis Equipment, Power Supply, Dry Bath, Mixing Equipment

MAPADA, China

UV/VIS Spectrophotometer, Quartz Cell and Accessories

OMIN, USA

Homogenizer, Ultrasonic Homogenizer, Cell Lysing/Bead Mill Homogenizer, Probes & Accessories

Q-I-S, Netherlands

pH Meter, Electrodes, Hotplate & Stirrers

ZHICHENG, China

Shaking Incubator, Shakers, Waterbath Shaking, Incubator, Oven, Bio Safety Cabinet

บริษัท ลีโอ แล็บ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
(LIO LAB INTERNATIONAL CO., LTD.)
245 ถนนเพชรเกษม 73/2 แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม
กรุงเทพฯ 10160
โทร. 02 809 9058-9 โทรสาร. 02 809 7929
www.liolab.com E-Mail : info@liolab.com, sliolab@hotmail.com

SITHIPORN associates

บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอส จำกัด
SITHIPORN ASSOSIATES CO., LTD.

ISO 9001 SGS SYSTEM CERTIFICATION

UKAS MANAGEMENT SYSTEMS 005

"Your friend in the scientific World"

Our Solutions cover

Phamaceutical and Chamical

Waters


เครื่อง HPLC รุ่น Alliance


UPLC I-Class/ Xevo G2-S QToF


UPLC I-Class/ Xevo TQ-S

RUDOLPH RESEARCH ANALYTICAL


เครื่อง Polarimeter และ Refractometer

FOSS


เครื่อง NIR รุ่น XDS


เครื่อง NIR รุ่น DS2500


NIR online


เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำนม


เครื่อง HPLC รุ่น H Class

ERWEKA


เครื่อง Dissolution ต่อกับ HPLC


เครื่องวัดการละลายตัวของเม็ดยา

KEM


เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Auto Titrator)

BRABENDER


เครื่องวัดความหนืดของแป้ง (Brabender Viscograph)


เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Fibre System)


เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

TA


เครื่องวิเคราะห์ทางความร้อนเชิงพลังงาน (DSC)


เครื่องหาน้ำหนักโมเลกุลและกิ่งก้านของโพลิเมอร์

syrris


เครื่องสังเคราะห์สารแบบอัตโนมัติ

MILESTONE


เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟแรงดันสูง

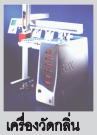
Food and agriculture

GBC


เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ/แร่ธาตุ (AAS)


เครื่องวัดรสชาติแบบอิเลคทรอนิคส์

ALPHA M.O.S


เครื่องวัดกลิ่นแบบอิเลคทรอนิคส์

EYELA


เครื่องทำแห้งด้วยความเย็น (Freezed Dryer)

Electronic Part and materil testing

Xenemetrix


เครื่องวิเคราะห์แร่ธาตุ (EDXRF)


เครื่อง Densimeter รุ่น MD-300S

OHAUS


เครื่องชั่งละเอียด


เครื่องวัดค่าความชื้น

espec


Temperture & Humidity Chamber

EKTRON


เครื่องทดสอบแรงดึง


เครื่อง Mooney Viscometer

CHTEK


Salt Spray Tester


Planetary Ball Mills

FRITSCH



เครื่องบดเตรียมตัวอย่าง

O-I Analytical


เครื่องตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำ


Walk- In Chamber


Constant climate cabinet


Industrail Ovens

Environm ental


สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

BW Technologies


เครื่องมือวัดก๊าซในบรรยากาศ

RION

เครื่องวัดความดังของเสียง

เครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่นชนิด

รถตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่

All laboratory Needs

เครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์สำหรับห้องปฏิบัติการ

Milli-G Integral system

Milli-G Reference system

OHAUS

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)

เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter)

เครื่องวัดความหนืด (Viscometer)

EYELA

เครื่องระเหยสาร (Rotary Evaporator)

เครื่องเขย่าสกัดสาร (Funnel Shaker)

FRITSCH

Sieve Shaker

Thin Layer Chromatography Products

Sample Extraction and Clean Up

VITLAB

Bottle Top Burette Bottle Top Dispenser

เครื่องล้างวัสดุด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner)

DENTSPLY NEYTECH

เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace)

ตู้อบตัวอย่าง (Drying Oven)

ARCTIKO

Laboratory Freezer

SITHIPORN associates บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอส จำกัด

451-451/1 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
โทร : 0 2433 8331, 0 2434 9510
แฟกซ์ : 0-2433-1679 0-2434-9510
E-mail: center@sithiphorn.com
www.sithiphorn.com

บริษัท เอส.เอ.(เชียงใหม่) จำกัด SITHIPORN associates Chiang Mai

9/7-8 อาคารชมดอยคอนโดเดิล ถ.ชลประทาน ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทร : 053 217 405-6 053 226 753-5
แฟกซ์ : 053-217-418
E-mail: office@sa-chiangmai.com
www.sithiphorn.com

บริษัท เอส.เอ.(ขอนแก่น) จำกัด SITHIPORN associates Khon Kaen

301/10 หมู่ที่ 14 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
โทร : 043 238 500-1 043 238 600-2
แฟกซ์ : 043-238-502
E-mail: office@sa-khonkaen.com
www.sithiphorn.com

บริษัท เอส.เอ.(มาบตาพุด) จำกัด SITHIPORN associates Map-Ta-Phut

35/12 หมู่ที่ 3 ต.เนินพระ อ.เมือง จ.ระยอง 21000
โทร : 038 021 142-3 ,038 610 761-3
แฟกซ์ : 038-021-144
E-mail: office@sa-rayong.com
www.sithiphorn.com

Nippon Chemical Co.,Ltd.
บริษัท นิปปอน เคมิคอล จำกัด

โทร.02-652-7831-8,02-255-5610-9 Fax.02-254-3671,02-652-7839
www.nippon.co.th , E-mail : marketing@nippon.co.th

นิปปอนใส่ใจมาตรฐาน มากกว่าใครๆ
นิปปอนให้ความปลอดภัยที่สูงกว่า



- จำหน่าย
- ออกแบบ
- ติดตั้ง
- ซ่อมบำรุง
- ทำHydrostatictest
- ฝึกอบรมดับเพลิง
- ฝึกซ้อมหนีไฟ

EN-10 lb. Fire Rating 6A, 20B
EN-15 lb. Fire Rating 10A, 40B
(ANSI-UL-711 Standard)
According To มอก.332-2537



Emergency Stock
น้ำยาโฟมฉุกเฉิน จำนวน 20,000 ลิตร
พร้อมให้บริการทันที





ปี พ.ศ. 2554 ได้รับมาตรฐาน ฉลากเขียว

ปี พ.ศ. 2553 ได้รับมาตรฐาน มอก.ISO 14001:2004

ปี พ.ศ. 2551 ได้รับมาตรฐาน ISO 9001:2008

ปี พ.ศ. 2547 ได้รับมาตรฐาน ISO 9001:2000

ปี พ.ศ. 2531 ได้รับมาตรฐาน มอก.

บริษัท นิปปอน เคมิคอล

ให้บริการที่ครบวงจร โดยเน้นคุณภาพ และ มาตรฐาน
มาตลอดระยะเวลา 36 ปี จนได้รับความเชื่อมั่น
ได้รับมาตรฐานทั้งตัวสินค้า และการฝึกอบรมดับเพลิง

สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยราภัฏสวนดุสิต

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาความเจริญและแก้ไขปัญหาของประเทศ เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและนวัตกรรมที่มีประสิทธิผลล้วนแล้วแต่เป็นผลมาจากการบูรณาการและทำงานร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหลายสาขา การสร้างโอกาสให้นักวิจัยในหลายสาขาวิชามีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ตลอดจนข้อค้นพบทางวิชาการใหม่ๆ จึงเป็นขั้นตอนสู่การพัฒนาศักยภาพของนักวิจัยในการสร้างสรรค์งานวิจัยของตนเองให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม ดังนั้นการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต: วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013 ที่จัดขึ้นในวันพฤหัสบดีที่ 14 มีนาคม 2556 โดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในความร่วมมือกับคณะพยาบาลศาสตร์ โรงเรียนการเรือน และสถาบันวิจัยและพัฒนา และจากหน่วยงานภายนอก ได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งชาติ เครือข่ายวิจัยประชาชื่น และเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏทั้ง ๙ แห่ง (มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์) การจัดประชุมวิชาการครั้งนี้เป็นการสร้างโอกาสในการพัฒนาศักยภาพด้านการวิจัยของอาจารย์และนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ให้เกิดบรรยากาศการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกันผ่านเวทีการประชุมวิชาการระดับชาติ เพื่อนำเสนอผลงานวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และเพิ่มศักยภาพการพัฒนานักศึกษาให้เป็นนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความสามารถและเป็นกำลังสำคัญของชาติสืบไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิโรจน์ ผลพันธิน)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

สารจากประธานการจัดงานการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต: วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต : วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013 (Suan Dusit National Conference: Science Researcher Day 2013) เรื่อง “ปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เพื่อสังคมดีมีคุณภาพ” ที่จัดขึ้นในวันพฤหัสบดีที่ 14 มีนาคม 2556 ครั้งนี้ ได้รับเกียรติจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีชื่อเสียงมาเป็นวิทยากรบรรยายให้กับผู้เข้าร่วมประชุม เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมฟังบรรยายได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับวิทยากร และนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารบทคัดย่อสำหรับการประชุมวิชาการระดับชาติฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือจากคณะกรรมการทุกฝ่ายและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในฐานะประธานจัดงานในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าของผลงานวิจัยที่ร่วมเผยแพร่ในเอกสารฉบับนี้ และได้พากเพียรดำเนินงานวิจัยของตนให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วย ความตั้งใจและมุ่งมั่น เพื่อพัฒนาและต่อยอดองค์ความรู้ของตนอย่างต่อเนื่อง ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ยุทธวงศ์ ศาสตราจารย์ ดร. อาจอง ชุมสาย ณ อยุธยา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร ตันติโพธิ์พิพัฒน์ ที่ให้เกียรติอย่างสูงมาเป็นวิทยากร และท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณคณะทำงานทุกท่านที่ร่วมเสียสละเวลาในการส่งเสริมให้งานนี้ประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุพาภรณ์ ณ พัทลุง)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

คณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต: วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013

จัดทำโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนการเรือน คณะพยาบาลศาสตร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

คณะกรรมการที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิโรจน์ ผลพันธิน	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไล ศรีธนางกูล	รองอธิการบดีฝ่ายนโยบายและแผน
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐารมณ์ จุฑาภัทร	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุพาภรณ์ ณ พัทลุง	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชริน ดำรงกิตติกุล	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
ดร. เบญจา เตากล่ำ	คณบดีคณะพยาบาลศาสตร์
ดร. กนกกานต์ วีระกุล	คณบดีโรงเรียนการเรือน
ดร. ชนะศึก นิชานนท์	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
รองศาสตราจารย์นิยดา สวัสดิพงษ์	ผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อม

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

คณะกรรมการดำเนินงาน

ดร.พันชัย เม่นฉาย	ดร.วิชชา ฉิมพลี	ผศ.สุทัศน์ จันบัวลา
ดร.ชาติ ทีฆะ	ผศ.ดร. ทัศนีย์ พาณิชย์กุล	ดร.ทิวัตถ์ กุลชนะภควัต
ดร.ยุธยา อยู่เย็น	ดร.ศรีสุดา วงศ์วิเศษกุล	ดร.อุบล ชื่นสำราญ
ผศ.จุไร อภัยจิรรัตน์	ผศ.สุรชาติ สินวรณ์	ผศ.พรยุพรรณ พรสุขสวัสดิ์
นางสาวธิติมา แก้วมณี	ดร.สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี	ดร.รภัทภร เพชรสุข
นางสาวบุญญาพร เชื่อมสมพงษ์	อาจารย์ศรีสุดา หาญภาคภูมิ	นางสาวอรทัย ขำค้า
อาจารย์กีรยุทธ ศรีนวลจันทร์	อาจารย์สุรชาติ กมลดิหลก	อาจารย์ณัฐพร สุวรรณพยัคฆ์
ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์	นางสาววิไลวัลย์ ชะชิกุล	นางสาวรัตนาพร ศรีมาตย์
นางสาวจามรี กลางคาร	นางวันปิติ ธรรมศรี	ดร.ศิริพร ฉิมพลี
นางสาวอรศิริ ศิลาสัย	ดร.ชูติวรรณ บุญอาชาทอง	นางสาวโสภิตา จันทร์เจริญ
อาจารย์ตระกูล รัมมะฉัตร	อาจารย์สวิต ฉิมเรือง	นายกิตติวัฒน์ ตรีโอษฐ์

ดร.พรทิพย์ เดชพิชัย	ดร.ณัฐกฤตา สุวรรณทีป	นางสาวสุพัตรา นุชคำแหง
นางสาวทิพาวรรณ วรรณขัณฑ์	นางสาวนิตยา ลักษณะโยธิน	นางสาวนราภรณ์ ศิริกังวาน
นางสาวดวงจันทร์ พวงยอด	อาจารย์ชานุ โพธิพิทักษ์	ดร.จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล
อาจารย์ชาญชัย ตรีเพชร	นายวีรชน ภูหินกอง	นายกิตติวัฒน์ ตรีโอษฐ์
นางสาวสุพัตรา นุชคำแหง	นางสาวทิพาวรรณ วรรณขัณฑ์	

บรรณาธิการ อาจารย์ ดร.ชาติ ทีฆะ และ อาจารย์สวิต ฉิมเรือง

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความวิจัย

ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพและความงาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชนีกร ธรรมโชติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร. ศรีสุดา วงศ์วิเศษกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทัศนีย์ พาณิชย์กุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. จิราภรณ์ ทองตัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. สุชาดา โทผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ณัฐบดี วิริยาวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมอาหาร

รองศาสตราจารย์ ดร. ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. อุบล ชื่นสำราญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ปริศนา เพียรจริง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ฐิตา ฟูเผ่า	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ธีรนุช ฉายศิริโชติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและพลังงาน

ดร. ปารินดา สุขสบาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
รศ. นิยดา สวัสดิพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. สิรวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. วาศนศักดิ์ ลิ้มควรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ณรงค์ สังวาระนที	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ดร. ปรเมษฐ์ จันทร์เพ็ง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Prof. Dr. Jalil Ali	กรรมการ (UTM, Malaysia)

ด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ

ดร. จิราภรณ์ พงษ์โสภา	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ธนพรรษ พฤกษะวัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. นิศากร สังวาระนที	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ดร. ชีวะ ทัศนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ยุพาพิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์เรวัฒน์ เหล่าไพบูล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์จินตนา เหล่าไพบูล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรศักดิ์ เชียงกา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชภาคย์ จิตต์อารี มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร. สืบตระกูล สุชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ดร. ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ศรีสุดา โทผล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ยุธยา อยู่เย็น มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. อุดมศักดิ์ กิจทวี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. กระวี ตรีอำนรรค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. นฤมล บุญกระจ่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม

ดร. วิชชา ฉิมพลี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ศิริพร ฉิมพลี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณี สวนเพลง มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทร สุทองหล่อ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ชัย ยอดมีกลิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. จุฬาลักษณ์ วัฒนานนท์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ด้านปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ศึกษา

ดร. สินชัย จันทร์เสม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. อรรถศาสน์ นิมิตพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. อารยา ลี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ดร. วชิรศรณ์ แสงสุวรรณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ด้านวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

ดร. ทิวัตถ์ กุลชนะภควัต มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. ศยามพงษ์ พงษ์ดำ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. วันทนา มงคลวิสุทธิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร. วรพรรณ พรมศิลา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร. พรพัสนันท์ เดชประสิทธิโชค มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ดร. สรรค์ชัย เหลือจันทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

กำหนดการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต: วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013
(Suan Dusit National Conference: Science Researcher Day 2013)
เรื่อง ปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เพื่อสังคมดีมีคุณภาพ
วันพฤหัสบดีที่ 14 มีนาคม 2556
ณ ห้อง Hall ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ และห้องบรรยายกลุ่มย่อย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถนนสิรินธร

วันพฤหัสบดีที่ 14 มีนาคม 2556

8.00 - 8.30 น.	ลงทะเบียน
8.30 - 9.00 น.	กล่าวรายงาน/พิธีเปิด โดย อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
9.00 - 10.00 น.	ปาฐกถาพิเศษ “ปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21: ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ” โดย ศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ยุทธวงศ์
10.00 - 10.15 น.	รับประทานอาหารว่าง-เครื่องดื่ม
10.15 - 11.00 น	การบรรยายพิเศษโดยวิทยากรรับเชิญพิเศษกิตติมศักดิ์ “ปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21: ด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม-พลังงาน” โดย ศาสตราจารย์ ดร. อาจอง ชุมสาย ณ อยุธยา
11.00 - 12.00 น	การบรรยายพิเศษโดยวิทยากรรับเชิญพิเศษกิตติมศักดิ์ “ปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21: ด้านวิทยาศาสตร์อาหาร” โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร ตันติโพธิ์พิพัฒน์
12.00 - 13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 15.00 น.	การนำเสนอผลงานวิจัย (เสนอคนละ 10 นาที ถาม-ตอบ 5 นาที)
15.00 -15.15 น.	รับประทานอาหารว่าง-เครื่องดื่ม
15.15 -16.45 น.	การนำเสนอผลงานวิจัย (เสนอคนละ 10 นาที ถาม-ตอบ 5 นาที)
16.45 – 17.00 น.	กล่าวปิดประชุม

สารบัญ

บทความ **หน้า**

NC1001: Estimation of stature from hand measurements in Thais 1
Piti Laulathaphol[1*], Montip Tiensuwan[2], Suda Riengrojpitak[3]

NC1002: ปัจจัยบุคคลและปัจจัยด้านสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาของเด็กในอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา ภาคใต้ของประเทศไทย 7
ฟาฏินา สะแม[1*] อภิรดี แซ่ลิ่ม

NC1004: ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จังหวัดนครนายก 12
*พรพนา สมจิตร** วิศิษฎ์ ฉวีพจน์กำจร** สุธีร์ รัตนะมงคลกุล*** สุคนธา ศิริ

NC1005: Optimized Production of the Mite Allergen Der f 2 Variants in *Escherichia coli* 24
Nithikan Suthumchai[1], Nat Malainual[2], Nongmai Sirisomwong

NC1006: Determination of serum specific IgE and IgG4 levels against 4 isoforms of recombinant mite allergen Der f 2 in Thai allergic patients 33
Nongmai Sirisomwong[1], Nat Malainual[2], Nithikan Suthumchai[3], Orathai Piboonpocanun[4], Voravich Luangwedchakarn

NC1008: ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้ใช้บริการทันตกรรม 43
นิตยา เจริญกุล

NC2001: Estimation of stature from forearm length in Thai children 54
Kannika Song-in[1*], Suda Riengrojpitak[2], Montip Tiensuwan[3]

NC2003: การคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนโดยการใช้ชีวสารสนเทศน์เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนในซิโนวิโอไซต์จากผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม 59
เอกณรงค์ สินธุวานนท์[1] ณัฐพล ธรรมโชติ[2] และรัชนีกร ธรรมโชติ[1]

NC2004: ผลของยาแก้อักเสบคีโทโรแล็กที่มีต่อการตายของเซลล์กระดูกอ่อน 68
นารีรัตน์ รุ่งเรือง[1] ณัฐพล ธรรมโชติ[2] และรัชนีกร ธรรมโชติ[1]

กลุ่มที่ 2 ด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมอาหาร

FS1001: ลักษณะคุณภาพและการประเมินทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน 74
*ภูมิใจ สอาดโฉม** สุรเกียรติ สนิทมาก และปฏิพล สมุททารินทร์

FS1002: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มเหลือใช้ 83
*วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์** และฐิติมาพร หนูเนียม

FS1003: การพัฒนาผลิตภัณฑ์โรตีกรอบโดยใช้แป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี 90
กิตติ สุวรรณบรรดิษฐ์[1] วลัยลักษณ์ สุกเส็ม[1] ฐิติมาพร หนูเนียม[2] และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์

FS1004: การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว 97
สุภาวดี หูเขียว[1], อาดามี ด่าหมิด[1], พรชัย พุทธรักษ์[2] และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์[2]

FS2002: การประยุกต์ใช้ข้าวแดง (อังคัก)ในผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูป 103
สุชาดา ไม้สนธิ์* และ โสวัฒน์ หีบขุนทด

กลุ่มที่ 3 ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน

EN1003: การศึกษาองค์ประกอบของจุลธาตุในเขตชุมชนเมืองและเขตห่างไกลความเจริญ 110
วฐู ครองสัตย์ พจนีย์ ขุมมงคล และ สุวิมล อัศวพิศิษฐ

EN1004: การศึกษาการตกสะสมแห้งของไนโตรเจนเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช 118
ธีรนาถ พรหมสุวรรณ พจนีย์ ขุมมงคล และ สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์

EN1008: การศึกษาสมบัติเชิงกลและการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ของกระเบื้องมุงหลังคา 127
*ศิริภางค์ แก้วสุนทร** และ ภาณุ ด่านวานิชกุล

EN1010: การพัฒนาการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ในประเทศไทย 135
วนิดา แซ่จิว[1*] และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์[2]

EN1011: ปริมาณความเข้มข้นและชนิดของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมณฑลสะแกราช 142
*ขัตติยา สุขประเสริฐ** พจนีย์ ขุมมงคล และสุวิมล อัศวพิศิษฐ

EN1012: การประเมินการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกและแห้งด้วยวิธีธรรมชาติเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช 148
นิสากร มีจั่น พจนีย์ ขุมมงคล และ สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์

EN1013: การแจกแจงขนาดของแอโรซอลในบรรยากาศในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช 154
สุภาพร โสดานิล พจนีย์ ขุมมงคล และ สุวิมล อัศวพิศิษฐ

EN1014: สภาวะเหมาะสมการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกชุมชน 159
ปกป้อง ฐออุวรรณ และ บรรพต ศิริณัฏสมบูรณ์

EN1016: การปรับสภาพผิวและความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูของเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว 164
จริยา คงเจริญ[1*] และ ภาณุ ด่านวานิชกุล[2]

EN1020: ผลิตภัณฑ์ไส้กรองหมูคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำจากการจัดการก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มสุกรด้วยระบบก๊าซชีวภาพ 173
อภิวรรณ สุวรรณนที[1*] รัตนาวรรณ มั่งคั่ง[1, 2] และ แชบเบียร์ กีวาลา[3]

EN1021: การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมน้ำมันโดยใช้ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว 181
พงษรภี แก้วมณี[1*] และภาณุ ด่านวานิชกุล[2]

EN1022: การศึกษาปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช 189
ณัฏฐธรมัณยา จันทราประภากุล[*1] พจนีย์ ขุมมงคล[1] และ สุวิมล อัศวพิศิษฐ์[1]

EN1023: การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ด 195
สวรรยา จันทร์บาง[1*] ศิววรรณ พูลพันธุ์[2] และศศิธร พุทธวงษ์

EN1024: ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำผิวดินในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม 204
วิภารัตน์ นวลเจริญ และ *อภิญญา พึ่งประยูร*

EN1025: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ 208
อรนิภา สันทาลุนัย และพัชรินทร์ วงสารี

EN1026: การศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนในเขต ต.สวนหลวง อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม 211
ทัศนีย์ พลกล้า และ พัชพร ศรีสงวน

EN1027: การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 215
ธีลฎี หันกลาง[1*] ทัศนาวลัย อุฑารสกุล[2] และ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์[3]

EN1028: การศึกษาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำจากกิจกรรมการท่องเที่ยวตลาดน้ำอำเภออัมพวาจังหวัดสมุทรสงคราม โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ 222
ศรัญญา ช้างสุวรรณ์ *หนึ่งฤทัย นิ่มทอง* ทัศนาวลัย อุฑารสกุล

EN1029: การศึกษาสมบัติเชิงกลของยางที่บดผสมด้วยเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว 229
วริศรา สุวรรณกิจ, ดวงกมล ด่านวานิชกุล, ภาณุ ด่านวานิชกุล

EN1031: การศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติที่เติมด้วยเถ้าจากการไพโรไลซิส 237
ภัทราภรณ์ แย้มขยาย และ ภาณุ ด่านวานิชกุล

EN1032: แบบจำลองมอนติคาร์โลของการใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือนในประเทศไทย 244
อนุวรรณ ทองหมู[1]* และภาณุ ด่านวานิชกุล[2]

EN1034: เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้ 252
*สมบัติย์ มงคลชัยชนะ** วิทยา พรหมพฤกษ์ พัชราภรณ์ บัวเปรม

EN1035: ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน : โรงไฟฟ้าพลังน้ำระดับชุมชน 258
พงศ์ปัญชา ศรีเรือง

EN1036: การศึกษาการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม 263
มาลี สันติคุณาภรณ์ และ *วิภาวรรณ น้อยฉ่ำ*

EN2008: การประเมินศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะชุมชน: กรณีศึกษาชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข พื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา 271
พรปวีณ์ ตันศิริ[1] และสุชาติ นวกวงษ์[2]

EN2009: การบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยกระบวนการโอโซน 278
ศุภวรรณ นุ่มพูล* กรรณิการ์ ดิษยวงศ์ และบุญส่ง ศิลปเจริญกุล

EN2010: Subsurface and Flow Models for Geological Carbon and Storage Assessment, Nam Phong Gas Field, Khorat Basin, Thailand 287
Apichat Choomkong[a], Passakorn Pananont[a],*, Pornsawat Wathanakul[a], Wattanon Kullasit[c], Songrit Tiya[a], Nattawut Plumjaia[a], Somchai Pumim[b], and Trin Intraprasong[b]

กลุ่มที่ 4 ด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ

PH1007: ผลของมุมในการเข้าเคลือบต่อโครงสร้างและสมบัติไฟฟ้าของผิวเคลือบทองแดงที่เคลือบโดยกระบวนการดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง 295
*จุฑารัตน์ เชี่ยววัฒนากุล** และ นคร ศรีสุขุมบวรชัย

PH2001: INVESTIGATION OF THE REST MARK FROM BLADE LAUNCHER REST ON THE ARROW SHOT BY COMPOUND BOW 300
THAPANA CHONGRAKS

กลุ่มที่ 5 ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

BO1004: การพัฒนาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 304
สาคร บัวทิพย์[1] และ สุดาพร ตังควนิช[2]

BO1005: การพัฒนาแหล่งพลังงานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเตาเผาแกลบ 310
เรวิช บุตรพรม[1] และคณ

BO1006: การศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตด้านการเกษตร และข้อมูลเชิงเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการและสระแก้ว 318
พิชัย สราญรมย์

กลุ่มที่ 6 ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม

TI1005: Production of Recombinant Vpu Protein of HIV-1 327
Thitiporn Mooksombat[1], Nitaya Indrawatana[2], Wanpen Chaicumpa[3], Nitat Sookrung[4*]

TI1006: การโคลนนิ่งและการแสดงออกของสารก่อภูมิแพ้แมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันชนิดอาร์จินิน ไคเนส 333
*ทันยธร เขตต์สุพรรณ*และคณะ.

TI1007: OPTIMIZING CONDITIONS FOR CO-VALENT PROTEIN CONJUGATION ONTO MAGNETIC NANOPARTICLES 339
Peeranad Panaddaporn[1], Wichuda Payuhakrit[1] , Shahid Waseem[1], Rachanee Udomsangpetch[1], Sebastian C. Bhakdi [1,2]

TI1011: การศึกษาวิธีการเพิ่มแรงดันในระบบท่อส่งน้ำด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น 347
อภิรักษ์ พิณพิพัฒน์, กนกวรรณ กรพิพัฒน์, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์*

TI1012: แท็งก์จ่ายน้ำระบบอัตโนมัติอัตราการไหลคงที่ 355
สิริอร ชอบธรรม, ศักณรินทร์ พลอยประเสริฐ, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์*

TI1013: ขนาดขององค์กรมีผลต่อปัจจัยการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอของอุตสาหกรรมพัฒนาซอฟต์แวร์ในประเทศไทย 363
ศุภวรรณ บุญสวัสดิ์[1] และ ธนกรณ์ แน่นหนา[2]

TI1014: ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบการซ่อมบำรุงของข้าราชการ ทร. 371
อนุพงษ์ สุระชัยปัญญา[1*] และ ธนกรณ์ แน่นหนา[2]

TI2002: สภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรมสรรพสามิต 378
กาญจนา จตุรพิพิธพรชัย

TI2003: ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา : ทัศนคติของครู บุคลากร และผู้ปกครอง 386
เยาวลักษณ์ ขวัญชื่น และ วิชชา ฉิมพลี

TI2010: ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี 391
พิมล จันทรขำ

กลุ่มที่ 7 ด้านปฏิรูปการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ศึกษา

ED2002: การออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน 408
กฤษณา อารีย์

ED2003: การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ 416
อรสิริ ตันสกุล* และ อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์

กลุ่มที่ 8 ด้านวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

CH1002: การโคลนยีนและการแสดงออกของยีนเลคตินที่จำเพาะต่อลิโพโพลีแซคคาไรด์จากกุ้งแชบ๊วย 422
สุพัตรา เทพณรงค์ อรณิชา รัตนาภรณ์ และ ประภาพร อุทารพันธุ์

CH2001: การโคลนและศึกษาสมบัติของยีนโปรตีนที่มีไฟบริโนเจนโดเมนจากกุ้งแชบ๊วย 426
สุทธิรัก ทิพย์รัตน์ ประภาพร อุทารพันธุ์ และ อรณิชา รัตนาภรณ์

CH2010: การโคลนยีนและสังเคราะห์รีคอมบิแนนท์ของโปรตีนจับลิโพโพลีแซคคาไรด์และเบตา-1,3-กลูแคนจากกุ้งแชบ๊วย 431
อารีรัตน์ เชาว์สมบูรณ์[1] ดร. อรณิชา รัตนาภรณ์[2] และ รศ.ดร. ประภาพร อุทารพันธุ์[3]

NC1001: Estimation of stature from hand measurements in Thais

Piti Laulathaphol[1*], Montip Tiensuwan[2], Suda Riengrojpitak[3]
[1]Forensic Science Graduate Programme, Faculty of Science, Mahidol University,
272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400
[2]Department of Mathematics, Faculty of Science, Mahidol University,
272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400
[3]Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University,
272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400

Abstract

Personal identification of an unknown individual is one of the main objectives of forensic investigations. The estimation of stature from human remains is particularly important in establishing positive personal identification. The estimated stature can be used to narrow down the pool of potential matching identities in the missing persons reports. To date, regression equations for estimation of stature from hand measurements are not yet available for the Thai population. Therefore, the present study aims to investigate the relationship between stature and hand measurements in Thais and derive regression equations for estimation of stature from hand measurements for the Thai population.

Stature, hand length, hand width, and palm length were taken from 100 randomly selected Thai students (50 males and 50 females) from Faculty of Science, Mahidol University. The study sample ranged from 18 to 26 years of age. Correlation and regression analyses were then performed on the measurement data. All the hand measurements of both sexes exhibit positive and statistically significant correlation coefficients with stature ($r = 0.349\text{-}0.736$ $p < 0.05$). The standard error of the estimate of the regression equations ranges from ±3.295 cm to ±4.878 cm. Hand length is the best measurement for estimating the stature of an unknown individual.

Keywords: estimation of stature, hand, Thais

1. Introduction

Personal identification of an unknown individual is one of the main objectives of forensic investigations (Kanchan, Menezes, et al., 2008). With increasing frequency of murders, accidents, or mass disasters, it is common to find dismembered human remains at crime scenes, and estimating stature from these remains is particularly important in establishing positive personal identification. In mass disaster and assault cases, where the victim's body is dismembered to conceal his or her identity, identification of the remains is vital for further investigations (Kanchan, Kumar, & Menezes, 2008). The estimated stature can be used to narrow down the pool of potential matching identities in the missing persons reports.

By performing regression analysis on the data of stature and hand measurements, we may derive regression equations which can be used to estimate stature from hand measurements. Due to differences in genetic and environmental factors such as diet, nutrition, climate, and lifestyle, the body proportion of one population may be different from that of another (Mendonça, 2000). As a result, the equations for one population may not be equally applicable in another, and, therefore, different regression equations should be derived for each population to provide the most accurate results.

Previous research in various populations has shown that stature can be accurately estimated from hand measurements: e.g., Indians, SEE ±4.03-5.06 cm (Jasuja & Singh, 2004), SEE ±4.26-4.63 cm (Sunil, Dikshit, & Aggrawal, 2005); North Indians, SEE ±3.16-5.60 cm (Krishan & Sharma, 2007), SEE ±4.24-5.97 cm (Rastogi, Nagesh, & Yoganarasimha, 2008); South Indians, SEE ±3.76-5.73 cm (Rastogi et al., 2008); Mauritians, SEE ±4.163-4.956 cm (Agnihotri, Agnihotri, Jeebun, & Googoolye, 2008); Egyptians, SEE ±4.54-5.48 cm (Habib & Kamal, 2010); and Western Australians, SEE ±4.74-6.53 cm (Ishak, Hemy, & Franklin, 2012). To date, regression equations for estimation of stature from hand measurements are not yet available for the Thai population.

2. Objective

The present study aims to investigate the relationship between stature and hand measurements in Thais and derive regression equations for estimation of stature from hand measurements for the Thai population.

* Piti Laulathaphol. Tel.: +66 81 875 2512.
E-mail address: peter2512@gmail.com

3. Materials and Methods

3.1 Subjects

The study sample consisted of 100 randomly selected Thai students (50 males and 50 females) from Faculty of Science, Mahidol University. The subjects ranged between 18 and 26 years of age. The mean age of males was 21.2 years (range 18-26) and for females, it was 20.5 years (range 18-26). Most of the subjects were from the Central Region of Thailand. Only healthy individuals without any significant diseases or deformities of the hand, leg, foot, or back were recruited for the study.

The subjects were given a participant information sheet and were required to sign an informed consent form before participating in the study. They were also asked to fill in a questionnaire containing demographic (e.g. sex, age, and nationality) and general (e.g. handedness and congenital diseases) questions. Stature and hand measurements were then taken by the examiner.

3.2 Stature

Stature was measured using a stadiometer. Each subject was asked to stand bare-footed on the flat platform of the stadiometer, with the heels of the feet placed together and touching the base of the vertical backboard. The head, scapulae, back, and buttocks were positioned in contact with the vertical backboard. Each subject was then asked to maintain an upright position, with the head positioned in the Frankfort Horizontal Plane, as the horizontal sliding bar was lowered to the vertex of the head. Stature was recorded in centimeters to the nearest millimeter (Gordon, Chumlea, & Roche, 1991).

3.3 Hand measurements

Hand measurements, as defined in Table 1, were taken from each hand of the subject using a sliding caliper. Hand length and palm length were measured when the subjects placed their hands supine on a flat horizontal surface with the fingers extended and adducted. Hand width was measured when the subjects placed their hands prone on a flat horizontal surface, with the thumb abducted and other fingers extended and adducted. All the hand measurements were recorded in centimeters to the nearest 0.5 millimeter (Rastogi et al., 2008).

Table 1 Definition of the hand measurements used in the present study

Measurement	Definition
Hand length (HL)	Distance between the mid-point of the distal transverse wrist crease to the most anterior projection of the skin of the middle finger (Rastogi et al., 2008)
Hand width (HW)	Distance between the most lateral point on the head of the 2nd metacarpal to the most medial point on the head of the 5th metacarpal (Agnihotri et al., 2008)
Palm length (PL)	Distance between the mid-point of the distal transverse wrist crease to the proximal flexion crease of the middle finger (Kanchan & Rastogi, 2009)

3.4 Statistical analysis

All the statistical analysis was performed using SPSS for Windows version 18.0. Descriptive statistics for stature and hand measurements was calculated for both sexes. Bilateral asymmetry in the measurement data of each sex was evaluated using paired samples t-tests. The correlation between stature and hand measurements was assessed by Pearson's correlation coefficient (r) analysis.

Simple linear and backward multiple regression analyses were performed to derive regression equations for estimation of stature from hand measurements. The accuracy of stature estimation of each regression equation was assessed by the coefficient of determination (R^2) and the standard error of the estimate (SEE). The significance level of the present study was set at 0.05.

4. Results

4.1 Descriptive statistics

The descriptive statistics for stature and hand measurements in males and females is shown in Table 2. It is observed that the mean values of all the measurements are higher in males than in females.

Table 2 Descriptive statistics for stature and hand measurements in males and females

Measurement (in cm)	Male (n = 50)				Female (n = 50)			
	Min.	Max.	Mean	SD	Min.	Max.	Mean	SD
Stature	163.40	182.80	171.580	4.412	149.70	170.50	159.632	5.279
Hand length								
Right	16.60	20.80	18.181	0.870	14.90	18.50	16.679	0.864
Left	16.50	21.00	18.130	0.799	14.80	18.90	16.599	0.919
Hand width								
Right	7.45	9.40	8.169	0.449	6.30	8.30	7.131	0.455
Left	7.25	9.40	7.984	0.476	6.10	8.20	6.992	0.457
Palm length								
Right	9.70	12.10	10.677	0.518	8.80	11.40	9.796	0.503
Left	9.40	12.50	10.645	0.550	8.60	11.30	9.678	0.551

4.2 Bilateral asymmetry

Bilateral asymmetry in hand measurements of males and females is shown in Table 3, respectively. For males, only the hand width exhibits statistically significant bilateral asymmetry ($p < 0.05$), and the mean value of hand width is significantly higher on the right side than on the left side. For females, all the hand measurements exhibit statistically significant bilateral asymmetry ($p < 0.05$), and the mean values of hand length, hand width, and palm length are significantly higher on the right side than on the left side.

Table 3 Bilateral asymmetry in hand measurements of males and females

Measurement (in cm)	Male (n = 50)				Female (n = 50)			
	MD (right-left)	SD	t	p	MD (right-left)	SD	t	p
Hand length	0.051	0.218	1.653	0.105	0.080	0.210	2.688	0.010
Hand width	0.185	0.193	6.776	0.000	0.139	0.168	5.843	0.000
Palm length	0.032	0.181	1.251	0.217	0.118	0.228	3.658	0.001

4.3 Pearson's correlation coefficients

The Pearson's correlation coefficients between stature and hand measurements for males and females are shown in Table 4. All the hand measurements of both sexes exhibit positive and statistically significant correlation coefficients with stature (p-value < 0.05). The correlation coefficients between stature and hand measurements range from 0.349 to 0.674 for males and from 0.404 to 0.736 for females. For males, the highest correlation coefficient is exhibited by right hand length ($r = 0.674$) and the lowest by right hand width ($r = 0.349$). For females, the highest correlation coefficient is exhibited by right hand length ($r = 0.736$) and the lowest by left hand width ($r = 0.404$).

Table 4 Pearson's correlation coefficients between stature and hand measurements for males and females

Measurement (in cm)	Male (n = 50)		Female (n = 50)	
	r	p	r	p
Hand length				
Right	0.674**	0.000	0.736**	0.000
Left	0.667**	0.000	0.716**	0.000

*Significant at p-value < 0.05
**Significant at p-value < 0.01

Table 4 Pearson's correlation coefficients between stature and hand measurements for males and Females (cont.)

Measurement (in cm)	Male (n = 50)		Female (n = 50)	
	r	p	r	p
Hand width				
Right	0.349*	0.013	0.412**	0.003
Left	0.439**	0.001	0.404**	0.004
Palm length				
Right	0.570**	0.000	0.706**	0.000
Left	0.568**	0.000	0.648**	0.000

*Significant at p-value < 0.05
**Significant at p-value < 0.01

4.4 Simple linear regression equations

Simple linear regression equations for each hand measurement for males and females are shown in Table 5. The standard error of the estimate ranges from ±3.295 cm to 4.177 cm for males and from ±3.609 cm to 4.878 cm for females. For males, the equation for right hand length shows the lowest standard error of the estimate (SEE ±3.295 cm) while that for right hand width shows the highest standard error of the estimate (SEE ±4.177 cm). For females, the equation for right hand length shows the lowest standard error of the estimate (SEE ±3.609 cm) while that for left hand width shows the highest standard error of the estimate (SEE ±4.878 cm).

4.5 Multiple regression equations

Multiple regression equations for multiple hand measurements on each side for males and females are shown in Table 6. The standard error of the estimate ranges from ±3.297 cm to ±3.328 cm for males and from ±3.514 cm to ±3.680 cm for females. For males, the equation for hand length and hand width on the left side shows the lowest standard error of the estimate (SEE ±3.297 cm) while that for hand length and hand width on the right side shows the highest standard error of the estimate (SEE ±3.328 cm). For females, the equation for hand length and palm length on the right side shows the lowest standard error of the estimate (SEE ±3.514 cm) while that for hand length and palm length on the left side shows the highest standard error of the estimate (SEE ±3.680 cm).

Table 5 Simple linear regression equations for estimation of stature from hand measurements for males and females

Male (n = 50)			Female (n = 50)		
Equation*	R^2	SEE	Equation*	R^2	SEE
Right			Right		
S = 109.465 + 3.416 HL	0.454	3.295	S = 84.587 + 4.499 HL	0.542	3.609
S = 143.510 + 3.436 HW	0.122	4.177	S = 125.614 + 4.770 HW	0.169	4.861
S = 119.788 + 4.851 PL	0.325	3.664	S = 86.951 + 7.419 PL	0.499	3.775
Left			Left		
S = 104.819 + 3.682 HL	0.445	3.321	S = 91.318 + 4.116 HL	0.513	3.722
S = 139.111 + 4.066 HW	0.193	4.005	S = 126.995 + 4.668 HW	0.164	4.878
S = 123.103 + 4.554 PL	0.323	3.668	S = 99.596 + 6.203 PL	0.419	4.064

*S: Stature (in cm)

Table 6 Multiple regression equations for estimation of stature from multiple hand measurements for males and females

Male (n = 50)			Female (n = 50)		
Equation*	R^2	SEE	Equation*	R^2	SEE
Right S = 109.465 + 3.343 HL + 0.293 HW	0.454	3.328	Right S = 78.453 + 2.925 HL + 3.306 PL	0.575	3.514
Left S = 100.643 + 3.269 HL + 1.462 HW	0.464	3.297	Left S = 87.061 + 3.090 HL + 2.200 PL	0.534	3.680

*S: Stature (in cm)

Discussion

Anthropometry is a useful tool in the field of forensic science; it is a well-established forensic technique that uses specific body proportions and features to determine age, race, sex, and even stature. Stature is one of the most important and useful anthropometric parameters that define the physical identity of an individual, and knowing one's stature can significantly help establish his or her personal identity. Simple and accurate mathematical equations for estimating the stature of an unknown individual from hand measurements are particularly useful in cases of missing persons where only dismembered human remains are recovered from the crime scene. The present study is one of the first studies to provide such equations for the Thai population.

In terms of bilateral asymmetry, the mean values of all the hand measurements as shown in Table 2 are expectedly higher on the right side than on the left side as most of the subjects were right-handed. However, for males, only the bilateral asymmetry in hand width is statistically significant ($p < 0.05$) according to Table 3. On the other hand, for females, bilateral asymmetry in all the hand measurements, including hand length, hand width, and palm length are statistically significant ($p < 0.05$). The significance of bilateral asymmetry suggests the use of the dominant hand for a more accurate estimation of stature.

In examining the correlation between stature and hand measurements, among the three hand measurements used in the present study, namely hand length, hand width, and palm length, hand length is found to exhibit the highest correlation coefficients with stature in both sexes. Such findings have also been observed in North Indians (Krishan & Sharma, 2007), South Indians (Rastogi et al., 2008), and Western Australians (Ishak et al., 2012). Hence, hand length is the best estimator of stature while palm length, which exhibits the lowest correlation coefficients with stature, is the worst estimator of stature.

In assessing the accuracy of the simple linear regression equations, the coefficient of determination (R^2) and the standard error of the estimate (SEE) are used. In the present study, the coefficient of determination is highest and the standard error of the estimate is lowest when hand length is used (R^2 = 0.454-0.575; SEE ±3.295-3.609 cm). As expected, previous studies have also shown that hand length is the most accurate measurement for stature estimation: e.g. Krishan and Sharma (2007), Rastogi et al. (2008), Habib and Kamal (2010), and Ishak et al. (2012).

In regards to the multiple regression equations, for males, none is more accurate than the simple linear equations using only hand length. On the other hand, for females, the multiple regression equation using hand length, hand width, and palm length on the right side is more accurate than the simple linear equations using only hand length; however, the difference is only as small as SEE ±0.095 cm. Thus, hand length would be the best measurement for stature estimation for both sexes.

Conclusion

To conclude, the present study has investigated the relationship between stature and hand measurements in Thais and derived regression equations for estimation of stature from hand measurements for the Thai population.

Firstly, all the hand measurements of both sexes exhibit positive and statistically significant correlation coefficients with stature (r = 0.349-0.736, $p < 0.05$). The highest correlation coefficient with stature is exhibited by hand length in both males (r = 0.667-0.674) and females (r = 0.716-0.736).

Secondly, the regression equations show a standard error of the estimate ranging from ±3.295 cm to ±4.878 cm. Simple linear regression equations using hand length provide the lowest standard error of the estimate for both males (SEE±3.295-3.321 cm) and females (SEE±3.609-3.722 cm), making it the best measurement for stature estimation.

Limitations and Suggestions

As most of the study subjects were Thais originating from the Central Region of Thailand between 18 and 26 years of age, further studies in other age groups and populations are required to confirm whether the regression equations derived in the present study are equally applicable elsewhere.

References

Agnihotri, A. K., Agnihotri, S., Jeebun, N., & Googoolye, K. (2008). Prediction of stature using hand dimensions. *Journal of Forensic and Legal Medicine, 15*, 479-482.

Gordon, C., Chumlea, W., & Roche, A. (1991). Stature, recumbent length, and weight *Anthropometric Standardisation Reference Manual* (pp. 3-8). Champaign, IL: Human Kinetics Books.

Habib, S. R., & Kamal, N. N. (2010). Stature estimation from hand and phalanges lengths of Egyptians. *Journal of Forensic and Legal Medicine, 17*, 156-160.

Ishak, N.-I., Hemy, N., & Franklin, D. (2012). Estimation of stature from hand and handprint dimensions in a Western Australian population. *Forensic Science International, 216*, 199.e191-199.e197.

Jasuja, O. P., & Singh, G. (2004). Estimation of stature from hand and phalange length. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine, 26*(3), 100-106.

Kanchan, T., Kumar, G. P., & Menezes, R. G. (2008). Index and ring finger ratio - A new sex determinant in south Indian population. *Forensic Science International, 181*, 53.e51-53.e54.

Kanchan, T., Menezes, R. G., Moudgil, R., Kaur, R., Kotian, M. S., & Garg, R. K. (2008). Stature estimation from foot dimensions. *Forensic Science International, 179*, 241.e241-241.e245.

Kanchan, T., & Rastogi, P. (2009). Sex determination from hand dimensions of North and South Indians. *Journal of Forensic Sciences, 54*(3), 546-550.

Krishan, K., & Sharma, A. (2007). Estimation of stature from dimensions of hands and feet in a North Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine, 14*, 327-332.

Mendonça, M. C. d. (2000). Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population. *American Journal of Physical Anthropology, 112*(1), 39-48.

Rastogi, P., Nagesh, K. R., & Yoganarasimha, K. (2008). Estimation of stature from hand dimensions of north and south Indians. *Legal Medicine, 10*, 185-189.

Sunil, Dikshit, P. C., & Aggrawal, A. (2005). Estimation of stature from hand length. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine, 27*(4), 219-221.

Authors

Piti Laulathaphol Forensic Science Graduate Programme, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400 peter2512@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. Montip Tiensuwan Department of Mathematics, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400 montip.tie@mahidol.ac.th

Assoc. Prof. Dr. Suda Riengrojpitak Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400 suda.rie@mahidol.ac.th

NC1002: ปัจจัยบุคคลและปัจจัยด้านสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาของเด็กในอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา ภาคใต้ของประเทศไทย

Demographic and Heath-related Factor Associated with Cognitive Function of Children in Thepa District, Songkla province Southern Thailand

ฟาฏินา สะแม[1*] อภิรดี แซ่ลิ่ม[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยบุคคลและปัจจัยด้านสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาของเด็กในภาคใต้ของประเทศไทย ข้อมูลในการศึกษาได้รับจากโครงการวิจัยระยะยาวในเด็กไทย อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา วัดระดับสติปัญญา ณ เด็กมีอายุ 8 ปีครึ่ง ด้วยแบบทดสอบ Test of Nonverbal Intelligence 3rd Edition (TONI 3) จำนวน 924 คน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่า ระดับสติปัญญาเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง คือ 86.2±8.8 คะแนน มากกว่าครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชาย (52%) เด็กที่มีภาวะแคระแกร็น พบร้อยละ 24.2 เด็กที่มีภาวะน้ำหนักแรกเกิดต่ำกว่าเกณฑ์ พบร้อยละ 9.2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาของเด็ก คือ เพศ ภาวะเตี้ยแคระแกร็น และน้ำหนักแรกเกิดต่ำกว่าเกณฑ์ เพศหญิงมีระดับสติปัญญาสูงกว่าเพศชาย โดยที่เด็กที่มีน้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่าเกณฑ์มีระดับสติปัญญาน้อยกว่าเด็กที่มีน้ำหนักแรกเกิดปกติ และเด็กที่มีภาวะเตี้ยแคระแกร็นมีระดับสติปัญญาน้อยกว่าเด็กปกติ

คำสำคัญ: ภาวะเตี้ยแคระแกร็น ภาวะน้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่าเกณฑ์ พัฒนาการทางสติปัญญา

Abstract

This study aimed to identify demographic and health-related factors associated with cognitive function of children in Southern Thailand. Data were obtained from the Prospective Cohort Study of Thai Children (PCTC) in Thepha district, Songkhla Province. Children's intelligence quotients (IQ) were tested by using Test of Nonverbal Intelligence 3rd Edition (TONI 3) from 924 children at aged 8.5 years. Multiple linear regression was used to identify the factors associated with cognitive function. The IQ average score of children was 86.2. More than half of children were boys (52%). 24.2% of children were stunted. Low birth weight accounted for 9.15%. Gender, stunting and low birth weight were statistically significant associated with cognitive function. Children with low birth weight and stunting had lower cognitive scores than normal children. Girls had higher cognitive score than boys.

Keyword: Stunting, Low birth weight, Cognitive function

Introduction

Cognitive function is an intellectual process by which one becomes aware of, perceives, or comprehends ideas. It involves all aspects of perception, thinking, reasoning, and remembering (Mosby Inc., 2009). In 2001, it was estimated that in developing countries more than 200 million preschool children do not reach their full cognitive potential (UNICEF, 2001). Lynn (2006) conducted a study of race differences in intelligence among human from 133 and countries found that the average intelligence quotient was 90.

* อภิรดี แซ่ลิ่ม
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

There are many factors associated with cognitive function. Health-related is one of the most important determinants of cognitive function (Deary, 2008). Stunting at the first 2 years of life of children was associated with poor cognitive in late childhood as reported in Philippines (Mendez and Adair, 1999) and in Peru (Berkman et al., 2002). Stunting is an indicator of chronic malnutrition. This condition can occur in all ages of children. It is accompanied by a development delay (Branca and Ferrari, 2002). A study conducted by Ceadle and Goosby (2010) in American revealed that lower birth weight, even after adjusting for fixed-family characteristics and aspects of the home environment that varied between siblings, was associated with decreased cognitive skills at age 5 years. In addition, demographic factor are also associated with cognitive function for example, gender the association between gender was cognitive function was reported by Rushton and Ankney(1996), Furnham and Gasson (1998) and Nanthamongkolchai et. Al (2003).

A study conducted by Department of Mental Health revealed that an average intelligence quotient (IQ) of Thai children aged 7 to 15 years was 98.6. The lowest average IQ score of Thai children was found in the Northeast with the average of 95.9 followed by those from Southern Thailand with the average 96.9 (Department of Mental Health, 2011).

The prevalence of stunting and low birth weight in Thai children aged 1 to 5 years were 6.3% and 4.8% (Health System Research Institute, 2010). Many studies confirmed that stunting and low birth weight during childhood are the determinants of cognitive function. However the studies of impact of stunting and low birth weight on cognitive function in Thailand are limited.

This study aimed to identify demographic and health-related factor associated with cognitive function of children in Southern Thailand. The results from this study will be useful for setting up the nutrition planning for children in Southern Thailand.

Objectives

To identify demographic and health-related factors associated with cognitive function of children in Southern Thailand.

Methodology

1. Data source

The data of 1,076 children since birth to 8 and a half years from Thepa district, Songkhla province, Southern Thailand was obtained from the Prospective Cohort Study of Thai Children (PCTC). The data provide information on gender, stunting at aged 3 years and low birth weight and cognitive score at aged 8 years and a half.

The Prospective Cohort Study of Thai Children (PCTC) study is an observational prospective cohort study. This study was designed to follow up different regional birth cohorts from the 28-36 weeks of gestation until 8.5 years of age for collecting information on holistic development of Thai children. A sample of the Thai population was achieved in four community-based cohorts in four districts from different parts of Thailand including Panomtuan district, Kanchanaburi province (West), Thepa district, Songkhla province (South), Kranuan district, Khon Kaen province (Northeast), Muang district, Nan province (North), and a hospital-based cohort in Bangkok. Data from Thepa district of Songkhla province in the South of Thailand were sub-sampled for this study. Pregnant women who attended the antenatal care clinics of hospitals, health centers and private clinics in 2000 included in this study. Total births of 1,076 infants and 10 pairs of twins were selected. After delivery, each child was followed up until year 2009. Cognitive score measured by using Test of Nonverbal Intelligence 3rd Edition (TONI 3) was carried out at children aged 8.5 years. This test is designed to test nonverbal abstract or figural problem solving in individuals at aged 6 years 0 month through 89 years 11 months. IQ test was carried out for 924 children. One hundred and fifty-two children were excluded due to lost to follow up. Low birth weight is defined the birth weight of infants lower than 2,500 grams.

2. Multiple linear regression

Cognitive function for children 8.5 years of age was considered as a continuous outcome and the determinants comprise gender, stunting at aged 3 years and low birth weight. Sum contrasts (Venables and Ripley, 2002; Tongkumchum and McNeil, 2009) were used to provide 95% confidence intervals for each level of each factor enabling comparison with the overall mean. The 95% confidence interval of cognitive score was produced based on the model results.

In this study, the cognitive score was not normally distributed and then it was transformed by taking natural logarithms. All statistical modeling and graphical displays were performed using R statistical software (R Development Core Team, 2012).

Results

Table 1 shows the characteristics of children. The average cognitive score of children was 86.2 with a standard deviation of 8.8. Of these, 484 (52%) were boys. Twenty-four percent of children were stunted. The prevalence of low birth weight was 9.2%.

Table1. The characteristics of the children

Factors	**Number (%)**
Gender	
Boy	484 (52.0)
Girl	440 (48.0)
Stunting at aged 3	
Normal	696 (75.8)
Stunting	222 (24.2)
Low birth weight	
Normal	804 (90.8)
Low birth weight	81 (09.2)
Cognitive score (IQ)	(86.2 ± 8.8)

Figure 1 shows the confidence intervals of cognitive score of children. The average cognitive score of children was 86.2. Gender, stunting and low birth weight was significant associated with cognitive score. Girls had higher cognitive score than boys. Cognitive score of stunted children were lower than normal children. Low birth weight children had lower cognitive score than normal children.

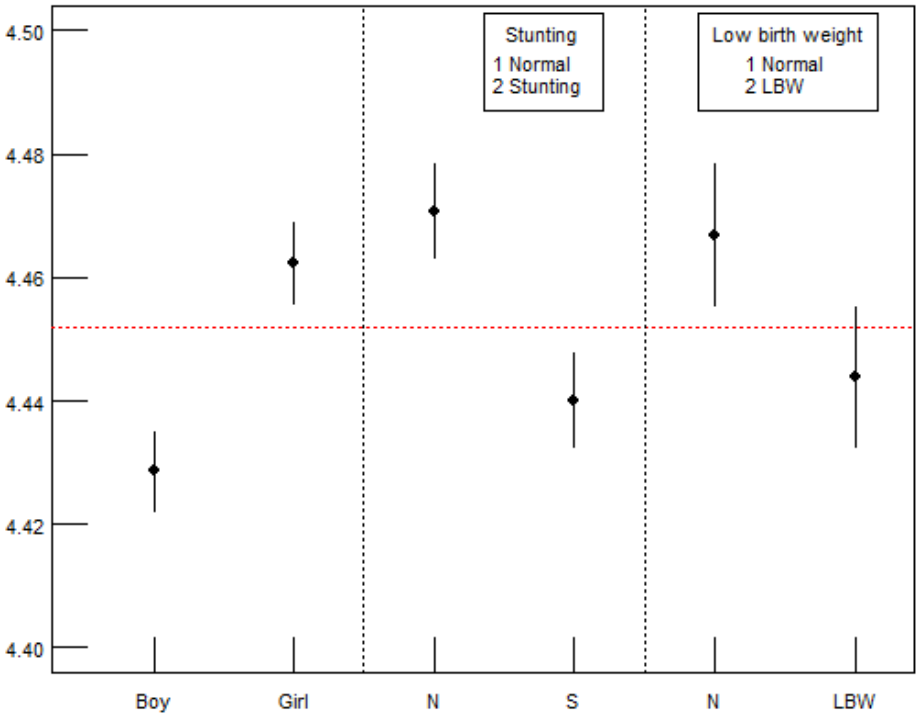


Figure 1 95% Confidence intervals plot of cognitive score of children

Discussion

The IQ average score of children was 86.2. Stunted and low birth weight children accounted for 24.2% and 9.15%. Gender, stunting and low birth weight were statistically significant associated with cognitive function.

The average cognitive score of children in our study is lower than cognitive score of children from a survey Department of Mental Health. The differences may be due to the use of difference intelligence tests. Our study used TONI 3 where as Department of Mental Health used SPM. Stunted children had lower cognitive score than normal children. The result from our finding agree with a study conducted in Peru which found that

stunting at the first 2 years of life children was associated with poor cognitive in late childhood (Berkman et al, 2002).

Lower cognitive score was associated with low birth weight. This result is consistent with a study conducted by Richards et al. (2001) and Martínez-Cruz et al. (2006). The possible explanation is mothers may had some health problems or lack of self-caring during pregnant and this may caused the problem of cognitive function. Girls had the higher cognitive score than boys agree with a study conducted by Nanthamongkolchai et. al (2003). This may due to girls have higher intention in studying than boys.

Conclusions

Gender, stunting and low birth weight are important determinants of cognitive score of children at aged 8.5 years in Southern Thailand.

Suggestion

1. The limitations of this study are genetic and environmental factors were not included. These factors should be considered in further studies.

2. Health promotion among pregnant women and setting up the nutrition planning for children in Southern Thailand should be emphasized in order to improve cognitive function among children.

References

Berkman, D.S., Lescano A.G., Gilman, R.H., Lopez, S.L., Black, M.M. (2002). Effects of stunting, diarrhoeal disease, and parasitic infection during infancy on cognition in late childhood: a follow-up study. *The Lancet*. 359(9306): 564-571.

Branca F. & Ferrari M. (2002). Impact of micronutrient deficiencies on growth: the stunting syndrome. *Annals of nutrition & metabolism*. 46(1): 8-17.

Cheadle, J. E. & Goosby, B. J. (2010). Birth weight, cognitive development, and life chances: A comparison of siblings from childhood into early adulthood. *Social Science Research*. 39(4): 69-584.

Deary, I. J. (2008). Why do intelligent people live longer?. *Nature*. 456: 175-176.

Department of Mental Health. (2011). *National Intelligence quotient survey of Thai students in 2011.* Nonthaburi: Department of Mental Health.

Furnham, A. and Gasson, L. (1998). Sex Differences in Parental Estimates of Their Children's Intelligence. *Sex Roles*. 38(1-2): 1551-162

Health System Research Institute. (2010). *The report of Thailand population health examination survey IV 2008-2009*. Nonthaburi: The graphic systems.

Lynn, R. (2006). *Race differences in intelligence: An evolutionary analysis*. Augusta GA: Washington Summit Books.

Martínez-Cruz, C.F. Poblano, A. Fernández-Carrocera. L.A. Jiménez-Quiróz, R. Tuyú-Torres, N. (2006). Association between Intelligence Quotient Scores and Extremely Low Birth Weight in School-Age Children. *Archives of Medical Research*. 37(5):639-645.

Mendez, M.A. & Adair, L.S. (1999). Severity and timing of stunting in the first two years of life affect performance on cognitive tests in late childhood. *Journal of Nutrition*. 129(8): 1555-1625.

Mosb, Inc. (2009). *Mosby's Medical Dictionary (8th ed).* Mo.: Mosby/Elsevier.

Nanthamongkolchai, S. Isaranurug, S. Kaewsiri, D. (2003). Factor affecting Intelligence Development of School in Four Ares in Thailand. *In Proceedings of 41st Kasetsart University annual conference, Bangkok, Thailand,* 3-7 February 2003 (pp. 3-10). Bangkok: Kasetsart University.

Plomin, R., Owen, M.J., McGuffin, P. (1994). The genetic basis of complex human behaviors. *Science*. 264(5166): 1733–1739.

R Development Core Team. (2010). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from http://www.R-project.org.

Richards, M. Hardy, R. Kuh, D. Wadsworth, M. E. J. (2001). Birth weight and cognitive function in the British 1946 birth cohort: longitudinal population based study. *BMJ*. 322(7280): 199-203.

Rushton, J. P. and Ankney, C. D. (1996). Brain size and cognitive ability: Correlations with age, sex, social class, and race. *Psychonomic Bulletin & Review*. (3)1: 21-36.

Tongkumchum, P. and McNeil, D. (2009). Confidence intervals using contrasts for regression model. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 31: 151-156.

United Nations International Children's Emergency Fund. (2001). The state of the world's children 2000, early childhood. New York: UNICEF.

Venables, W.N. and Ripley, B.D. (2002). *Modern applied statistics with S. (4th ed)*. New York: Springer-Verlag.

Author

Fatina Samae Master degree student, Mathematics and Computer Science Department, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus 181 Chareon Pradit Rd., Rusamilae, Amphur Muang, Pattani 94000. E-mail: tina.fatina05@gmail.com.

NC1004: ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จังหวัดนครนายก

Factors associated with Diabetic Retinopathy in Type 2 Diabetes at Nakhonnayok Province

พรพนา สมจิตร* วิศิษฏ์ ฉวีพจน์กำจร สุธีร์ รัตนะมงคลกุล*** สุคนธา ศิริ****

***นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์)**

สาขาวิชาโรคติดเชื้อและวิทยาการระบาด ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

****ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล**

*****ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

บทคัดย่อ

การศึกษาแบบ Hospital based case-control study ซึ่งทำการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จังหวัดนครนายก ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ.2551 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2553 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มศึกษา ได้แก่ ผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา จำนวน 230 คน และกลุ่มควบคุม ได้แก่ ผู้ป่วยเบาหวานที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา จำนวน 230 คน ซึ่งมีเพศเดียวกันและอายุแตกต่างกันไม่เกิน 5 ปี กับกลุ่มศึกษา

ผลการศึกษาภายหลังจากการวิเคราะห์โดยใช้ multiple logistic regression เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา โดยควบคุมตัวแปรกวนที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรค พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด (FPG) ระหว่าง 141 – 160 มก./ดล., ระหว่าง 161 – 180 มก./ดล. และมากกว่า 180 มก./ดล. (OR = 7.23, 95 % CI 2.80 – 18.72, OR = 4.33, 95 % CI 1.66 – 11.33 และ OR = 3.76, 95 % CI 1.39 – 10.18) ระดับน้ำตาลในเลือด (HbA1c) มากกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ (OR = 2.26, 95 % CI 1.15 – 4.43) BMI ≥ 30 กก./ม^2 (OR = 2.09, 95 % CI 1.04 – 4.20) และความดันโลหิตสูง (OR = 1.80, 95 % CI 1.20 – 2.71) ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้แสดงปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 เกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา จึงควรดำเนินการป้องกันและควบคุมปัจจัยเสี่ยง เพื่อช่วยลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยเบาหวาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ การควบคุมน้ำหนักไม่ให้อ้วนเกินไป และลดการรับประทานอาหารที่มีเกลือโซเดียมสูง

คำสำคัญ : ภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาจากโรคเบาหวาน ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ปัจจัยเสี่ยง

---

* **พรพนา สมจิตร**

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,

โรงพยาบาลทั่วไปนครนายก, โรงพยาบาลชุมชนปากพลี, โรงพยาบาลชุมชนบ้านนา, โรงพยาบาลชุมชนองครักษ์ และโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา

Abstract

The hospital based case-control study studies patients suffering from Type 2 Diabetes in Nakornnayok Province, between August 2008 to July 2010, with the aim to study factors which contribute to diabetic retinopathy in Type 2 diabetes patients. The sample group comprises 230 diabetic patients who suffer from Diabetic Retinopathy, while the control group comprises 230 diabetic patients who do not suffer from Diabetic Retinopathy. The sample and the control group are of the same gender and same ages with the deviations of 5 years.

The researcher uses multiple logistic regression to find the correlation between factors and diabetic retinopathy in Type 2 diabetes patients, by controlling the variables which contribute to the disease. The results of the analysis show that the factors which contribute to the occurrence Diabetic Retinopathy are the fructose concentrations in blood (FPG) between 141-160 mg/dl, between 161-180 mg/dl, and higher than 180 mg/dl (OR

= 7.23, 95 % CI 2.80 – 18.72, OR = 4.33, 95 % CI 1.66 – 11.33, and OR = 3.76, 95 % CI 1.39 – 10.18); the fructose concentrations in blood (HbA1c) higher than 9% (OR = 2.26, 95 % CI 1.15 – 4.43); BMI ≥ 30 kg/m^2 (OR = 2.09, 95 % CI 1.04 – 4.20); and high blood pressure (OR = 1.80, 95 % CI 1.20 – 2.71) consecutively. The research results show factors which contribute to diabetic retinopathy in Type 2 diabetes patients, and therefore, these factors should be controlled and prevented from contributing to the occurrence of diabetic retinopathy in Type 2 diabetes, particularly by keeping the fructose concentrations in blood within the normal range, controlling the body weight, and reducing the intake of food with high sodium content.

Keywords : diabetic retinopathy in type 2 diabetes, risk factors

บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่สำคัญของโลก ในปี 2000 ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วโลกพบว่าความชุกของโรคเบาหวานในทุกกลุ่มอายุในปีนั้นเท่ากับ 2.8% ซึ่งประมาณได้ว่ามีผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกอยู่ 171 ล้านคนและคาดการณ์ว่าในปี 2030 จะมีแนวโน้มของความชุกเพิ่มขึ้นเป็น 4.4% คิดเป็นผู้ป่วยเบาหวานมากกว่า 366 ล้านคน โดยพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง คนที่อาศัยในเขตเมืองในประเทศกำลังพัฒนาจะมีจำนวนผู้ป่วยเบาหวานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า (Wild, 2004) ชนิดของเบาหวานที่พบมากทั่วโลกคือ เบาหวานชนิดที่ 2 (Barnett, 2001, pp. 583-98)

ในประเทศไทยจากการสำรวจทั่วประเทศโดย National Health Examination Survey (NHES) ระหว่างปี พ.ศ.2534-2547 พบว่าอัตราความชุกของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 14 ปีที่ผ่านมา คือ อัตราความชุกคิดเป็นร้อยละ 2.3, 4.4 และ 6.9 ในปีพ.ศ.2534, 2539 และ 2547 ตามลำดับ อัตราความชุกนี้เพิ่มขึ้นทั้งสองเพศและทุกกลุ่มอายุ โดยพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 7.3 และ 6.4 ตามลำดับ(สถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย, 2539 และสถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย, 2540) อัตราความชุกในชุมชนเมืองมากกว่าชนบท (เยาวรัตน์ และพรพันธุ์, 2547)

เบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่พบบ่อยและเป็นที่คุ้นเคยกันดีในประชากรไทย เมื่อเริ่มพบว่าเป็นโรค จนกระทั่งผู้ป่วยเสียชีวิต ค่าใช้จ่ายในการรักษามีราคาสูงมากเพราะเมื่อผู้ป่วยเป็นเบาหวานแล้ว มักจะเกิดภาวะแทรกซ้อนตามมาที่สำคัญ เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ ไตวาย การตัดเท้าหรือขา ตาบอด (อัญชลี, 2548) จอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานในผู้ป่วยเบาหวานเป็นภาวะแทรกซ้อนของหลอดเลือดขนาดเล็กที่คุกคามการมองเห็นและก่อให้เกิดความสูญเสียการมองเห็นหรือตาบอดได้ (WHO, 2009) ผู้ป่วยเบาหวานมีความเสี่ยงต่อการตาบอดสนิทมากกว่าผู้ที่ไม่ได้เป็นเบาหวานถึง 25 เท่า (Guillermo, 2002) จากการศึกษาของ Wisconsin epidemiological study of diabetic retinopathy (WESDR) พบอัตราความชุกของจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ร้อยละ 1.6 โดยในกลุ่มผู้ป่วยที่มีจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานจนก่อให้เกิดการตาบอดพบถึงร้อยละ 33 (Klein, 1989) ในประเทศไทย จากการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิและป่วยเป็นเบาหวานมานานกว่า 9 ปีพบอัตราความชุกของภาวะจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ถึงร้อยละ 30.7 และมีผู้ป่วยตาบอดจากโรคเบาหวาน ร้อยละ 1.5 (Porapakkam, 1986) ขณะที่การศึกษาในโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครราชสีมาพบว่าร้อยละ 15 ของผู้ป่วยเบาหวานมีจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวาน(สำนักนโยบายยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข, 2547) ส่วนจังหวัดลำปาง พบว่ามี nonproliferative diabetic retinopathy ร้อยละ 18.9 และ proliferative diabetic retinopathy ร้อยละ 2.9 (สำนักนโยบายยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข, 2547)

การเกิดจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานในผู้ป่วยเบาหวานมีสาเหตุจากปัจจัยต่างๆ ดังที่มีผู้ทำการศึกษาไว้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยด้านระยะเวลาของการป่วยเป็นโรคเบาหวาน โดยพบว่าอุบัติการณ์และความรุนแรงของภาวะจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเป็นโรคเบาหวาน (Wirta, 1995 & Straub, 1996),ปัจจัยด้านอายุที่เริ่มเป็นเบาหวาน (Henricsson, 1997), ปัจจัยของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงเป็นระยะเวลานานจะเป็นพิษต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อระบบหลอดเลือด ผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมไม่ดีจะมีระดับน้ำตาลที่สูง ไขมันในเลือดที่สูง และความดันโลหิตที่สูงจะมีผลต่อผนังหลอดเลือด เกิดการเสื่อมสภาพ มีการอักเสบ และมีการสะสมของไขมันที่ผนังหลอดเลือดทำให้ตีบ แคบลง หรืออาจตันไปในที่สุด เลือดผ่านไปยังอวัยวะต่างๆ ไม่ได้ เกิดภาวะขาดเลือด ขาดสารอาหาร ขาดออกซิเจน ทำให้อวัยวะนั้นๆ เสียหาย เช่นถ้าเกิดกับจอประสาทตาทำให้จอประสาทตาเสื่อม มีเลือดออก จอประสาทตาหลุด

ลอก ทำให้ตาบอด, ปัจจัยของระดับความดันโลหิต ผู้ป่วยเบาหวานที่มีความดันโลหิตสูง หลอดเลือดแดงในตาจะเสื่อมลงอย่างช้าๆ อาจมีเลือดที่จอตา ทำให้ประสาทตาเสื่อมจึงยิ่งเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนได้ง่าย (UK Prospective Diabetes Study Group, 1998), ปัจจัยด้านไขมันในเลือด ผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับไขมันในเลือดให้ปกติจะช่วยลดอุบัติการณ์และความรุนแรงของจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานลงได้ (Chew, 1996), ปัจจัยชนิดของการรักษาโรคเบาหวาน ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้อินซูลินมีความเสี่ยงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้อินซูลินในการรักษา อาจเนื่องมาจากผู้ที่ใช้อินซูลินโดยส่วนใหญ่มีอาการของโรคเบาหวานที่รุนแรงมาก จนไม่สามารถควบคุมด้วยวิธีการรักษาแบบควบคุมอาหารหรือการใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือด (Henricsson, 1995), ปัจจัยดัชนีมวลกาย ผู้ที่มีระดับดัชนีมวลกายสูงกว่าปกติหรือภาวะอ้วนยิ่งมีความเสี่ยงมากขึ้น, ปัจจัยการสูบบุหรี่และปัจจัยการดื่มแอลกอฮอล์ยังไม่ทราบแน่ชัดว่ามีความสัมพันธ์ต่อการเกิดจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวาน แต่ก็ยังคงมีบางการศึกษาที่พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อการเกิดจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวาน (ทรงพล, 2543)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยศึกษาระหว่างผู้ป่วยเบาหวานที่มีจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานและผู้ป่วยเบาหวานที่ไม่มีภาวะจอประสาทตาเสื่อม ดังนั้นจึงทำให้ทราบถึงปัจจัยต่างๆที่เสี่ยงต่อการเกิดจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวาน ถ้าเรานำข้อมูลจากการศึกษามาหาค่าอัตราเสี่ยงกระทบ (attributable risk) ก็สามารถนำไปใช้พิจารณาการป้องกันและควบคุมโรคจากปัจจัยที่เป็นสาเหตุดังที่ศึกษา โดยพิจารณาการป้องกันและควบคุมจากปัจจัยที่มีค่าของ attributable risk สูงก่อน ก็ทำให้ลดอัตราอุบัติการณ์ของภาวะจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานได้เป็นจำนวนมาก สามารถดำเนินนโยบายที่ทำให้ผู้ป่วยเบาหวานได้การดูแลรักษาและคำแนะนำที่มีประโยชน์มากขึ้น ก็จะสามารถควบคุมผลกระทบจากภาวะจอประสาทตาเสื่อมจากเบาหวานในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

ประชากรตัวอย่างและวิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ผู้ป่วยเบาหวานที่มารับการรักษาในโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดนครนายก จำนวน 5 แห่ง ได้แก่ โรงพยาบาลทั่วไปนครนายก, โรงพยาบาลชุมชนปากพลี, โรงพยาบาลชุมชนบ้านนา โรงพยาบาลชุมชนองครักษ์ และโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2551 ถึงช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 จำนวน 460 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มศึกษา คือ กลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มารับการรักษาในโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดนครนายก จำนวน 5 แห่ง ที่ได้รับการวินิจฉัยและยืนยันผลจากจักษุแพทย์ว่ามีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาจากโรคเบาหวาน (Diabetic retinopathy) โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจงแบบมีเงื่อนไข (purpositive sampling) และกลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มารับการรักษาในโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดนครนายก จำนวน 5 แห่งที่ได้รับการวินิจฉัยและยืนยันผลจากจักษุแพทย์ว่าไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาจากโรคเบาหวาน (Diabetic retinopathy) โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจงแบบมีเงื่อนไข จับคู่กับกลุ่มศึกษาด้วยเพศเดียวกัน อายุแตกต่างกันไม่เกิน 5 ปี และรับการรักษาที่โรงพยาบาลเดียวกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. โครงร่างวิจัยได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยมหิดล คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และกระทรวงสาธารณสุข จากนั้นทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงพยาบาลทั่วไปนครนายก, โรงพยาบาลชุมชนปากพลี, โรงพยาบาลชุมชนบ้านนา โรงพยาบาลชุมชนองครักษ์ และโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล พบแพทย์และพยาบาลที่คลินิกโรคเบาหวาน เพื่อชี้แจงรายละเอียดในการทำวิจัยและขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษารายงานประวัติของผู้ป่วยที่มีคุณลักษณะตรงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา และขอสัมภาษณ์

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย และขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามซึ่งผู้ป่วยแสดงความจำนงในการให้ความร่วมมือ โดยกรอกข้อมูลในใบยินยอมทุกราย

3. ผู้วิจัยและผู้ช่วยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามสำหรับข้อมูลที่เป็นผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีคัดลอกข้อมูลจากแฟ้มประวัติสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง ในการแบ่งเป็นกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบอาศัยผลการวินิจฉัยโดยจักษุแพทย์ว่ามีการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาของกลุ่มตัวอย่าง ตรวจโดยใช้เครื่อง fundus photography ทั้งกรณีที่มีการขยายรูม่านตาและไม่มีการขยายรูม่านตา

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าในการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 25 ปีขึ้นไป
2. กลุ่มตัวอย่างสามารถตอบคำถามและให้ข้อมูลด้วยตนเองได้
3. กลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมในการศึกษา ภายหลังได้รับการบอกกล่าวรายละเอียดการวิจัยและลงนามในหนังสือยินยอมตนให้ทำการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างที่มีโรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของฮอร์โมน เช่น ไทรอยด์เป็นพิษ (Thyrotoxicity)
2. กลุ่มตัวอย่างที่เป็นหญิงตั้งครรภ์
3. กลุ่มตัวอย่างที่แพทย์สงสัยว่ามีเป็นเบาหวานชนิดอื่นๆ
4. กลุ่มตัวอย่างที่ปฏิเสธเข้าร่วมการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามได้ออกแบบตามปัจจัยที่ต้องการเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยเบาหวาน แบบสอบถามถูกแก้ไขและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและมีการทดสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามก่อนนำมาใช้ถามกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่ 1, 2 และ 3 ได้จากการให้ กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 3 ได้จากการแฟ้มบันทึกสุขภาพจากโรงพยาบาล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ, อายุ, สถานภาพสมรส, ระดับการศึกษา, อาชีพ, รายได้ของครอบครัว, จำนวนสมาชิกในครอบครัว และเขตที่ตั้งของที่อยู่อาศัย

ส่วนที่ 2 ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ ประวัติการเป็นโรคเบาหวานและการมีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาของสมาชิกในครอบครัว, การมีความผิดปกติด้านการมองเห็น, อายุที่เริ่มป่วยเป็นโรคเบาหวาน และระยะเวลาการเป็นเบาหวาน

ส่วนที่ 3 ปัจจัยด้านพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ได้แก่ การควบคุมอาหาร, การออกกำลังกาย, การสูบบุหรี่ และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ส่วนที่ 4 แบบบันทึกการตรวจสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวาน ได้แก่ ค่าระดับ fasitong plasma glucose, HbA1c, ระดับความดันโลหิต, ระดับโคเลสเตอรอล, ไตรกลีเซอไรด์, เอชดีแอล-โคเลสเตอรอล, แอลดีแอล-โคเลสเตอรอล, น้ำหนัก, ส่วนสูง, ชนิดการรักษาโรคเบาหวาน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้วยค่าความถี่, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนการประมาณค่าสัดส่วนใช้สถิติ chi-square test และใช้สถิติวิเคราะห์ ได้แก่ ค่า odds ratio ดูความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์แบบตัวแปรเชิงเดี่ยวและตัวแปรเชิงซ้อน และใช้สถิติ multiple logistic regression analysis เพื่อควบคุมอิทธิพลของปัจจัยภายนอกที่อาจมีผลทำให้ความสัมพันธ์คลาดเคลื่อนไป

นิยามตัวแปร

ระดับน้ำตาลในกระแสเลือด (the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, 2003) หมายถึง ผลการตรวจ glycosylated hemoglobin (HbA1c) และผลการตรวจน้ำตาลในโลหิตก่อนอาหารเช้า (fasting plasma glucose: FPG) ซึ่งแบ่งตามการควบคุมระดับน้ำตาลในโลหิตได้ดังนี้

- **HbA1c** < 7 % หมายความว่า ควบคุมดี
- **FPG (mg/dl) :**

ควบคุมดี	=	80 – 120 mg/dl
ดีพอใช้	=	121 – 140 mg/dl
พอใช้	=	141 – 180 mg/dl
ควบคุมดี	=	> 180 mg/dl

ความดันโลหิต (Chobanian, 2003) ใช้เกณฑ์คำนิยามของ The Sixth Report of the Joint. National Committee on Prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure (JNC 7) ได้จำแนกระดับความดันเลือดออกเป็นหลายระดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระดับความดันโลหิตใช้เกณฑ์ตาม JNC 7

Hypertension	systolic blood pressure (มม.ปรอท)		diastolic blood pressure (มม.ปรอท)
Prehypertension	120 -139	หรือ	80 – 89
Stage 1	140 – 159	หรือ	90 - 99
Stage 2	≥ 160	หรือ	≥ 100

ภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาจากโรคเบาหวาน (Rosenblatt, 2008**)** หมายถึง เบาหวานขึ้นจอประสาทตาอันส่งผลต่อความสามารถในการมองเห็นที่เสื่อมถอยลงและอาจถึงขั้นตาบอดได้ เบาหวานขึ้นจอประสาทตาจะมีผลกับส่วนของกระจกตา (peripheral retina) หรือจุดรับภาพ (macula) หรือทั้งสองแห่ง โดยในระยะแรกนั้นอาจมีความผิดปกติของเส้นเลือดในดวงตาจากโรคเบาหวาน จะไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติในการมองเห็นที่จะทำให้ผู้ป่วยรู้สึกได้ แต่จะทราบได้จากการตรวจดูจอประสาทตาอย่างละเอียดเท่านั้น โดยจะตรวจพบตุ่มโป่งพองเล็กๆจากผนังเส้นเลือด (microaneurysm) ในระยะเริ่มแรก ต่อมาจะมีจุดเลือดออก (retinal hemorrhage), ไขมัน (exudates)ซึมออกมารอบๆเส้นเลือด ทำให้มีจอประสาทตาบางส่วนบวมหรือตาย (cotton wool spot) จากการได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ถ้าไปเกิดตรงกลางจุดรับภาพ (macular) จะทำให้การมองเห็นลดลงอย่างรวดเร็ว แม้ว่าระยะของโรคเบาหวานที่จอประสาทตาทั่วๆไปจะไม่รุนแรงมากก็ตามในกรณีที่โรคเข้าสู่ระยะรุนแรงจะมีผลให้จอประสาทตาสร้างสารกระตุ้นการสร้างเส้นเลือดใหม่ (vascular endothelial growth factor; VEGF) โดยเส้นเลือดที่เกิดใหม่นี้ (neovascularization ; NV) จะเปราะแตกง่ายและก่อให้เกิดการสร้างเยื่อพังผืดรั้งจอประสาทตา ทำให้มีเลือดออกในน้ำวุ้นตา (vitreous hemorrhage) และจอประสาทตาถูกดึงหลุดลอก (tractional retinal detactment) ทำให้ผู้ป่วยตาบอดในที่สุด การเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาได้รับการวินิจฉัยโดยจักษุแพทย์

ดัชนีมวลกาย (Body mass Index: BMI) (Steering Committee, 2000) หมายถึง น้ำหนักเป็นกิโลกรัมหารด้วยความสูงเป็นเมตรยกกำลังสอง (ม.^{2}) การศึกษานี้ใช้เกณฑ์ขององค์การอนามัยโลกสำหรับชาวเอเชียแปซิฟิก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ดัชนีมวลกายแบ่งตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลกสำหรับชาวเอเชียแปซิฟิก

	BMI (Kg/m^2)
Overweight	≥ 23.0
At risk	23 – 24.9
Obese I	25 – 29.9
Obese II	≥ 30.0

ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ทั้งผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาและกลุ่มควบคุมนั้นถูกเก็บข้อมูลโดยจับคู่เพศเดียวกัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 50 – 59 ปี สถานภาพสมรสคู่ จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ไม่ได้ประกอบอาชีพ รายได้ต่อครอบครัวมากกว่า 10,000 บาทต่อเดือน อาศัยอยู่นอกเขตเทศบาล มักอยู่ในครอบครัวที่มีสมาชิกตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป

ข้อมูลด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยนั้นพบว่า ทั้งกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาและกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ จะไม่มีประวัติการเป็นโรคเบาหวานและประวัติการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในครอบครัว อายุที่เริ่มป่วยเป็นเบาหวานอยู่ระหว่าง 40 – 49 ปี ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวานตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป ส่วนการสูบบุหรี่และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พบว่าผู้ป่วยเบาหวานทั้งสองกลุ่มมักไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มแอลกอฮอล์

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรสถิติเชิงเดี่ยว (univariate analysis) พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ระดับน้ำตาลในโลหิต (FPG, HbA1c) ภาวะ ความดันโลหิตสูง ดัชนีมวลกาย (ตารางที่ 3) จึงได้ควบคุมอิทธิพลของตัวแปรภายนอก (confounding variables) โดยใช้สถิติถดถอยแบบพหุลอจิสติค (multiple logistic regression) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา คือ ระดับน้ำตาลในโลหิต (FPG, HbA1c) ภาวะความดันโลหิตสูง ดัชนีมวลกาย (ตารางที่ 4) ส่วนความดันโลหิตซิสโตลิค ความดันโลหิตไดแอสโตลิค ครอเลสเตอรอลรวมในโลหิต ไตรกลีเซอร์ไรด์ ระดับแอลดีแอล-คลอเลสเตอรอล ระดับเอชดีแอล-คลอเลสเตอรอล การควบคุมอาหาร การออกกำลังกายชนิดของการรักษา อายุที่เริ่มป่วย ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา

วิจารณ์

ในการศึกษานี้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในโรคเบาหวานกับปัจจัยที่มีอิทธิพลบางตัว ได้แก่ ระดับน้ำตาลในโลหิต ความดันโลหิตสูง และดัชนีมวลกาย

ระดับน้ำตาลในโลหิตสูงทั้ง FPG และ HbA1c พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา ซึ่งพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ให้ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษานี้ (Chaikaew, et al., 2004 & Keen, et al., 2001, & Pradeepa, et al., 2008, & Stratton, et al., 2001 & Wong, et al., 2008, & Zoppini, et al., 2009) ภาวะน้ำตาลในโลหิตสูงทำให้เกิดการหนาตัวของผนังหลอดโลหิต (vascular basement membrane) เพิ่มการไหลเวียนของโลหิต และยังสามารถขัดขวางการทำงานของระบบควบคุมการไหลเวียนของโลหิต นอกจากนี้ยังมีผลโดยตรงต่อเยื่อบุรอบผนังโลหิต ทำให้มีจำนวนโลหิตลดลง มีการไหลเวียนโลหิตในจอประสาทตามากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันต่อผนังโลหิตมากขึ้น ผนังโลหิตถูกทำลาย เกิดการอุดตันของหลอดโลหิต ทำให้มีการขาดออกซิเจนและขาดโลหิตขึ้นเป็นผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาที่รุนแรง (Kohner, et al., 1993, & Barnett, et al., 2001) ในการศึกษานี้ใช้ทั้ง FPG และ HbA1c เป็นตัวบ่งบอกถึงการควบคุมระดับน้ำตาลใน อย่างไรก็ตาม Liu et al (1993) พบว่าทั้ง FPG และ HbA1c ไม่แตกต่างกันทั้งจากการหาความชุก และจากการศึกษาของ Zoppini, et al., (2009) แสดงให้เห็นว่า FPG และ HbA1c สามารถทำนายการเกิดอุบัติการณ์ของการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาหรือความก้าวหน้าของภาวะนี้ที่รุนแรงมากขึ้นในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 (Tapp, et al., 2006, & Pradeepa, et al., 2008)

การศึกษานี้พบว่า การมีภาวะความดันโลหิตสูงเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอีกมากมาย (Chaikaew, et al., 2004, & Golbahar, et al., 2008, & Kifley, et al., 2007, & Rema, et al., 2005, & Zoppini, et al., 2009) ความดันโลหิตสูงมีผลต่อการไหลเวียนของโลหิตในจอประสาทตา โดยทำให้เกิดการทำลายเยื่อบุเซลล์ของผนังหลอดโลหิต (Klein, et al., 1989) ซึ่งจะทำให้หลอดโลหิตแคบลง และเกิดการอุดตันในหลอดโลหิต และเกิดการอุดตันในหลอดโลหิตขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลให้เกิด soft exudates คือ การสะสมของไขมัน ภาวะความดันโลหิตสูงเรื้อรังทำให้เกิดการแข็งตัวของหลอดเลือดโลหิตซึ่งทำให้เกิดการตีบแคบ การแข็งตัวของโลหิตในจอประสาทตา และมีการข้ามกันระหว่างหลอดโลหิตดำและหลอดโลหิตแดง เกิดการทับซ้อนกันของเส้นโลหิต ทำให้โลหิตไหลเวียนได้ไม่ดี จึงส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทในภายหลังได้ (Guillermo, et al., 2002)

ปัจจัยด้านดัชนีมวลกายก็พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา โดยผู้ที่มีดัชนีมวลกายในระดับอ้วนมากเกินไป ตั้งแต่ 30 กก./ม.^{2} จะเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตามากกว่า ผู้ที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่า ซึ่งตรงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (van Leiden, et al., 2002, & Katusic, et al., 2005) สมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายน้อยและการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา คือ ผู้ที่มีดัชนีมวลกายในระดับที่อ้วนมากเกินไป ในช่วงที่อายุมาก การลดน้ำหนักจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก และเมื่อมีการดำเนินของโรคไปมากร่วมกับการมีภาวะน้ำตาลในโลหิตสูงเป็นเวลานาน จะยิ่งส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้ง่าย(Dowse, et al., 1998) Look et al. (2001) ทำการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายและการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตามีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในช่วง 10 – 15 ปี

การวางแผนการดำเนินการป้องกันและควบคุมปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 เกิดภาวะแทรกซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ การควบคุมน้ำหนักไม่ให้อ้วนเกินไป และลดการรับประทานอาหารที่มีเกลือโซเดียมสูง บุคลากรทางด้านสาธารณสุขควรเน้นการให้สุขศึกษา การแนะนำผู้ป่วยให้ตระหนักถึงอันตรายของการเกิดภาวะแทรกซ้อน และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดูแลตนเอง และปฏิบัติตามแผนการรักษาของแพทย์อย่างถูกต้องก็จะสามารถลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานได้

สรุป

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตา ได้แก่ ระดับน้ำตาลในโลหิต (FPG, HbA1c) ความดันโลหิตสูง ดัชนีมวลกาย ดังนั้นการควบคุมระดับน้ำตาลในโลหิต การควบคุมน้ำหนักไม่ให้อ้วน และการรักษาความดันโลหิตสูง จะช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาลงได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยทุกท่าน คณะกรรมการการวิจัยในคนของของมหาวิทยาลัยมหิดล คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และกระทรวงสาธารณสุข และผู้อำนวยการโรงพยาบาลทั่วไปนครนายก, โรงพยาบาลชุมชนปากพลี, โรงพยาบาลชุมชนบ้านนา โรงพยาบาลชุมชนองครักษ์ และโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ที่อนุมัติให้ทำการวิจัยรวมทั้งแพทย์และพยาบาลในคลินิกโรคเบาหวานที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบพระคุณผู้ที่เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่เสียสละเวลาและให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์เป็นอย่างดี

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปัจจัยที่ศึกษาระหว่างผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาและกลุ่มควบคุม

ปัจจัยที่ศึกษา	cOR	95%CI	p-value*
ประวัติการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาจากโรคเบาหวานครอบครัว			
ไม่มี	1	0.60 – 6.88	0.251
มี	2.036		
อายุที่เริ่มป่วยเป็นเบาหวาน (ปี)			
< 40	1		
40 – 49	0.96	0.48 – 1.93	0.901
50 – 59	0.95	0.47 – 1.93	0.881
≥ 60	0.86	0.35 – 2.10	0.736
ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน (ปี)			
≤ 9	1		
≥ 10	1.36	0.94 – 1.98	0.106
ชนิดของการรักษา			
ควบคุมอาหาร และรับประทานยา	1		
ฉีดอินซูลิน	1.25	0.75 – 2.10	0.396
ฉีดอินซูลิน และรับประทานยา	2.10	0.52 – 8.50	0.300
การควบคุมอาหาร			
ควบคุม	1		
ไม่ควบคุม	0.66	0.40 – 1.09	0.102
การออกกำลังกาย			
ออกกำลังกาย	1		
ไม่ได้ออกกำลังกาย	1.17	0.81 – 1.69	0.400
การสูบบุหรี่			
ไม่เคยสูบ	1		
เคยสูบ	1.09	0.56 – 2.14	0.805
สูบ	1.35	0.69 – 2.67	0.383
การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์			
ไม่เคยดื่ม	1		
เคยดื่ม	1.27	0.72 – 2.25	0.412
ดื่ม	1.29	0.71 – 2.32	0.400
ดัชนีมวลกาย (กก./ม.^{2})			
< 23	1		
23 – 24.9	1.47	0.83 – 2.59	0.184
25 – 29.9	0.95	0.57 – 1.61	0.860
≥ 30	1.99	1.06 – 3.73	0.032*

*p-value < 0.05, Chi-square test

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปัจจัยที่ศึกษาระหว่างผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาและกลุ่มควบคุม **(ต่อ)**

ปัจจัยที่ศึกษา	cOR	95%CI	p-value*
Fasting plasma glucose (mg/dl)			
≤ 120	1		
120 – 140	1.17	0.47 – 2.86	0.739
141 – 160	5.70	2.34 – 13.82	<0.001*
161 – 180	3.43	1.39 – 8.46	0.007*
≥ 180	3.21	1.27 – 8.08	0.013*
HbA1c (%)			
< 7	1		
7 – 9	1.22	0.73 – 2.02	0.445
> 9	2.25	1.22 – 4.16	0.010*
ความดันโลหิตสูง			
ไม่มี	1		
มี	1.58	1.09 – 2.28	0.015*
ความดันโลหิตซิสโตลิค (มม.ปรอท)			
< 130	1		
130 – 139	0.75	0.45 – 1.27	0.290
140 – 159	1.40	0.87 – 2.25	0.162
≥ 160	0.58	0.16 – 2.11	0.411
ความดันโลหิตไดแอสโตลิค (มม.ปรอท)			
< 80	1		
80 – 89	0.91	0.62 – 1.34	0.635
90 – 99	1.27	0.64 – 2.52	0.489
คลอเลสเตอรอลรวม (มก./เดซิลิตร)			
< 200	1		
≥ 200	0.88	0.61 – 1.27	0.512
ระดับไตรกลีเซอไรด์ (มก./เดซิลิตร)			
< 200	1		
≥ 200	1.20	0.83 – 1.75	0.339
ระดับแอลดีแอล-คลอเลสเตอรอล (มก./เดซิลิตร)			
< 100 mg/dl	1		
≥ 100 mg/dl	0.92	0.60 – 1.38	0.673
ระดับเอชดีแอล-คลอเลสเตอรอล (มก./เดซิลิตร)			
≤ 40 mg/dl	0.86	0.50 – 1.48	0.580
> 40 mg/dl	1		

*p-value < 0.05, Chi-square test

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 หลังจากการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Multiple logistic regression)

ปัจจัยที่ศึกษา	cOR	95%CI	p-value*
ดัชนีมวลกาย (กก./ม.^{2})			
< 23	1		
23 – 24.9	1.65[ก]	0.88 – 3.10	0.120
25 – 29.9	1.03[ก]	0.58 – 1.84	0.910
≥ 30	2.09[ก]	1.04 – 4.19	0.038*
			0.048**
Fasting plasma glucose (mg/dl)			
≤ 120	1		
120 – 140	1.46[ข]	0.56 – 3.82	0.440
141 – 160	7.23[ข]	2.80 – 18.72	<0.001*
161 – 180	4.33[ข]	1.66 – 11.33	0.003*
≥ 180	3.76[ข]	1.39 – 10.18	0.009*
			<0.001**
HbA1c (%)			
< 7	1		
7 – 9	1.38[ค]	0.80 – 2.40	0.252
> 9	2.26[ค]	1.15 – 4.43	0.018*
			0.052**
ความดันโลหิตสูง			
ไม่มี	1		
มี	1.80[ง]	1.19 – 2.71	0.005*

* p-value < 0.05, Chi-square test

** Chi-square for trend

[ก] ปัจจัยที่ควบคุม คือ อายุที่เริ่มป่วยเป็นเบาหวาน, ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน, การควบคุมอาหาร, การออกกำลังกาย, การสูบบุหรี่, การบริโภคเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์, fasting plasma glucose, HbA1c, ความดันโลหิตสูง, คลอเลสเตอรอลรวม, ระดับไตรกลีเซอไรด์, ระดับแอลดีแอล-คลอเลสเตอรอล, ระดับเอชดีแอล-คลอเลสเตอรอล

[ข] ปัจจัยที่ควบคุม คือ อายุที่เริ่มป่วยเป็นเบาหวาน, ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน, การควบคุมอาหาร, การออกกำลังกาย, การสูบบุหรี่, การบริโภคเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์, ดัชนีมวลกาย, HbA1c, ความดันโลหิตสูง, คลอเลสเตอรอลรวม, ระดับไตรกลีเซอไรด์, ระดับแอลดีแอล-คลอเลสเตอรอล, ระดับเอชดีแอล-คลอเลสเตอรอล

[ค] ปัจจัยที่ควบคุม คือ อายุที่เริ่มป่วยเป็นเบาหวาน, ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน, การควบคุมอาหาร, การออกกำลังกาย, การสูบบุหรี่, การบริโภคเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์, ดัชนีมวลกาย, fasting plasma glucose, ความดันโลหิตสูง, คลอเลสเตอรอลรวม, ระดับไตรกลีเซอไรด์, ระดับแอลดีแอล-คลอเลสเตอรอล, ระดับเอชดีแอล-คลอเลสเตอรอล

[ง] ปัจจัยที่ควบคุม คือ อายุที่เริ่มป่วยเป็นเบาหวาน, ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน, การควบคุมอาหาร, การออกกำลังกาย, การสูบบุหรี่, การบริโภคเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์, ดัชนีมวลกาย, fasting plasma glucose, HbA1c, คลอเลสเตอรอลรวม, ระดับไตรกลีเซอไรด์, ระดับแอลดีแอล-คลอเลสเตอรอล, ระดับเอชดีแอล-คลอเลสเตอรอล

เอกสารอ้างอิง

เยาวรัตน์ ปรปักษ์ขาม, พรพันธุ์ บุญยรัตพันธุ์. (2547). รายงานการสำรวจสภาวะสุขภาพอนามัยของประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 3 พ.ศ.2546-2547. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข.

สถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ. (2540). รายงานการสำรวจสภาวะสุขภาพของประชาชนโดยการตรวจร่างกาย พ.ศ.2539-2540. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข.

สถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย และสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. (2539). รายงานการสำรวจสถานะสุขภาพอนามัยของประชาชนไทยด้วยการสอบถามและตรวจร่างกายทั่วประเทศครั้งที่ 1 พ.ศ.2534-2535. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

อัญชลี ศิริพิทยาคุณกิจ. (2548). สถานการณ์โรคเบาหวานในประเทศไทย. ใน: Weekly Epidemiological Surveillance Report 2005; Vol. 36 No. 47(ออนไลน์). (เข้าถึงเมื่อวันที่เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2552). เข้าถึงได้จาก: http://epid.moph.go.th/weekly/w_2548/menu_wesr48.html

ทรงพล ต่อนี, ชัยชาญ ดีโรจนวงศ์, ธวัชชัย วรพงศธร, และชูเกียรติ วิวัฒน์วงศ์เกษม. (2543). การเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 9, 214-220.

Barnett, P., & Braunstein, G. (2001). Diabetes mellitus.. In: Andreali T, editor. Cecil Essentials of Medicine. 5th ed. Philadelphia: W.B. Saunders company.

Chaikaew, S., Chaveepojnkamjorn, W., Rojanavipart, P., & Rawdaree, P. (2004). Factor associated with Diabetic Retinopathy in Type 2 Diabetes. Vajira Medical Journal, 48, 97-106.

Chew, E.Y., Klein, M.L., Ferris, F.L, Remaley, N.A., Murphy, R.P.,... Chantry, K., (1996). Association of elevated serum lipid levels with retinal hard exudate in diabetic retinopathy. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) Report 22. Archives of ophthalmology, 114(9), 1079-1084.

Chobanian, A.V., Bakris, G.L., Black, H.R., Cushman, W.C., Green, L.A.,... Izzo, J.L. (2003). The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. the JNC 7 report. Jama ,289(19), 2560-2572.

Dowse, G.K., Humphrey, A.R., Collins, V.R., Plehwe, W., Gareeboo, H.,... Fareed, D. (1998). Prevalence and risk factors for diabetic retinopathy in the multiethnic population of Mauritius. Am J Epidemiol, 147(5), 448-57.

Golbahar, J., Rahimi, M, Tabei, M.B., & Aminzadeh, M.A. (2008). Clinical risk factors and association of hyperhomocysteinemia with diabetic retinopathy in Iranian type 2 diabetes patients. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, 192-201.

Guillermo, A., & Ariadna, S. (2002). Diabetic retinopathy. In: Agerwal A, Apple D, Buratto L, Alio J, Pandey S, et al, editors. Textbook of ophthalmology. 4th ed. Newdehi: Gapsons papers Ltd .

Henricsson, M., Janzon, L., & Groop, L. (1995). Progression of retinopathy after change of treatment from oral antihyperglycemic agents to insulin in patients with NIDDM. Diabetes care, 18(12), 1571-1576.

Henricsson, M., Nilsson, A., Janzon, L., & Groop, L. (1997). The effect of glycaemic control and the introduction of insulin therapy on retinopathy in non-insulin-dependent diabetes mellitus. Diabet Med, 14(2), 123-131.

Katusic, D., Tomic, M., Jukic, T., Kordic, R., Sikic, J.,... Vukojevic, N. (2005). Obesity--a risk factor for diabetic retinopathy in type 2 diabetes? Coll Antropol, 29(1), 47-50.

Keen, H., Lee, E.T., Russell, D., Miki, E., Bennett, P.H., & Lu, M. (2001). The appearance of retinopathy and progression to proliferative retinopathy: the WHO Multinational Study of Vascular Disease in Diabetes. Diabetologia, 2, 22-30.

Kifley, A., Wang, J.J., Cugati, S., Wong, T.Y., & Mitchell, P. (2007). Retinal vascular caliber, diabetes, and retinopathy. Am J Ophthalmol, 143(6), 1024-1026.

Klein, R., Klein, B.E., & Moss, S.E. (1989). The Wisconsin epidemiological study of diabetic retinopathy: a review. Diabetes/metabolism reviews, 5(7), 559-570.

Kohner, E.M.. (1993). The retinal blood flow in diabetes. Diabete Metab 1993, 9, 401-404.

Liu, Q.Z., Pettitt, D.J., Hanson, R.L., Chrles, M.A., Klein, R.,... Bennett, P.H. (1993). Glycated haemoglobin, plasma glucose and diabetic retinopathy: cross sectional and prospective analyses. Diabetologia, 36, 428-432.

Looker, H.C., Knowler, W.C., & Hanson, R.L. (2001). Changes in BMI and weight before and after the development of type 2 diabetes. Diabetes Care, 24, 1917-1922.

Maberley, D.A., King, W., Cruess, A.F., & Koushik, A. (2002). Risk factors for diabetic retinopathy in the Cree of James Bay. Ophthalmic Epidemiol, 9(3), 153-67.

Porapakkam, Y., & Prasartkul, P. (1986). New developments in the analysis of mortality and cause of death. 1st ed. Newyork: Garland Publishing.

Pradeepa, R., Anitha, B., Mohan, V., Ganesan, A., & Rema, M. (2008). Risk factors for diabetic retinopathy in a South Indian Type 2 diabetic population--the Chennai Urban Rural Epidemiology Study (CURES) Eye Study 4. Diabet Med, 25(5), 536-542.

Rema, M., Sujatha, P., & Pradeepa, R. (2005). Visual outcomes of pan-retinal photocoagulation in diabetic retinopathy at one-year follow-up and associated risk factors. Indian J Ophthalmol, 53(2), 93-99.

Rosenblatt, B., Regillo, C., & Benson, W. (2008). Diabetic Retinopathy and Ocular Complications. In: GoldteinBJ, Muller-WielandD, eds. Type 2 diabetes: principles and practice. 2rd ed. USA.

Steering Committee. (2000). The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Health communications Australia Pty Limited on behalf of the steering committee.

Stratton, I.M., Kohner, E.M., Aldington, S.J., Turner, R.C., Holman, R.R.,... Manley, S.E. (2001).UKPDS 50: risk factors for incidence and progression of retinopathy in Type II diabetes over 6 years from diagnosis. Diabetologia, 44(2), 156-163.

Straub, R.H., Zietz, B., Palitzsch, K.D., Scholmerich, J. (1996). Impact of disease duration on cardiovascular and pupillary autonomic nervous function in IDDM and NIDDM patients. Diabetes care, 19(9), 960-967.

Tapp, R.J., Zimmet, P.Z., Harper, C.A., McCarty, D.J., Chitson, P.,... Tonkin, A.M. (2006). Six year incidence and progression of diabetic retinopathy: results from the Mauritius diabetes complication study. Diabetes Res Clin Pract, 73(3), 298-303.

The Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. (2003). Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. Diabetes care, 26(1), 5-20.

UK Prospective Diabetes Study Group. (1998). Tight blood pressure control and risk of macrovascular and microvascular complications in type 2 diabetes: UKPDS 38. UK Prospective Diabetes Study Group. BMJ, 317(7160), 703-713.

Van Leiden, H.A., Dekker, J.M., Moll, A.C., Nijpels, G., Heine, R.J.,... Bouter, L.M. (2002). Blood pressure, lipids, and obesity are associated with retinopathy: the hoorn study. Diabetes Care, 25(8), 1320-1325.

WHO. (2009). What are common consequences of diabetes : diabetes(online). Retrieved 2009 June 9. Retrieved from http://www.who.int/mediacentre/ factsheets/ fs312/en/index.html

Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., & King, H. (2004). Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes care, 27(5),1047-1053.

Wirta, O.R., Pasternack, A.I., Oksa, H.H., Mustonen, J.T., Koivula, T.A.,... Helin, H.J,. (1995). Occurrence of late specific complications in type II (non-insulin-dependent) diabetes mellitus. Journal of diabetes and its complications, 9(3), 177-185.

Wong, J., Molyneaux, L., Constantino, M., Twigg, S.M., & Yue, DK. (2008). Timing is everything: age of onset influences long-term retinopathy risk in type 2 diabetes, independent of traditional risk factors. Diabetes Care, 31(10), 1985-1990.

Zoppini, G., Verlato, G., Targher, G., Casati, S., Gusson, E., & Biasi, V. (2009). Is fasting glucose variability a risk factor for retinopathy in people with type 2 diabetes? Nutr Metab Cardiovasc Dis, 19(5), 334-339.

ผู้เขียน

พรพนา สมจิตร สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000 ajphying@hotmail.com

รศ.ดร.วิศิษฏ์ ฉวีพจน์กำจร ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 headphep@mahidol.ac.th

นพ.ดร.สุธีร์ รัตนะมงคลกุล ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 62 หมู่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120 suthee@swu.ac.th

ดร.สุคนธา ศิริ ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 headphep@mahidol.ac.th

NC1005: Optimized Production of the Mite Allergen Der f 2 Variants in *Escherichia coli*

Nithikan Suthumchai[1], Nat Malainual[2], Nongmai Sirisomwong[3]
[1] Graduate student in Microbiology, Department of Microbiology, [2] Department of Parasitology, [3] Graduate student in Immunology, Department of Immunology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

Abstract

The group 2 allergen of *Dermatophagoides farinae* (DF) dust mites is one of the most common indoor allergens associated with allergic diseases worldwide. Crude mite extract yields a low amount of natural Der f 2 and contains other unknown proteins whereas the production of recombinant Der f 2 (rDer f 2) is an alternative way for both high yield and high quality. A high yield of rDer f 2 production has not been achieved yet; therefore, this study aimed to determine the optimal conditions for rDer f 2 expressions in a bacterial host for a better yield. Four variants of Der f 2 gene in Thailand were tested. The total RNA was extracted from mites and PCR-amplified cDNAs were cloned into pET100 plasmids, transformed into *Escherichia coli* (BL21) strain and expressed. The expression conditions were investigated using various factors: culture media, supplements, temperatures, an IPTG inducer, induction times, shaking speeds, and culture-flask volume ratios. Then, the antigenic properties of the expressed proteins were examined. High yields of the rDer f 2 proteins were obtained from the culture with Terrific Broth medium at 37 °C, 300 rpm, and 6-hour induction with 0.4 mM IPTG with a 20:80 culture-flask volume ratio. The yields were about 62 to 72 mg/L. Moreover, the produced rDer f 2 showed the strong binding activities with the specific monoclonal antibody. These optimal conditions for rDer f 2 protein expression would be up-scaled for mass production in order to develop diagnostic and therapeutic agents for mite allergy treatment.

Keywords: Mite allergens, Recombinant Der f 2, Protein expression

Corresponding Author: Miss Nithikan Suthumchai Graduate Program in Microbiology, Department of Microbiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University. **Tel:** 080-2548-132 **E.mail:** jupiter_brain@hotmail.com
Acknowledgement: This work was supported by Siriraj Graduated Thesis Research Scholarship and the Chalermprakiat grant, the Faculty of Medicine Siriraj Hospital.

Introduction

House dust mites are the most common producers of indoor allergens worldwide. Among various dust mite species, *Dermatophagoides farinae* (DF) is frequently found in many countries including Thailand.[1-3] Der f 2, a major allergen of this mite species, can bind IgE antibodies of 80-100% allergic patient's serum. Seventeen genetic polymorphisms of Der f 2 gene have been reported so far, eleven of them had been found in Thailand.[4] A considerable number of studies showed that the recombinant allergens are promisingly materials for using in either diagnosis or therapy of allergic patients. Moreover, using the specific allergens can help in avoiding other unwanted proteins in the natural mite extract. Recombinant mite allergens have been produced by expression in several host systems such as bacteria, yeast, insect cells, and plant cells. Of which, the most convenient and economically cost method is using *Escherichia coli* strains, bacterial expression system; however a sufficient yield has not yet been achieved.[5-10]

Objectives

This study aims to obtain the optimal conditions of recombinant Der f 2 (rDer f 2) protein with high yields and high quality and to evaluate properties of rDer f 2 compared to its variants

Materials and Methods

House dust mites and Der f 2 allergen variants: The *Dermatophagoides farinae* (DF) dust mites species were isolated from house dust samples collected from houses in Bangkok Metropolitan area. The mites were cultured at 25°C and 75% relative humidity until used. Total RNAs were extracted from the mites by RNA isolation kit (NucleoSpin RNA), converted into cDNAs, and amplified with a pair of specific primers designed from Der f 2 gene (GenBank EF205129.1). Of which, the sequences were 5'-CACCATGGTCGATGGTTGCCA-3' for the forward primer and 5'- GAATTCGCCCTTTGTTCTAGAAT -3' for the reverse primer respectively. The amplified products were then cloned by using pET100 vector, and were then selected for DNA sequencing. According to the previous reported genes, 4 DNA clones from three sources

containing the different Der f 2 genetic variations closely homolog with Der f 2.0102, 2.0105, 2.0111, and 2.0116

Table 1 Summary of the varied conditions for Der f 2 expression in *E. coli* (BL21)

Variations	Media[1]	Temp (°C)	IPTG (mM)	Inducing time (hrs)	Shaking speed (rpm)	Volume ratio
Medium	LB SB TB SOB	37	1	5	250	20:80
Temperature	LB	32 35 37 40	1	5	250	20:80
IPTG	LB	37	0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.8 1.0	5	250	20:80
Inducing time	LB	37	1	1 2 3 4 5 6 7 8 9	250	20:80
Shaking speed	LB	37	1	5	220 250 270 300	20:80
Volume ratio	LB	37	1	5	250	40:60 30:70 20:80

[1] LB: Luria broth, TB: Terrific broth, SB: Super broth, SOB: Super optimal broth

Construction of rDer f 2 expression plasmid: The bacterial clone containing each Der f 2 and its variants were grown in 10 ml LB broth containing 100 µg/ml Ampicillin (LB+Ampicillin) at 37°C overnight and extracted for the recombinant Der f 2 plasmid. Then, 5 µl of the plasmid was gently mixed into the expression host *E. coli* (BL21) strain (Invitrogen, USA). The mixture was incubated on ice for 30 minutes following by heat shock at 42°C for 30 seconds without shaking, and immediately submerged the mixture vial into ice. 250 µl of SOC medium was added and incubated at 37°C for 30 minutes. The entire reaction was then transferred into 10 ml LB+Ampicillin, and grown overnight at 37°C with shaking. All bacterial cultures containing pET100-Der f 2 variants were aliquot, and cryopreserved in 80% glycerol.

Der f 2 expression: Individual cryopreserved *E. coli* (BL21) clone was thawed out, and grown in 10 ml LB+Ampicillin at 37°C overnight. On the following day, the culture was inoculated into a new flask of LB+Ampicillin, and cultured with shaking until OD_{600} was about 0.5. Then, IPTG was added into the culture as an inducing agent for protein expression.

Optimizing conditions: Variations of factors were investigated for optimal conditions of rDer f 2 expression including culture media, temperatures, IPTG concentrations, inducing times, shaking speeds and culture-flask volume ratios. Generally, the rDer f 2-containing *E. coli* (BL21) was cultured with 50 ml medium in 250 ml Erlenmeyer flask at 37°C, 250 rpm and induced with 1 mM IPTG for 6 hrs whereas the factors were

varied independently as summarized in Table 1. The bacterial growth was observed every hour by spectrophotometer at OD_{600}. In addition, Mg_2SO_4 and $MgCl_2$ were also tested as supplements at the concentrations of 3, 10, 30, and 100 mM.

Purification of rDer f 2 proteins: At the end of culture process, the grown *E. coli* (BL21) were harvested by centrifugation at 3,000 rpm for 20 minutes. The cell pellet was lysed in lysis buffer (0.003 mM KH_2PO_4, 0.047 mM K_2HPO_4, 400 mM NaCl, 100 mM KCl, 10 mM imidazole, 10% glycerol, 0.0025% Triton X-100 at pH 7.8) at the proportion of 1/5 (w/v), with ultrasonication (a 10-sec pulse, 20-sec pause) on ice for 1 minutes or until it became transparent. The whole content was centrifuged at 4,000 rpm for 20 minutes at 4°C, the pellet was then washed twice with phosphate saline buffer (PBS) and resuspended in PBS buffer (pH 8.0) containing 8 M Guanidine HCl. The suspension was again ultrasonicated and centrifuged at 5,000 rpm for 30 minutes. The supernatant was collected, and mixed with equal volume of equilibration buffer (6M guanidine HCl + 10mM imidazole in PBS buffer pH 7.4) before loading into Ni-NTA chromatography column. The protein mixed Ni-NTA resin was washed twice with washing buffer. Then, the resin bound His-tagged Der f 2 protein was eluted twice with elution buffer containing 6 M Guanidine.HCl and 200 mM imidazole in PBS buffer pH 7.4. Protein concentrations of the eluted fractions were measured by Bradford protein assay (Bio-Rad, USA) whereas their purity was examined by SDS-PAGE.

Allergenicities of the expressed rDer f 2: Allergenicities of rDer f 2 variants were investigated by dot blot analysis with specific monoclonal antibody anti-Der 2 mite allergens. An amount of 0.5 µg of the purified rDer f 2 variants were dotted on the nitrocellulose membrane, and allowed air-dried. Then, the membrane was incubated with 5% bovine serum albumin (BSA) for an hour at room temperature. After washing with 0.1% Tween 20 in PBS (PBS-T), the membrane was further incubated with 1:1000 dilution of 1D8 monoclonal antibody anti the group 2 mite allergen (Indoor Biotechnology, UK) for an hour. After another washing step, the membrane was incubated with 1:1000 dilution of horseradish peroxidase conjugated goat anti mouse IgG (Southern Biotech, USA) for another hour. Then, the membrane was washed again before incubating with TMB substrate solution (Pierce, USA). The positive reactions were visualized as dark blue stained dots.

Results

Results of rDer f 2 expression with varied factors were compared and expressed as growth rate (Figure 1) and protein SDS-PAGE analysis (Figure 2) whereas the protein measurement was shown in Table 2.

Culture media: The dramatically increased levels of *E. coli* growth were found in all four types of culture medium. Among them, the bacterial growth was maximized in TB followed by SB, LB and SOB, respectively (Figure 1A). The significant growth in TB was observed since 3 hours of culture (OD_{600} = 0.498) and the growth was continually increased up to 9 hours (OD_{600} = 1.232). Although no difference of protein bands in SDS-PAGE was seen (Figure 2A) but the protein concentration was found to be highest as 0.892 mg/ml.

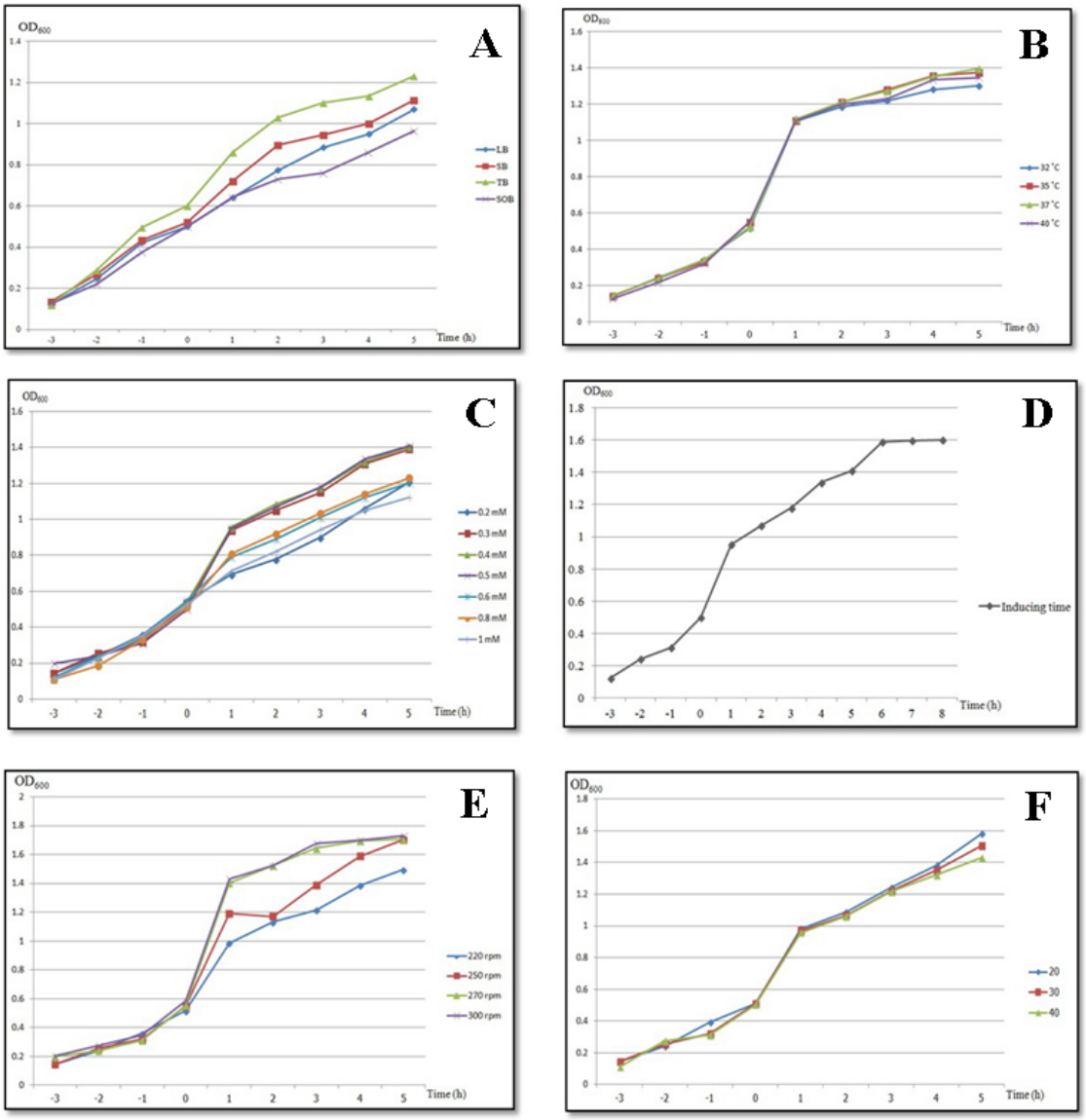


Figure 1 Growth curves of Der f 2-expressed *E.coli* (BL21) cultures under various conditions as summarized in Table 1. (A) culture media, (B) temperatures, (C) IPTG, (D) IPTG inducing times, (E) shaking speeds, and (F) culture/flask volume ratios.

Temperatures: The *E. coli* growths were rapidly increased during 1-5 hours of culture with the maximum OD_{600} of 1.117 and were then slowly increased until 9 hours with the maximum OD_{600} of 1.396. No significant difference in bacterial growth (Figure 1B) and protein bands in SDS-PAGE (Figure 2B) among all tested temperatures was observed however the protein assay showed the highest protein concentration in the culture at 37 ^{0}C as of 0.536 mg/ml.

IPTG concentrations and inducing times: After adding IPTG, the bacterial growths were rapidly increased with the maximum growth at the concentration of 0.4 mM (OD_{600} = 1.404). Increased amount of IPTG above 0.4 mM did not enhance either the bacterial growth (Figure 1C) or the protein production (Figure 2C). The highest concentration was obatined at 0.648 mg/ml. As for the highest concentration of IPTG (1 mM), the bacterial growth was rapidly increased until 10 hours of culture (OD_{600} = 1.589), then went to the lag phase (Figure 1D).

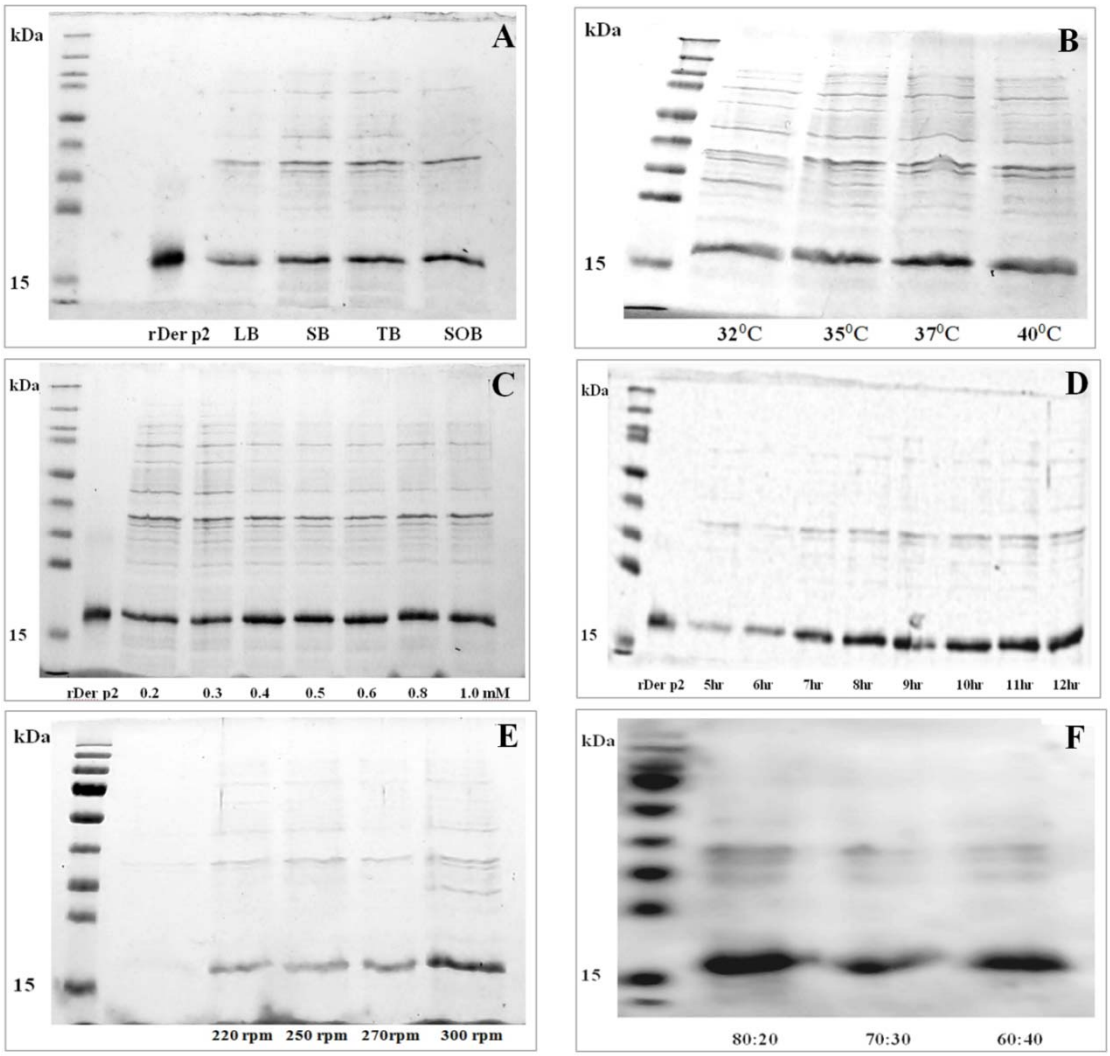


Figure 2 SDS-PAGE of inclusion body lysates from Der f 2-expressed *E.coli* (BL21) cultures under various conditions as summarized in Table 1. (A) culture media, (B) temperatures, (C) IPTG, (D) IPTG inducing times, (E) shaking speeds, and (F) culture/flask volume ratios.

Shaking speeds: The bacterial growth was enhanced by all tested shaking speeds above 220 rpm with the maximum growth at 300 rpm (OD_{600} = 1.732) (Figure 1E) and the protein concentration of 0.505 mg/ml.

Culture-flask volume ratios: The culture aeration by culture-flask ratio increased the bacterial growth (Figure 1F) and protein production (Figure 2F). The maximum growth of E. coli was found with the 20:80 culture-flask ratio (OD_{600} = 1.584) with the protein concentration of 0.510 mg/ml.

Mg_2SO_4 / $MgCl_2$ supplements: The results indicated that Mg_2SO_4 and $MgCl_2$could support the bacterial with the increasing OD_{600} up to 1.574 and 1.322, respectively. However, these supplements did not enhance the rDer f 2 production. On the other hand, the magnesium increased *E. coli* protein instead (data not shown). According to the above results, *E. coli* (BL21) stocks containing individual Der f 2 genetic variant (2.0102, 2.0105, 2.0111, 2.0116) were cultured with Terrific broth at 37^{0}C, 300 rpm, 0.4 mM IPTG, 6 hours inducing time, and 20:80 culture-flask volume ratio. Results showed that high yields of rDer f 2 proteins were obtained with the protein concentrations about 62-72 mg per liter. After purifying by nickel-affinity chromatography and analyzed by SDS-PAGE, all 4 rDer f 2 variants showed the good purities with the correct protein bands at about 16 kDa (Figure 3). The protein yields of all four rDer f 2 variants were similar.

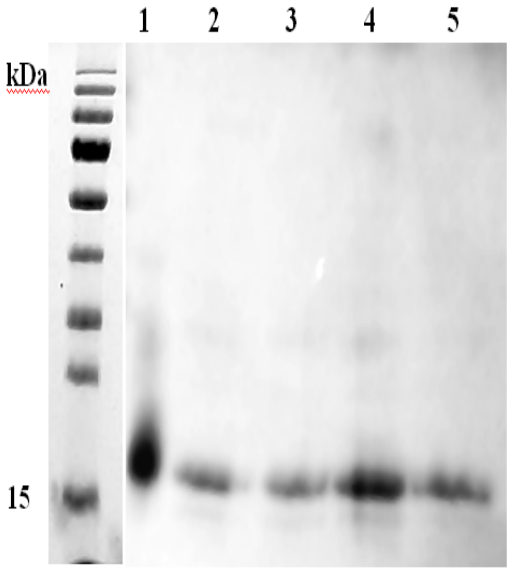


Figure 3 SDS-PAGE showing purified rDer f 2 proteins expressed in *E. coli* (BL21) using pET100+ plasmid vectors. Lane 1, reference rDer p 2; Lane 2, rDer f 2.0102; Lane 3, rDer f 2.0105; Lane 4, rDer f 2.0111, Lane 5 Der f 2.0116, respectively.

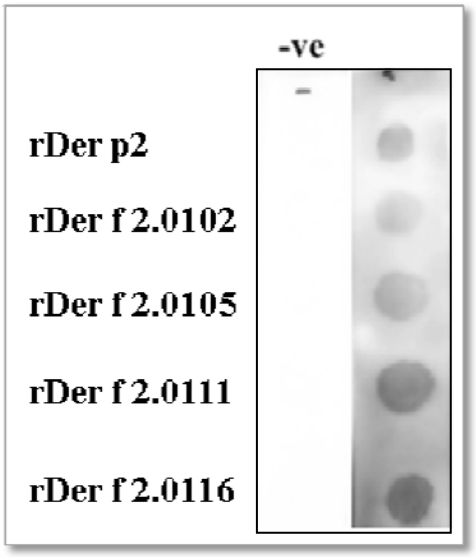


Figure 4 Dot blot analysis showing antigenicities of 4 expressed Der f 2 proteins (Der f 2.0102, 2.0105, 2.0111 and 2.0116) with mouse monoclonal IgG anti Group 2 mite allergens. The reference rDer p 2 was used as positive control whereas bovine serum albumin (BSA) was used as negative control.

Allergenicities of rDer f 2 variants: All four variants of rDer f 2 (2.0102, 2.0105, 2.011, 2.0116) revealed the strong binding activities with the specific monoclonal antibody indicating good allergenicities, of which rDer f 2.0116 showed the strongest activity following by 2.0111, 2.0105, and 2.0102, respectively (Figure 4).

Table 2 Concentrations of the purified rDer f 2 proteins expressed under various culture conditions of *Escherichia coli* (BL21) cells. Protein concentrations were measured by Bradford assay and presented as mg/ml.

Factors	Protein conc. (mg/ml)							
Culture Media[1]	**LB**	**SB**	**TB**	**SOB**				
	0.528	0.732	0.892	0.546				
Temperature (^{0}C)	**32**	**35**	**37**	**40**				
	0.128	0.379	0.536	0.244				
IPTG concentration (mM)	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**1**	
	0.523	0.543	0.648	0.593	0.450	0.471	0.504	
Induction time (hrs)	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
	0.134	0.182	0.262	0.322	0.435	0.673	0.665	0.655
Shaking speed (rpm)	**220**	**250**	**270**	**300**				
	0.126	0.462	0.426	0.505				
Culture-Flask ratio	**20:80**	**30:70**	**40:60**					
	0.510	0.482	0.462					

[1] LB: Luria broth, TB: Terrific broth, SB: Super broth, SOB: Super optimal broth

Discussion

Several systems of protein expression have been developed for allergen expression, of which the expression in prokaryotic cells is practical and widely used. In this study, we have successfully obtained the optimal condition for the expression of rDer f 2 in *E. coli* cells using pET100 plasmid vector. Terrific broth media (TB) enhanced the propagation of *E coli* and plasmid resulting in high expression of rDer f 2 similar to the studies of Eriksson and Romano et al.[11-12] TB contains glycerol instead of glucose as a carbon source so it supports cell growth and it is not fermented into acetic acid which inhibits cell growth.[13] The optimal temperature was found at 37^{0}C as for general bacterial culture. Koyanagi et al.[5] had studies the effect of temperature to rDer f 2 (C8/119S) mutant expression and found that the mutant protein was highly expressed at 37^{0}C and did not express in a low temperature culture. Other physical conditions including shaking speed and culture-flask volume ratio were also important for enhancing the cell growth as increased oxygen supply.[14-16] Microbial growth and biosynthesis of some microbial products had been found to be limited by inadequate supplies of oxygen and poor availability of nutrients during culture.[14-15] In this study, the optimal shaking speed (300 rpm) was the maximum imitation of the laboratory incubator. Higher shaking speed would enhance the bacterial growth. McDaniel et al had obtained a high growth rate with the shaking speed as high as those performed in agitated fermentors (230 to 385 rpm).[15] Meanwhile, the 20:80 culture-flask volume ratio gave the maximal yield, and suggested that the culture volumes if exceeded 50% of the flask volume resulted in sedimentation and accumulation of cells at the bottom of the flasks. If the flask volume was less than 10%, cell growth was inhibited.[16] The expression of rDer f 2 could also be improved by adding IPTG. Generally, IPTG induces the transcription level of expression plasmid hence the increase of protein expression but high amounts of IPTG could also decrease the cell yields.[17] In this study, the optimal IPTG concentration of 0.4 mM was not overload for the biosynthetic of bacteria.[18] Supplement addition had been found to increase the protein yield. Luo et al. had increased five-time yield of fibroblast growth factor by adding 10 to 100 mM $MgCl_2$ in the culture medium.[19] In contrast, we found that adding of Mg_2SO_4 or $MgCl_2$ only enhanced the bacterial growth but not the rDer f 2 expression. Instead, most of protein contents were likely to be the bacterial membrane proteins. As expected, high levels of rDer f 2 expression was achieved by optimizing several factors for bacterial culture. The yields of rDer f 2 production in this study were about 62 to 72 mg/L which are comparable to that obtained from bioreactor. Moreover, the good qualities of all purified four rDer f 2 variants were also obtained.

Conclusions

The optimal condition for *E.coli* BL21 was carrying pET100(+) - Der f 2 gene in Terrific broth at 37^{0}C, 300 rpm with 0.4 mM IPTG for 6 hours in 20:80 flask-culture volume ratio. The rDer f 2 and its variants have

the good antigenicity to bind with anti-mite group 2 mAb (1D8). rDer f 2.0116 gave the strong activity following by rDer f 2.0111, rDer f 2.0105, and Der f 2.0102.

Suggestion

Further application on using these recombinant allergens for measurement the levels of specific antibody against Der f 2 allergen in patients' sera is being investigated. Moreover, the optimal conditions of protein expression would be applied with other mite allergens.

References

Malainual, N., Vichyanond, P., and Phan-Urai, P. (1995). House dust mite fauna in Thailand. Clin Exp Allergy, 25, 554-560.

Thomas, W. R. (2010). Geography of house dust mite allergens. Asian Pac J Allergy Immunol, 28, 211-224.

Arlian, L. G., Morgan, M. S., and Neal, J. S. (2002). Dust mite allergens: ecology and distribution. Curr Allergy Asthma Rep, 2, 401-411.

Piboonpocanun, S., Malainual, N., Jirapongsananuruk, O., Vichyanond, P., and Thomas, W. R. (2006). Genetic polymorphisms of major house dust mite allergens. Clin Exp Allergy, 36, 510-516.

Koyanagi, S., Maeda,T., Murakami,T., Kawatsu, K., Sugawara, K., Miyatsu, Y., and H. Mizokami (2008). Large-scale production of major house dust mite allergen der f 2 mutant(C8/119S) in Escherichia coli. J Biosci Bioeng, 106, 387-392.

Koyanagi, S., Murakami, T., Maeda, T., Kawatsu, K., Okamura, H., Oda, Y., Miyatsu, Y., Sugawara, K., and Mizokami, H. (2010). Production-scale purification of the recombinant major house dust mite allergen Der f 2 mutant C8/119S. J Biosci Bioeng, 110, 597-601.

Korematsu, S., Tanaka,Y., Hosoi,S., Koyanagi, S., Yokota, T., Mikami, B., and Minato, N. (2000). C8/119S mutation of major mite allergen Derf-2 leads to degenerate secondary structure and molecular polymerization and induces potent and exclusive Th1 cell differentiation. J Immunol, 165, 2895-2902.

Yasue, M., Yokota, T., Fukada, M., Takai, T., Suko, M., Okudaira, H., and Okumura, Y. (1998).Hyposensitization to allergic reaction in rDer f 2-sensitized mice by the intranasal administration of a mutant of rDer f 2, C8/119S. Clin Exp Immunol, 113, 1-9.

Yuuki, T., Okumura, Y., Ando, T., Yamakawa, H., Suko, M., Haida, M., and Okudaira, H. (1991). Cloning and expression of cDNA coding for the major house dust mite allergen Der f II in Escherichia coli. Agric Biol Chem, 55, 1233-1238.

Takai, T., Ichikawa, S., Hatanaka, H., Inagaki, F., and Okumura, Y. (2000). Effects of proline mutations in the major house dust mite allergen Der f 2 on IgE-binding and histamine-releasing activity. Eur J Biochem, 267, 6650-6656.

Eriksson, HM., Persson, K., Zhang, S., and Wieslander, K. (2009). High-yield expression and purification of a monotopic membrane glycosyltransferase. Protein Expr Purif, 66, 143-8.

Romano, D., Molla, G., Pollegioni, L., and Marinelli, F. (2009). Optimization of human D-amino acid oxidase expression in Escherichia coli. Protein Expr Purif, 68, 72-78.

Roe, A. J., O'Byrne, C., McLaggan, D., and Booth, I. R. (2002). Inhibition of Escherichia coli growth by acetic acid: a problem with methionine biosynthesis and homocysteine toxicity. Microbiology, 148, 2215-2222.

Klockner, W., and Buchs, J. (2012). Advances in shaking technologies, Trends Biotechnol, 30, 307-314.

McDaniel, L. E., and E. G. Bailey (1969), Effect of shaking speed and type of closure on shake flask cultures. Appl Microbiol, 17, 286-290.

Brodsky, O., and Cronin, C. N. (2006). Economical parallel protein expression screening and scale-up in Escherichia coli. J Struct Funct Genomics, 7, 101-108.

Weng YP, Hsu, FC., Yang, WS., and Chen, HP. (2006). Optimization of the overexpression of glutamate mutase S component under the control of T7 system by using lactose and IPTG as the inducers. Enzym Microb Tech, 38, 465-9.

Larentis, A. L., Argondizzo, A. P., Esteves Gdos, S., Jessouron, E., Galler, R., and Medeiros, M.A.(2011). Cloning and optimization of induction conditions for mature PsaA (pneumococcal surface adhesin A) expression in Escherichia coli and recombinant protein stability during long-term storage. Protein Expr Purif, 78, 38-47.

Luo, Y., Cho, H. H., Jones, R. B., Jin, C., and McKeehan, W. L. (2004). Improved production of recombinant fibroblast growth factor 7 (FGF7/KGF) from bacteria in high magnesium chloride. Protein Expr Purif, 33, 326-331.

Author

Miss Nithikan Suthumchai Graduate Program in Microbiology, Department of Microbiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University. Bangkok, Thailand. 10700. Tel: 080-2548-132 E-mail: jupiter_brain@hotmail.com

Assist. Prof Dr. Nat Malainual Siriraj Dust Mite Center for Services and Research, Department of Parasitology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand. 10700. Tel: 02-419-6468, Fax: 02-411-2084 E-mail: natmal@mahidol.ac.th

Miss Nongmai Sirisomwong Graduate Program in Immunology, Department of Immunology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand. 10700. Tel: 02-419-6468 E-mail: february_l3_m@hotmail.com

NC1006: Determination of serum specific IgE and IgG4 levels against 4 isoforms of recombinant mite allergen Derf 2 in Thai allergic patients

Nongmai Sirisomwong[1], Nat Malainual[2], Nithikan Suthumchai[3], Orathai Piboonpocanun[4], Voravich Luangwedchakarn[1]

[1]Graduate Program in Immunology, Department of Immunology, [2]Department of Parasitology, [3]Graduate Program in Microbiology, Department of Microbiology, [4]Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, 10700 Thailand.

Abstract

House dust mites are one of the most important sources of aeroallergens associated with asthma worldwide. Der f 2 is a 14-kDa protein which 80% of Thai allergic patients are sensitive to. IgE is regarded as an important antibody of the natural immune response to allergens, whereas IgG4 becomes particularly prominent after prolonged immunotherapy. The in vitro assays currently available have not been developed for detecting specific antibodies to Der f 2 allergen. The purposed of this study is to develop the immunoassay for measuring the levels of specific IgE and IgG4 against four variants of Der f 2 mite allergen in Thai allergic sera. Serum samples using were selected from the cryopreserved stocks, of which they were from 50 mite-allergic patients and 50 healthy donors. TRFIA was developed for anti-Der f 2 IgE levels.whereas Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was developed for the measurement of anti-Der f 2 IgG4 levels. Then, the results were compared with skin prick test for their sensitivities and specificities. The assays were successfully developed with high sensitivities and specificities. The IgE TRFIA showed that 77.5% of mite-allergic sera contained high levels of anti-Der f 2 IgE and also had high ratio between IgE and IgG4 whereas 68% had high levels of anti-Der f 2 IgG4 shown by the IgG4 ELISA. Moreover, TRFIA gave higher sensitivities and specificities from each variants in comparison to skin prick test up to 96% and 96% respectively. Specific IgG4 levels can be detected by ELISA directly but TRFIA was particularly developed for anti-Der f 2 IgE testing. However, TRFIA may also be adapted for other allergens in clinical diagnosis for the further studies and research purposes.

Keywords: Mite allergens, Antibodies, TRFIA, ELISA

***Correspondence:** **Nongmai Sirisomwong**, Graduate Program in Immunology, Department of Immunology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, 2 Prannok Road, Siriraj, Bangkoknoi, Bangkok 10700. Thailand. Tel: +66-2-419-6468, Mobile: +6687-7082312, Fax: +66-2-411-2084, E-mail: february_l3_m@hotmail.com

***Acknowledgements:** We thank Mrs. Ratchanoo Phiphatchaipaisan for providing cryopreservative stocked sera. Ms. Nithikan Suthumchai (Graduate student from Department of Microbiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University) for providing 4 isoforms of purified rDer f 2 allergens and Ms. Julaporn Pooliam, Statistician from Clinical Epidemiology Unit Office for Research and Development, Siriraj Center of Excellence in Biomedical Research (SiMR), Mahidol University for consulting and advising the statistical analysis and extracting the raw data.

Introduction

House dust mite has been shown to be one of the most important and ubiquitous allergens involving in the pathogenesis of allergic disorders. In Thailand, Vichyanond, et al. found that allergic rhinitis occur 23-50% of Thai allergic patients whereas asthma occur 10-15%.[1-4] Group 1 and Group 2 of *Dermatophagoides pteronyssinus* (Der p) and *Dermatophagoides farinae* (Der f) are strong immunogens that can stimulate high level of specific IgE and Th2 cytokines production in 50-80% of allergic patients. However, there is increasing evidence showing that both groups of allergens were highly polymorphic. Especially, Der f 2 is the major group 2 allergens from *D. farinae* and consists of 129 amino acid residues and these allergens can be mutated into 16 different isoforms such as Der f 2.0101-2.0116.[5-6] IgE is regarded as the most important specific antibody in the immune response to mite allergens, but allergen-specific IgG4 antibodies against allergens are particularly prominent after prolonged immunotherapy. The diagnosis of allergy is based on patient's history and clinical finding parallel with laboratory testing by skin prick testing (SPT) and/or intradermal testing (IDT) have been recommended as a first-line method to detect IgE-mediated allergic reactions to inhalant allergens whereas measurement of total IgE, specific IgE and specific IgG4 levels has been used as *in vitro* quantitative test by using The ImmunoCAP® system as gold standard method.[7-8] A decade ago, time-resolved fluoroimmunoassay (TRFIA) were widely used in diagnosis research since it was a greater detectability of the lebel, resulting in a more sensitive method than traditional ELISA assays.[9] The fluorescent label has a long decay time and eliminated interfering background makes a high sensitivity. Europium (Eu), Samarium (Sm), Terbium (Tb) and Dysprosium (Dy) are lanthanide chelated immunolabels having unique fluorescence properties and also display a large Stoke's Shift compared to traditional labels. Such a large Stoke's Shift minimizes crosstalk between

excitation and emission signals. Moreover, lanthanides are suitable for quantitative multianalyte assays because of their narrow emission peaks at different wavelengths and their different fluorescence lifetime.[10-11] The advantages of this method include its log-fold dynamic range, low cost, flexibility for developing novel assays and that it does not require the use of hazardous materials such as radioactive iodine and cyanogen bromide. Thus, these labels have been successfully introduced in time-resolved fluorescence in several immunoassays.[11] So, we considered TRFIA to be an ideal assay for this purpose.[12] This present study was to developed and determined specific IgE and IgG4 antibodies against 4 variants of rDer f 2 allergens including isoforms 2.0102, 2.0105, 2.0111 and 2.0116 in Thai allergic patients compared with healthy subjects.

Objective

This present study was to developed and determined specific IgE antibodies by TRFIA and IgG4 antibodies by ELISA against 4 variants of rDer f 2 allergens including isoforms 2.0102, 2.0105, 2.0111 and 2.0116 in Thai allergic patients compared with healthy donors.

Materials and Methods

Recombinant Der f 2 allergens

Four variants of recombinant Der f 2 mite allergens using in this study were produced from the preserved Escherichia coli clones obtained from D. farinae mites collected from residential houses. The proteins were expressed and standardized for their concentrations prior to use in further assays.

Normal and allergic patients' sera

A hundred serum samples were drawn from the frozen collection. Fifty sera were of allergic patients with positive skin prick test (SPT) to D. farinae and/or the presence of D. farinae specific IgE antibodies as determined by ImmuniCAP® system (Phadia AB, Uppsala, Sweden, recommended positive cut-off 0.35 IU/ml)[13] and the 50 serum samples from healthy individuals were as a normal control. Both of group patients were from the Department of pediatrics, Police General Hospital and Siriraj hospital, Bangkok, Thailand who were written consent forms for participating as volunteers. The skin prick study was approved by Siriraj Institutional Review Board (SIRB), The institution's ethic committee and the skin prick test were performed on the forearms of both cases. All of volunteers were pricked with each of 20 µl aliquots containing concentration (4 µg/ml) of purified rDer p and rDer f. Histamine and NaCl (ALK, Horsholm, Denmark) were applied as positive and negative control.14 The positive result of skin prick test was performed by visible "wheal-and-flare" reaction peaking after about 15 minutes but negative reaction is when the skin remains normal. In addition, positive criteria were graded as 1+ to 4+ but negative result was graded as zero (0).[15]

Reactivity to specific IgE and IgG4 in normal and patients' sera by TRFIA and ELISA assay

Specific IgE binding was detected by using time-resolved fluorescence (TRF) in the dissociation-enhanced lanthanide fluorescence immunosorbent assay for signal development (DELFIA™, Wallac, Turku, Finland). In this assay antibody binding is linked to the formation of Europium, a high quality of lanthanide chelater, which has different fluorescent properties than the unchelated form.[16] Brifefly, 4 variants of purified allergens rDer f 2 were coated at 1 µg/well in 50nM Na_2CO_3/$NaHCO_3$ buffer (pH 9.6) onto wells of a 96 flat-bottomed microtitre plates (MaxiSorp™, Nunc, Denmark) and incubated overnight at 4 °C. Blocking with 1% bovine serum albumin (BSA) (in Tris- HCl, 0.05% Tween 20 buffer: PBST) for 1 h at 37 °C with shaking and two-fold dilutions (1:5) of the allergic and healthy serum samples in assay buffer (Wallac) were added to the desired wells and incubated overnight at 4 °C. On the following day, incubated with 100 ml of biotinylated mouse anti-human IgE mAb (SouthernBiotech, Birmingham, USA) diluted 1:100 in assay buffer (Wallac) and incubated for 1 h at 37 °C with shaking. Then, the plate was incubated with 100 ml of Eu-streptavidin (Wallac) diluted 1:500 in assay buffer (Wallac) at at 37 °C with shaking for 30 min. Finally, 100 ml of enhancement solution (Wallac) was added and incubated for room temperature at least 5 min with shaking. The fluorescence signals were measured on the Victor2 multilabel counter (Wallac) using a 615 nm filter.[33] During each step the plates were washed five times with wash buffer (Tris-HCl pH 7, 0.05% Tween 20; DELFIA™ wash concentrate) and eight times before adding enhancement solution (Wallac). A titration of 2-fold serial dilutions of standard sera (1:5–1:320) was linear (R^2>0.95) and used on every plate as an internal standard curve. Absorbance of specific IgG4 binding to rDer f 2 variants by conventional ELISA. Absorbance of specific IgG4 binding to rDer f 2 variants were performed as previously described. Briefly, each well of a 96 flat- bottomed microtitre plates (MaxiSorp™, Nunc, Denmark) was coated with 1 µg/well of each rDer f 2 variants in

carbonate-bicarbonate buffer, pH 9.6. After incubation at 4 °C overnight, the wells were washed and blocked with 1% BSA in PBST for 1 h at 37 °C with shaking, 100 µl two-fold dilutions (1:5) of the allergic and non-allergic serum samples in blocking solution were added to the desired wells and incubated overnight at 4 °C. Next day, all wells were washed with PBST, 100 µl of biotinyled mouse anti-human IgG4 mAb (diluted 1:500) was added to each well and the plate was incubated at 37 °C for 1 h with shaking. Excess mAb was removed by washing five times and added 100 µl of peroxidase-streptavidin (diluted 1:1000) was added to each well and the plate was incubated at 37 °C for 1 h with shaking. The blue-green color reaction will be developed after adding peroxidase substrate that was 2,2'-azino-bis 3-ethylbenz-thiazoline-6-sulfonic acid (commercial ABTS, KPL Inc., Gaitherburg, MD, USA). The OD 405 nm against blank (a well to which blocking solution was added instead of patients' sera) was determined with an ELISA reader (Victor2 multilabel counter: Wallac). The level of specific IgG4 in each patients' sera were represented by absorbance values that were extrapolated from the respective standard curves constructed by plotting the absorbance of allergic patient standard against the read-out ELISA OD 405 nm. The OD is directly proportional to the concentration of the colored compound.[17]

Statistical Analysis

Data were expressed as median that were analyzed by maximum and minimum values or interquartile range. Statistical analysis was assessed using the Mann-Whitney U-Test[33] and the statistically significant differences between rDer f 2 variants-allergic patients and -healthy donors were defined as p-value was lower than 0.001 as well as the diagnostic value of a procedure is always defined by its sensitivity, specificity, accuracy, positive and negative predictive values (PPV and NPV) by using ROC curve and Two-Ways Table analysis. All data were analyzed using SPSS statistical software for Windows (version 17.0; IBM Corporation, Armonk, New York, USA).

Results

Patient characteristics and outcomes

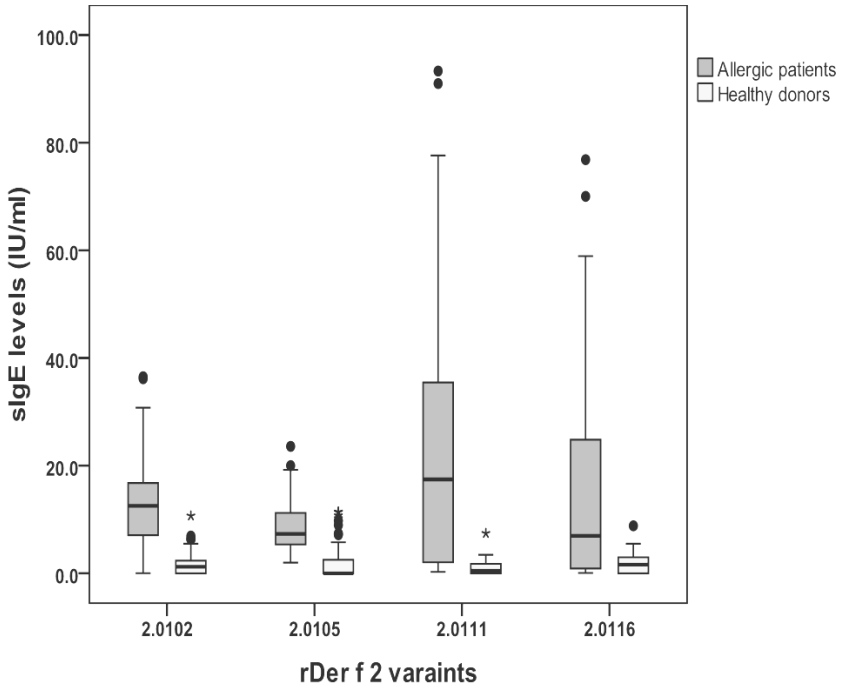


Figure 1. Levels of serum specific IgE TRFIA levels (IU/ml) to rDer f 2 variants of the mite-allergic and healthy subjects. sIgE TRFIA levels were significantly different at p <0.001. The sensitizing anti-rDer f 2.0111 levels were 17.44 IU/ml, following to anti-rDer f 2.0102 were 12.52 IU/ml, anti-rDer f 2.0105 were 7.31 IU/ml and lowest anti-rDer f 2.0111 level were 6.97 IU/ml, The middle line of each boxes represented median (Interquartile range)

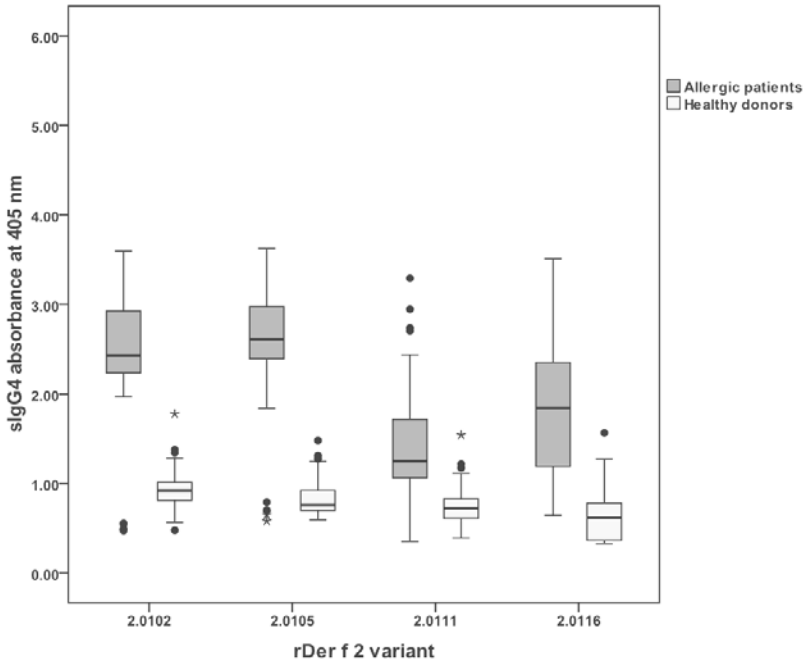


Figure 2. Specific IgG4 absorbances at 405 nm to 4 isoforms of rDer f 2 variants from mite-allergic patients and healthy donors. sIgG4 absorbances were significantly difference between allergic patients and healthy group at p <0.001. The levels of sIgG4 absorbance against rDer f 2.0105 in allergic patients were highest as 2.61 and following by rDer f 2.0102 as 2.43, rDer f 2.0116 as 1.85 and rDer f 2.0111 as 1.25. The middle line of each boxes represented median (Interquartile range)

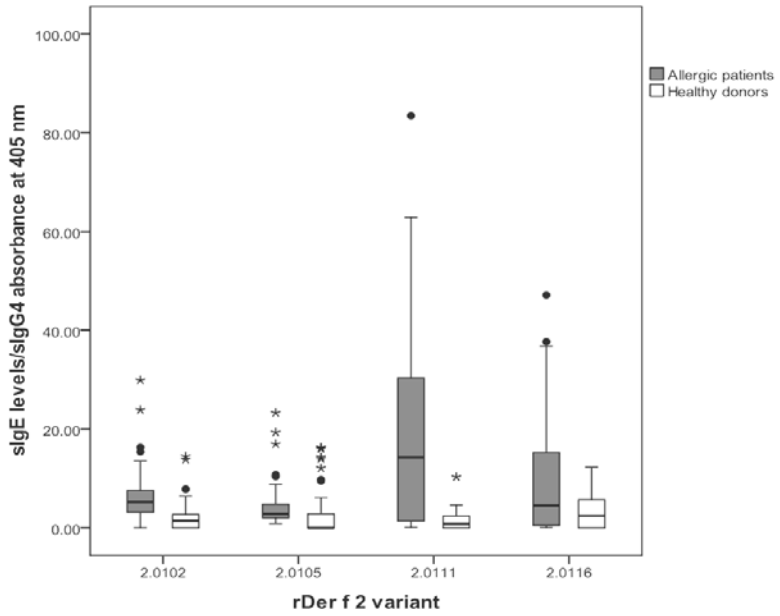


Figure 3. atio between sIgE TRFIA levels (IU/ml) and sIgG4 ELISA absorbances at 405 nm to 4 isoforms of rDer f 2 variants from allergic patients and healthy donors. sIgE TRFIA levels were higher than in healthy group and significantly difference between allergic patients and healthy group at p <0.001. Among all variants, the ratio between sIgE and sIgG4 against rDer f 2.0111 allergens in allergic patients were highest as 10.94 in comparison to healthy subjects. Following by rDer f 2.0102 as 6.29, 2.0116 as 4.34 and the lowest ratio was 3.64 from rDer f 2.0105. The middle line of each boxes represented median (Interquartile range).

Fifty of each normal and allergic patient groups can separated into 34% male, 66% female and 24% male, 76% female as presented at p =0.02, respectively. In addition, mean, minimum and maximum values of ages, skin prick test to Der p profiles and anti-Der p IgE levels by ImmunoCAP® detection were showed in Table 1. The significant discrepancy of those profile between normal and allergic groups were performed at p

<0.05. We indicated that these allergic profiles to Der p from both groups were significant difference and since Der p allergen was illustrated almost the same 80% IgE binding activity (cross-reactivity) as Der f, so we suggested that those can also predict trends of both specific IgE and IgG4 antibodies to Der f 2 variant.

Table 1 Patient characteristics and outcomes

Characteristics	Healthy	Allergic	*p*-value
Number of subjects (N)	50	50	
Gender (%)			
Male	34*	24*	0.02
Female	66*	76*	0.02
Age (years)	34.0* (19.0-59.0)	33.5* (20.0-59.0)	0.01
Skin prick test to mite extract			
Wheal (mm)	2.0* (5.0-6.0)	6.0* (5.0-14.0)	<0.001
Flare (mm)	2.0* (6.0-0.0)	16* (8.0-26.0)	0.035
Skin test grading	0*	1+* (1+ to 2+)	0.001
Anti-Der p IgE (ImmunoCAP®; IU/ml)	0.12* (0.01-0.34)	2.50* (0.45-61.10)	<0.001

* Median (interquartile range), minimum and maximum values were shown in blanket. Significantly discrepancies were performed by *p*-value less than 0.05.

Table 2 Levels of serum specific IgE (IU/ml) to Der f 2 variants of the healthy and allergic subjects. Data was obtained from IgE TRFIA assay.

Der f 2 Variants	Healthy (n=50)					Allergic (n=50)				
	Median (IU/ml)	Min (IU/ml)	Max (IU/ml)	Range (IU/ml)	*p*-value	Median (IU/ml)	Min (IU/ml)	Max (IU/ml)	Range (IU/ml)	*p*-value
2.0102	1.23	0.02	10.68	10.68	<0.001	12.52	1.42	36.53	36.50	<0.001
2.0105	0	0.11	11.41	11.41	<0.001	7.31	1.99	23.59	21.59	<0.001
2.0211	0.48	0.07	7.43	7.43	<0.001	17.44	1.26	93.31	93.05	<0.001
2.0116	1.61	0.28	8.84	8.84	<0.001	6.97	1.05	76.85	76.79	<0.001

Table 3 Levels of serum specific IgG4 absorbances at 405 nm to Der f 2 variants of the healthy and allergic subjects. Data was obtained from IgG4 ELISA assay.

Der f 2 Variants	Healthy (n=50)					Allergic (n=50)				
	Median (A_{405})	Min (A_{405})	Max (A_{405})	Range (A_{405})	*p*-value	Median (A_{405})	Min (A_{405})	Max (A_{405})	Range (A_{405})	*p*-value
2.0102	0.92	0.48	1.78	1.3	<0.001	2.43	0.47	3.59	3.12	<0.001
2.0105	0.76	0.59	1.48	0.89	<0.001	2.61	0.58	3.62	3.04	<0.001
2.0211	0.72	0.39	1.54	1.15	<0.001	1.25	0.35	3.29	2.94	<0.001
2.0116	0.62	0.33	1.57	1.23	<0.001	1.84	0.64	3.51	2.87	<0.001

Table 4 Summary of the efficacies of IgE TRFIA and IgG4 ELISA assays using for the measurements of specific IgE and IgG4 to Der f 2 allergen variants, respectively

	IgE TRFIA				IgG4 ELISA			
Der f 2 Variants	**2.0102**	**2.0105**	**2.0111**	**2.0116**	**2.0102**	**2.0105**	**2.0111**	**2.0116**
% Sensitivity	82	96	74	54	90	90	78	80
% Specificity	96	80	94	96	100	100	93	96
% Positive Predictive Value (PPV)	95.3	82.8	92.5	93.1	100	100	90.7	95.2
% Negative Predictive Value (NPV)	84.2	95.2	78.3	67.6	90.9	90.9	80.7	82.8
% Accuracy	98	88	84	75	95	95	85	88

Allergen specific IgE binding acitivities.

Allergen-specific IgE, in the healthy and allergic sera were detected by TRFIA method. The IgE TRFIA levels showed that 77.5% of mite-allergic sera contained high levels of anti-Der f 2 IgE and specific IgE median, minimum, maximum and range for each group were appeared in Table 2. The results indicated that the level of specific IgE antibodies against 4 isoforms of rDer f 2 allergens in allergic patients were higher than that in normal group ($P < 0.01$) showed in Figure 1. Moreover, the level of sIgE antibodies against each isoforms of rDer f 2 allergens in allergic patients showed adjacent levels but sIgE levels against rDer f 2.0111 from allergic patients have shown the highest levels. The reactivity of specific IgE against 4 isoforms of r Der f 2 allergen to skin prick test were highly correlated $r_s^2 = 0.74$, 0.68, 0.66 and 0.38 at $p = 0.01$, respectively (data not shown). Sensitivity and specificity of TRFIA method to detect level of specific IgE antibodies against each 4 isoforms of rDer f 2 allergens in allergic patients and normal group were showed in 82% and 96%, 96% and 80%, 74% and

94%, 54% and 96% respectively (Table 4). From these results, the TRFIA assays were successfully developed with high sensitivities and specificities in comparison to skin prick test. We can conclude that sensitivity of IgE TRFIA to Der f 2.0105 variant and specificity of IgE TRFIA to Der f 2.0116 variant were highest when compare to the other variants.

Allergen specific IgG4 absorbance values

Levels of specific IgG4 antibodies to 4 isoforms of rDer f 2 allergens determined by ELISA in serum from patients with positive and negative SPT to Der p are illustrated in Figure 2. It meant that levels of specific IgG4 antibodies in allergic patients were significantly higher than in healthy sera ($p < 0.001$) But ratio between specific IgE and IgG4 antibody to each rDer f 2 variants (Figure 3) from allergic patients were significantly still higher than normal individuals ($p < 0.001$). Moreover, Sensitivity and Specificity of ELISA method to detect level of specific IgG4 antibodies against each 4 isoforms of rDer f 2 allergens in allergic patients and normal group were 90% and 100%, 90% and 100%, 78% and 92%, 80% and 96% respectively (Table 4). Especially, rDer f 2.0102 and rDer f 2.0116 variants gave the highest sensitivity and specificity to investigation. Thus, we can indicated that the sIgG4 ELSA had very high sensitivity and specificity in all variants and easy for detection directly.

Discussion

Der f 2 is one of most important house dust mite allergens according to induce 80% IgE reactivity in Thai allergic patients.[18-19] There are evidences to show that mostly Der f 2 are highly polymorphism to change IgE binding sites. K. Y. Jeong et. al showed the amino acid sequence variations have possible influences on the allergenicity of allergens. They investigated the sequence polymorphisms of group 2 allergens from Korea isolates of the house dust mite D. farinae. The result showed that among the Der f 2 sequences, Der f 2 2.0102 (40.7%) were predominant.[20] It was supported to our study that in Thailand was also predominantly found. This finding, we try to determined detectable sIgE reactivity to 4 isoforms of rDer f 2 variants; 2.0102, 2.0105, 2.0111 and 2.0116 that mostly found in Thai allergic patients in recent year.

Moreover, the allergenicity of group 2 mite allergens remain unelucidated. However, an elegant study revealed that Der p 2, by structural homology, acts as a functional homolog of MD-2 to drive airway inflammation in a TLR4-dependent manner. Airway sensitization and challenge with Der p 2 under conditions of very low levels of LPS exposure led to experimental allergic asthma in wild type and MD-2-deficient, but not TLR4-deficient mice.[21] Der p 2 consequently displays auto-adjuvant properties which are critical for the allergenicity of this mite allergen. It is noteworthy that the LPS binding activity of Der f 2 was also recently evidenced and recombinant Der f 2 can also directly stimulate alveolar airway epithelial cells to generate airway hyperreactivity and lung airway diseases. Alternative measures of IgE-mediated allergen sensitivity, in vitro and in vivo tests could be expected to correlate well.[1,21] We carried out this study to assess the value of in vitro test responses by TRFIA assay to rDer f 2 variants in 50 allergic patients who were diagnosed as having mite allergy history when exposed to the allergen in question, in accordance with SPT response to D. farinae allergens and compare with 50 healthy donors who were negative both SPT and ImmunoCAP IgE levels (<0.35 IU/ml).

TRFIA is an ideal tool illustrating two vital features of the ideal assay are sensitivity and specificity. In our study we use the Europium (Eu^{3+}) chelates that is the key feature of lanthanide luminescence that render lanthanide ion have exceeding long-live luminescence and can be selectively measured even in the presence of other luminescent substances by time-gating signal.[23,34] In general, a number of studies have been performed to evaluate the performance of ImmunoCAP specific IgE tests in the diagnosis of allergy. Clinical performance, expressed as sensitivity ranging from 84% to 95% and specificity ranging from 85% to 94%, has been reported from multicenter studies. However, different allergens lead to different sensitivity and specificity.[24] In our study, the sensitivity ranged from 54% to 96%, and specificity ranged from 80% to 96%. The sensitivity of sIgE detection was very low (0.53) in rDer f 2.0116 but the sIgE levels against rDer f 2.0111 showed the highest levels so we indicated that this variant mostly have been known by immune system of Thai people resulting in they had the high sIgE sensitization which correlated with their symptoms. The ratio between sIgE and IgG4 represented important results to showed that 98% of all allergic patients could be identified as rDer f 2 variants-sensitized by in vitro IgE TRFIA tests at $p < 0.001$ (Fig. 3). Additional, sIgE TRFIA to all variants were great correlated with SPT profiles in allergic patients range from $r_s^2 = 0.65$ to 0.742 only rDer f 2.0116 variant had quite low correlation ($r_s^2 = 0.384$). The extreme and outliner values of sIgE TRFIA were presented in figure 1 and 3 meant that some allergic patients had very high sensitization by those variants which have not been occured by TRFIA assay. House dust mite seemed the most prevalent sensitizing allergen in our study, but the number of sIgE-positive individuals with an allergen negative history is lower (data not shown). The ImmunoCAP sIgE test is a well-established method for the diagnosis of allergic disease and correlated well with the positive SPT. Setting a class 1 cut-off for positivity of SPT results was better than a class 2 setting to ensure

the (Allergic Rhinitis) AR patients and to assess the AR diagnosis values of the ImmunoCAP sIgE test.[22,25] This study illustrated the efficacy of TRFIA method that could detect sIgE in sera patients who have mild symptom condition. (data not shown) Our findings indicated that future studies are required to test other reference diagnostic criteria to determine more precise values for sIgE as an in vitro test for the diagnosis of allergic disease with multiple allergens in a larger population. Although the potential with usefulness of TRFIA assay in the detection of sIgE, the significance of the results is showed relatively low because the study was not compared with the other generally used assays such as ImmunoCAP assay since no supported information has been reported. But sIgE detection toward each mite allergen groups have been developed recently of which the cost is still quite high.

In order to, the role of IgG antibodies to HDM allergens in the pathogenesis of allergic diseases is not clear. Several investigators have attributed a protective activity to IgG subclasses, mainly IgG4, which is produced as a result of a prolonged natural antigenic exposure and could neutralize the antigen or block the antibody, thus supporting the immunotherapy.[26-29] Smith et al. have investigated the IgG and IgG1-4 antibody responses to Der p 2 in allergic patients from high and low exposure groups by ELISA, demonstrating that ≥ 90% of the had Der p 2- specific IgG antibodies, although the levels of both total specific IgG and IgG1-4 antibodies were substantially higher in the high exposure group.[22,30,31] Recently, we demonstrated sIgG4 antibodies response to in allergic patients compared with normal individuals by ELISA method. In Figure 2 and Table 3 have been emphasized in allergic patients which had significantly higher levels of sIgG4 to 4 variants than normal group at $p < 0.001$. We suggested that allergic patients seem to be more frequently sensitized to nDer f 2 high-molecular weight (14 kDa) allergens, which have been detected predominantly in this study. sIgG4 ELISA showed very high sensitivity and specificity up to 90% and 100% , respectively (Table 4).

Conclusions

The sIgE levels against rDer f 2.0111 from allergic patients gave the highest levels But the detection of rDer f 2.0105 gave highest 96% sensitivity and 96% specificity of rDer f 2.0102 and 2.0116 variant. Anti-rDer f 2 ELISA sIgG4 levels to 4 variants in allergic patients were significantly higher than in control sera ($p<0.001$) But ratio between specific IgE and IgG4 antibody to each rDer f 2 variants from allergic patients were significantly higher than normal individuals ($p<0.001$). Allergic patients simultaneously produce neutralizing sIgG4 antibodies and sIgE antibodies but sIgE antibodies were still induced higher. TRFIA is an ideal and unique technique to detect sIgE antibodies which hard to determine by conventional ELISA but sIgG4 antibodies can directly detect by ELISA and easy for interpretation. Thus, TRFIA can also be adapted for other allergens in clinical diagnosis and research purposes.

Suggestions

For the clinical validation of TRFIA sIgE and IgG4 ELISA measurement, it would better compare the data with golden standards such as the ImmunoCAP system against Der f 2 which now have been developed to determine sIgE sera against each mite allergen groups. Additionally, future investigations will need to examine the mechanism by which these 4 variant allergens act as the adjuvant like molecule or MD2-like molecule or hyperreactivity inducer in lung airway though TLR4 pathway to modulate the innate immune response, cytokine secretion, subsequent to allergic manifestation by experiment with cell line. The effect of each rDer f 2 variants on T cell reponses may be evaluated in the next experiment. Moreover, IgE binding site on T cell epitopes and including determined the transcription and translation of Th2 cytokines (IL-5, IFN-γ and TGF-β) should be analyzed and demonstrated to confirm the allergenicity of each rDer f 2 variants.

References

1. Jacquet, A. (2011). The role of the house dust mite-induced innate immunity in development of allergic response. *International Archives of Allergy and Immunology*, 155 (2), 95-105.
2. Holgate, S. T., & Polosa, R. (2008). Treatment strategies for allergy and asthma. *Nature Review Immunology*, 8 (3), 218-230.
3. Pucci, S., & Incorvaia, C. (2008). Allergy as an organ and a systemic disease. *Clinical and Experimental Immunology*, 153 (Suppl. 1), 1-2.
4. Chen, C. L., Lee, C. T., Liu, Y. C., Wang, J. Y., Lei, H. Y., & Yu, C. K. (2003). House dust mite Dermatophagoides farinae augments proinflammatory mediator productions and accessory function of alveolar macrophages: implications for allergic sensitization and inflammation. *The Journal of Immunology*, 170 (1), 528-536.

5. Piboonpocanun, S., Malainual, N., Jirapongsananuruk, O., Vichyanond, P., & Thomas, W. R., (2006). Genetic polymorphisms of major house dust mite allergens. *Clinical and Experimental Immunology*, 36 (4), 510-6.
6. Takai, T., Hatanaka, H., Ichikawa, S., Yokota, T., & Inagaki, F., Okumura Y. Effects of double mutation at two distant IgE-binding sites in the three-dimensional structure of the major house dust mite allergen Der f 2 on IgE-binding and histamine-releasing activity. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65 (7), 1601-1609.
7. Thomas, W. R. (2010). Geography of house dust mite allergens. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 28 (4), 211-224.
8. Thomas, W. R., Smith, W. A., & Hales, B. J. (2004). The allergenic specificities of the house dust mite. *Chang Gung Medical Journal*, 27 (8), 563-569.
9. Nishiyama, C., Hatanaka, H., Ichikawa, S., Fukada, M., Akagawa-Chihara, M., . Yuuki, T. (1999). Analysis of human IgE epitope of Der f 2 with anti-Der f 2 mouse monoclonal antibodies. *Molecular Immunology*, 36 (1), 53-60.
10. Chapman, M. D., Rowntree, S., Mitchell, E. B., Di Prisco de Fuenmajor, M. C., & Platts-Mills, T. A. (1983). Quantitative assessments of IgG and IgE antibodies to inhalant allergens in patients with atopic dermatitis. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 72 (1), 27-33.
11. Aalberse, R. C., & Crameri, R. (2011). IgE-binding epitopes: a reappraisal. *Allergy*, 66, 1261-1274.
12. Aalberse, R. (2011). The role of IgG antibodies in allergy and immunotherapy. *Allergy*, 66 (Suppl. 95), 28-30.
13. Liu, C. Y., Zhang, Y., Han, D. M., & Zhang, L. (2010). Evaluation of serum specific IgE for the diagnosis of allergic rhinitis with multi-allergens. *Chinese Medical Journal*, 123 (20), 2836-2841.
14. Sanchez-Borges, M., Acevedo, N., Caraballo, L., Capriles-Hulett, A., & Caballero-Fonseca, F. (2010). Increased total and mite-specific immunoglobulin E in patients with aspirin-induced urticaria and angioedema. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 20 (2), 139-145.
15. Gehlhar, K., Schlaak, M., Becker, W., & Bufe, A. (1999). Monitoring allergen immunotherapy of pollen-allergic patients: the ratio of allergen-specific IgG4 to IgG1 correlates with clinical outcome. *Clinical and Experimental* Allergy, 29 (4), 497-506.
16. Maple, M. A., & Grey, J. (2006). Performance of a time-resolved fluorescence immunoassay for measuring Varicella-Zoster virus immunoglobulin G levels in adults and comparison with commercial enzyme immunoassays and Merck glycoprotein enzyme immunoassay. *Clinical and Vaccine Immunology*, 13 (2), 214-218.
17. Krop, E. J., Doekes, G., Heederik, D. J., Aalberse, R. C., & van der Zee, J. S. (2011). IgG4 antibodies against rodents in laboratory animal workers do not protect against allergic sensitization. *Allergy*, 66 (4), 517-522.
18. Cui, Y., Peng, J., Zhou, P., Peng, M., & Qian, S. (2007). Bioinformatic studies on the group 2 allergens of Dermatophagoides farinae from China. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 25 (4), 199-206.
19. Yuuki, T., Okumura, Y., Ando, T., Yamakawa, H., Suko, M., . Haida, M. (1990). Cloning and sequencing of cDNAs corresponding to mite major allergen Der f II. *Arerugi*, 39 (6), 557-561.
20. Jeong, K. Y., Lee, I. Y., Yong, T. S., Lee, J. H., Kim, E. J., Lee, J. S. (2012). Sequence polymorphisms of Der f 1, Der p 1, Der f 2 and Der p 2 from Korean house dust mite isolates. *Experimental and Applied Acarology*, 58 (1), 35-42.
21. O'Neil, S. E., Heinrich, T. K., Hales, B. J., Hazell, L. A., Holt, D. C., Fischer, K. (2006). The chitinase allergens Der p 15 and Der p 18 from Dermatophagoides pteronyssinus. *Clinical and Experimental Allergy*, 36 (6), 831-839.
22. Jacquet, A. (2011). The role of innate immunity activation in house dust mite allergy. *Trends in Molecular Medicine*, 17 (10), 604-611.
23. Hagan, A. K., & Zuchner, T. (2011). Lanthanide-based time-resolved luminescence immunoassays. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 400 (9), 2847-2864.
24. Sekerkova, A., & Polackova, M. (2011). Detection of Bet v1, Bet v2 and Bet v4 specific IgE antibodies in the sera of children and adult patients allergic to birch pollen: evaluation of different IgE reactivity profiles depending on age and local sensitization. *International Archives of Allergy and Immunology*, 154 (4), 278-285.
25. Cooper, D., Hales, J., & Camp, R. (2004). IgE-dependent activation of T cells by allergen in atopic dermatitis: pathophysiologic relevance. *Journal of Investigative Dermatology*, 123 (6), 1086-1091.
26. Akdis, C. A., & Akdis, M. (2011). Mechanisms of allergen-specific immunotherapy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*,127 (1), 18-27.
27. Akkoc, T., Akdis, M., & Akdis, C. A. (2011). Update in the mechanisms of allergen-specific immunotheraphy. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 3 (1), 11-20.

28. Akdis, M., & Akdis, C. A. (2007). Mechanisms of allergen-specific immunotherapy. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119 (4), 780-791.
29. Aki, T., Kodama, T., Fujikawa, A., Miura, K., Shigeta, S., .Wada, T. (1995). Immunochemical characterization of recombinant and native tropomyosins as a new allergen from the house dust mite, Dermatophagoides farinae. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 96 (1), 74-83.
30. Reimer, G. J., Gee, S. J., & Hammock, B. D. (1998). Comparison of a time-resolved fluorescence immunoassay and an enzyme-linked immunosorbent assay for the analysis of Atrazine in water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (8), 3353-3358.
31. Fernandes, J. F., Taketomi, E. A., Mineo, J. R., Miranda, D. O., Alves, R., .Resende, R. O. (2010). Antibody and cytokine responses to house dust mite allergens and Toxoplasma gondii antigens in atopic and non-atopic Brazilian subjects. *Clinical Immunology*, 136 (1), 148-156.
32. Ozdemir, C., Akdis, M., & Akdis, C. A. (2010). T-cell response to allergens. *Chemical Immunology and Allergy*, 95, 22-44.
33. van Eeden, P. E., Wiese, M. D., Aulfrey, S., Hales, B. J., Stone, S. F., & Brown, S. G. (2011). Using time-resolved fluorescence to measure serum venom-specific IgE and IgG. *PloS One*, 6 (1), e16741.
34. Harma, H., Soukka, T., & Lovgren, T. (2001). Europium nanoparticles and time-resolved fluorescence for ultrasensitive detection of prostate-specific antigen. *Clinical Chemistry*, 47 (3), 561-568.

Authors

Nongmai Sirisomwong, Graduate Program in Immunology, Department of Immunology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, 2 Prannok Road, Siriraj, Bangkoknoi, Bangkok 10700. Thailand. february_l3_m@hotmail.com
Assist. Nat Malainual, PhD, Siriraj Dust Mite Center for Services and Research, Department of Parasitology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok 10700. Thailand. nat.mal@mahidol.ac.th
Nithikan Suthumchai, Graduate Program in Microbiology, Department of Microbiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, 2 Prannok Road, Siriraj, Bangkoknoi, Bangkok 10700. Thailand. jupiter_brain@hotmail.com
Assoc.Prof. Orathai Piboonpocanun (M.D.), Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, 2 Prannok Road, Siriraj, Bangkoknoi, Bangkok 10700, Thailand. jirapongo@yahoo.com
Dr. Voravich Luangwedchakarn (M.D.), Department of Immunology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, 2 Prannok Road, Siriraj, Bangkoknoi, Bangkok 10700, Thailand sivlw@mahidol.ac.th

NC1008: ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้ใช้บริการทันตกรรม

นิตยา เจริญกุล [2]* วรเดช จันทรศรศรีปริญญา ธูปกระจ่าง*****

*นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาการบริหารการพัฒนา แขนงวิชาการพัฒนาสังคม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

** ศาสตราจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

*** อาจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาภาวะและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระและเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระ ตามโมเดล PRECEDE Framework รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยแบบผสมผสานการวิจัยเชิงปริมาณ(Quantitative Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) สำหรับการวิจัยเชิงปริมาณออกแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ(Survey Research) ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เป็นการศึกษาวิเคราะห์ในรายละเอียดเพื่อเป็นส่วนเติมเต็มของการวิจัยเชิงปริมาณให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเชิงปริมาณใช้กลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณวิธีของ Taro Yamane จำนวน 391 ราย สำหรับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก 25 ราย ตามช่วงอายุ จากผลการวิจัยพบว่าข้อมูลทั่วไปของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 290 คน เป็นเพศชายจำนวน 101 คน ในจำนวนนี้สอบถามข้อมูลจากผู้ปกครองแทนในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กที่มีอายุน้อยไม่เกิน 12 ปี จำนวน 62 คน ส่วนใหญ่ผู้มาใช้บริการมีการศึกษาปริญญาตรีรายได้ของครอบครัวเฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 20,000 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่ใช้บริการทันตกรรมที่โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระมากกว่าที่อื่น บริการทันตกรรมที่ใช้คือบริการขูดหินปูนมากที่สุด สิทธิการรักษาส่วนใหญ่ใช้สิทธิบัตรประกันสุขภาพถ้วนหน้า ด้านความรู้ด้านทันตสุขภาพพบว่าเข้ารับบริการของโรงพยาบาลอยู่ในระดับความรู้ปานกลางและมีทัศนคติต่อทันตสุขภาพในเชิงบวก ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารด้านทันตสุขภาพทางสื่อโทรทัศน์ ด้านการส่งเสริมสนับสนุนและการเป็นตัวอย่างต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ พบว่าได้รับการส่งเสริมแนะนำจากทันตแพทย์ผู้รักษา ด้านพฤติกรรมการดูแลตนเอง ผู้ใช้บริการทันตกรรมโดยรวมมีระดับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพอยู่ในระดับการปฏิบัติปานกลาง

ข้อเสนอแนะข้อเสนอสำหรับการศึกษาต่อไป

มารดาควรถูกกำหนดให้เป็นผู้มีบทบาทในการดูแลสมาชิกในครอบครัวต่อการมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ รวมถึงการดูแลเด็กในครอบครัว และเป็นเป้าหมายในการณรงค์ให้เกิดทันต กรรมป้องกันในครอบครัว ดังนั้นการให้ความรู้ด้านทันตสุขภาพ การให้คำแนะนำ หรือการป้อนตัวอย่าง ควรกระทำต่อผู้หญิงเป็นกลุ่มแรกเพื่อที่จะกระจายผลทันตสุขภาพนี้สู่ระดับครอบครัวและชุมชน ประเด็นในการสื่อสารข่าวหรือความรู้ด้านทันตสุขภาพควรกระทำแบบต่อเนื่องและครอบคลุมจำนวนครั้งที่มากขึ้นเพื่อเป็นการกระตุ้นการดูแลรักษาและการป้องกัน

คำสำคัญ: พฤติกรรมการดูแลตนเอง ทัศนคติต่อทันตสุขภาพ

---

[2]* นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาการบริหารการพัฒนา แขนงวิชาการพัฒนาสังคม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

** ศาสตราจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

*** อาจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ABSTRACT

The aims of this research were to study habits and dental health care services of The Weingsra Crown Prince Hospital and to study the factors that affect the behavior of the dental health care of the service of the The Weingsra Crown Prince Hospital. By Model PRECEDE Framework Design research combined quantitative research together with qualitative research for quantitative research design, research strategies The research. quality study analyzed in detail to complement the quantitative research that is more complete. The purpose of quantitative research methods used to calculate the sample of 391 cases of Taro Yamane for sampling depth qualitative interviews with 25 patients under the age of results that Overview of the services of the hospital, most were female 290 were males, 101 of these inquiries from parents in case the sample is aged less than 12 years 62. Most of the service users with a Bachelor Average monthly family income over $ 20,000 per month, most dental services at a hospital other than the The Weingsra Crown Prince Hospital. Dental services are available for most scaling. Most of the patent rights to maintain health insurance coverage. The knowledge of the dental care provided by the hospital in a moderate level of knowledge and a positive attitude toward dental care. Most of the information on the oral health on television. The support and exemplary behavior in dental health care. Has been found to promote the introduction of dental treatment. Self-care behaviors. The overall level of dental care and oral health behavior in middle level practices.

Key words: Self-care behaviors / Attitudes to dental health

บทนำ

จากเป้าหมายหลักของการดูแลสุขภาพช่องปาก คือ การเก็บรักษาฟันไว้เพื่อการใช้งานตลอดชีวิต และการสำรวจสุขภาพช่องปากในระดับประเทศซึ่งกระทำเป็นระยะทุก 5 ปี ผลการสำรวจครั้งที่ 6 พ.ศ. 2549-2550 ของประเทศไทย (กระทรวงสาธารณสุข, 2551) โรคที่เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียฟัน คือโรคฟันผุ ซึ่งเริ่มตั้งแต่ในชุดฟันน้ำนม ผลการตรวจโรคฟันผุของเด็กอายุ 3 ปี และ 5 ปี พบว่า เด็ก อายุ 3 ปี ซึ่งเป็นขวบปีแรกที่มีฟันน้ำนมครบ 20 ซี่ มีความชุกในการเกิดโรคฟันผุ ร้อยละ 61.4 ค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด (dmft) 3.21 ซี่/คน เริ่มมีการสูญเสียฟันในช่องปากแล้ว โดยพบว่าค่าเฉลี่ย ฟันที่มีในปาก เท่ากับ 19.88 ซี่ โดยร้อยละ 2.3 ของเด็กมีการสูญเสียฟัน นอกจากนี้พบว่า ในกลุ่มเด็กที่มีประสบการณ์โรคฟันผุนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นรอยโรคฟันผุที่ไม่ได้รับการรักษา ถึงร้อยละ 60.8 หรือเฉลี่ย 3.15 ซี่/คน อัตราการเกิดโรคฟันผุในเด็กเล็กพบสูงสุดในเขตภาคกลาง ร้อยละ 69.8 ค่าเฉลี่ย ฟันผุ ถอน อุด 3.63 ซี่/คน และพบอัตราการเกิดโรคฟันผุในเด็กเล็กสูงเป็นอันดับสองรองจากภาคกลางคือเขตภาคใต้ อัตราการเกิดโรคฟันผุในเด็กเล็ก ร้อยละ 64.0 ค่าเฉลี่ย ฟันผุ ถอน อุด 4.00 ซี่/คน และ พบว่าอัตราการเกิดโรคในเขตชนบทสูงกว่าในเขตเมืองอย่างชัดเจน ร้อยละ 67.2 และ 55.1 ตามลำดับ

ทางด้านผลผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากของเด็กอายุ 5 ปี พบว่า มีอัตราการเกิดโรคสูงมากขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุเพียง 2 ปี โดยพบร้อยละของเด็กที่มีประสบการณ์โรคฟันผุ 80.6 ค่าเฉลี่ย dmft 5.43 ซี่/คน ทั้งนี้สถานการณ์และการกระจายของโรคเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับการเกิดโรคฟันผุในเด็กอายุ 3 ปี อัตราการเกิดโรคค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกภาค โดยพบสูงสุดที่ภาคใต้ ร้อยละ 85.5 ค่าเฉลี่ย dmft 6.00 ซี่/คน

ในวัยที่มากขึ้นจะเป็นเรื่องของฟันแท้ โดยฟันแท้ของเด็กเริ่มขึ้นในช่องปากตอนอายุ ประมาณ 6 ปี และจะทยอยขึ้นจนครบ 28 ซี่ เนื่องจากเด็กอายุ 12 ปี เป็นวัยที่จะสำเร็จการศึกษาจากชั้นประถมต้น และเป็นช่วงวัยเริ่มต้นของการเป็นเยาวชนซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ ทั้งด้านกายภาพและสังคม กลุ่มอายุนี้จึงถูกใช้เป็นตัวแทนของอายุที่เป็นสากลเพื่อการเปรียบเทียบข้อมูลของประเทศต่างๆ การสำรวจสภาวะโรคฟันผุในฟันแท้พบว่าร้อยละ 56.9 ของเด็กมีประสบการณ์การเป็นโรคฟันผุ ค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด (DMFT) เท่ากับ 1.55 ซี่/คน ในขณะที่เขตภาคใต้ มีเด็กมีประสบการณ์การเป็นโรคฟันผุสูงกว่าระดับประเทศคือที่ ร้อยละ 57.6 ค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด (DMFT) เท่ากับ 1.45 ซี่/คน การสำรวจยังพบเด็กที่มีฟันที่เป็นโรคส่วนใหญ่จะยังไม่ได้รับการรักษาคิดเป็นร้อยละ 39.1 ของฟันที่มีประสบการณ์การเป็นโรค ในขณะที่เขตภาคใต้พบเด็กที่มีฟันที่เป็นโรคส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการรักษาคิดเป็นร้อยละ 49.1

เมื่อพิจารณากลุ่มวัยทำงานและกลุ่มผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่มีประสบการณ์การเป็นโรคฟันผุครอบคลุมทั้งกลุ่มประชากร และพบปัญหาการสูญเสียฟันอย่างชัดเจน อัตราของผู้ที่มีการสูญเสียฟันในช่องปากสูงถึงร้อยละ 82.8 เฉลี่ย 3.92 ซี่/คน ในกลุ่ม 35-44 ปี โดยที่การสูญเสียฟันสูงมากในภาคกลางและภาคใต้ ซึ่งมีอัตราของผู้ที่มีการสูญเสียฟันในช่องปากสูงถึงร้อยละ 91.1 และ90.8 ตามลำดับ อัตราการสูญเสียฟันนี้จะเกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตจนถึงผู้สูงอายุ การสูญเสียฟันในผู้สูงอายุมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 10 ซี่/คน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผู้สูงอายุมีฟันเหลืออยู่ในช่องปากไม่ถึงครึ่งหนึ่ง ผู้สูงอายุมีฟันใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 20 ซี่ มีเพียงร้อยละ 54.80 ทั้งนี้ฟันที่คงเหลืออยู่ในช่องปากนี้ยังพบว่าเป็นฟันที่มีการผุบริเวณรากฟันด้วย โดยพบว่าผู้มีฟันผุที่รากฟันมีเพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 10.00 ในกลุ่มอายุ 35-44 ปี เป็นร้อยละ 20.17 ในกลุ่ม 60-74 ปี เห็นได้ว่าเป็นสถานการณ์ที่เริ่มสะท้อนปัญหาที่จะมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างชัดเจนคือการปราศจากฟันทั้งปาก

พิจารณาด้านความจำเป็นในการรับการรักษาโรคฟันผุจากผลการสำรวจดังกล่าว พบว่าฟันน้ำนมของเด็ก 3 ปี และ 5 ปี ส่วนใหญ่ มีความจำเป็นต้องได้รับการดูแลโดยทันตบุคลากร โดยมีเด็กเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่มีสภาพช่องปากดีโดยไม่ต้องการการรักษา ในขณะที่การรักษาที่เด็กต้องการมากที่สุด คือ การอุดฟัน รองลงมาคือ การเคลือบหลุมร่องฟันและการถอนฟัน ทั้งนี้ ความต้องการการถอนฟันจะสูงในกลุ่มเด็ก 5 ปี และยังพบอีกว่า ร้อยละ 8.6 ของเด็กอายุ 3 ปี มีฟันที่ผุมากจนอยู่ในสถานภาพที่ต้องการการรักษารากฟัน ฟันที่ต้องการการรักษาเหล่านี้จะลุกลามถึงขั้นที่ต้องการการถอนฟันเนื่องจากไม่สามารถรักษาได้อีกต่อไป จึงทำให้ความต้องการในการถอนฟันในเด็กอายุ 5 ปี จึงสูงถึงร้อยละ 32.7 ซึ่งพบว่าภาคใต้เป็นภาคที่มีเด็กต้องการการรักษาด้วยการถอนฟันสูงสุดถึงร้อยละ 42.0

ด้านเด็กนักเรียนและเยาวชน พบว่าร้อยละ 36.7 ของเด็กอายุ 12 ปี ต้องการการเคลือบหลุมร่องฟันโดยเฉลี่ย 1.14 ซี่/คน นอกจากการนี้ ยังพบว่าเด็กลุ่มหนึ่งที่มีฟันในระยะเริ่มต้องการการรักษาด้วยเทคนิคการอุดฟันเพื่อการป้องกันฟันผุ (PRR = Preventive Resin Restoration) ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับการเคลือบหลุมร่องฟัน ซึ่งการรักษาทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมานั้นเป็นการรักษาเพื่อการป้องกันและควบคุมการเกิดโรคฟันผุ ในขณะที่เด็กที่มีฟันที่มีการผุลุกลามถึงขั้นที่ต้องการการรักษารากฟันและถอนฟัน คือร้อยละ 8.13 และ 13.93 ตามลำดับ

กลุ่มวัยทำงานและผู้สูงอายุ พบว่ามีความต้องการการถอนฟันสูงสุด เมื่อเทียบกับความต้องการการรักษาชนิดอื่นๆ รองลงมา คือ การอุดฟัน ทั้งนี้ยังพบว่า มีผู้ต้องการการรักษารากฟันประมาณร้อยละ 6.7 ในกลุ่ม 35-44 ปี และร้อยละ 5.6 ในกลุ่ม 60-74 ปี สถานการณ์ความต้องการการรักษาฟันเช่นนี้ สะท้อนให้เห็นภาระโรคค่อนข้างสูงในทั้ง 2 กลุ่มอายุ โดยพบมีเพียงร้อยละ 8.8 กลุ่มอายุ 35-44 ปี ที่มีสภาพฟันดีและไม่ต้องการการรักษา และอัตราส่วนลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.7 ในกลุ่มอายุ 60-74 ปี

จากรายงานผลการสำรวจดังข้างต้น ถึงแม้ว่าจะแสดงผลทันตสุขภาพที่เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และยังคงมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเมื่อแบ่งตามเขตพื้นที่โดยเฉพาะเขตภาคใต้ ซึ่งสถิติตัวเลขชี้วัดแตกต่างในเชิงลบจากตัวเลขรวมระดับประเทศ นอกจากนี้ผลการสำรวจยังสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาทันตสุขภาพ ที่เริ่มเกิดตั้งแต่วัยเด็กเล็กและต่อเนื่องลุกลามถึงวัยเรียน วัยรุ่น และมีผลถึงสภาพช่องปากของวัยทำงาน และผู้สูงอายุ ดังนั้นเรื่องทันตสุขภาพจึงไม่อาจเป็นเฉพาะเรื่องส่วนบุคคล แต่ควรเกี่ยวเนื่องกับครอบครัวด้วย โดยเฉพาะในวัยเด็กเล็กซึ่งจำเป็นต้องมีผู้ปกครองให้การดูแลสุขภาพช่องปาก จนถึงวัยเรียน สังคมในโรงเรียนและกลุ่มเพื่อนก็มีส่วนทั้งในทางส่งเสริมและบั่นทอนสุขภาพช่องปากได้ทั้งสิ้น รวมถึงในวัยทำงานและผู้สูงอายุเองก็ตาม

การส่งเสริมแนวคิดทันตสุขภาพหรือทันตกรรมป้องกันเป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดอัตราหรือชะลอการเกิดโรคในช่องปาก ซึ่งส่วนหนึ่งของทันตกรรมป้องกัน คือการส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการดูแลทันตสุขภาพด้วยตนเอง อันจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมและติดตามให้มีเพิ่มมากขึ้นในอันที่จะลดภาระการรักษา และรวมถึงการดูแลตนเองในระหว่างเกิดอาการของโรคในช่องปากเพื่อมิให้อาการของโรคลุกลามรุนแรงจนไม่อาจรักษาฟันหรืออวัยวะอื่นในช่องปากได้ ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการดูแลทันตสุขภาพด้วยตนเองจึงเป็นสิ่งสำคัญ ที่จะก่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนไปสู่พฤติกรรมการดูแลตนเองดังกล่าว โดยการศึกษาได้นำตัวแบบแนวคิด PRECEDE Framework ของ Lawrence Green (Green & Kreuter, 1991) มาใช้ในการศึกษาเพื่ออธิบายพฤติกรรมการดูแลทันตสุขภาพด้วยตนเอง ซึ่งแนวคิด PRECEDE Framework เห็นว่าพฤติกรรมด้านสุขภาพมาจากหลายสาเหตุทั้งปัจจัยในตัวบุคคล และปัจจัยนอกตัวบุคล

โดยการศึกษาแบ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า ทันตสุขภาพทั้งในด้านการส่งเสริม การป้องกัน และการรักษา ยังเป็นส่วนที่เกิดขึ้นได้จากสถานบริการทันตกรรม ซึ่งขึ้นอยู่กับการเข้าใช้บริการทันตสุขภาพของประชากร และจากการสำรวจหรือแม้แต่การสังเกตโดยทั่วไปมักจะพบว่า ประชากรโดยทั่วไปตั้งแต่เด็ก จนวัยผู้ใหญ่จะมีอาการกลัว วิตกกังวลต่อการเข้าใช้บริการทันตกรรม นอกจากนี้ในพื้นที่ยังอาจพบปัญหาการเข้าถึงสถานบริการทันตกรรม เช่นการเดินทาง หรือค่าใช้จ่าย ซึ่งการเข้าถึงและการเข้าใช้บริการทันตกรรมในสถานบริการทันตกรรมเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการดูแลทันตสุขภาพด้วยตนเองทั้งในภาวะปกติ และภาวะที่มีอาการหรือในระยะของการรักษา

เขตนอกจากนี้การวิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการศึกษาเป็นภาคใต้ เนื่องจากสภาวะทันตสุขภาพของเขตภาคใต้อยู่ในเกณฑ์ต่ำของประเทศ และมีการบ่งชี้หลายประเด็นที่น่าสนใจ เช่นอัตราการเข้ารับบริการทันตกรรมต่ำกว่าเขตพื้นที่อื่น และการศึกษากำหนดเป็นกรณีศึกษาโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระ อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เนื่องจากในพื้นที่อำภอเวียงสระ ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงพยาบาลฯ มีตัวชี้วัดภาวะทางทันตสุขภาพหลายประการ ที่สะท้อนถึงภาวะปัญหาทันตสุขภาพที่ยังมีอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งสูงกว่าอำเภออื่นและสูงกว่าตัวชี้วัดระดับจังหวัดเอง เช่นอัตราร้อยละของเด็ก 12 ปีที่ปราศจากโรคฟันผุซึ่งมีเพียงร้อยละ 25 เทียบกับร้อยละ 33.4 ในระดับจังหวัด และร้อยละ 45.0 ในระดับประเทศ หรือ ค่าเฉลี่ยฟัน ผุ ถอน อุด ของเด็ก 12 ปี ของอำเภอเวียงสระ 3.07 ซี่/คน เทียบกับ 1.82 ซี่/คน และ 1.55 ซี่/คน ในระดับจังหวัดและระดับประเทศตามลำดับ(สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุราษฎร์ธานี 2553) นอกจากนี้ตัวสภาพของอำเภอเวียงสระเองมีสภาพเป็นชุมชนกึ่งเมือง ซึ่งปัญหาภาวะทันตสุขภาพจะอยู่ในระดับสูงกว่าพื้นที่เขตเมือง สำหรับการศึกษาโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระ เนื่องจากเป็นโรงพยาบาลของรัฐเพียงแห่งเดียวในพื้นที่ เป็นลักษณะโรงพยาบาลชุมชน และเป็นโรงพยาบาลสำหรับกลุ่มที่มีสิทธิบัตรตามหลักประกันสุขภาพ นอกจากนี้ผลการสำรวจภาวะทันตสุขภาพข้างต้นยังให้ข้อสรุปอีกว่า สถานบริการสุขภาพของรัฐเป็นสถานบริการหลักของประชาชนในทุกกลุ่มอายุ ซึ่งสถานบริการทันตกรรมเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะก่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพทั้งในภาวะปกติและภาวะเจ็บป่วยดังกล่าว นอกจากนี้การวิจัยจะได้กล่าวล่วงไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างกันของพฤติกรรมการดูแลตนเองและการใช้บริการทันตสุขภาพของผู้ใช้บริการทันตสุขภาพ ของโรงพยาบาลฯ

จากที่กล่าวมาถึงภาวะทันตสุขภาพในระดับประเทศ ระดับภาค และแนวโน้มปัญหาทันตสุขภาพที่เกิดขึ้นและยังคงอยู่ ความสำคัญของการส่งเสริมแนวคิดทันตกรรมป้องกัน พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพ การเข้าใช้บริการทันตกรรม และความเข้มของภาวะปัญหาทันตสุขภาพในพื้นที่ศึกษา รวมถึงความเป็นสถานบริการหลักด้านสุขภาพของประชาชนที่เป็นของรัฐเพียงแห่งเดียวในพื้นที่ จึงประมวลขึ้นเป็นการศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้ใช้บริการทันตกรรม : กรณีศึกษาโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระในครั้งนี้

โจทย์การวิจัย

1. ผู้รับบริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลฯมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพอย่างไร
2. มีปัจจัยสำคัญใดบ้างที่มีส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้รับบริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลฯ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาภาวะและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลฯ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลฯ ตามโมเดล PRECEDE Framework

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตทางด้านเนื้อหา

การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลฯ กรณีศึกษาโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระในครั้งนี้ กำหนดขอบเขตด้านเนื้อหาการศึกษาดังนี้

(1) พฤติกรรมการดูแลตัวเอง(Self care)ด้านทันตสุขภาพ ในการศึกษาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการดูแลตัวเองด้านทันตสุขภาพ ประกอบด้วย

(1.1) พฤติกรรมการดูแลตัวเองในภาวะปกติ

(1.2) พฤติกรรมการดูแลตัวเองในภาวะเจ็บป่วย / เกิดอาการ

(2) ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลฯ ประยุกต์ใช้ตามโมเดล PRECEDE Framework (Green & Kreuter, 1991) โดยจำแนกปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองออกเป็น 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยนำ (Predisposing factors) ปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) และปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

(2.1) ปัจจัยนำ (Predisposing factors) ประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

(2.1.1) ตัวแปรคุณสมบัติด้านประชากร

- เพศ
- อายุ

(2.1.2) ความรู้และทัศนคติต่อทันตสุขภาพ

(2.1.3) การรับรู้ต่อปัญหาทันตสุขภาพ

(2.1.4) การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ

(2.2) ปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) ประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

(2.2.1) รายได้

(2.2.2) ระดับการศึกษา

(2.2.3) อาชีพ

(2.2.4) การเข้าถึงแหล่งความรู้ด้านทันตสุขภาพ

(2.3) ปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) ประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

(2.3.1) การได้รับการสนับสนุนและตัวอย่างจากครอบครัว

(2.3.2) การได้รับการสนับสนุนและตัวอย่างจากเพื่อนหรือชุมชน

(2.3.3) การได้รับคำแนะนำ กระตุ้นเตือนจากเจ้าหน้าที่ทันตสาธารณสุข

(2.3.4) การได้รับความรู้และกระตุ้นเตือนจากสื่อต่างๆ

2. ขอบเขตทางด้านประชากร

ประชากรในการศึกษา ได้แก่ประชาชนผู้ใช้บริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระ ซึ่งจากข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 มีผู้มาใช้บริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลฯ จำนวน 16,208 คน และทำการศึกษาด้วยการสุ่มตัวอย่างจำนวน 391 คน ซึ่งมาจากวิธีการคำนวณตาม Taro Yamane ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 (วิชิต อู่อ้น, 2550 หน้า 599) และแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามช่วงอายุ ตามจำนวนสัดส่วนของแต่ละช่วงอายุของผู้ที่ใช้บริการ (Stratified Sampling) ทั้งนี้กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีอายุน้อย (ไม่เกิน 12 ปี)จะทำการสอบถามข้อมูลจากผู้ปกครองของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว

3. ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ปี 2554 – 2555 ช่วงเวลาของการสำรวจข้อมูลด้านทันตสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างระหว่างเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2555

สมมติฐานการวิจัย

1. ปัจจัยนำ (Predisposing factors) ปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) และปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) ตามโมเดล PRECEDE Framework มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ

2. ประชากรที่มีปัจจัยนำ (Predisposing factors) แตกต่างกัน จะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างกัน

3. ประชากรที่มีปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) แตกต่างกัน จะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างกัน

4. ประชากรที่มีปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) แตกต่างกัน จะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างกัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรในการศึกษา ได้แก่ประชาชนผู้ใช้บริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระ จากข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 มีผู้มาใช้บริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลฯ จำนวน 16,208 คน รายละเอียดประชาชนผู้ใช้บริการทันตสุขภาพ จำแนกตามอายุและประเภทการรักษา

กลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยเชิงปริมาณใช้กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์จากประชากรที่กำหนด โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณวิธีของ Taro Yamane (วิชิต อู่อ้น,2550: 599)_และกำหนดค่าความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน + - 5% ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 391 คน และทำการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Stratified Sampling) ตามช่วงอายุ ตามสัดส่วนของแต่ละช่วงอายุของผู้ใช้บริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลฯ

สำหรับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก กำหนดการเลือกตัวอย่าง (ชาย โพธิสิตา, 2549หน้า128 -133) แบบยึดจุดมุ่งหมายของการศึกษาเป็นหลัก และเป็นตัวอย่างที่เจาะจงเลือกมาจากประชากรที่แบ่งแบบ Stratified Sampling ตามช่วงอายุข้างต้น รวมจำนวนตัวอย่างสำหรับการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก จำนวน 25 คน

การสัมภาษณ์

ดำเนินการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก ในการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยกำหนดการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้มาใช้บริการของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระในแต่ละกลุ่มอายุกลุ่มละ 3 คน รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการของโรงพยาบาลฯสำหรับการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจำนวน 12 คน สัมภาษณ์ทันตแพทย์ผู้ทำการรักษาผู้ใช้บริการฯในแต่ละกลุ่มอายุ รวมจำนวน 4 คน เจ้าหน้าที่และทันตบุคคลากรในแต่ละกลุ่มอายุกลุ่มละ 2 คนรวม 8 คน และผู้บริหารโรงพยาบาลฯ 1 คน รวมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจำนวน 25 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มีคำถามหลักเกี่ยวข้องกับ ทัศนความคิดเห็นที่มีต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองและการใช้บริการทันตสุขภาพ ปัญหาและข้อเสนอต่อการส่งเสริมภาวะทันตสุขภาพโดยรวม เพื่อให้สอดคล้องสมบูรณ์กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อความถูกต้องของข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยจึงกำหนดดำเนินการเก็บ รวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เป็นการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามโดยตรงกับกลุ่มตัวอย่างผู้มาใช้บริการทันตสุขภาพของโรงพยาบาลฯโดยขออนุญาติจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลฯเพื่อดำเนินการเก็บข้อมูล ในระหว่างที่กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายมาใช้บริการฯที่โรงพยาบาลฯ แล้วรวบรวมแบบสอบถามที่ได้มาตรวจสอบความเรียบร้อยและความครบถ้วนของแบบสอบถามให้ครบตามสัดส่วนจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ในแต่ละกลุ่มอายุ หลังจากนั้นนำแบบสอบถามมาบันทึกหมายเลขประจำชุด และลงรหัสข้อมูลเพื่อเตรียมการบันทึกข้อมูลและประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

2) การสังเกตุการณ์และการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก จะดำเนินการไปพร้อมกับการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยการสังเกตุการณ์จากกลุ่มตัวอย่างผู้มาใช้บริการของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระ และทำการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากกลุ่มตัวอย่างบางคน ในแต่ละกลุ่มอายุตามจำนวนที่กำหนดไว้ และจะทำการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกเพิ่มเติมจากทันตแพทย์ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่และทันตบุคคลากรของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระตามจำนวนที่กำหนดไว้ ในระหว่างและภายหลังการสำรวจข้อมูลและได้ผลเบื้องต้นจากการวิจัยเชิงปริมาณ

3) การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัย สิ่งพิมพ์ ที่หน่วยงานต่างๆจัดทำหรือรวบรวมไว้ รวมถึงเอกสารข้อมูลของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระและทางราชการ ตลอดจนการค้นคว้าจากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ งานวิจัยของสถาบันการศึกษาต่างๆ และการสืบค้นทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ค่าความถี่ (Frequencies) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2545, หน้า 72) โดยการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ทั้งนี้การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาและการทดสอบสมมติฐาน กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการทันตกรรมของโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการทันตกรรม 391 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 290 คนหรือร้อยละ 74.2 เป็นเพศชายจำนวน 101 คนหรือร้อยละ 25.8 อย่างไรก็ตามได้ทำการสอบถามข้อมูลจากผู้ปกครองแทนในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างเด็กที่มีอายุน้อย (ไม่เกิน 12 ปี) จึงได้จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 311 คนหรือร้อยละ 79.5 และเพศชาย 80 คนหรือร้อยละ 20.5 และพบว่าผู้ปกครองที่ให้ข้อมูลแทน ในกลุ่มตัวอย่างเด็กจำนวน 62 คน ส่วนใหญ่ผู้ที่พาเด็กมารับบริการทันตกรรมหรือเป็นผู้ให้การดูแลทันตสุขภาพแก่เด็กคือมารดาจำนวน 44 คนหรือร้อยละ 71.0 ที่เหลือเป็นบิดาหรือ ญาติในครอบครัว กล่าวได้ว่าโดยส่วนใหญ่มารดาจะเป็นผู้มีบทบาทในการให้การดูแลด้านทันตสุขภาพแก่เด็กเป็นสำคัญ

ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 391 คน ส่วนใหญ่มีการศึกษาปริญญาตรี 137 คน (ร้อยละ 35.0) และมัธยมศึกษา/ปวช. 137 คน (ร้อยละ 35.0) รองลงมาเป็นระดับประถมศึกษา 80 คน (ร้อยละ 20.5) ส่วนใหญ่มีอาชีพ รับราชการหรือรัฐวิสาหกิจ114 คน (ร้อยละ 29.2) รองลงมามีอาชีพประมง / เกษตรกรรม 68 คน (ร้อยละ 17.4) และเป็นนักเรียน / นักศึกษา 68 คน (ร้อยละ17.4) เป็นพนักงานบริษัทเอกชน 53 คน (ร้อยละ 13.6) ประกอบธุรกิจส่วนตัว 26 คน(ร้อยละ 6.6) ค้าขาย 25 คน (ร้อยละ 6.4)

ทางด้านรายได้ของครอบครัวเฉลี่ยต่อเดือน พบว่าส่วนใหญ่มีรายได้มากกว่า 20,000 บาทต่อเดือน จำนวน 142 คนคิดเป็นร้อยละ 36.3 และครอบครัวมีรายได้อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาทต่อเดือนจำนวน 104 คนคิดเป็นร้อยละ 26.6 รองลงมาครอบครัวมีรายได้15,001 – 20,000 บาท จำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 17.9 และรายได้ 5,001 – 10,000 บาท จำนวน 69 คน คิดเป็นร้อยละ 17.6 เมื่อพิจารณาฐานะความพอเพียงของรายได้เทียบกับรายจ่าย พบว่าส่วนใหญ่มีฐานะปานกลางคือพอใช้จ่าย จำนวน 248 คนคิดเป็นร้อยละ 63.4 และฐานะอยู่ได้ค่อนข้างสบายจำนวน 57 คนคิดเป็นร้อยละ 14.6 และฐานะดีคืออยู่ได้สบายและมีเหลือเงินออมจำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้บริการทันตกรรมที่โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระเป็นจำนวน 367 คน คิดเป็นร้อยละ 93.9 รองลงมาได้ใช้บริการทันตกรรมที่ คลินิกเอกชน/โรงพยาบาลเอกชนจำนวน 141 คน คิดเป็นร้อยละ 36.1 และอันดับสามได้แก่สถานีอนามัย จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4 ส่วนสถานที่ที่ใช้บริการน้อยที่สุดได้แก่หน่วยงานมาให้บริการที่ชุมชน จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 4.9

สถานที่หลักที่ใช้บริการทันตกรรม ส่วนใหญ่ใช้บริการทันตกรรมที่โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเวียงสระเป็นหลัก จำนวน 241 คนคิดเป็นร้อยละ 61.6 รองลงมาอันดับสองได้แก่ ใช้บริการที่คลินิกเอกชน/โรงพยาบาลเอกชน จำนวน

78 คน คิดเป็นร้อยละ 19.9 อันดับสามได้แก่สถานีอนามัย จำนวน 39 คน หรือร้อยละ 10.0 ส่วนอันดับท้ายสุดได้แก่การใช้บริการทันตกรรมที่โรงพยาบาลศูนย์สุราษฎร์ธานีเป็นหลัก จำนวน 5 คน หรือร้อยละ 1.3 บริการทันตกรรมที่ใช้ได้แก่ บริการขูดหินปูน จำนวน 215 คนคิดเป็นร้อยละ 55.1 รองลงมาอันดับสองได้แก่ บริการอุดฟันจำนวน 205 คนคิดเป็นร้อยละ 52.6 อันดับสามใช้บริการถอนฟัน จำนวน 201 คนหรือร้อยละ 51.5% และอันดับสี่ได้แก่บริการตรวจสุขภาพช่องปากตามกำหนดเวลา จำนวน 121 คนหรือร้อยละ 31.0

สิทธิการรักษาส่วนใหญ่ใช้สิทธิบัตรประกันสุขภาพถ้วนหน้า จำนวน 166 คนคิดเป็นร้อยละ 42.5 ของกลุ่มตัวอย่าง รองลงมาอันดับสองได้แก่สิทธิข้าราชการ/ พนักงานรัฐวิสาหกิจ จำนวน 98 คนหรือร้อยละ 25.1 อันดับสามใช้สิทธิประกันสังคม จำนวน 80 คนหรือร้อยละ 20.5 และอันดับสี่ได้แก่ใช้สิทธิของสมาชิกในครอบครัว จำนวน 17 คนหรือร้อยละ 4.3 และ ไม่มีสิทธิ์ใดๆ ต้องเสียค่ารักษาเอง จำนวน 17 คนหรือร้อยละ 4.3

ทางด้านความรู้ด้านทันตสุขภาพ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยระดับความรู้ด้านทันตสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.66 อยู่ในระดับความรู้ปานกลาง พิจารณาจำแนกกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนน 66.8-100 ระดับความรู้สูง จำนวน 215 คน หรือร้อยละ 55.0 ระดับความรู้ปานกลาง จำนวน 154 คน หรือร้อยละ 39.4 และระดับความรู้ต่ำ จำนวน 22 คน หรือร้อยละ 5.6

ผลจากการสำรวจ พบว่าผู้ใช้บริการทันตกรรมโดยรวมมีทัศนคติต่อทันตสุขภาพในเชิงบวก ทัศนคติระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ยระดับทัศนคติที่ 3.41 และพบว่าผู้ใช้บริการทันตกรรมโดยรวมมีการรับรู้ต่อปัญหาทันตสุขภาพในระดับสูงที่ค่าเฉลี่ย 3.63 เช่นเดียวกันพบว่าผู้ใช้บริการทันตกรรมโดยรวมมีการรับรู้ต่อการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพในระดับสูงที่ค่าเฉลี่ย 3.64 เป็นผลให้การรับรู้ต่อปัญหาทันตสุขภาพและการดูแลตนเองโดยรวมของผู้ใช้บริการทันตกรรม มีระดับการรับรู้สูง ด้วยค่าเฉลี่ยรวม 3.63

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารด้านทันตสุขภาพอันดับหนึ่งจาก สื่อโทรทัศน์จำนวน 351 คนคิดเป็นร้อยละ 91.2 ของกลุ่มตัวอย่าง รองลงมาอันดับสองและอันดับสามใกล้เคียงกัน ได้แก่ สื่อโปสเตอร์ แผ่นพับ และสื่อหนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร ด้วยจำนวน 192 คน (ร้อยละ 49.9) และจำนวน 191 คน (ร้อยละ 49.6) และอันดับสี่ได้แก่ สื่ออินเตอร์เน็ต จำนวน 172 คน (ร้อยละ 44.7) แหล่งความรู้ที่เข้าถึงกลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดได้แก่ ชุมชน ผู้นำชุมชน จำนวน 64 คน (ร้อยละ 16.6)

โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารด้านทันตสุขภาพค่อนข้างมากครั้ง จำนวน 207 คนคิดเป็นร้อยละ 52.9 รองลงมาอันดับสองได้รับน้อยครั้งจำนวน 93 คน หรือร้อยละ 23.8 และอันดับสามได้รับมากครั้งจำนวน 62 คน หรือร้อยละ 15.9 และที่เหลือมีเพียงส่วนน้อยคือจำนวน 29 คน หรือร้อยละ 7.4 ที่ไม่เคยได้รับเลย

ทางด้านการส่งเสริมสนับสนุนและการเป็นตัวอย่างต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ พบว่าส่วนใหญ่จำนวนถึง 260 คน หรือร้อยละ 66.5 ของกลุ่มตัวอย่างได้รับการส่งเสริมแนะนำจากทันตแพทย์ผู้รักษา รองลงมาอันดับสองได้แก่บุคคลในครอบครัว จำนวน 175 คน คิดเป็นร้อยละ 44.8 และอันดับสามได้แก่เจ้าหน้าที่สาธารณสุข จำนวน 137 คน คิดเป็นร้อยละ 35.0 และพบว่าส่วนใหญ่จำนวนถึง 241 คน หรือร้อยละ 61.8 ของกลุ่มตัวอย่างได้รับการกระตุ้นเตือน จากทันตแพทย์ผู้รักษา รองลงมาอันดับสองได้แก่บุคคลในครอบครัว จำนวน 203 คน คิดเป็นร้อยละ 52.1 และอันดับสามได้แก่เจ้าหน้าที่สาธารณสุข จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 26.4

ตัวอย่างในการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพส่วนใหญ่จำนวน 209 คน หรือร้อยละ 53.5 เห็นตัวอย่างจากทันตแพทย์ผู้รักษา รองลงมาได้แก่เห็นตัวอย่างจากบุคคลในครอบครัว จำนวน 196 คน คิดเป็นร้อยละ 50.1 และอันดับสามได้แก่เพื่อน จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 27.1

ทางด้านพฤติกรรมการดูแลตนเอง ผู้ใช้บริการทันตกรรมโดยรวมมีระดับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพในภาพรวมอยู่ในระดับการปฏิบัติปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 2.27 โดยมีพฤติกรรมการดูแลตนเองในภาวะปกติและในภาวะเจ็บป่วยอยู่ในระดับการปฏิบัติปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 2.27 และ 2.30 ตามลำดับ

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในภาพรวมสามารถกล่าวได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพของผู้เข้ารับบริการของโรงพยาบาลฯสอดคล้องโดยภาพรวมตามโมเดล PRECEDE Framework และสอดรับตรงกับสมมติฐานที่

กำหนดไว้คือ ปัจจัยนำ (Predisposing factors) ปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) และปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) ตามโมเดล PRECEDE Framework มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ดลิกา ไตรไพบูลย์ (2531, หน้า 5) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำกิจกรรมกลุ่มพัฒนาคุณภาพงานของพยาบาล โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ ปัจจัยเสริม ต่อการทำกิจกรรมกลุ่มพัฒนาคุณภาพของพยาบาล ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม ส่งผลต่อการทำกิจกรรมกลุ่มพัฒนาคุณภาพงาน และสอดคล้องเช่นเดียวกันกับผลงานวิจัยของ สุวรรณา จัดเจน (2533, หน้า 118) ซึ่งได้มีการใช้ PRECEDE Framework ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมทางด้านสุขาภิบาลอาหารของผู้ประกอบการค้าในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร แล้วดำเนินการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้องของผู้ประกอบการโดยใช้กลวิธีในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม พบว่า ปัจจัยทั้งสามส่งผลต่อพฤติกรรมทางด้านสุขาภิบาลอาหาร หลังจากใช้กลวิธีเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้ประกอบการด้านอาหาร มีพฤติกรรมทางด้านสุขาภิบาลอาหารถูกต้องและดีขึ้นสำหรับงานศึกษานี้อภิปรายผลได้ดังนี้

ปัจจัยนำ

เพศพบว่าเพศมีความความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ และเพศหญิงมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่สูงกว่าเพศชาย ซึ่งเป็นไปตามลักษณะทางธรรมชาติของเพศหญิง สุขภาพและบทบาททางครอบครัวและสังคมที่เพศหญิงจะมีบทบาทนำในการดูแลสมาชิกในครอบครัว รวมทั้งผลการศึกษาที่พบว่าบุคคลที่ใกล้ชิดดูแลเด็กในการรักษาพยาบาลจะเป็นมารดา

ความรู้ด้านทันตสุขภาพ พบว่าความรู้ด้านทันตสุขภาพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพโดยรวม และทั้งในภาวะปกติและภาวะเจ็บป่วย ในทิศทางเดียวกันซึ่งสอดคล้องตามหลักเหตุผลที่ว่าเมื่อบุคคลมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องทันตสุขภาพก็จะมีผลในพฤติกรรมการปฏิบัติตามในแนวทางที่ถูกต้องควรจะเป็น เพราะความรู้เป็นปัจจัยเบื้องหลังประการหนึ่งต่อพฤติกรรมของมนุษย์

ทัศนคติต่อทันตสุขภาพ พบว่าทัศนคติต่อทันตสุขภาพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพโดยรวมและทั้งในภาวะปกติและภาวะเจ็บป่วย ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งทัศนคติเป็นความเชื่อ หรือการยอมรับประการหนึ่งของบุคคลที่จะส่งผลต่อพฤติกรรมที่แสดงออกทั้งในทางปฏิบัติตามและการไม่ปฏิบัติตาม ซึ่งเกิดจากทัศนคติที่มีต่อสิ่งนั้นทั้งในชิงทัศนคติที่ดี(เชิงบวก) หรือทัศนคติที่ไม่ดี (เชิงลบ)

การรับรู้ต่อปัญหาทันตสุขภาพ พบว่าการรับรู้ต่อปัญหาทันตสุขภาพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพโดยรวมในและทั้งในภาวะปกติและภาวะเจ็บป่วย ในทิศทางเดียวกัน อธิบายได้ว่าเมื่อบุคคลได้ทราบถึงปัญหาของโรคหรือช่องปาก ก็จะตระหนักได้ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้น และการรับรู้นั้นก็จะนำไปสู่การหาวิธีบำบัด หรือป้องกัน ซึ่งนำไปสู่พฤติกรรมการดูแลตนเอง สอดคล้องกับการศึกษาของพัชราลักษณ์ เถื่อนนาดี และสุปรีดา อดุลยานนท์ (2542, น.48-57) ได้ศึกษาพฤติกรรมการดูแลทันตสุขภาพช่องปากของชาวบ้านตำบลป่ามะนาว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น พบว่า ชาวบ้านมีพฤติกรรมการดูแลตนเองเมื่อมีปัญหาในช่องปากเป็นส่วนใหญ่

ปัจจัยเอื้อ

รายได้ พบว่ากลุ่มรายได้ของครอบครัวที่ต่างกันมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ และพบว่ากลุ่มรายได้ของครอบครัวที่มากกว่า 20,000 บาทจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างจากทุกกลุ่มรายได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพในระดับที่สูงกว่า อาจกล่าวได้ว่ากลุ่มรายได้ของครอบครัวที่สูงกว่าจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพในระดับที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากฐานะทางเศรษฐกิจเป็นทรัพยากรในการดำรงชีวิตของครอบครัว การมีรายได้ที่สูงพอสมควรอนกจากที่สมาชิกในครอบครัวจะไม่ต้องคอยแสวงหารายได้หรืองานที่จะต้องทำเพิ่มเติมซึ่งทำให้ไม่มีเวลาได้ดูแลตนเองด้านสุขภาพรวมถึงทันตสุขภาพแล้ว การมีรายได้หรือฐานะเศรษฐกิจยังเพิ่มโอกาสหรือแนวทางในการที่จะรักษาหรือดูแลสุขภาพได้เพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งการเพิ่มโอกาสและความหลากหลายของการแสวงหาเวชภัณฑ์ที่จำเป็นที่เกี่ยวข้องประกอบ

ระดับการศึกษา พบว่า ระดับการศึกษาที่ต่างกันมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ และพบว่ากลุ่มระดับการศึกษาประถมศึกษา และมัธยมศึกษา / ปวช. จะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างและต่ำกว่าจากทุกระดับการศึกษาที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ อาจกล่าวได้กลุ่มระดับการศึกษาที่ต่ำจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพในระดับที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เหตุผลเช่นเดียวกับเรื่องความรู้ทันตสุขภาพ เพราะการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นย่อมสามารถหรือมีโอกาสที่จะได้รับความรู้ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระดับการศึกษาที่สูงขึ้นยังส่งผลต่อพฤติกรรมการรวมกลุ่มซึ่งเพิ่มโอกาสต่อการได้รับข่าวสารหรือความรู้ด้านทันตสุขภาพที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

อาชีพ พบว่าอาชีพที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างกัน และพบว่าทุกกลุ่มอาชีพ จะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นไปตามลักษณะการประกอบการ และเวลาที่ต้องใช้ไปในการปรพกอบของแต่ละอาชีพที่แตกต่างกัน รวมทั้งอาชีพยังสะท้อนถึงกลุ่มสังคมในอาชีพนั้น

ปัจจัยเสริม

การได้รับการสนับสนุนและตัวอย่างจากครอบครัว พบว่าการได้รับการสนับสนุนจากครอบครัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ และผู้ที่ได้รับการสนับสนุนจากครอบครัวมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่สูงกว่า และพบว่าผู้ที่ได้รับตัวอย่างจากครอบครัวแตกต่างกันจะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพแตกต่างกัน นั่นคือการได้รับตัวอย่างจากครอบครัวมีความความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ และผู้ที่ได้รับตัวอย่างจากครอบครัวมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพที่สูงกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของบุษบา จิรกุลสมโชค (2529, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้แรงสนับสนุนทางสังคมจากเพื่อนนักเรียนและพ่อแม่ของนักเรียน ที่มีต่อพฤติกรรมด้านทันตสุขภาพในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า การใช้แรงสนับสนุนทางสังคมจากเพื่อนและพ่อแม่ของนักเรียนมีประสิทธิผลต่อการปฏิบัติตัวด้านทันตสุขภาพเช่นเดียวกัน กลุ่มนักเรียนที่ได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากพ่อแม่ มีทัศนคติด้านทัศนสุขภาพดีกว่า

ข้อเสนอแนะประเด็นที่ค้นพบ และข้อเสนอสำหรับการศึกษาต่อไป

จากผลการศึกษา สามารถวางแนวทางในการส่งเสริมพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพได้บางประเด็นดังนี้

เพศหญิงโดยเฉพะมารดาควรถูกกำหนดให้เป็นผู้มีบทบาทนำในการดูแลสมาชิกในครอบครัวต่อการมีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านทันตสุขภาพ รวมถึงการดูแลเด็กในครอบครัว และเป็นเป้าหมายในการณรงค์ให้เกิดทันตกรรมป้องกันในครอบครัว

ดังนั้นการให้ความรู้ด้านทันตสุขภาพ การให้คำแนะนำ หรือการป้อนตัวอย่าง ควรกระทำต่อเพศหญิงเป็นกลุ่มแรกเพื่อที่จะกระจายผลทันตสุขภาพนี้สู่ระดับครอบครัวและชุมชน

ปรเด็นในการสื่อสารข่าวหรือความรู้ด้านทันตสุขภาพควรกระทำแบบต่อเนื่องและครอบคลุมจำนวนครั้งที่มากขึ้นเพื่อเป็นการกระตุ้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย กองทันตสาธารณสุข (2551), *รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากระดับประเทศ ครั้งที่ 6 ประเทศไทย พ.ศ. 2549-2550*, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพ. ออนไลน์ http://dental.anamai.moph.go.th/oralhealth/PR/E-book/

ชาย โพธิสิตา (2549), *ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ*, สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพ บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง

ดลิกา ไตรไพบูลย์ (2531), ปัจจัยที่มีผลต่อการทำกิจกรรมกลุ่มพัฒนางานของพยาบาลในโรงพยาบาลนครเชียงใหม่, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสุขศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล

วิชิต อู่อ้น. (2550), *การวิจัยและการสืบค้นข้อมูลทางธุรกิจ*, กรุงเทพ โรงพิมพ์ บริษัท พรินท์แอทมี(ประเทศไทย) จำกัด

ศิริชัย พงษวิชัย. (2545), *การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์,* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุวรรณา จัดเจน,(2533), *การวิเคราะห์และการปรับปรุงพฤติกรรมทางด้านสุขาภิบาลอาหารของผู้ประกอบการค้าอาหารในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยใช้ PRECEDE Framework,* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสุขศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล

Green, L. & Kreuter, M. (1991), *Health Promotion Planning. (2nd ed.)*. Mountain View : Mayfield Publishing Co.

NC2001: Estimation of stature from forearm length in Thai children

Kannika Song-in [1*], Suda Riengrojpitak [1,2*], Montip Tiensuwan [3]
[1]Forensic Science Graduate Programme, [2]Department of Pathobiology, [3]Department of Mathematics,
Faculty of Science, Mahidol University
272 Rama 6 Road, Ratchathewi, Bangkok 10400

Abstract

In cases where only incomplete human remains of an unknown person are recovered from the crime scene, the estimation of stature from these remains is particularly important in personal identification. The estimated stature may be used to narrow down the search in missing person databases. The present study aims to set appropriate regression equations to estimate stature from percutaneous forearm length for Thai school-age children (45 males and 45 females) ages between 5 and 19 years in the central region of Thailand. All subjects were healthy and had no physical deformities. Stature and forearm length were measured by using a stadiometer and a digital caliper. All measurements were recorded to the nearest millimeter. The data was analyzed using SPSS version 18.0 for Windows. Descriptive statistics, paired samples t-test, Pearson's correlation analysis, linear Regressions, and multiple regression analysis were used. The results in the present study showed that the correlation coefficients between stature and forearm (ulna and radius) length are high and significant in both sexes ($r = 0.988 - 0.992$, $p < 0.01$). In Thai school-age children, forearm lengths (radial length) are highly correlated with stature (standard error of estimation range from ±2.7464 cm to ±3.1190 cm). The Multiple regression equations provide slightly better results than the linear regression equations. Therefore, the equations derived in the present study will be useful for stature estimation from forearm length in Thai children.

Keywords: Stature estimation, Forearm length, Thai children, Regression equation

---

*Kannika Song-in
Cell: 091-003-1789
E-mail: mootako1117@gmail.com, Suda.rie@mahidol.ac.th

1. Introduction

Stature has definite and proportional biological relationship with each part of the human body. The most commonly used bones for stature estimation of incomplete remains are the long bones such as femur, tibia, fibula, humerus, ulna, and radius because they are strong, large and easy to find. Estimation of stature, especially from bones, is a tedious and time consuming process which involves cleaning and preparation of bones. Due to this reason, forensic pathologists are using percutaneous measurements instead of direct measurements of the bone.

Many researchers in several countries have developed regression formulae to estimate stature from long bones and other bones such as skull, hand, foot. Some studies have also used forearm bones and percutaneous measurement of forearm to predict stature. The equations produced for one population do not always give accurate results for another due to differences in diet, environment and lifestyle of each country.

There are a few studies about stature estimation in the Thai population. (Mahakkanukrauh, Khanpetch, Prasitwattanseree, Vichairat, & Case, 2011) Previous studies on the estimation of stature from long bones and other bones have been conducted in many adult populations. However, Thai children have not been studied before. The formula derived for adults does not provide accurate results for children. Therefore, it is necessary to develop regression equations for estimation of stature for Thai children, and this study uses forearm length (ulna and radial) for stature estimation of Thai children.

2. Objectives

This study aims to find the relationship between stature and forearm lengths and set regression equations for estimation of stature from radius and ulna length for Thai school-age children

3. Materials and Methods

The subjects of this study were 90 students (45 males and 45 females) in the central region of Thailand of ages between 5 and 19 years. All subjects were healthy and had no physical deformities.

Stature of the subjects was measured using a standard stadiometer. Each subject was instructed to stand up in an anatomical position (stand up straight and look straight ahead). The subject's head was positioned in the Frankfort Horizontal Plane

The forearm measurements were taken using a sliding caliper. The ulna length was measured as the distance from the distal tip of olecranon process to the tip of ulna styloid process (the elbow to the wrist of forearm) and the radial length was measured as the distance from the distal tip of ulna head to the tip of radial styloid process. The subject's elbow was flexed at 90° to 110° with fingers extended in the direction of the long axis of the forearm. (AD, JEL, KC, & RM, 1988). All measurements were recorded to the nearest millimeter.

The data was analyzed using SPSS for Windows version 18.0. Descriptive statistics of stature and forearm (ulna and radial) measurements were calculated for both males and females. T-test was utilized to examine statistical significance in bilateral asymmetry in forearm measurements of males and females. Statistical significance was considered at P-value < 0.05. The Pearson's correlation coefficient was calculated. Simple linear and multiple regression analyses were performed to derive regression equations for estimation of stature from forearm measurements for males and females.

4. Results

4.1 Descriptive statistics

The descriptive statistics for stature and forearm measurements in males and females (the minimum values, maximum values, means, and standard deviations) are shown in Table 1

Table 1 Descriptive statistics for stature and forearm measurements in males and females (n = 90)

Measurenents	Side	male (n = 45)				female (n = 45)			
		Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD
Age		5	19	12	4.369	5	19	12	4.369
Height		109.9	178.4	145.013	21.6908	106.3	169.8	142.8	18.7983
Ulna Length	Left	15.00	29.85	22.6589	4.52871	15.00	29.85	22.6589	4.52871
	Right	15.20	29.90	22.6533	4.50797	15.20	29.90	22.6533	4.50797
Radial Length	Left	15.35	29.90	22.7878	4.49394	15.35	29.90	22.7878	4.49394
	Right	15.20	29.80	22.7133	4.53389	15.20	29.80	22.7133	4.53389

4.2 Bilateral asymmetry

Table 2 presents the results of paired samples t-tests; the statistical significance of bilaterally asymmetry in forearm lengths of both sexes is represented by t and p values.

Table 2 Bilateral differences in forearm measurements in males and females (n = 90)

Measurement	Male (n = 45)				Female (n = 45)			
	Mean diff. (Left - Right)	SD	t-value	p-value	Mean diff. (Left - Right)	SD	t-value	p-value
Ulna length	0.00556	0.16349	0.228	0.821	-0.01333	0.22948	-0.39	0.699
Radial length	0.07444	0.18998	2.629	0.012	0.05667	0.19673	1.932	0.06

It is observed that bilateral asymmetry in the right and left ulna length of both sexes is not statistically significant. Similarly, the bilateral asymmetry in radial length of females is not statistically significant. On the other hand, bilateral asymmetry in radial length of males is statistically significant

4.3 Pearson's correlation coefficients

The results of the correlation coefficients between stature and forearm measurements are shown in **Table 3.** All forearm measurements exhibit statistically significant correlation coefficients with stature (p-value < 0.001). The correlation coefficient between stature and forearm length(ulna and radial) was higher in the male group. For males, the highest correlation is exhibited by the right radial length (r = 0.992, SEE = ±2.8539), and

the lowest by both sides of ulna length (r = 0.990, SEE = ±3.1190 cm for left side and SEE = ±3.0630 for right side). For females, the highest correlation is exhibited by the right radial length (r = 0.990, SEE = ±2.7464), and the lowest by both sides of ulna length (r = 0.988, SEE = ±2.9535 cm for left side and SEE = ±2.9053 for right side) and the left radial length (r = 0.988, SEE = ±2.9451).

Table 3 Pearson's correlation coefficient between stature and forearm length

Measurement	Side	Male (n = 45)		Female (n = 45)	
		R	P	R	P
Ulna Length	Left	0.990*	0.000	0.988*	0.000
	Right	0.990*	0.000	0.988*	0.000
Radial Length	Left	0.991*	0.000	0.988*	0.000
	Right	0.992*	0.000	0.990*	0.000

*Significant at p-value < 0.001

4.3 Simple linear regression equations

The results of linear regression equations of different parameters were obtained as follows:

For males:
Stature (cm) = 37.588 + (4.741 × LUL*) (cm)
Stature (cm) = 37.080 + (4.765 × RUL**) (cm)
Stature (cm) = 36.065 + (4.781 × LRL***) (cm)
Stature (cm) = 37.273 + (4.744 × RRL****) (cm)

For females:
Stature (cm) = 36.724 + (4.783 × LUL*) (cm)
Stature (cm) = 33.251 + (4.937 × RUL**) (cm)
Stature (cm) = 35.685 + (4.792 × LRL***) (cm)
Stature (cm) = 33.608 + (4.897 × RRL****) (cm)

LUL = Left ulna length*, RUL = Right ulna length**, LRL = Left radial length***
RRL = Right radial length****

In the present study, regression equations have been formulated with the standard error of estimate (SEE) ranging from ±2.7464 cm to ±3.1190 cm.

For males, the highest standard error of the estimation is observed in left ulna length (SEE = ±3.1190 cm), and the lowest in right radial length (SEE = ±2.8539 cm).

For females, the highest standard error of the estimation is observed in left ulna length (SEE = ±2.9538 cm), and the lowest in right radial length (SEE = ±2.7464 cm).

4.4 Multiple regression equations

The multiple regression equations for estimation of stature from different combinations of forearm measurements for males and females are presented in Table 4

Table 4 Multiple regression equations for stature estimation from forearm measurements in cm (n = 90)

Sex	Side	Equations	r	R^2	SEE
Male	Left	S = 36.462 + (1.525×LUL) + (3.247×LRL)	0.991	0.982	3.0150
	Right	S = 37.185 + (0.771×RUL) + (3.979×RRL)	0.992	0.983	2.8792
Female	Left	S = 36.014 + (2.344×LUL) + (2.452×LRL)	0.989	0.978	2.8808
	Right	S = 33.435 + (1.140×RUL) + (3.771×RRL)	0.990	0.979	2.7626

It is observed that the correlation coefficients, the coefficients of determination, and standard errors of the estimate of the multiple regression equations are better than those of the linear regression equations.

For males, the right side of forearm measurements shows the highest correlation coefficient with stature (r = 0.992) and the lowest standard error of the estimate (SEE = ±2.8792 cm).

For females, the right side of forearm measurements exhibits the highest correlation coefficient with stature (r = 0.990) and the lowest standard error of the estimate (SEE = ±2.7626 cm).

5. Discussion

In this study, stature and forearm lengths were measured from a total of 90 (45 males and 45 females) children in the central region of Thailand. The results show that the mean stature and all forearm lengths of males are higher than those of females; similar findings were observed in previous studies (Amit, A.K., & A.K.; Ebite et al., 2008; Ilayperuma & Nanayakkara, 2010).

The results of paired samples t- tests show no significant bilateral asymmetry in ulna length in both sexes (mean difference = 0.00556, p-value = 0.821 for males and mean difference = -0.01333, p-value = 0.699 for females). Similarly, no significant bilateral asymmetry in radial length is observed in females (mean difference = 0.05667, p-value = 0.060). This result is supported by the study of Arun Kumar Agnihotri (2009) that showed no significant bilateral asymmetry in forearm bones of Indo Mauritian populations. Therefore, we can use either side of ulna for both sexes and either side of radius for females in constructing models. This is supported by another study on limb bilateral asymmetry (Freedman, Edwards, Willems, & Meals, 1998). On the other hand, bilateral asymmetry in radial length of males was significant (mean difference = 0.07444, p-value = 0.012), which may be due to the regularly use of both left and right side of forearms. However, the results in the present study were obtained from children age between 5 and 19 years, so the maturation or growth of the body and the bones are not static in both sexes. Growth usually indicates physical changes in height, weight and other limbs of the body. It means the increase and enlargement of the body or different parts of the body making it heavier and larger.

Linear regression equations and multiple regression equations show highly significant correlation between stature and forearm length and low standard error of the estimate, which are similar to previous studies in many populations. For linear regression equations, the correlation coefficients range from 0.990 to 0.992 in males and 0.988 to 0.990 in females. The right radial length shows the highest correlation coefficients in both sexes. Multiple regression equations show higher values of correlation coefficients than those of linear regression equations, which are similar to other studies. For the equations to be applicable, it is important that the independent variables, i.e. radial length and ulna length, fall within the minimum and maximum values used in deriving those equations.

When compared to previous studies, the correlation coefficients of this study are higher (Agnihotri, Kachhwaha, Jowaheer, & Singh, 2009; Ilayperuma & Nanayakkara, 2010; Leanne M Gauld, 2004; Mohanty, Babu, & Nair, 2001; Osman Celbis, 2006). The study by Athawl (Athwale, 1963) showed that stature could be reliable estimated from forearm length. This is supported by Chikhalkar, Mangaonkar and Nanandkar et.al (2009) that the forearm length showed the highest degree of correlation (r = 0.6558) in the region of Mumbai. Similar results were also shown in the present study.

Variety of factors such as age, race, gender and nutritional status affect human development and growth. Therefore, different equations may be required for different populations.

6. Conclusion

In Thai school-age children, forearm lengths are highly correlated with stature with the accuracy of stature estimation from forearm lengths ranges from ±2.7464 cm to ±3.1190 cm. The highest correlation coefficient between forearm length and stature was found in the radial length. The Multiple regression equations provide slightly better results than the linear regression equations. The results in the present study indicate that the length of forearm can be efficiently used for stature estimation.

7. Limitations and suggestions

As the samples were collected from children in the central region of Thailand. Therefore, the equations from the present study are specific for Thai children. If the equations derived from this study were applied to others countries, it would present higher values of error from stature estimation. In further study, the estimation of stature from different anthropometric measurements should be used such as standing or sitting in case of the patients cannot stand due to disability.

References

AD, M., JEL, C., KC, H., & RM, M. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*.

Agnihotri, A. K., Kachhwaha, S., Jowaheer, V., & Singh, A. P. (2009). Estimating stature from percutaneous length of tibia and ulna in Indo-Mauritian population *Forensic Science International, 187*(109), e1-109e103.

Amit, K., A.K., S., & A.K., V. estimation of stature by percutaneous measurements of distal half of the upper limb (forearms&hands). *J Indian Acad Forensic Med, 32*(4), 325-328.

Athwale. (1963). Anthropological study of height from length of forearm bones. A study of one hundred Maharashtrian male adults of age between 25 to 30years. *American Journal of Physical Anthropology, 21*, 105-112.

Ebite, L. E., Ozoko, T. C., Eweka, A. O., Otuaga, P. O., Oni, A. O., & F.A.E.Om'Iniabohs. (2008). Height: Ulna Ratio: A Method of Stature Estimation In A Rural Community in Edo State, Nigeria. *The Internet Journal of Forensic Science, 3*(1).

Freedman, D. M., Edwards, G. S. J., Willems, M. J. B., & Meals, R. A. (1998). Right Versus Left Symmetry of Ulnar Variance: A Radiographic Assessment. *Clinical Orthopaedics & Related Research, 354*, 153-158.

Ilayperuma, I., & Nanayakkara, G. (2010). A model for the Estimation of Personal Stature from the Length of Forearm. *Int. J. Morphol, 28*(4), 1081-1086.

Leanne M Gauld, J. K., John B Carlin, Colin F Robertson. (2004). Height prediction from ulna length. *Decelopmental Medicine&Child Neurology, 46*, 475-480.

Mahakkanukrauh, P., Khanpetch, P., Prasitwattanseree, S., Vichairat, K., & Case, D. T. (2011). Stature estimation from long bone lengths in a Thai population. *Forensic Science International, 210*, 279.e271-279.e277.

Mohanty, S., Babu, S. S., & Nair, N. S. (2001). The use of arm span as a predictor of height: A study of South Indian women. *Journal of Orthopaedic Surgery, 9*(1), 19-23.

Osman Celbis, H. A. (2006). Estimation of stature and determination of sex from radial and ulnar bone lengths in a Turkish corpse sample. *Forensic Science International, 158*, 135-139.

Authors

Kannika Song-in Forensic Science Graduate Programme, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400 mootako1117@gmail.com

Suda Riengrojpitak Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400 suda.rie@mahidol.ac.th

Montip Tiensuwan Department of Mathematics, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400 montip.tie@mahidol.ac.th

NC2003: การคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนโดยการใช้ชีวสารสนเทศน์เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนในซิโนวิโอไซต์จากผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม

Selection of chondrogenic genes using bioinformatics for gene expression study in synoviocytes from knee osteoarthritis patients

เอกณรงค์ สินธุวานนท์[1] ณัฐพล ธรรมโชติ[2] และรัชนีกร ธรรมโชติ[1]

[1]สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2]สาขาวิชาออร์โธปิดิคส์ ภาควิชาออร์โธปิดิคส์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

Abstract

Changes in gene expression and degradation of cartilage are important factors of knee osteoarthritis. In this study, bioinformatics was used to select chondrogenic genes that are differentially expressed between normal controls and knee osteoarthritis patients from microarray database. Genes that showed statistically different results were *EBP*, *IMPAD1* and *FIBIN*. Gene expression levels were confirmed by real-time PCR. Results showed that there were no significant differences of mRNA expression between the two groups (knee osteoarthritis patients N=20, controls N=4) for *EBP* due to nonspecific binding of the set of probes in the bioinformatics data. Therefore, primers for amplifying *IMPAD1* and *FIBIN* were designed based on nucleotide sequence from set of probes. Expression data from real-time PCR showed that there were significant differences of mRNA expression between the two groups for *IMPAD1* and *FIBIN* (p = 0.005434 and p=0.001895, respectively), especially in FIBIN gene, whose difference in binding capacity value of the probes between the two groups was more than 5 times. Therefore, the using of bioinformatics for genes selection should not only depend on p value, but the binding capacity value and specificity of probes are also needed to be considered.

Keywords: gene expression, bioinformatics, chondrogenic gene, osteoarthritis

บทคัดย่อ

การแสดงออกของยีนที่เปลี่ยนแปลงไป และการเสื่อมของกระดูกอ่อน เป็นปัจจัยในการเกิดโรคข้อเข่าเสื่อม ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ชีวสารสนเทศน์ในการคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่เปรียบเทียบการแสดงออกของยีนระหว่างผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมและคนปกติ พบว่ายีน *EBP IMPAD1* และ *FIBIN* มีแนวโน้มที่จะมีการแสดงออกที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นได้ยืนยันผลด้วยเทคนิค real-time PCR โดยพบว่าการแสดงออกของ *EBP* ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (N=20) และกลุ่มควบคุม (N=4) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเกิดจากลำดับนิวคลีโอไทด์ของชุดโพรบไม่จำเพาะต่อลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *EBP* และการแสดงออกของ *IMPAD1* และ *FIBIN* ซึ่งได้ออกแบบไพรเมอร์โดยอาศัยลำดับนิวคลีโอไทด์ของชุดโพรบที่จำเพาะต่อยีน มีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.005434 และ p=0.001895 ตามลำดับ) โดยเฉพาะยีน *FIBIN* ซึ่งมีค่าการจับของโพรบระหว่าง 2 กลุ่มแตกต่างกันมากกว่า 5 เท่า ดังนั้นการใช้ชีวสารสนเทศน์ในการคัดเลือกยีนเพื่อใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีนนอกจากค่า p value แล้ว ควรคำนึงถึงความจำเพาะของโพรบต่อยีน และค่าการจับของโพรบที่แตกต่างกันด้วย

คำสำคัญ : การแสดงออกของยีน ชีวสารสนเทศน์ ยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน โรคข้อเข่าเสื่อม

---

*เอกณรงค์ สินธุวานนท์

การศึกษานี้ได้รับทุนวิจัยจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทนำ

โรคข้อเสื่อม (osteoarthritis, OA) เป็นโรคในกลุ่มอาการข้ออักเสบ (Valdes *et al*., 2006) จัดเป็นโรคกระดูกที่พบได้บ่อยในประชากรสูงอายุทั่วไป เป็นสาเหตุของสภาวะทุพพลภาพอันดับที่ 8 โดยพบในชาวอเมริกันกว่า 27 ล้านคน (Lawrence *et al*., 2008) การเสื่อมมักเกิดขึ้นบริเวณกระดูกอ่อนของข้อต่อในร่างกาย เช่น เข่า สะโพก มือ เท้า หรือแม้แต่กระดูกสันหลัง (Valdes *et al*., 2006) ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพร่างกาย สุขภาพจิต และนำไปสู่ปัญหาทางด้านการเงิน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการรักษา (Michaud *et al*., 2006) ถึงแม้ในปัจจุบันจะยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของการเกิดโรค แต่เชื่อว่าเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยทางพันธุกรรมซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคข้อเข่าเสื่อมถึง 40% และปัจจัยอื่น ๆ โดยพบว่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมีความสัมพันธ์กับอายุที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวที่สูงขึ้น และพบมากในกลุ่มประชากรเพศหญิง (Spector and MacGregor, 2004)

จากการศึกษาพบว่า mesenchymal stem cell (MSC) และเซลล์ที่พัฒนามาจาก MSC มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน (chondrogenic gene) เช่น chondrosarcoma เซลล์กระดูกอ่อน (chondrocyte) และรวมไปถึงเซลล์เกี่ยวพัน (fibroblast) บริเวณต่าง ๆ โดยยีนดังกล่าวมีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์และซ่อมแซมกระดูกอ่อน (chondrogenesis) เมื่อเกิดการเสียหายอันเนื่องมาจากแรงกลภายในข้อต่อของร่างกาย ความผิดปกติของยีนในกลุ่มนี้จะส่งผลให้เกิดความเสียหายของกระดูกอ่อนในข้อเข่า ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคข้อเข่าเสื่อม

ข้อเข่าประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด เช่น เซลล์กระดูกอ่อน และเซลล์ในเยื่อบุรอบข้อ (synovial membrane) ซึ่งมีการแสดงออกของยีนในการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ภายในข้อเข่า (El Hajjaji *et al*., 2005) และมีซิโนวิโอไซต์ (synoviocyte) ในน้ำข้อเข่า (knee synovial fluid) ที่ยังไม่ทราบชัดเจนว่าเป็นเซลล์ที่มาจากที่ใด แต่คาดว่าเป็นเซลล์ที่หลุดออกมาจากเยื่อบุรอบข้อ และยังไม่ทราบถึงหน้าที่ และบทบาทซึ่งมีผลต่อโรคข้อเข่าเสื่อมอย่างชัดเจน แต่จากการศึกษาซิโนวิโอไซต์ที่สกัดจากน้ำไขข้อพบว่ายังคงเป็นเซลล์ที่ยังคงมีชีวิต และมีลักษณะของเซลล์เป็นเซลล์เกี่ยวพันเหมือนกับเซลล์ในเยื่อบุรอบข้อ (Scanu *et al*., 2007) ดังนั้นเป็นไปได้ว่าซิโนวิโอไซต์ที่พบในน้ำไขข้ออาจเป็นเซลล์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดโรคข้อเข่าเสื่อม

เนื่องด้วยสาเหตุส่วนหนึ่งของโรคข้อเสื่อมเกิดจากปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ดังนั้นจึงมีการศึกษาหาความแตกต่างระหว่างผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม และคนปกติทั้งในระดับ genome transcriptome และ proteome จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือด้านชีวสารสนเทศน์ (bioinformatics) โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ คำนวณ และประเมินผลข้อมูลที่ได้ เพื่อหายีนที่คาดว่าจะมีเกี่ยวข้องกับโรคข้อเสื่อม จากนั้นยีนดังกล่าวจะถูกใช้ในการวิจัยในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการประเมิน (Graeber and Eisenberg, 2001)

จากการศึกษาการแสดงออกของยีนในผู้ป่วยโรคข้อเสื่อมเปรียบเทียบกับคนปกติในเซลล์กระดูกอ่อน โดยวิธีไมโครอาร์เรย์และวิเคราะห์ผลด้วยชีวสารสนเทศน์ พบว่าระดับการแสดงออกของยีนในผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม แตกต่างจากในคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แบ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกระดูก (bone formation) 7 ยีน และยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คอลลาเจน (collagen encoding) 4 ยีน โดยไม่พบการกลายเกิดขึ้นที่ยีนดังกล่าว (Karlsson *et al*., 2010) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถึงแม้ยีนจะไม่เกิดการกลายขึ้น แต่หากเกิดความผิดปกติที่การควบคุมการแสดงออกของยีน ทำให้เกิดการแสดงออกที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป เช่น ความผิดปกติที่กระบวนการหลังการถอดรหัส และโพรโมเตอร์เมทิลเลชัน ทำให้การทำงานของโปรตีนหรือระดับการแสดงออกของโปรตีนที่ผิดไปจากเดิม ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดความผิดปกติในร่างกายจนก่อให้เกิดโรคต่างๆ (Garcia-Blanco *et al*., 2004) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้เป็นการคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของของกระดูกอ่อนโดยใช้ชีวสารสนเทศน์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบการแสดงออกของยีนในซิโนวิโอไซต์ที่พบในน้ำไขข้อของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมและคนปกติ

วัตุประสงค์

เพื่อพัฒนาการใช้ชีวสารสนเทศน์ในการวิเคราะห์หายีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ และใช้ศึกษาการแสดงออกของยีนในซิโนวิโอไซต์จากผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมชาวไทย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ชีวสารสนเทศน์

การคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนนำมาจากผลการทดลองไมโครอาร์เรย์ในฐานข้อมูล GEO DataSets ของเว็บไซต์ NCBI จากนั้นเปรียบเทียบการแสดงออกของยีนระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม และกลุ่มควบคุมโดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ซึ่งยีนกลุ่มดังกล่าวมีเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้

1.1 ยีนที่มีการแสดงออกแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมและกลุ่มประชากรปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในเซลล์กระดูกอ่อน และเซลล์เยื่อบุรอบข้อ

1.2 ยีนที่มีการแสดงออกแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมและกลุ่มประชากรปกติ ที่ความเชื่อมั่นมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ในเซลล์เยื่อบุรอบข้อ ซึ่งการแสดงออกระหว่าง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันมากกว่า 5 เท่า

1.3

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย และการเลี้ยงเซลล์ซิโนวิโอไซต์จากน้ำข้อเข่า

น้ำข้อเข่าถูกเก็บจากการผ่าตัดเปลี่ยนผิวข้อเข่าในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมซึ่งถูกวินัจฉัยโดยแพทย์จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุมจากการผ่าตัดส่องกล้องรักษาโรคเอ็นไขว้หน้าขาดจำนวน 4 คน จากนั้นน้ำข้อเข่าจะถูกปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบสูงสุดเป็นเวลา 10 นาที ตะกอนที่ได้จะถูกนำไปเลี้ยงด้วยอาหาร DMEM (Invitrogen, USA) ที่ประกอบด้วย fetal bovine serum (Invitrogen, USA) 10 เปอร์เซ็นต์ เพนนิซิลินและสเตรปโตไมซิน (Invitrogen, USA) 1 เปอร์เซ็น และ basic fibroblast growth factor (Invitrogen, USA) เข้มข้น 4 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร โดยทำการเปลี่ยนอาหารทุก 3 วัน จนเต็มฟลาสก์เลี้ยงเซลล์ขนาด 75 มิลลิลิตร

3. การแสดงออกของยีน

สกัดอาร์เอ็นเอจากซิโนวิโอไซต์ในข้อ 2 ด้วย innuPREP RNA Mini Kit (AnalytikJena, Germany) จากนั้นเปลี่ยนเป็นซีดีเอ็นเอโดยใช้อาร์เอ็นเอปริมาณ 50 นาโนกรัมต่อ 1 ปฏิกริยา ด้วย SuperScript™ III First-Strand Synthesis System (Invitrogen, USA) และใช้เทคนิค Real-time polymerase chain reaction (real-time PCR) เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนที่ถูกคัดเลือกมาจากข้อ 1 และใช้ *Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase* (*GAPDH*) เป็นยีนควบคุม โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงลำดับนิวคลีโอไทด์และความเข้มข้นของไพรเมอร์ และ *GAPDH* ที่ใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีน *EBP PPAPDC1B IMPAD1* ด้วย real-time PCR

ยีน	ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์	ความเข้มข้นของไพรเมอร์ ในปฏิกริยา 20 ไมโครลิตร
EBP	F : GAAGACCAAGCCTTCTTATCTC	250 nM
	R : TGTAGAATGAAGCGGAGGG	250 nM
PPAPDC1B	F : CTCTACCCTATGCTTGTT	300 nM
	R : AAGGCTCAGACTTGTTAA	300 nM
IMPAD1	F : CTTTCATTATCTTCAGACACTT	350 nM
	R : AGCAACCATACTCATTCTT	350 nM
FIBIN	F : GCTAATTCTTACTCTCACCTT	150 nM
	R : TTAGACAGTTCATAGGAATGG	150 nM
GAPDH	F : GAAGGTGAAGGTCGGAGTC	200 nM
	R : GAAGATGGTGATGGGATTTC	200 nM

ผลการทดลอง

1.ชีวสารสนเทศน์

1.1 การคัดเลือกยีนจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่ศึกษาการแสดงออกในเซลล์กระดูกอ่อนของกลุ่มประชากรผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมจำนวน 10 คน และกลุ่มประชากรปกติจำนวน 4 คน และในเซลล์เยื่อบุรอบข้อของกลุ่มประชากรผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมจำนวน 6 คน และกลุ่มประชากรปกติ 6 คน โดยใช้ชีวสารสนเทศน์ พบว่ายีนที่มีการแสดงออกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม และกลุ่มประชากรปกติที่ค่าความเชื่อมั่น 99% ในเซลล์กระดูกอ่อน 160 ยีน และในเซลล์เยื่อบุรอบข้อ 952 ยีน โดยมียีน 12 ตำแหน่งที่เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่าเป็นยีนเดียวกัน และพบยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน 3 ยีน ดังตารางที่ 2 คือ *Emopamil binding protein* (*EBP*) มีหน้าที่สำคัญในการขนส่งโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ และซ่อมแซมกระดูกอ่อน หากเกิดความผิดปกติที่ยีนนี้จะทำให้เกิดโรค chondrodysplasia punctata ซึ่งผู้ป่วยจะมีอาการผมร่วง นิ้วมือ และเท้าสั้น (Ikegawa *et al.*, 2000) *Inositol monophosphatase domain containing 1* (*IMPAD1*) หรือ *Joints abnormal with splitting* (*JAWS*) เป็นยีนที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญและการซ่อมแซมกระดูกอ่อน หากเกิดความผิดปกติจะทำให้เกิดการเสียรูปของข้อต่อ (Sohaskey *et al.*, 2008) และ *Phosphatidic acid phosphatase domain containing 1B* (*PPAPDC1B*) ที่เกี่ยวข้องกับ estrogen receptor ซึ่งมีหน้าที่ในการซ่อมแซมกระดูก หากมีการแสดงออกที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการยับยั้งการสร้าง และซ่อมแซมกระดูก (Bernard-Pierrot *et al.*, 2008)

ตารางที่ 2 แสดงผลการคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อนที่มีการแสดงออกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม และกลุ่มคนปกติที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ในเซลล์กระดูกอ่อน และเซลล์เยื่อบุรอบข้อ ยีนที่วง คือ ยีนที่นำไปศึกษาต่อด้วยวิธี real-time PCR ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน

ยีนมีการแสดงออกแตกต่างกันที่ค่าความเชื่อมั่น 99%			**ลักษณะการแสดงออกของยีนที่พบในเซลล์**	
เซลล์กระดูกอ่อน	**เซลล์เยื่อบุรอบข้อ**	**ยีนที่มีการแสดงออกร่วมกัน**		
160 ยีน	952 ยีน	12 ยีน	**เซลล์กระดูกอ่อน**	**เซลล์เยื่อบุรอบข้อ**
ABCF3	*AASDH*	*C3orf23*	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ACPL2	*ABCB8*	*C9orf9*	ลดลง	ลดลง
ACTA1	*ABTB1*	*CARS2*	ลดลง	ลดลง
ADAMDEC1	*ACAD11*	*DPH5*	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ADAMTS8	*ACAP3*	*EBP*	เพิ่มขึ้น	ลดลง
ADARB1	*ACBD6*	*FAM45A*	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ADCY1	*ACER3*	*IMPAD1*	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
AGTR1	*ACSS1*	*MAP1LC3A*	ลดลง	ลดลง
AIDA	*ACTA2*	*MSH6*	เพิ่มขึ้น	ลดลง
AMOTL1	*ACTG1*	*PPAPDC1B*	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ANKIB1	*ADAL*	*VEPH1*	ลดลง	ลดลง
ANKRD1	*ADAM17*	*ZNF688*	ลดลง	ลดลง

2 คัดเลือกยีนจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่ศึกษาการแสดงออกในเซลล์เยื่อบุรอบข้อโดยใช้ ชีวสาร-สนเทศน์ พบว่า 952 ยีน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมและกลุ่มคนปกติที่ค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ หลังจากคัดเลือกเฉพาะยีนที่มีค่าการจับของโพรบ (Probe folding) มากกว่า 300 จำนวนยีนลดลงเหลือ 836 ยีน และเมื่อคัดเลือกยีนโดยให้มีค่าการจับของโพรบแตกต่างกันมากกว่า 5 เท่าระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม และกลุ่มคนปกติ จำนวนยีนลดลงเหลือ 15 ยีน พบว่าเป็นยีนที่มีการแสดงออกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มคนปกติมี 5 ยีน และมีการแสดงออกลดลง 10 ยีน โดยมียีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน 1 ยีน คือ ***Fin bud initiation in zebrafish homolog*** **(*FIBIN*)** ดังตารางที่ 3 ซึ่งเป็นยีนที่สำคัญในกระบวนการพัฒนาแขนขาของตัวอ่อนในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Lakner *et al.*, 2011)

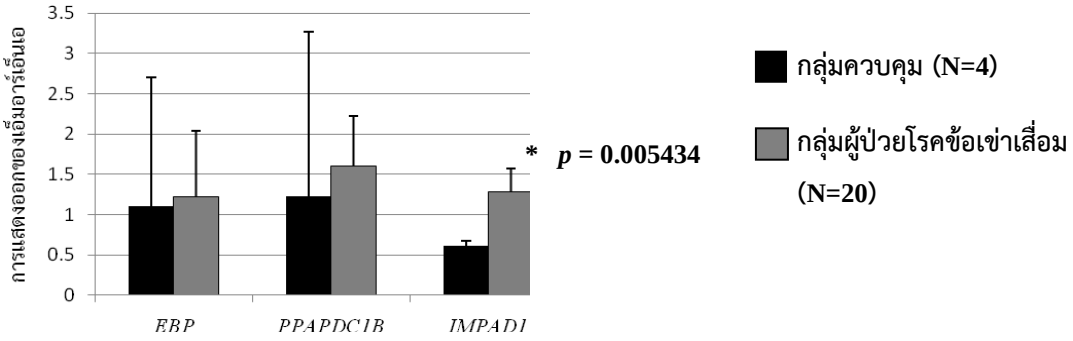
ตารางที่ 3 แสดงผลการคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน ซึ่งมีการแสดงออกแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมและกลุ่มประชากรปกติ ที่ค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ในเซลล์เยื่อบุรอบข้อ โดยมีค่าการจับของโพรบมากกว่า 300 และการแสดงออกทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันมากกว่า 5 เท่า ยีนที่วง คือ ยีนที่นำไปศึกษาต่อด้วยวิธี real-time PCR ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกอ่อน

ยีนมีการแสดงออกแตกต่างกันที่ค่าความเชื่อมั่น 99%		**การแสดงออกของยีนแตกต่างกันมากกว่า 5 เท่า**	
เซลล์เยื่อบุรอบข้อ	**ค่าการจับของโพรบมากกว่า 300**	**การแสดงออกเพิ่มขึ้น**	**การแสดงออกลดลง**
952 ยีน	**836 ยีน**	**5 ยีน**	**10 ยีน**
AASDH	*AASDH*	*FIBIN*	*ADAMTS10*
ABCB8	*ABCB8*	*HLA-DQA1*	*EMILIN2*
ABTB1	*ABTB1*	*LOC100128501*	*LOC442075*
ACAD11	*ACAD11*	*LOC653071*	*LRRFIP1*
ACAP3	*ACAP3*	*NNMT*	*MALAT1*
ACBD6	*ACBD6*		*NCRNA00084*
ACER3	*ACER3*		*PSME4*
ACSS1	*ACSS1*		*SLC20A1*
ACTA2	*ACTG1*		*THRAP3*
ACTG1	*ADAL*		*YPEL2*
ADAL	*ADAM33*		
ADAM17	*ADAMTS10*		
ADAM33	*ADSSL1*		
ADAMTS10	*AFF4*		
ADSSL1	*AKAP13*		

2. การแสดงออกของยีน

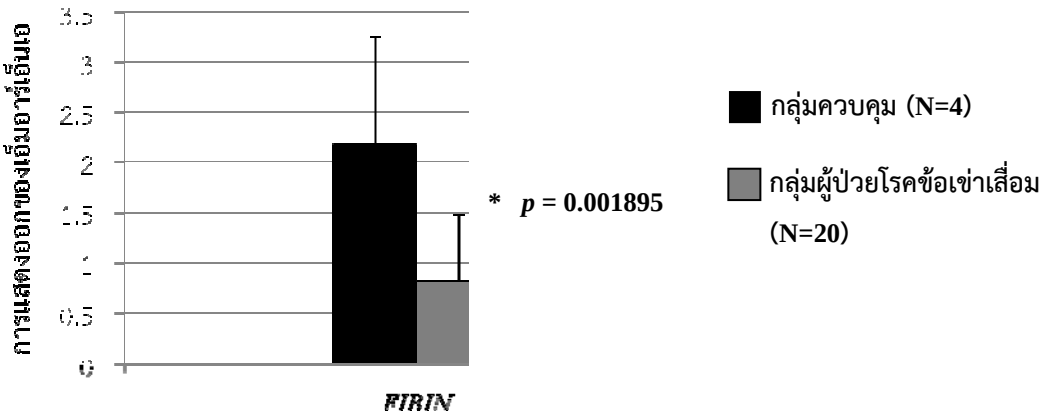
2.1 ศึกษาการแสดงออกของยีนจากตารางที่ 2 ด้วย real-time PCR โดยใช้ SsoFast^{TM} EvaGreen^{R} Supermix (Bio-Rad, USA) และตรวจสอบผลการแสดงออกด้วยเครื่อง Bio-Rad CFX96^{TM} Real-Time System ในสภาวะ Initiation (enzyme activation) 95 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที denaturation 95 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที annealing/ extension 56 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที โดยทำซ้ำในขั้น denaturation ถึง annealing/ extension ซ้ำ 40 รอบ จากนั้นอ่านค่า melting curve ที่ 65 - 95 องศาเซียลเซียส โดยเพิ่มอุณหภูมิขึ้นครั้งละ 0.5 องศาเซลเซียส

นาน 2 วินาทีต่อขั้นตอน โดยใช้ไพรเมอร์ และปริมาณของไพรเมอร์ตามตารางที่ 1 จากการศึกษาพบว่าการแสดงออกของ *IMPAD1* เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในซิโนวิโอไซต์แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 99เปอร์เซ็นต์ (p=0.005434) (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ผลการแสดงออกของยีน *EBP PPAPDC1B* และ *IMPAD1* ที่ศึกษาโดยใช้เทคนิค real-time PCR

2.2 การแสดงออกของยีนจากตารางที่ 3 ในสภาวะ initiation 95 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที denaturation 95 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที annealing/extension 60 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที โดยทำซ้ำในขั้น denaturation ถึง annealing/extension ซ้ำ 40 รอบ จากนั้นอ่านค่า melting curve ที่ 65 - 95 องศาเซียลเซียส โดยเพิ่มอุณหภูมิขึ้นครั้งละ 0.5 องศาเซลเซียส นาน 2 วินาทีต่อขั้นตอน โดยใช้ไพรเมอร์ และปริมาณของไพรเมอร์ตามตารางที่ 1 พบว่าการแสดงออกของ *FIBIN* เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในซิโนวิโอไซต์แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 99เปอร์เซ็นต์ (p=0.001895) (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ผลการแสดงออกของยีน *FIBIN* ที่ศึกษาโดยใช้เทคนิค real-time PCR

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลรหัสโพรบ และค่าการแสดงออกของยีนจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่นำมาใช้วิเคราะห์ด้วยเทคนิคชีวสารสนเทศน์

ยีน	รหัสโพรบ	เซลล์เยื่อบุรอบข้อ			
		กลุ่มคนปกติ	กลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม	*P* value	การแสดงออก
EBP	231320_at	146.76	198.16	**0.004**	เพิ่มขึ้น 1.4 เท่า
	223568_s_at	982.11	1509.07	**0.046**	เพิ่มขึ้น 1.5 เท่า
IMPAD1	222654_at	1013.68	1963.56	**0.002**	เพิ่มขึ้น 1.9 เท่า
	224744_at	699.323	1016.3675	**0.204**	ไม่แตกต่างกัน
PPAPDC1B	223569_at	360.87	629.33	**0.015**	เพิ่มขึ้น 1.7 เท่า
	226150_at	776.92	1638.9	**0.008**	เพิ่มขึ้น 2.1 เท่า
FIBIN	226769_at	1771.15	6199.11	**0.053**	ไม่แตกต่างกัน
	231001_at	175.3	886.92	**0.004**	เพิ่มขึ้น 5.1 เท่า
GAPDH	AFFX-hum_alu_at	73047.5	49587.26	**0.008**	ลดลง 1.5 เท่า
	AFFX-HUMGAPDH/M33197_3_at	28724	32267.57	**0.483**	ไม่แตกต่างกัน
	AFFX-HUMGAPDH/M33197_5_at	18302.625	23181.2	**0.137**	ไม่แตกต่างกัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบไพรเมอร์จากยีนที่ได้จากการแสดงออกที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม และกลุ่มคนปกติที่ค่าความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.01$) โดยผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมมีการแสดงออกเพิ่มขึ้นประมาณ 1.4 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนปกติ พบว่าการแสดงออกของ *EBP* ซึ่งศึกษาด้วยเทคนิค real-time PCR ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (p=0.872859) เมื่อตรวจสอบการจับของชุดโพรบ 231320_at พบว่า ชุดโพรบดังกล่าวไม่สามารถจับกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของสายเอ็มอาร์เอ็นเอยีน *EBP* (NM_006579.2) จากฐานข้อมูล NCBI

ต่อมาการออกแบบไพรเมอร์เพื่อใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีน จะอ้างอิงจากข้อมูลโพรบจากของฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิชีวสารสนเทศน์ ซึ่งมีค่าการจับของโพรบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มคนปกติ และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ความเชื่อมั่นมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ โดยมี 2 ยีน คือ *IMPAD1* และ *PPAPDC1B* พบว่าการแสดงออกของ *IMPAD1* ที่ศึกษาด้วยเทคนิค real-time PCR มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในซิโนวิโอไซต์ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า

99 เปอร์เซ็นต์ (p = 0.005434) โดยกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมมีการแสดงออกของ *IMPAD1* เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยสอดคล้องกับผลการแสดงออกที่ศึกษาด้วยชีวสารสนเทศน์ ซึ่งมีการแสดงออกของ *IMPAD1* ในกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมเพิ่มขึ้นประมาณ 1.9 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มคนปกติ (ดังตารางที่ 4) แต่ในขณะที่การแสดงออกของ *PPAPDC1B* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (p=0.780318) ซึ่งอาจเกิดจากค่าการจับของโพรบระหว่าง 2 กลุ่ม แตกต่างกันน้อยจนเกินไป ซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดในการจับของโพรบ 226150_at ในการทำไมโครอาร์เรย์

ดังนั้นการออกแบบไพรเมอร์เพื่อใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีน จะอ้างอิงจากข้อมูลโพรบจากของฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิชีวสารสนเทศน์ ซึ่งมีค่าการจับของโพรบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มคนปกติ และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ความเชื่อมั่นมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ และค่าการจับของโพรบมีความแตกต่างกันอย่างน้อย 5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มคนปกติ และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม พบว่าการแสดงออกของ *FIBIN* ที่ศึกษาด้วยเทคนิค real-time PCR เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในซิโนวิโอไซต์แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 99เปอร์เซ็นต์ (p=0.001895) ซึ่งมีค่าที่น่าเชื่อถือมากกว่ายีนที่มีค่าการจับของโพรบแตกต่างกันเพียง 2 เท่า แต่ผลการแสดงออกของ *FIBIN* ลดลงในกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งตรงข้ามกับผลที่ได้จากชีวสารสนเทศน์ที่การแสดงออกของกลุ่มผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนปกติ อาจเกิดจากกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาซึ่งมีจำนวนน้อยทั้งจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์ซึ่งมีผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม 6 คน และกลุ่มคนปกติ 6 คน และในการศึกษาด้วยเทคนิค real-time PCR ครั้งนี้มีประชากรในกลุ่มควบคุมเพียง 4 คน นอกจากนั้นการแสดงออกของยีนจากการวิเคราะห์ด้วยชีวสารสนเทศน์เป็นของกลุ่มประชากรชาวเยอรมัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้เป็นประชากรชาวไทย โดยอายุของทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การคัดเลือกยีนที่ใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีนจากฐานข้อมูลไมโครอาร์เรย์โดยใช้ชีวสารสนเทศน์ ไม่ควรคำนึงถึงเพียงค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการวิเคราะห์ เนื่องจากเทคนิคไมโครอาร์เรย์ในขั้นตอน hybridization จะใช้เพียงแค่อุณหภูมิเดียว ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับโพรบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากจึงง่ายต่อการเกิดความผิดพลาด ดังนั้นควรทดสอบการจับของลำดับนิวคลีโอไทด์ในโพรบ เพื่อยืนยันว่าชุดโพรบที่ใช้สามารถจับกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจริง จากนั้นควรคัดเลือกยีนที่มีจำนวนเท่าของค่าการจับของโพรบแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วยและกลุ่มคนปกติให้มากที่สุด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้นในการศึกษาการแสดงออกของยีน

เอกสารอ้างอิง

Bernard-Pierrot, I., Gruel, N., Stransky, N., Vincent-Salomon, A., Reyal, F., Raynal, V., Vallot, C., Pierron, G., Radvanyi, F. &Delattre, O. (2008). Characterization of the recurrent 8p11-12 amplicon identifies PPAPDC1B, a phosphatase protein, as a new therapeutic target in breast cancer. *Cancer Res* 68(17): 7165-7175.

El Hajjaji, H., Cole, A. A. &Manicourt, D. H. (2005). Chondrocytes, synoviocytes and dermal fibroblasts all express PH-20, a hyaluronidase active at neutral pH. *Arthritis Res Ther* 7(4): R756-768.

Garcia-Blanco, M. A., Baraniak, A. P. &Lasda, E. L. (2004). Alternative splicing in disease and therapy. *Nat Biotechnol* 22(5): 535-546.

Graeber, T. G. &Eisenberg, D. (2001). Bioinformatic identification of potential autocrine signaling loops in cancers from gene expression profiles. *Nat Genet* 29(3): 295-300.

Ikegawa, S., Ohashi, H., Ogata, T., Honda, A., Tsukahara, M., Kubo, T., Kimizuka, M., Shimode, M., Hasegawa, T., Nishimura, G. &Nakamura, Y. (2000). Novel and recurrent EBP mutations in X-linked dominant chondrodysplasia punctata. *Am J Med Genet* 94(4): 300-305.

Karlsson, C., Dehne, T., Lindahl, A., Brittberg, M., Pruss, A., Sittinger, M. &Ringe, J. (2010). Genome-wide expression profiling reveals new candidate genes associated with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 18(4): 581-592.

Lakner, J., Seyer, C., Hermsdorf, T. &Schoneberg, T. (2011). Characterization of the expression, promoter activity and molecular architecture of fibin. *BMC Biochem* 12: 26.

Lawrence, R. C., Felson, D. T., Helmick, C. G., Arnold, L. M., Choi, H., Deyo, R. A., Gabriel, S., Hirsch, R., Hochberg, M. C., Hunder, G. G., Jordan, J. M., Katz, J. N., Kremers, H. M. &Wolfe, F. (2008). Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis Rheum* 58(1): 26-35.

Michaud, C. M., McKenna, M. T., Begg, S., Tomijima, N., Majmudar, M., Bulzacchelli, M. T., Ebrahim, S., Ezzati, M., Salomon, J. A., Kreiser, J. G., Hogan, M. &Murray, C. J. (2006). The burden of disease and injury in the United States 1996. *Popul Health Metr* 4: 11.

Scanu, A., Oliviero, F., Braghetto, L., Ramonda, R., Luisetto, R., Calabrese, F., Pozzuoli, A. &Punzi, L. (2007). [Synoviocyte cultures from synovial fluid]. *Reumatismo* 59(1): 66-70.

Sohaskey, M. L., Yu, J., Diaz, M. A., Plaas, A. H. &Harland, R. M. (2008). JAWS coordinates chondrogenesis and synovial joint positioning. *Development* 135(13): 2215-2220.

Spector, T. D. &MacGregor, A. J. (2004). Risk factors for osteoarthritis: genetics. *Osteoarthritis Cartilage* 12 Suppl A: S39-44.

Valdes, A. M., Van Oene, M., Hart, D. J., Surdulescu, G. L., Loughlin, J., Doherty, M. &Spector, T. D. (2006). Reproducible genetic associations between candidate genes and clinical knee osteoarthritis in men and women. *Arthritis Rheum* 54(2): 533-539.

ผู้เขียน

เอกณรงค์ สินธุวานนท์ สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพ ฯ 10330 sintuwanon@hotmail.com

NC2004: ผลของยาแก้อักเสบคีโทโรแล็กที่มีต่อการตายของเซลล์กระดูกอ่อน
Effects of the anti-inflammatory drug, ketorolac, on chondrocyte cell death

นารีรัตน์ รุ่งเรือง[1] ณัฐพล ธรรมโชติ[2] และรัชนีกร ธรรมโชติ[1]

[1]สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] ภาควิชาออร์โธปิดิคส์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

Abstract

Osteoarthritis (OA) is caused by degradation of articular cartilage which stimulates inflammatory responses. Nowadays, ketorolac is widely used to treat and relieve pain for OA patients. Ketorolac is catergorized as a non-steroidal anti-inflammation drug (NSAID). Hence, objective of this research is to study the effects of the anti-inflammatory drug, ketorolac, on chondrocyte cell death. Cartilage samples were obtained from three OA patients who underwent total knee replacement. Chondrocytes from articular cartilage samples were cultured and treated with ketorolac at concentrations 1, 5, 10, 20 mg/ml for 24 and 48 hours. Chondrocyte viability was analyzed by MTT assay. Dead cells were detected by TUNEL assay. The chondrocyte viability was significantly decreased in all treatments when compared with control, except for 1 ml/mg of ketorolac at 24 hours. TUNEL result showed cell death was significantly increased when chondrocytes were treated with ketorolac at concentration of 20 mg/ml for 24 hours. Also at 48 hours, cell death was significantly increased when treated with ketorolac concentration of 10 and 20 mg/ml. In summary, ketorolac leads to decreased chondrocyte viability and increased chondrocyte cell death. So, ketorolac should be used with caution in OA patients and it should be used under medical supervision.

Keywords: Ketorolac, Chondrocyte, Osteoarthritis

บทคัดย่อ

โรคข้อเสื่อม เกิดจากการเสื่อมของกระดูกอ่อนผิวข้อ ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดการอักเสบ ในปัจจุบันมีการนิยมใช้ยาคีโทโรแล็กในการลดการอักเสบและอาการปวดในผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม ซึ่งยาคีโรแล็กจัดอยู่ในกลุ่มยาลดการอักเสบชนิดที่ไม่มีสเตอรอยด์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลกระทบของยาแก้อักเสบคีโทโรแล็กที่มีต่อการตายของเซลล์กระดูกอ่อน ตัวอย่างกระดูกอ่อนถูกเก็บจากผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนผิวข้อเข่า จำนวน 3 คน เพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนพร้อมกับยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนด้วยเทคนิค MTT assay และการตายของเซลล์กระดูกอ่อนด้วยเทคนิค TUNEL assay เมื่อเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนพร้อมกับยาคีโทโรแล็ก พบว่าระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ยกเว้นที่ความเข้มข้นของยาคีโทโรแล็ก 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่เวลา 24 ชั่วโมง ระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเมื่อตรวจสอบการตายของเซลล์กระดูกอ่อนพบว่า เมื่อเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนพร้อมกับยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เซลล์กระดูกอ่อนมีระดับการตายสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 48 ชั่วโมง ยาคีโรแล็กความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้เซลล์กระดูกอ่อนมีระดับการตายสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการใช้ยาคีโทโรแล็กควรนำมาใช้กับผู้ป่วยโรคข้อเสื่อมอย่างระมัดระวัง และอยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์

คำสำคัญ: คีโทโรแล็ก เซลล์กระดูกอ่อน โรคข้อเสื่อม

*นารีรัตน์ รุ่งเรือง

การศึกษานี้ได้รับทุนวิจัยจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทนำ

โรคข้อเสื่อม (osteoarthritis, OA) เป็นโรคในกลุ่มอาการผิดปกติของข้อกระดูกที่พบได้บ่อยที่สุดในประชากรผู้สูงอายุทั่วไป เป็นสาเหตุของภาวะทุพพลภาพอันดับ 8 และพบในชาวอเมริกันประมาณ 27 ล้านคน (Lawrence *et al.*, 2008) ความผิดปกตินี้เกิดจากการเสื่อมของกระดูกอ่อนผิวข้อ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของกระดูกและเนื้อเยื่อรอบๆ ข้อ

มีการทำลายของเซลล์กระดูกอ่อนจนเกิดการแตกหลุด และมีเศษกระดูกอ่อนลอยอยู่ในข้อ (Birchfield, 2001) ซึ่งจะกระตุ้นเซลล์ให้เยื่อบุข้อหลั่งสารที่ทำให้เกิดการอักเสบ และส่งผลให้เกิดอาการปวด (Aspden, 2008; Kee, 2000)

มีการศึกษาพบว่าข้อที่เสื่อมมีการหลั่งสาร prostaglandins ทำให้เกิดการอักเสบ และส่งผลให้เกิดอาการปวดเกิดขึ้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีการใช้ยาในกลุ่มของ non-steroidal anti-inflammation drug (NSAID) เพื่อบรรเทาอาการปวดของผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม (Frakes *et al*., 2011) ยาคีโทโรแล็กเป็นยาที่จัดอยู่ในกลุ่มของ NSAID ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ (Di Massa *et al*., 2000) เพราะเป็นยาที่มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบและบรรเทาอาการปวด เนื่องจากยานี้จะทำหน้าที่ในการลดการสังเคราะห์สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cyclooxygenase ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยน arachidonic acid ไปเป็น prostaglandins ได้ จึงทำให้มีการสังเคราะห์ prostaglandins ลดลง ส่งผลให้เกิดการอักเสบน้อยลงและสามารถบรรเทาอาการปวดในผู้ป่วยโรคข้อเสื่อมได้ (Alvarez-Soria *et al*., 2008; Irwin *et al*., 1998)

ในการปฏิบัติโดยทั่วไป แพทย์จะฉีดยาคีโทโรแล็กที่บริเวณกล้ามเนื้อ แต่ได้มีแนวความคิดว่าหากทำการฉีดยานี้ในบริเวณที่เป็นโรคข้อเสื่อมโดยตรงอาจทำให้ยาสามารถออกฤทธิ์ได้ดีและเร็วยิ่งขึ้น แต่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อเซลล์กระดูกอ่อน (chondrocyte) ในบริเวณดังกล่าวได้ จึงได้มีการศึกษาผลกระทบของการฉีดยาคีโทโรแล็กที่อาจส่งผลต่อกระดูกอ่อนในสัตว์ทดลอง เช่น หนูและกระต่าย พบว่าเกิดการอักเสบอย่างรุนแรงเกิดขึ้นในหนู (Irwin *et al*., 1998) แต่ไม่พบความเสียหายของกระดูกอ่อนในกระต่าย ยกเว้นเมื่อศึกษาถึงรายละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์จึงจะพบความเปลี่ยนแปลง (Shapiro *et al*., 2007)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำในสัตว์ทดลอง และเซลล์กระดูกอ่อนของสัตว์ทดลองเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถทราบได้แน่ชัดว่ายาคีโทโรแล็กส่งผลอย่างไรกับเซลล์กระดูกอ่อนของมนุษย์ ดังนั้นการศึกษาถึงผลของยาคีโทโรแล็กที่มีต่อการตายของเซลล์กระดูกอ่อน สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจของแพทย์ในการใช้ยาคีโทโรแล็กในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงผลของยาแก้อักเสบคีโทโรแล็กที่มีผลต่อการตายของเซลล์กระดูกอ่อน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย และการเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อน

ตัวอย่างกระดูกอ่อนถูกเก็บจากผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนผิวข้อเข่า เพศ.. จำนวน 3 คน โดยผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนผิวข้อเข่า จะต้องไม่มีประวัติในการฉีดยากลุ่มของ NSAID เพื่อบรรเทาอาการปวดมาก่อนเป็นเวลา 6 เดือนเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนตามวิธีของ Goldring (Picot and Jones, 2005) โดยทำการตัดกระดูกอ่อนให้เป็นชิ้นเล็ก ล้างชิ้นส่วนกระดูกอ่อนด้วย PBS จากนั้นนำชิ้นส่วนกระดูกอ่อนไปย่อยด้วยเอนไซม์ trypsin 0.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30-45 นาที ล้างชิ้นส่วนกระดูกอ่อนด้วย PBS แล้วนำชิ้นส่วนกระดูกอ่อนไปย่อยด้วยเอนไซม์ pronase 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำชิ้นส่วนกระดูกอ่อนไปย่อยด้วยเอนไซม์ collagenase 0.1 เปอร์เซ็นต์ ย่อยกระดูกอ่อนเป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง ซึ่งในขั้นตอนการย่อยด้วยเอนไซม์ทั้งหมดโดยจะใช้เอนไซม์ปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักกระดูกอ่อน 1 กรัม และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปั่นตกตะกอนเซลล์กระดูกอ่อนที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ล้างตะกอนเซลล์ด้วย PBS แล้วนำเซลล์กระดูกอ่อนไปเลี้ยงในอาหาร DMEM/F12 (Invitrogen, USA) ที่ประกอบด้วย Fetal bovine serum 10 เปอร์เซ็นต์ (Invitrogen, USA) และเพนิซิลลินและสเตรปโตมัยซิน 1 เปอร์เซ็นต์ (Invitrogen, USA) ทำการเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สภาวะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5%

2. ศึกษาความเป็นพิษของยาคีโทโรแล็กที่มีต่อเซลล์กระดูกอ่อน

ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนจากกลุ่มผู้ป่วยจำนวน 3 คน ในถาดเลี้ยงเซลล์แบบ 96 หลุม โดยใช้เซลล์กระดูกอ่อนเริ่มต้นประมาณ 15,000 เซลล์ต่อหลุม จากนั้นเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทดสอบความเป็นพิษโดยใช้ยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนกับยาคีโทโรแล็กเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนด้วยเทคนิค MTT assay โดยใช้สาร Prestoblue (Invitrogen, USA) และตรวจวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ค่าการดูดกลืนแสง 540 นาโนเมตร

3. ศึกษาการตายของเซลล์กระดูกอ่อนเมื่อทดสอบด้วยยาคีโทโรแล็ก

ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนจากกลุ่มผู้ป่วยจำนวน 3 คน ในสไลด์แบบหลุม โดยใช้เซลล์กระดูกอ่อนเริ่มต้นประมาณ 40,000 เซลล์ต่อหลุม จากนั้นเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทดสอบยาคีโทโรแล็กโดยใช้ยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตรต่อหลุม ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนกับยาคีโทโรแล็กเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นตรวจสอบการตายของเซลล์กระดูกอ่อนด้วยเทคนิค TUNEL assay โดยใช้ DeadEnd™ Fluorometric TUNEL System (Promega, USA) โดยการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ฟลูโอเรสเซ้นส์ จำนวน 5 บริเวณ ต่อสไลด์ 1 หลุม

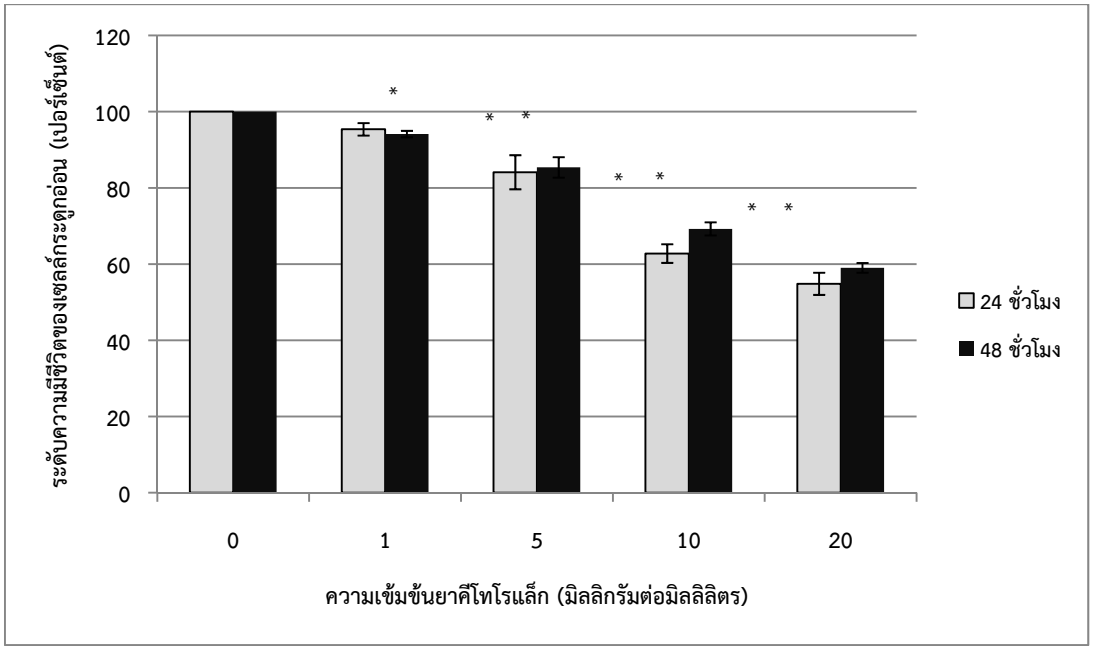
4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้สถิติ *t*-test ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ สรุปว่าข้อมูลผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อค่า *P* น้อยกว่า 0.05

ผลการทดลอง

1. การศึกษาความเป็นพิษของยาคีโทโรแล็กที่มีต่อเซลล์กระดูกอ่อน

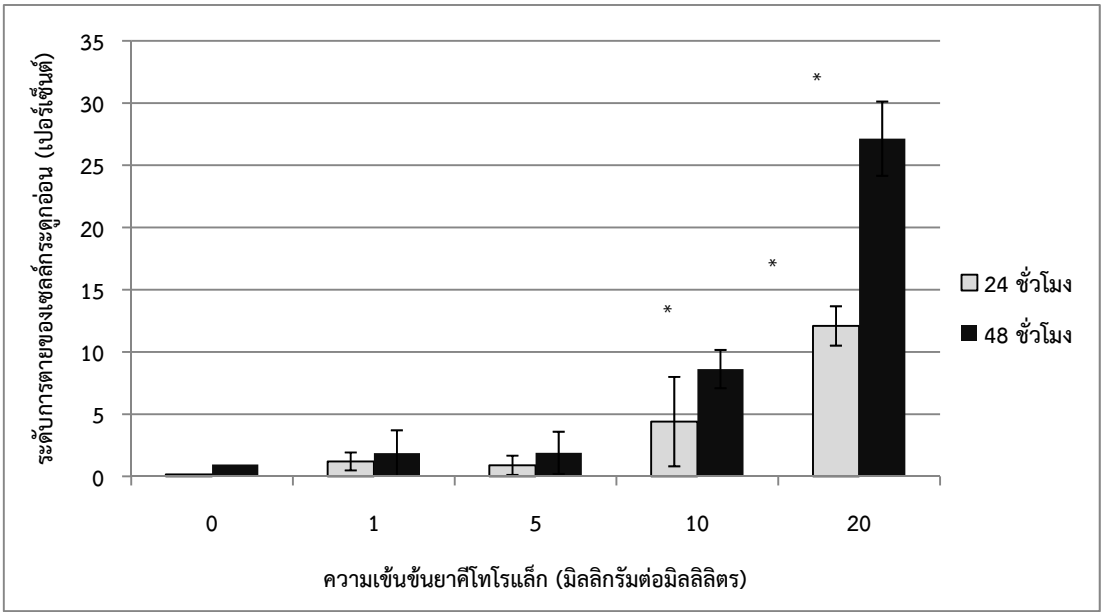
จากการศึกษาความเป็นพิษของยาคีโทโรแล็กที่มีต่อเซลล์กระดูกอ่อนพบว่า เมื่อทำการเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนพร้อมกับยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์ระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าเท่ากับ 84, 62 และ 54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์ระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าเท่ากับ 94, 85, 69 และ 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงผลของยาคีโทโรแล็กที่มีต่อระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อน โดยใช้เทคนิค MTT assay

2. การศึกษาการตายของเซลล์กระดูกอ่อนเมื่อทดสอบด้วยยาคีโทโรแล็ก

จากการศึกษาการตายของเซลล์กระดูกอ่อนเมื่อทดสอบด้วยยาคีโทโรแล็กพบว่า เมื่อเลี้ยงเซลล์กระดูกอ่อนพร้อมกับยาคีโทโรแล็กความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง เซลล์กระดูกอ่อนที่ทำการทดสอบด้วยยาคีโทโรแล็กที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง เซลล์กระดูกอ่อนที่ทำการทดสอบด้วยยาคีโทโรแล็กที่ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าเท่ากับ 8 และ 27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงผลของยาคีโทโรแล็กที่มีผลต่อการตายของเซลล์กระดูกอ่อน โดยใช้เทคนิค TUNEL assay

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาความเป็นพิษของยาคีโทโรแล็กที่มีต่อเซลล์กระดูกอ่อนพบว่า เมื่อความเข้มข้นยาคีโทโรแล็กเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเวลาผ่านไป 24 และ 48 ชั่วโมง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากศึกษาการตายของเซลล์กระดูกอ่อนเมื่อทดสอบด้วยยาคีโทโรแล็ก เมื่อความเข้มข้นยาคีโทโรแล็กเพิ่มขึ้น พบว่าเซลล์กระดูกอ่อนจะมีระดับการตายสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chang, 2006 ซึ่งพบว่ายาคีโทโรแล็กมีผลทำให้เกิดการตายของเซลล์กระดูกอ่อนจากหนูทดลอง อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นเริ่มต้นของยาคีโทโรแล็กที่ทำให้เซลล์กระดูกอ่อนเกิดการตายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดลองทดสอบระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อนเปรียบเทียบกับการศึกษาการตายของเซลล์กระดูกอ่อนมีค่าแตกต่างกัน โดยคีโทโรแล็กที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ใช้ในการศึกษาระดับความมีชีวิตของเซลล์กระดูกอ่อน เมื่อเปรียบเทียบกับคีโทโรแล็กที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ใช้ในการศึกษาการตายของเซลล์กระดูกอ่อน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันเนื่องจากหลักการ ค่าความไว และค่าความจำเพาะในแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน ทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาความเป็นพิษและระดับการตายของเซลล์กระดูกอ่อน สามารถสรุปได้ว่ายาคีโทโรแล็กส่งผลทำให้เซลล์กระดูกอ่อนมีระดับความมีชีวิตลดลง และทำให้ระดับการตายของเซลล์กระดูกอ่อนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นการใช้ยาคีโทโรแล็กในการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเสื่อม ควรใช้อย่างระมัดระวัง และควรอยู่ภายใต้ความดูแลของแพทย์

เอกสารอ้างอิง

Alvarez-Soria, M.A., Herrero-Beaumont, G., Moreno-Rubio, J., Calvo, E., Santillana, J., Egido, J., Largo, R. (2008). Long-term NSAID treatment directly decreases COX-2 and mPGES-1 production in the articular cartilage of patients with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage 16*, 1484-1493.

Aspden, R.M. (2008). Osteoarthritis: a problem of growth not decay? *Rheumatology (Oxford) 47*, 1452-1460.

Birchfield, P.C. (2001). Osteoarthritis overview. *Geriatr Nurs 22*, 124-130; quiz 130-121.

Di Massa, A., Scardigli, M., Bruni, L., Valentino, L. (2000). Ketorolac for paediatric postoperative pain. A review. *Minerva Anestesiol 66*, 749-756.

Farkas, B., Kvell, K., Czompoly, T., Illes, T., Bardos, T. (2010). Increased chondrocyte death after steroid and local anesthetic combination. *Clin Orthop Relat Res 468*, 3112-3120.

Frakes, E.P., Risser, R.C., Ball, T.D., Hochberg, M.C., Wohlreich, M.M. (2011). Duloxetine added to oral nonsteroidal anti-inflammatory drugs for treatment of knee pain due to osteoarthritis: results of a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Curr Med Res Opin*.

Irwin, M.G., Cheung, K.M., Nicholls, J.M., Thompson, N. (1998). Intra-articular injection of ketorolac in the rat knee joint: effect on articular cartilage and synovium. *Br J Anaesth 80*, 837-839.

Je Ken, C., Shun Cheng, W., Gwo Jaw, W., Ming Hsuang, C., Mei Ling, Ho. (2006). Effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs on cell proliferation and death in cultured epiphyseal-articular chondrocytes of fetal rats. *Toxicology 228*, 111-123.

Kee, C.C. (2000). Osteoarthritis: manageable scourge of aging. *Nurs Clin North Am 35*, 199-208.

Lahm, A., Mrosek, E., Spank, H., Erggelet, C., Kasch, R., Esser, J., Merk, H. (2010). Changes in content and synthesis of collagen types and proteoglycans in osteoarthritis of the knee joint and comparison of quantitative analysis with Photoshop-based image analysis. *Arch Orthop Trauma Surg 130*, 557-564.

Lawrence, R. C., Felson, D. T., Helmick, C. G., Arnold, L. M., Choi, H., Deyo, R. A., Gabriel, S., Hirsch, R., Hochberg, M. C., Hunder, G. G., Jordan, J. M., Katz, J. N., Kremers, H. M. &Wolfe, F. (2008).

Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis Rheum* 58(1): 26-35.

Picot, J., Jones, G.E. (2005). *Human cell culture protocols*, 2nd edn (Totowa, N.J., Humana Press).

Shapiro, P.S., Rohde, R.S., Froimson, M.I., Lash, R.H., Postak, P., Greenwald, A.S. (2007). The effect of local corticosteroid or ketorolac exposure on histologic and biomechanical properties of rabbit tendon and cartilage. *Hand (N Y) 2*, 165-172.

ผู้เขียน

นารีรัตน์ รุ่งเรือง สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 taknareerat@hotmail.com

FS1001: ลักษณะคุณภาพและการประเมินทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน

Quality Attributes and Sensory Evaluation of Ground Fish Slices Dried by Superheated Steam Combined with Hot Air

ภูมิใจ สอาดโฉม* สุรเกียรติ สนิทมาก และปฏิพล สมุททารินทร์
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพทางด้านสี การหดตัว ความแข็ง และความเหนียวของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน และประเมินทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้ง โดยเนื้อปลาบดที่ใช้ในการอบแห้งมีขนาด 4×4×0.13 และ4×4×0.22 (กว้าง×ยาว×หนา) ซม. ในช่วงแรกเนื้อปลาบดแผ่นจะถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 130 และ140 °C จนเหลือความชื้นประมาณ 25–35 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จากนั้นเนื้อปลาบดแผ่นจะถูกอบแห้งต่อด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C จนเหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (ค่า *L*) มีค่าลดลง แต่เปอร์เซ็นต์การหดตัว ความแข็ง และความเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของเนื้อปลาบดและอุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อนมีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสน้อยกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลือง

คำสำคัญ : การอบแห้งด้วยอากาศร้อน การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เนื้อปลาบดแผ่น ลักษณะคุณภาพ

Abstract

The objective of this research was to study the physical properties (in terms of color, shrinkage hardness and toughness) of dried fish slices obtained from superheated steam combined with hot air drying (SSD + HAD), and to evaluate the sensory attributes of dried fish slices. The ground fish samples were produced at sizes of 4×4×0.13 and 4×4×0.22 cm. The fish samples were dried by the superheated steam at 130 and 140 °C until its moisture contents were about 25–35 %dry basis. After that, the samples were dried by the hot air at 110 °C until its moisture contents were less than 10 %dry basis. Based on the experimental results, it was found that the lightness (*L*- value) of dried fish slices decreased, but the shrinkage percentage, hardness and toughness value of dried fish slices increased when the slices thickness and the superheated steam temperature increased. Moreover, it was seen that dried fish slices obtained from SSD + HAD had lower sensory scores than the fried fish sample.

Keywords: Ground fish slices, Hot air drying, Quality attributes, Superheated steam drying

---

* ภูมิใจ สอาดโฉม Tel.: 08-1727-5771 Email: poomjai.s@gmail.com
กิตติกรรมประกาศ: งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยการสนับสนุนของโครงการการวิจัยภาคปฏิบัติและการพัฒนา (Project of Hands-on Research and Development) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และขอขอบพระคุณ ศ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้

บทนำ

ปลาเป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภคเนื่องจากเนื้อปลามีรสชาติดี มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อย ปราศจากเส้นเอ็นที่เหนียวและแข็งจึงย่อยง่าย และสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด ปลายังเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โปรตีนในเนื้อปลาจะถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเนื้อเยื่อและซ่อมแซมส่วนต่างๆ ของร่างกายที่สึกหรอ ไขมันที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะ

เป็นส่วนประกอบของเซลล์ต่างๆ โดยเฉพาะสมอง วิตามินและแร่ธาตุที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะควบคุมการทำงานของร่างกายให้ทำหน้าที่ได้ตามปกติ (**Bureau of Nutrition, 2013)** ในปี พ.ศ.2555 ประเทศไทยมีปริมาณการนำเข้าปลาและผลิตภัณฑ์จากปลา 1,419,724 ตัน คิดเป็นมูลค่า 81,029 ล้านบาท และมีปริมาณการส่งออกปลาและผลิตภัณฑ์จากปลา 1,080,083 ตัน คิดเป็นมูลค่า 120,898 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2013) ในบางครั้งเนื้อปลามีมากเกินความต้องการบริโภค ดังนั้นจึงต้องถนอมอาหารหรือแปรรูปเนื้อปลาด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาและทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์รวมทั้งคุณค่าทางอาหารไม่สูญเสียไป

การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งในการถนอมอาหารและช่วยเพิ่มมูลค่าของอาหาร การอบแห้งเนื้อปลาในปัจจุบันนิยมอบแห้งด้วยอากาศร้อนซึ่งทำให้ระยะเวลาการอบแห้งลดลงกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ แต่การอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ และใช้ระยะเวลาการอบแห้งที่ยาวนานจะส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูญเสียไป (Kongkam, 2006) ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดในการนำไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (Superheated steam) มาใช้เป็นตัวกลางในการอบแห้งแทนอากาศร้อน

การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการอบแห้งที่ใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation temperature) ที่ความดันสัมบูรณ์ในห้องอบแห้ง ซึ่งจะใช้ระยะเวลาการอบแห้งที่น้อยกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อน แต่การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพียงอย่างเดียวเป็นเวลานานจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งทางด้านสีไม่ค่อยดี (Pengpongsa, 2006) ดังนั้นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อนจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้เนื่องจากในช่วงของการอบแห้งด้วยอากาศร้อนจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในช่วงของการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งซึ่งจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งดีขึ้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งเนื้อสัตว์ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อนได้แก่ การอบแห้งเนื้อหมู (Uengkimbuan, 2001; Pengpongsa, 2006; Sa-adchom, 2010) และการอบแห้งเนื้อไก่ (Kongkam, 2006; Nathakaranakule et al., 2007) จากข้อดีของการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อนตามที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาสมบัติทางกายภาพทางด้านสี การหดตัว ความแข็ง และความเหนียวของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน และประเมินทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพทางด้านสี การหดตัว ความแข็ง และความเหนียวของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน
2. เพื่อประเมินทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

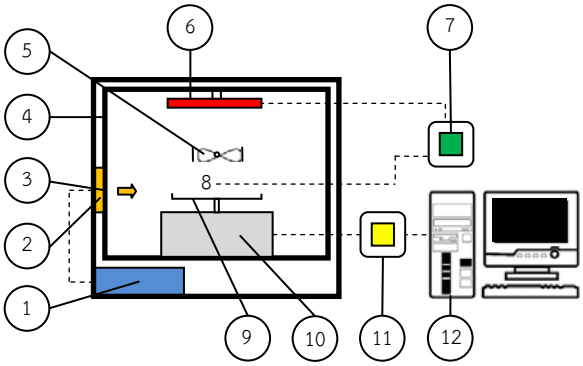
การอบแห้งขั้นตอนแรกจะใช้เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งยี่ห้อ Toshiba รุ่น ER-D300C แสดงดังรูปที่ 1 การทำงานของเครื่องอบแห้งนี้เริ่มจากน้ำที่อยู่ภายในกล่องใส่น้ำ (หมายเลข 1) จะถูกปั๊มผ่านตัวทำความร้อน (หมายเลข 2) เพื่อให้น้ำกลายเป็นไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จากนั้นจะถูกปล่อยผ่านช่องปล่อย (หมายเลข 3) เข้าสู่ภายในห้องอบแห้ง (หมายเลข 4) ซึ่งมีขนาดภายใน 40×30.5×45.5 (กว้าง×ยาว×สูง) ซม. ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะถูกหมุนเวียนอยู่ภายในเครื่องอบแห้งด้วยพัดลมขนาดประมาณ 45 วัตต์ (หมายเลข 5) และมีช่องระบายไอน้ำร้อนยวดยิ่งอยู่ทางด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหลังของตัวเครื่องอบแห้ง ทั้งนี้เพื่อการควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งภายในห้องอบแห้งให้มีความเที่ยงตรงจึงได้ติดตั้งตัวทำความร้อนเสริมขนาด 2,000 วัตต์ (หมายเลข 6) ที่ผนังด้านบนของห้องอบแห้ง โดยควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ยี่ห้อ Toho รุ่น TTM-004 (หมายเลข 7) มีความถูกต้อง ±1 °C ตำแหน่งที่ควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งอยู่เหนือผลิตภัณฑ์ 3 ซม. โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (หมายเลข 8) เป็นตัววัดอุณหภูมิ นอกจากนี้ ถาดสำหรับวางผลิตภัณฑ์ (หมายเลข 9) มีขนาด 20×20 ซม. น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ขณะอบแห้งจะถูกวัดโดยใช้โหลดเซลล์พิกัด 5 กก. รุ่น 603 (หมายเลข 10) ต่อเข้ากับเครื่องวัดน้ำหนักรุ่น AD-4329 (หมายเลข

11) มีความละเอียด 0.001 กก. และต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ (หมายเลข 12) ทั้งนี้เครื่องอบแห้งสามารถผลิตไอน้ำร้อนยวดยิ่งได้ประมาณ 0.5 กก. ต่อชม.

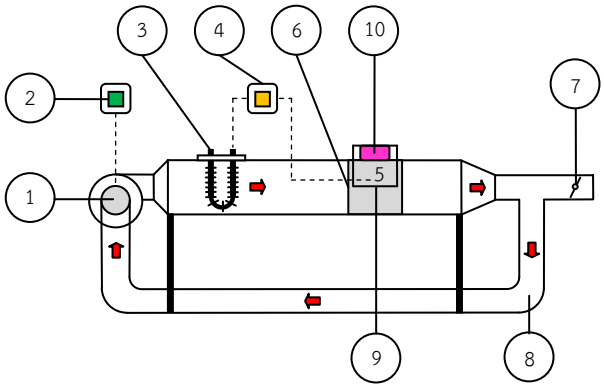
การอบแห้งขั้นตอนที่สองจะใช้เครื่องอบแห้งด้วยอากาศร้อนแสดงดังรูปที่ 2 การทำงานของเครื่องอบแห้งนี้เริ่มจากอากาศภายนอกจะถูกดูดผ่านเข้ามาในตัวเครื่องอบแห้งโดยพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงโค้งหน้า (หมายเลข 1) ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ยี่ห้อ Toshiba รุ่น IK ขนาด 746 วัตต์ และควบคุมด้วยเครื่องปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ยี่ห้อ Pan Drives (หมายเลข 2) จากนั้นอากาศจะเคลื่อนที่ผ่านตัวทำความร้อนขนาด 2,500 วัตต์ (หมายเลข 3) ซึ่งควบคุมด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ยี่ห้อ Toho รุ่น TTM-004 (หมายเลข 4) มีความถูกต้อง ±1 °C ตำแหน่งที่ควบคุมอุณหภูมิของอากาศร้อนอยู่เหนือผลิตภัณฑ์ 3 ซม. โดยมีเทอร์โมคัปเปิลชนิด K (หมายเลข 5) เป็นตัววัดอุณหภูมิ จากนั้นอากาศร้อนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ห้องอบแห้ง (หมายเลข 6) ซึ่งมีขนาด 35×35×35 (กว้าง×ยาว×สูง) ซม. และเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งเข้าสู่ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว แล้วจึงระบายอากาศร้อนทิ้งไปประมาณ 20% ด้วยวาล์วปีกผีเสื้อ (หมายเลข 7) ส่วนอากาศร้อนที่เหลือประมาณ 80% จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยท่อลมร้อนย้อนกลับ (หมายเลข 8) ทั้งนี้ถาดสำหรับวางผลิตภัณฑ์ (หมายเลข 9) มีขนาด 25×25 (กว้าง×ยาว) ซม. และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ขณะอบแห้งจะถูกวัดโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Union รุ่น LGCN-1530 (หมายเลข 10) มีความละเอียด 0.1 กรัม นอกจากนี้ ความเร็วและอุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบแห้งถูกควบคุมที่ 0.3 เมตรต่อวินาที และ110 °C ตามลำดับ และมีการหุ้มฉนวนใยแก้วตลอดความยาวของเครื่องอบแห้ง

การเตรียมตัวอย่าง

นำเนื้อปลานิลสดมาตัดตามยาวให้เป็นแผ่นบางๆ และล้างด้วยน้ำเกลือ 0.3% (เกลือ 0.3 กรัม ต่อน้ำ 100 มล.) แล้วนำขึ้นมาให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นบดเนื้อปลาให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นยี่ห้อ Tesco รุ่น HB988L เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำเนื้อปลาบดผสมกับส่วนผสมต่างๆ ในอัตราส่วนของเนื้อปลาบด 71% น้ำตาลทราย 17% น้ำ 7.1% ซีอิ้วขาว 4.3% และเกลือป่น 0.6%โดยมวล และปั่นผสมรวมกันเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำเนื้อปลาบดที่เตรียมไว้มาบรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีน (*Polyethylene*) แล้วรีดให้เป็นแผ่นขนาด 4×4 (กว้าง×ยาว) ซม. หนา 1.3 มม. ด้วยเครื่องรีดยี่ห้อ Hope Win รุ่น HP-180F และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีก่อนการอบแห้ง



ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยที่ (1) กล่องใส่น้ำ (2) ตัวทำความร้อน (3) ช่องปล่อยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (4) ห้องอบแห้ง (5) พัดลม (6) ตัวทำความร้อน (7) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (8) เทอร์โมคัปเปิล (9) ถาดสำหรับวางผลิตภัณฑ์ (10) โหลดเซลล์ (11) เครื่องวัดน้ำหนัก และ (12) เครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งด้วยอากาศร้อน โดยที่ (1) พัดลมชนิดแรงเหวี่ยงโค้งหน้า (2) เครื่องปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (3) ตัวทำความร้อน (4) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (5) เทอร์โมคัปเปิล (6) ห้องอบแห้ง (7) วาล์วปีกผีเสื้อ (8) ท่อลมร้อนย้อนกลับ (9) ถาดสำหรับวางผลิตภัณฑ์ (10) เครื่องชั่งน้ำหนัก

วิธีการทดลอง

การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อนจะนำเนื้อปลาบดแผ่นที่เตรียมไว้เข้าเครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 130 และ140 °C อบแห้งจนเนื้อปลาบดแผ่นมีความชื้นประมาณ 25–35 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง แล้วอบแห้งต่อด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C จนเนื้อปลาบดแผ่นมีความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ทั้งนี้เนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะเก็บไว้ในถุงโพลีเอทิลีนและห่อด้วยกระดาษฟลอยด์เพื่อไม่ให้สัมผัสกับอากาศแวดล้อมแล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพทางด้านสี การหดตัว ความแข็ง และความเหนียว

การหาปริมาณความชื้นของตัวอย่าง

การหาน้ำหนักแห้งของเนื้อปลาบดแผ่นทำได้โดยนำเนื้อปลาบดแผ่นไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชม. จนน้ำหนักคงที่ (AOAC, 1995) โดยชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการอบแห้ง แล้วนำค่าน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณหาความชื้นของเนื้อปลาบดแผ่นที่เวลาใดๆ ได้ดังสมการ (Teeboonma & Jongjam, 2010)

$$M = \left(\frac{W - D}{D} \right) \times 100\%$$

โดยที่ M คือความชื้นของเนื้อปลาบดแผ่นที่เวลาใดๆ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) W คือน้ำหนักของเนื้อปลาบดแผ่นที่เวลาใดๆ (กก.) และ D คือน้ำหนักแห้งของเนื้อปลาบดแผ่น (กก.)

การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1) *การทดสอบคุณภาพทางด้านสี* จะใช้เครื่องมือวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400 วัดที่ผิวของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งตามระบบ Hunter ซึ่งแสดงในเทอมของตัวแปร *L a* และ*b* โดยค่า *L* แสดงค่าความสว่าง *a* แสดงค่าสีแดงและสีเขียว และ *b* แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน ในการทดสอบจะใช้เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งจำนวน 4 ชิ้นต่อการทดสอบแต่ละครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ย และทำการวิเคราะห์ผล

2) *การทดสอบคุณภาพด้านการหดตัว* จะใช้วิธีการวัดพื้นที่ของเนื้อปลาบดแผ่นหลังจากอบแห้งด้วยเครื่องวัดพื้นที่ยี่ห้อ Ushikata รุ่น X-PLAN360C เปอร์เซ็นต์การหดตัวของเนื้อปลาบดแผ่นหลังจากอบแห้งคำนวณได้ดังสมการ (Nimmol et al., 2007)

$$S = \left(\frac{A_{s,i} - A_{s,dried}}{A_{s,i}}\right) \times 100$$

โดยที่ S คือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของเนื้อปลาบดแผ่นหลังจากอบแห้ง $A_{s,dried}$ คือพื้นที่ของเนื้อปลาบดแผ่นหลังจากอบแห้ง (ตร.ซม.) $A_{s,i}$ คือพื้นที่ของเนื้อปลาบดแผ่นก่อนการอบแห้ง (ตร.ซม.) ทั้งนี้การทดสอบจะใช้เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้ง 4 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่างทดสอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ผล

3) *การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส (ความแข็งและความเหนียว)* จะใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA-XT.Plus โดยความแข็งพิจารณาจากค่าแรงกดสูงสุด (Maximum compressive force) ที่กระทำต่อชิ้นเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้ง ซึ่งหัวกดที่ใช้ทดสอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก (Cylinder) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. มีความเร็วในการกด 1 มม. ต่อวินาที ส่วนความเหนียวพิจารณาจากค่าแรงเฉือนสูงสุด (Maximum shear force) ที่กระทำต่อชิ้นเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งจนแตกออกจากกัน ซึ่งหัวตัดมีลักษณะเป็นใบมีดตัด (Guillotine blade) มีความเร็วในการตัด 5 มม. ต่อวินาที การทดสอบจะใช้เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้ง 4 ชิ้นต่อตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ผล

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งที่มีค่าความแข็งน้อยจะถูกเลือกเพื่อนำมาเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลือง (การเตรียมตัวอย่างของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดจะเหมือนกับการเตรียมตัวอย่างของเนื้อปลาบดแผ่นในงานวิจัยนี้ จากนั้นนำเนื้อปลาบดแผ่นมาอบแห้งด้วยอากาศร้อนในตู้อบไฟฟ้าที่ 50 °C เป็นเวลา 3 ชม. แล้วจึงนำมาทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลือง) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้วิธี 9-point hedonic scale (Lawless and Heymann, 2010) โดยผู้ประเมินคือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 50 คน แบบสอบถามในการทดสอบประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อ ได้แก่ คุณลักษณะทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านสี การหดตัว ความแข็ง ความเหนียว และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1) คุณภาพทางด้านสี

ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านสีของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า ที่ระดับความหนาเดียวกัน เนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C มีค่าความสว่าง (ค่า *L*) น้อยกว่า แต่ค่าสีแดง (ค่า *a*) มากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (ในการอบแห้งขั้นตอนแรก) จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้ม (Pengpongsa, 2006) อย่างไรก็ตาม ค่าสีเหลือง (ค่า *b*) ของเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C และเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C นี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระดับอุณหภูมิอบแห้งเดียวกัน เนื้อปลาบดแผ่น

อบแห้งหนา 2.2 มม. มีค่าความสว่าง (ค่า *L*) และค่าสีเหลือง (ค่า *b*) น้อยกว่าเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากเนื้อปลาบดแผ่นหนา 2.2 มม. ใช้เวลาการอบแห้งนานกว่า ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดมากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นหนา 1.3 มม. ทั้งนี้ค่าสีแดง (ค่า *a*) ของเนื้อปลาบดแผ่นหนา 1.3 และ2.2 มม. นี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านสีของเนื้อปลาบดแผ่นหลังจากอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ความหนา (มม.)	วิธีการอบแห้ง	สี		
		ค่า *L*	ค่า *a*	ค่า *b*
1.3	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	56.83±0.94^{a}	10.72±0.64^{a}	28.18±0.98^{a}
	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	54.35±0.89^{b}	11.93±0.78^{bc}	28.32±1.06^{a}
2.2	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	47.23±1.06^{c}	11.16±0.76^{ab}	21.43±1.09^{b}
	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	44.98±1.04^{d}	12.72±0.67^{c}	22.03±1.17^{b}

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันจะให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

2) คุณภาพทางด้านการหดตัว ความแข็ง และความเหนียว

ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านการหดตัว ความแข็ง และความเหนียวของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า ที่ระดับความหนาเดียวกัน เนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวมากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากความร้อนส่งผลให้ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัว (Kongkam, 2006) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นจึงทำให้ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวมากขึ้น ทั้งนี้การหดตัวที่มากขึ้นยังทำให้เนื้อปลาบดแผ่น (หนา 2.2 มม.) ที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C มีความแข็งและความเหนียวมากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามที่ระดับความหนา 1.3 มม. พบว่า ความแข็งและความเหนียวของเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C และเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C นี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มม. มีความหนาที่น้อยจึงถูกแยกออกได้ง่าย (รับแรงกดและแรงเฉือนได้น้อย) นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระดับอุณหภูมิอบแห้งเดียวกัน เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 2.2 มม. มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวมากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มม. เนื่องจากเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 2.2 มม. ใช้ระยะเวลาการอบแห้งนาน เส้นใยกล้ามเนื้อจึงได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานานด้วย ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวมาก ในงานวิจัยนี้ค่าความแข็งและความเหนียวของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งจะถูกเปรียบเทียบที่ระดับความหนาเดียวกันเท่านั้น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านการหดตัวและความแข็งของเนื้อปลาบดแผ่นหลังจากอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ความหนา (มม.)	วิธีการอบแห้ง	การหดตัว (%)	ความแข็ง (นิวตัน)	ความเหนียว (นิวตัน)
1.3	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	48.41±1.15^{a}	2.95±0.72^{a}	3.93±0.93^{a}
	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	50.99±1.72^{b}	3.29±0.90^{a}	7.57±1.01^{a}
2.2	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	57.54±1.49^{c}	13.46±2.10^{b}	198.79±13.17^{b}
	ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C + อากาศร้อนที่ 110 °C	61.55±1.74^{d}	16.82±1.93^{c}	277.71±15.69^{c}

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันจะให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส

เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มม. ถูกเลือกเพื่อนำมาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เนื่องจากมีความแข็งและความเหนียวที่น้อย (แสดงดังตารางที่ 2) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า คะแนนทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมของเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C และเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C นี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C และเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C มีคะแนนทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมน้อยกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดมีความพองตัวและความกรอบมากกว่า

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งทางด้านประสาทสัมผัส

วิธีการอบแห้ง	คุณลักษณะ				
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	ความชอบโดยรวม
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (130 °C) + อากาศร้อน (110 °C)	6.66±0.98^{a}	6.30±1.07^{a}	5.34±0.92^{a}	3.36±1.06^{a}	4.74±0.83^{a}
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (140 °C) + อากาศร้อน (110 °C)	6.78±1.09^{ab}	6.08±1.26^{a}	5.46±0.81^{a}	3.44±0.91^{a}	4.96±0.88^{a}
เนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอด	7.20±1.14^{b}	7.62±0.92^{b}	7.58±0.91^{b}	7.64±0.83^{b}	7.52±0.89^{b}

หมายเหตุ *1. อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันจะให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%*

2. ระดับคะแนนของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส: 1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉยๆ 6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับอากาศร้อน พบว่า ค่าความสว่าง (ค่า *L*) ของเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งและความหนาของเนื้อปลาบดเพิ่มขึ้น พิจารณาที่ระดับความหนาเดียวกัน เนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 140 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C มีเปอร์เซ็นต์การหดตัว ความแข็ง และความเหนียวมากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ถูกอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ 130 °C ร่วมกับอากาศร้อนที่ 110 °C นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระดับอุณหภูมิอบแห้งเดียวกัน เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 2.2 มม. มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวมากกว่าเนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มม. เนื้อปลาบดแผ่นอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสน้อยกว่าเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากเนื้อปลาบดแผ่นที่ผ่านการทอดมีความพองตัวและความกรอบมากกว่า ดังนั้นในงานวิจัยถัดไปควรนำกระบวนการพัฟฟิง (Puffing) มาใช้ร่วมกับการอบแห้งแบบหลายขั้นตอน เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีความพองตัวและความกรอบเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Virginia: Association of Official Analytical Chemists.

Bureau of Nutrition. (2013). *Agricultural import export*. Retrieved from http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=2&id=122

Kongkam, S. (2006). *Flavored chicken drying using superheated steam combined with heat pump* (Master's thesis). Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Lawless, H.T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. New York: Springer.

Nathakaranakule, A., Kraiwanichkul, W., & Soponronnarit, S. (2007). Comparative study of different combined superheated-steam drying techniques for chicken meat. *Journal of Food Engineering*, 80 (4), 1023-1030.

Nimmol, C., Devahastin, S., Swasdisevi, T., & Soponronnarit, S. (2007). Drying of banana slices using combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation. *Journal of Food Engineering*, 81 (3), 624-633.

Office of Agricultural Economics. (2013). *Food and life*. Retrieved from http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php

Pengpongsa, W. (2006). *Flavored pork drying using superheated steam combined with heat pump* (Master's thesis). Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Sa-adchom, P. (2010). *Meat product drying using superheated steam* (Doctoral dissertation). Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Teeboonma, U., & Jongjam, S. (2010). Ginger drying using infrared-vacuum technique. *Burapha Science Journal*, 15 (2), 76-86.

Uengkimbuan, N. (2001). *Drying of agro-products using superheated steam* (Master's thesis). Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi.

ผู้เขียน

ดร.ภูมิใจ สอาดโฉม อาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 หมู่ 7 ถ.พหลโยธิน ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000 poomjai.s@gmail.com

ผศ.สุรเกียรติ สนิทมาก อาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 หมู่ 7 ถ.พหลโยธิน ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000 surakiat_2500@hotmail.com

นายปฏิพล สมุททารินทร์ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 หมู่ 7 ถ.พหลโยธิน ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000 patipon09@gmail.com

FS1002: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มเหลือใช้
Development of Fermented Vinegar from Orange Peels

***วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ และฐิติมาพร หนูเนียม**
โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทคัดย่อ

เปลือกส้มซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตน้ำส้มคั้นถูกนำมาหมักให้เป็นน้ำส้มสายชูหมักโดยอาศัยกระบวนการหมักตามธรรมชาติ โดยการเตรียมเปลือกส้มแบบไม่สับ และปรับค่าความหวานด้วยน้ำตาลทรายเป็น 20 องศาบริกซ์ หมักที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลา 4 สัปดาห์ จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณร้อยละ 9 และเมื่อสิ้นสุดการหมักเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำส้มสายชูหมักที่ได้มีปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 1.84 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร นอกจากนี้การใช้สภาวะการหมักแบบมีอากาศจะทำให้น้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มที่ได้มีปริมาณกรดอะซิติกสูงกว่าการใช้สภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศ เมื่อใช้ระยะเวลาการหมัก 8 สัปดาห์ จะได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 1.85 และ 0.45 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: เปลือกส้ม น้ำส้มสายชู การหมักตามธรรมชาติ สภาวะการหมัก

Abstract

Orange peels, a waste material from the production of orange juice were fermented vinegar through a natural fermentation process. The non-chopped orange peels were adjusted by sugar until get sugar content 20^{O}Brix. The period of fermentation was 4 weeks at room temperature until get alcohol about 9%. By the end of fermentation at 8 weeks found that vinegar was acetic acid about 1.84 g per 100 ml. Then, aerobic fermentation of vinegar was higher acetic acid than anaerobic fermentation. The acetic acid content was 1.85 and 0.45 g per 100 ml, respectively for 8 weeks of fermentation.

Keywords: fermented vinegar, orange peel

*วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์
กิตติกรรมประกาศ งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทนำ

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นเครื่องปรุงรสสำหรับอาหารที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหาร และสารปรุงแต่งรส ช่วยในการถนอมอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารชนิดต่างๆ เช่น การผลิตผักและผลไม้กระป๋อง น้ำสลัด ซอสมะเขือเทศ และซอสพริก เป็นต้น ในปัจจุบันยังมีการบริโภคในรูปแบบของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ น้ำส้มสายชูมีคุณประโยชน์หลายด้าน เช่น การรับประทานน้ำส้มสายชูควบคู่ไปกับอาหารจะช่วยลดค่าดัชนีไกลซีมิก (Leeman *et al.*, 2005) ช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลินหลังการรับประทานอาหาร ทำให้ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานลดลง (Johnston *et al.*, 2004) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของหนูทดลอง (Fushimi *et al.*, 2006) มีผลต่อการลดน้ำหนักเนื่องจากช่วยลดความอยากอาหาร (Ostman *et al.* ,2005) เป็นต้น น้ำส้มสายชูมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำส้มสายชูหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักโดยจุลินทรีย์ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ น้ำส้มสายชูกลั่น โดยนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจางมาหมักกับแบคทีเรียกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) แล้วนำมากลั่น หรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น และน้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกรดอะซิติกมาเจือจาง องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำส้มสายชูคือ กรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติก (acetic acid) น้ำส้มสายชูหมักจะมีลักษณะเด่นกว่าน้ำส้มสายชูกลั่นและน้ำส้มสายชูเทียม คือ มีกลิ่นรสเฉพาะตามวัตถุดิบที่นำมาผลิต ในสมัยก่อนประเทศไทยมีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลเมาหรือกระแช่ แต่ในปัจจุบันนอกจากจะมีการประยุกต์ใช้วัตถุดิบ

หลากหลายขึ้น เช่น ธัญพืช ผลไม้ต่างๆ และกากน้ำตาล เพื่อทำให้น้ำส้มสายชูหมักที่ได้มีลักษณะกลิ่นรสเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไปแล้ว ยังมีการพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบทางการเกษตรที่เหลือใช้ เช่น การผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยที่สุกจัด (Suresh and Ethiraj, 1991) เป็นต้น

การผลิตน้ำส้มคั้นในอุตสาหกรรมขนาดย่อมทำให้เกิดเปลือกส้มทิ้งเป็นจำนวนมาก ประมาณ 60-70 กิโลกรัมต่อวันจากการคั้นน้ำส้ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ประโยชน์จากเปลือกส้มที่เหลือใช้จากการผลิตน้ำส้มคั้นในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า และเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์

ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มเหลือใช้โดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบในการผลิต ได้แก่ เปลือกส้ม และน้ำตาลทราย
2. อุปกรณ์การผลิตอื่นๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องชั่งดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม โหลแก้ว เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand refractometer) เครื่องวัดพีเอช (pH meter) และเครื่องแก้ว

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มโดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ

เตรียมเปลือกส้มที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำส้มคั้น แบบสับหยาบ และแบบไม่สับ ปริมาณอย่างละ 5 กิโลกรัม ใส่ในขวดโหลแก้วที่ผ่านการลวกฆ่าเชื้อ ศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นโดยการไม่เติมน้ำตาลทรายเป็นชุดควบคุม และชุดการทดลองที่เติมน้ำตาลทรายโดยการคำนวณปรับค่าความหวานด้วยน้ำตาลทรายเป็น 10, 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์ ปิดภาชนะด้วยผ้าขาวบาง ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์ เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง Ebulliometer วัดค่าพีเอช และวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกด้วยการไทเทรต

2. ศึกษาสภาวะการให้อากาศต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มโดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ

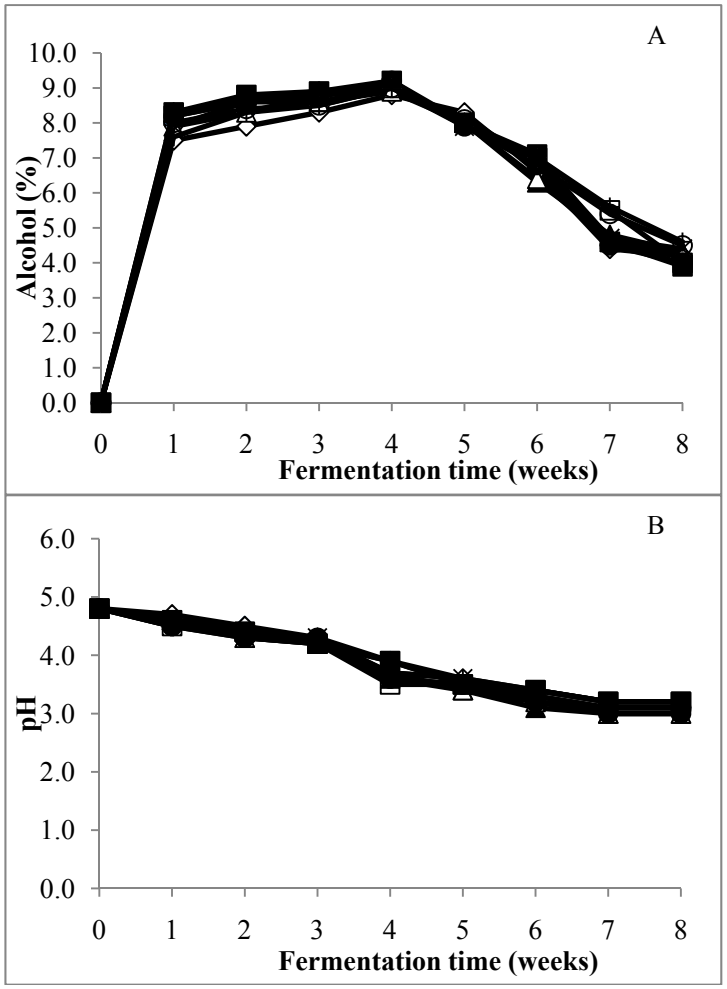
เตรียมเปลือกส้ม ปริมาณ 5 กิโลกรัม และเติมน้ำตาลทรายให้มีปริมาณความหวานที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงที่สุดจากการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นจากข้อ 1 ศึกษาสภาวะการให้อากาศต่อการผลิตน้ำส้มสายชู โดยใช้สภาวะการหมักที่แตกต่างกัน ได้แก่ สภาวะการหมักแบบมีอากาศ ปิดฝาภาชนะหมักด้วยผ้าขาวบาง และสภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศ ปิดฝาภาชนะหมักแบบปิดสนิทโดยมีสายยางต่อเพื่อถ่ายเทแก๊สที่เกิดขึ้นออกนอกถังหมัก ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์ เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่อง Ebulliometer วัดค่าพีเอช และวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกด้วยการไทเทรต

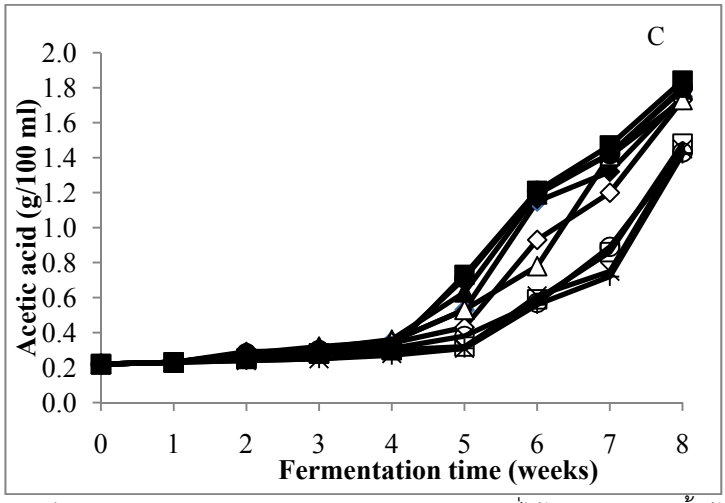
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มโดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ

เมื่อนำเปลือกส้มมาหมักน้ำส้มสายชูโดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ โดยเตรียมเปลือกส้ม 2 แบบ ได้แก่ แบบสับหยาบ และแบบไม่สับ แต่ละชุดการทดลองใช้เปลือกส้มปริมาณ 5 กิโลกรัม ปรับปริมาณค่าความหวานเริ่มต้นด้วยน้ำตาลทรายเป็น 10, 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์ ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องโดยปิดฝาภาชนะหมักด้วยผ้าขาวบาง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นต่อการหมักน้ำส้มสายชู พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มสูงขึ้น

อย่างรวดเร็วในการหมักสัปดาห์ที่ 1 ในทุกชุดการทดลอง (ดังภาพที่1A) ได้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 7.5-8.0 และจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 8.8-9.2 ก่อนที่จะค่อยๆลดลงตามระยะเวลาการหมัก นอกจากปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตของยีสต์ เปลือกส้มยังเป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ด้วย (Lennartsson *et al.*, 2012) การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชและปริมาณกรดอะซิติกในช่วงระยะเวลาการหมักตั้งแต่ 0-3 สัปดาห์ ปริมาณค่าพีเอชในทุกชุดการทดลองจะลดลงเพียงเล็กน้อย และจะลงลดเรื่อยๆตามระยะเวลาการหมักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก ซึ่งพบว่ามีค่า พีเอชไม่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 1B ในขณะเดียวกันปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงการหมักตั้งแต่ 0-4 สัปดาห์ และในการหมักสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในชุดการทดลองที่ใช้เปลือกส้มแบบไม่สับและมีการปรับปริมาณความหวานเป็น 10, 15 และ 20 องศาบริกซ์ โดยจะมีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 0.63, 0.71 และ 0.73 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่มีการปรับปริมาณค่าความหวานและชุดการทดลองที่มีการปรับค่าความหวาน 25 องศาบริกซ์ จะได้ปริมาณกรดอะซิติกเพียง 0.53 และ 0.31 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่ใช้เปลือกส้มที่เตรียมแบบสับหยาบจะได้ปริมาณกรดอะซิติกที่ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ใช้เปลือกส้มแบบไม่สับ (ดังภาพที่ 1C) และปริมาณกรดอะซิติกในทุกชุดการทดลองจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 8 สัปดาห์ ชุดการทดลองที่ใช้เปลือกส้มแบบไม่สับและมีการปรับค่าความหวานเป็น 20 องศา-บริกซ์จะได้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด เท่ากับ 1.84 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร



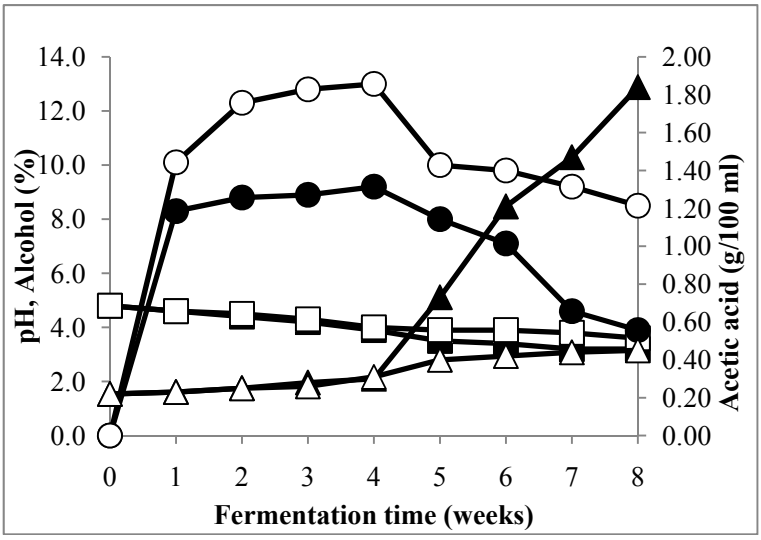


ภาพที่ 1 ปริมาณแอลกอฮอล์ (A) ค่าพีเอช (B) และปริมาณกรดอะซิก (C) ที่ได้จากการหมักน้ำส้มสายชูโดยใช้ เปลือกส้มแบบสับหยาบ และปรับค่าความหวานเป็น 0 (◇), 10 (△), 15 (○), 20 (□) และ 25 (+) องศาบริกซ์ และใช้เปลือกส้มแบบไม่สับ และปรับค่าความหวานเป็น 0 (◆), 10 (▲), 15(●), 20 (■) และ 25 (×) องศาบริกซ์

จากการหมักน้ำส้มสายชูจากเปลือกส้ม พบว่า เมื่อใช้ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นในการหมักจะได้ปริมาณกรดอะซิกติกที่เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลเป็นอาหารและแหล่งพลังงาน เช่นเดียวกับการเติมน้ำตาลกลูโคสในน้ำหัวหอมเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูซึ่งพบว่าจะทำให้น้ำส้มสายชูที่ได้มีปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้น (Horiuchi *et al,* 1999) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลโดยปรับค่าความหวานเป็น 25 องศาบริกซ์พบว่าปริมาณกรดอะซิติกที่ได้จะต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงจะทำให้ความสามารถในการหายใจของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งอย่างรุนแรงทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลงและส่งผลให้ปริมาณกรดอะซิติกซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้ลดลงด้วย (Stewart and Russell, 1983; Gancedo, 1986) นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของเปลือกส้มที่ใช้แบบไม่สับและแบบสับหยาบจะทำให้ได้ผลผลิตที่ได้จากจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดอะซิติกที่ได้แตกต่างกัน กล่าวคือ เปลือกส้มที่มีการเตรียมแบบสับหยาบก่อนนำมาหมักน้ำส้มสายชูจะทำให้ได้ผลผลิตที่ต่ำกว่าการใช้เปลือกส้มแบบไม่สับ อาจเนื่องจากเปลือกส้มมีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) (Lennartsson *et al.,* 2012) เมื่อเตรียมเปลือกส้มด้วยการสับหยาบจะทำให้สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ออกมาจากเปลือกส้มเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการใช้เปลือกส้มที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชูคือ แบบไม่สับ และปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มจึงปรับค่าความหวานเริ่มต้นในการหมักเป็น 20 องศาบริกซ์

2. ศึกษาสภาวะการให้อากาศต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มโดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ

ทำการหมักน้ำส้มสายชูจากเปลือกส้มโดยใช้เปลือกส้มแบบไม่สับ ปริมาณ 5 กิโลกรัม และปรับค่าความหวานเป็น 20 องศาบริกซ์ ก่อนทำการหมักโดยใช้สภาวะการหมักแบบมีอากาศ ปิดฝาภาชนะหมักด้วยผ้าขาวบาง และสภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศ ปิดฝาภาชนะหมักแบบปิดสนิทโดยมีสายยางต่อเพื่อถ่ายเทแก๊สที่เกิดขึ้นออกนอกถังหมัก ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ (%) ค่าพีเอช และปริมาณกรดอะซิติก (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลของสภาวะการหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ (● แบบมีอากาศ และ ○ แบบไม่มีอากาศ), ค่าพีเอช (■ แบบมีอากาศ และ □ แบบไม่มีอากาศ) และปริมาณกรดอะซิติก (▲ แบบมีอากาศ และ △ แบบไม่มีอากาศ)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการหมักสัปดาห์ที่ 1 โดยการหมักในสภาวะแบบไม่มีอากาศจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าสภาวะแบบมีอากาศ จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 10.1 และ 8.3 ตามลำดับ และจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมัก โดยจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 สภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศจะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 13.0 และสภาวะการหมักแบบมีอากาศจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 9.2 หลังจากนั้นปริมาณแอลกอฮอล์ทั้ง 2 สภาวะการหมักจะค่อยๆลดลงจนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก (8 สัปดาห์) มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 8.5 ในสภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศ และร้อยละ 3.9 ในสภาวะการหมักแบบมีอากาศ เนื่องจากในสภาวะที่ไม่มีอากาศ จุลินทรีย์ตามธรรมชาติจำพวกยีสต์จะเปลี่ยนไพรูเวทเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ในสภาวะการหมักแบบมีอากาศ ยีสต์จะใช้ ไพรูเวทในการสร้างพลังงานในรูปของ ATP ในวัฏจักรของกรดไตรคาร์บอกซิลิก เช่นเดียวกับ Ciani *et al.* (2000) ศึกษาการหมักไวน์โดยใช้น้ำองุ่นสังเคราะห์ ในสภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* DBVPG 6663 จะผลิตปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าสภาวะที่มีอากาศ ทำให้ตลอดระยะเวลาการหมักน้ำส้มสายชูจากเปลือกส้มในสภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จึงสูงกว่าสภาวะการหมักแบบมีอากาศ

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดอะซิติกในการหมักน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้ม พบว่า สภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศและแบบมีอากาศมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชใกล้เคียงกัน ในช่วงระยะเวลาการหมักตั้งแต่ 0-4 สัปดาห์ คือจะลดลงเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นค่าพีเอชจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนเมื่อสิ้นสุดการหมัก 8 สัปดาห์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.2 และ 3.6 ในสภาวะการหมักแบบมีอากาศและแบบไม่มีอากาศ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณกรดอะซิติกในสภาวะการหมักทั้ง 2 แบบ มีปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก โดยปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยจนถึงสัปดาห์ที่ 4 หลังจากนั้นในสภาวะการหมักแบบมีอากาศ ปริมาณกรดอะซิติกจากเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนสิ้นสุดระยะเวลาการหมักจะได้ปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 1.85 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในขณะที่การหมักในสภาวะแบบไม่มีอากาศปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการหมักจะได้ปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 0.45 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

จากผลการทดลองเป็นไปได้ว่าในช่วงแรกของการหมักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-4 จุลินทรีย์ตามธรรมชาติจำพวกยีสต์ซึ่งในสภาวะที่ไม่มีอากาศจะสามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงกว่าในสภาวะที่มีอากาศ ในช่วงแรกของการหมักจึงมีปริมาณแอลกอฮอล์สูง แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 4 จุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียกรดอะซิติกซึ่งจะใช้แอลกอฮอล์ในการผลิตกรดอะซิติกจะทำงานทำให้มีค่าพีเอชลดลงและปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มสูงขึ้นจนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก ซึ่งในขั้นตอนการผลิต

กรดอะซิติกเป็นกระบวนการที่ต้องการออกซิเจน (สุมณฑา, 2545; จารุวรรณ, 2551) ดังนั้นสภาวะการหมักแบบมีอากาศจึงได้ปริมาณกรดอะซิติกที่สูงกว่า

สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกส้มเหลือใช้โดยใช้กระบวนการหมักตามธรรมชาติ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ได้แก่ การใช้เปลือกส้มแบบไม่สับ โดยมีการปรับค่าความหวานเริ่มต้นของการหมักเป็น 20 องศาบริกซ์ ใช้สภาวะการหมักแบบมีอากาศ และทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ได้ปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 1.85 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลาการหมัก 8 สัปดาห์

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้เปลือกส้มเหลือใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก จึงวิเคราะห์เพียงผลผลิตที่ได้จากการหมัก (ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดอะซิติก) แต่หากมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ที่มีการเจริญเติบโตในช่วงระยะเวลาการหมักจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น

ปริมาณกรดอะซิติกที่ได้จากการหมักในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ยังไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องมีกรดอะซิติกไม่ต่ำกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จึงต้องศึกษาการใช้ระยะเวลาการหมักที่นานขึ้น หรือเพิ่มปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการผลิตกรดอะซิติกที่สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ มณีศรี. (2551). *เทคโนโลยีอาหารหมัก*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โฟร์เพซ.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). *จุลชีววิทยาทางอาหาร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Ciani, M., Ferraro, L. & Fatichenti, F. (2000). Influence of glycerol production on the aerobic and anaerobic growth of the wine yeast *Candida stellata*. *Enzyme and Microbial Technology*. 27, 698-703.

Fushimi, T., Suruga, K., Oshima Y., Fukiharu, M.,Tsukamoto, Y., & Goda, T. (2006). Dietary acetic acid reduces serum cholesterol and triacylglycerols in rats fed a cholesterol-rich diet. *British Journal of Nutrition.* 95, 916–924.

Gancedo, J. M. (1986). *Carbohydrate metabolism in yeast.* New York: Plenum Press.

Horiuchi, J., Kanno, T. & Kobayashi, M. (1999). New vinegar production from onions. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 88, 107-109.

Johnston, C., Kim, C., & Buller, A. (2004). Vinegar improves insulin sensitivity to a high carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 27, 281-282.

Leeman, M., Ostman, E. & Bjorck, I. (2005). Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycemic and insulinaemic responses in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition.* 59, 1266-1271.

Lennartsson, P. R., Ylitervo, P., Larsson, C., Edebo, L. & Taherzadeh, M. J. (2012). Growth tolerance of *Zygomycetes Mucor indicus* in orange peel hydrolysate without detoxification. *Process Biochemistry,* 47, 836-842.

Ostman, E., Granfeldt, Y., Persson, L., & Bjorck, I. (2005). Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition.* 59, 983-988.

Stewart, G. G. & Russell. (1983). *Aspects of the biochemistry and genetics of sugar and carbohydrate uptake by yeasts.* New York: Springer-Verlag.

Suresh, E. R. & Ethiraj, S. (1991). Utilization of overripe bananas for vinegar production. *Tropical Science,* 31, 317-320.

ผู้เขียน

วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ และฐิติมาพร หนูเนียม อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000 ajarnwipawan@gmail.com

FS1003: การพัฒนาผลิตภัณฑ์โรตีกรอบโดยใช้แป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี

กิตติ สุวรรณบรรดิษฐ์[1] วลัยลักษณ์ สุกเส็ม[1] ฐิติมาพร หนูเนียม[2] และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์[2]
[1]นักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000
[2]อาจารย์ โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากข้าวสังข์หยดซึ่งเป็นข้าวพันธ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง โดยนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ โดยนำโรตีกรอบสูตรมาตรฐานมาทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ที่ระดับร้อยละ 30, 50, 70 และ 100 ของน้ำหนักแป้ง และมีสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีเป็นสูตรควบคุม เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า โรตีกรอบที่ใช้แป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 30 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p>0.05) โดยมีคะแนนลักษณะปรากฏเท่ากับ 6.63±1.32 สีเท่ากับ 6.56±1.40 กลิ่นเท่ากับ 6.73±1.08 รสชาติเท่ากับ 6.56±1.30 กลิ่นรสเท่ากับ 6.73±1.04 เนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.83±1.26 และความชอบรวม 7.20±1.06 และเมื่อเก็บในถุงพลาสติกชนิดใสพิเศษ (Oriented Poly Propylene, OPP) โดยปิดผนึกแบบสุญญากาศ และ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้นาน 30 วัน โดยไม่มีการหืนเกิดขึ้น เมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (5-point hedonic scale) พบว่า ผู้บริโภคทั่วไป ใน อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน ให้คะแนนการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่ใช้แป้ง พรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 30 ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ในช่วงชอบจนถึงชอบมาก โดยให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์คิดเป็น ร้อยละ 95 ของผู้ทดสอบทั้งหมด

คำสำคัญ: ข้าวสังข์หยด โรตีกรอบ แป้งพรีเจลาทิไนซ์ อายุการเก็บรักษา

*กิตติ สุวรรณบรรดิษฐ์ และวลัยลักษณ์ สุกเส็ม
โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000
Tel.: 0-7433-6933 ต่อ 225; Fax: 0-7433-6950, E-mail: ajarnwipawan@gmail.com

Abstract

Utilization of Sang-Yod rice, which is rice species native from Phattalung province, by substituted some wheat flour in crispy roti. Formula standard of crispy roti was substituted wheat flour by 30, 50, 70 and 100% of pregelatinized Sang-Yod rice, and formula standard of crispy roti without substitute wheat flour was control. The sensory quality testing found crispy roti was substituted some wheat flour by 30% of pregeratinized Sang-Yod rice, the acceptance was not significant difference with the control formula, statistically significant (p>0.05). The sensory score of appearance was 6.63±1.32, color was 6.56±1.40, odor was 6.73±1.08, flavor was 6.56±1.30, texture was 6.83±1.26 and overall was 7.20±1.06. The storage was sealed with Oriented Poly Propylene (OPP) plastic bag, vacuum condition sealing and stored at room temperature found kept for 30 days without rancidity. The study of sensory by 5-point hedonic scale in the areas of Muang, Songkhla province total 100 people found that the acceptance scores in terms of appearance, flavor, color, odor, texture and overall preference were at the high level of preference. The acceptance of consumer to the products is 95% for all consumers.
Keyword: Sang-Yod rice, Crispy Roti, Pregelatinized, Shelf life

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในการดูแลสุขภาพมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากมีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในท้องตลาดเพิ่มสูงขึ้น การบริโภคข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทย ก็มีแนวโน้มเลือกบริโภคข้าวมีสีเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากข้าวมีสีมีคุณค่าทางอาหารสูง ข้าวมีสีทางภาคใต้ของประเทศไทยที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอีกชนิดหนึ่งคือ ข้าวสังข์หยด ซึ่งเป็นข้าวท้องถิ่นของจังหวัดพัทลุง มีลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับข้าวสังข์หยดพบว่า ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูง มีปริมาณกากใยอาหารสูง จึงมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย มีวิตามินอีสูง มีประโยชน์ด้านการชะลอความแก่ และมีโปรตีน ธาตุเหล็ก และธาตุฟอสฟอรัสสูง จึงมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรงและป้องกันโรคความจำเสื่อมโรคเหน็บชา (สมพร ดำยศ, 2552) ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้แป้งข้าวเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น บัตเตอร์เค้ก (ณัชนก นุกิจ, 2549) มัฟฟิน (สุภิรัตต์ แก้วมณี, 2550) และเค้กเนย (ทศพร ดอกคำ, 2551) เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวสังข์หยดเพื่อนำไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ อีกทั้งเป็นแนวทางในการใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อื่นๆ และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับแป้งข้าวสังข์หยด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของการใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ
2. เพื่อศึกษาการเตรียมแป้งข้าวสังข์หยดที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อโรตีกรอบที่ใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี
4. เพื่อศึกษาสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบในการผลิต ได้แก่ ข้าวสังข์หยดพันธุ์พื้นเมืองพัทลุง น้ำตาลทรายขาว มาการีน ไข่ไก่ เกลือ นมข้นจืด และแป้งสาลีอเนกประสงค์

2. อุปกรณ์การผลิตอื่นๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องชั่งดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม เตาอบไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เช่น แบบสอบถาม ถ้วยและช้อน

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาอัตราส่วนของการใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ

1.1 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด

1) การเตรียมแป้งข้าวสังข์หยด

นำข้าวสังข์หยดบดด้วยโถปั่นของแห้ง จากนั้นร่อนด้วยที่ร่อนแป้งเพื่อแยกเมล็ดข้าวที่หยาบออก นำเมล็ดข้าวที่แยกออกมาบดด้วยโถปั่นของแห้งอีกครั้งและร่อนด้วยที่ร่อนแป้ง เมื่อได้เป็นแป้งก่อนนำไปใช้ต้องร่อนทุกครั้ง

2) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด

อัตราการทดแทนแป้งสาลีต่อแป้งข้าวสังข์หยด 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 50, 70 และ 100 ของน้ำหนักแป้งในสูตร โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสูตรควบคุม จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสูตรควบคุม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางด้าน

ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

1.2 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด

1) การเตรียมแป้งพรีเจลาตีไนซ์ข้าวสังข์หยด

นำข้าวสังข์หยดไปปั่นด้วยโถปั่นของแห้งร่อนเอาเฉพาะแป้ง นำมาเตรียมให้มีความเข้มข้นร้อยละ 8 (w/v) แล้วไปต้มด้วยอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำไปทำแห้งและบดให้ละเอียดด้วยโถปั่นของแห้งจนแป้งละเอียด ร่อนแป้งเพื่อแยกแป้งที่ไม่ละเอียดออกก่อนนำไปใช้

2) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดโดยมีอัตราการทดแทนแป้งสาลีต่อแป้งพรี- เจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 50, 70 และ 100 ของน้ำหนักแป้งในสูตร โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสูตรควบคุม จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสูตรควบคุม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ให้ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด

ผลิตโรตีกรอบที่ทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดจากข้อ 1 โดยแต่ละชิ้นมีน้ำหนัก 5 กรัม นำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (5-point hedonic scale) ให้ 1 คะแนนหมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยผู้ทดสอบเป็นผู้บริโภคทั่วไปในอำเภอเมืองจังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน

3. ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่ทดแทนแป้งสาลี

นำผลิตภัณฑ์โรตีกรอบสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จากข้อ 2 มาศึกษาสภาวะการเก็บรักษาโดยบรรจุในผลิตภัณฑ์ถุงพลาสติกชนิดใสพิเศษ (Oriented Poly Propylene, OPP) และปิดผนึกโดยใช้ 2 สภาวะ ได้แก่ ปิดผนึกแบบธรรมดา และปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบลักษณะปรากฏ และกลิ่น โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่ผลิตใหม่เป็นชุดควบคุม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ

1.1 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด

จากการศึกษาการใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ โดยใช้ปริมาณแป้งข้าว สังข์หยดทดแทนแป้งสาลีที่ปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ทดแทนร้อยละ 30, 50, 70 และ 100 ของน้ำหนักแป้งในสูตร โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีเป็นสูตรควบคุม พบว่า โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 โรตีกรอบมีลักษณะกรอบร่วน มีกลิ่นหอมของข้าวสังข์หยด และสีน้ำตาล ในขณะที่โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด ร้อยละ 50 โรตีกรอบมีลักษณะกรอบร่วน เนื้อสัมผัสหยาบ และสีน้ำตาล และโรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดจะมีความร่วนเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของแป้งข้าวสังข์หยดที่ใช้ และเนื้อสัมผัสโรตีกรอบที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสหยาบ ให้เนื้อสัมผัสเมื่อรับประทานคล้ายกับเม็ดข้าวไม่สุก จะมีลักษณะดังกล่าวเด่นชัดในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว สังข์หยดร้อยละ 70 และ 100 อาจเนื่องมาจาก

คุณสมบัติของเม็ดแป้งต้องได้รับปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการสุกหรือการเกิดเจลาทิไนซ์ ซึ่งในสูตรโรตีกรอบอาจมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอให้เม็ดแป้งเกิดเจลาทิไนซ์ได้เมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นจึงเลือกโรตีกรอบจากสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 และ 50 เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสูตรควบคุม

เมื่อนำโรตีกรอบจากสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 และ 50 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสูตรควบคุม ให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดร้อยละ 30 มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าโรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 ในด้านกลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 1 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดร้อยละ 30 อยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง ยกเว้นลักษณะด้านรสชาติ อยู่ในระดับเฉยๆจนถึงชอบเล็กน้อย ในขณะที่โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 มีคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับเฉยๆจนถึงชอบเล็กน้อย ยกเว้นด้านความชอบรวมที่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อการใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวสังข์หยด		
	สูตรควบคุม	ร้อยละ 30	ร้อยละ 50
ลักษณะปรากฏ	6.70±1.36^{b}	6.00±1.83^{ab}	5.46±1.81^{a}
สี	6.73±1.28^{b}	6.13±1.40^{ab}	5.56±1.63^{a}
กลิ่น	6.70±1.36^{a}	6.26±1.57^{a}	5.93±1.65^{a}
รสชาติ	6.33±1.42^{a}	5.80±1.37^{a}	5.73±1.46^{a}
กลิ่นรส	6.53±1.19^{b}	6.26±1.36^{ab}	5.86±0.97^{a}
เนื้อสัมผัส	6.63±1.71^{b}	6.03±1.56^{ab}	5.76±1.35^{a}
ความชอบรวม	6.83±1.36^{a}	6.40±1.16^{a}	6.30±1.05^{a}

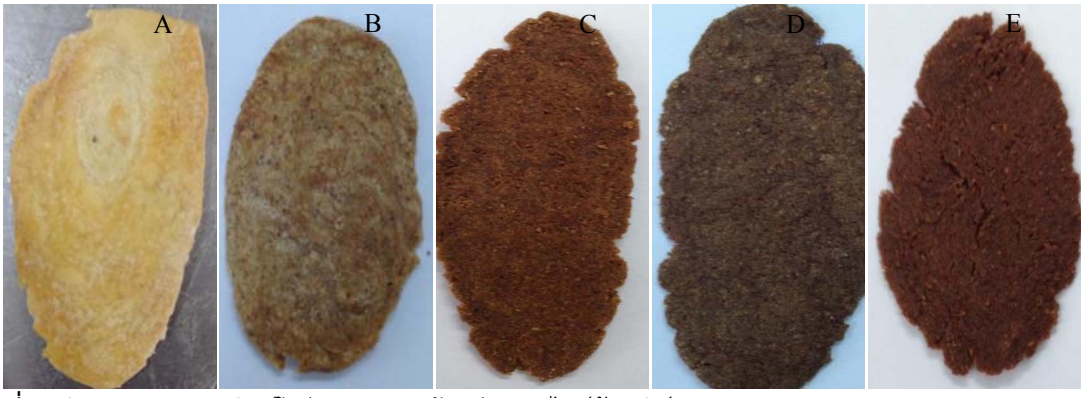
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบโรตีกรอบสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดกับโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทน พบว่า โรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าโรตีกรอบสูตรทดแทนในทุกด้านของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและสี โรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนและโรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดร้อยละ 30 มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าโรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) อาจเนื่องมาจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดในปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์โรตีกรอบมีลักษณะร่วนเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณแป้งสาลีลดลงทำให้กลูเตนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย และสีของแป้งข้าวสังข์หยดทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ซึ่งผู้บริโภคอาจไม่คุ้นเคยกับลักษณะของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบประเภทนี้

1.2 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด

จากการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ โดยใช้ปริมาณแป้งข้าวสังข์หยดผ่านกระบวนการพรีเจลาทิไนซ์เป็นส่วนผสมกับแป้งสาลีที่ปริมาณต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ทดแทนร้อยละ 30, 50, 70 และ 100 ของน้ำหนักแป้งในสูตร โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีเป็นสูตรควบคุม พบว่า โรตีกรอบสูตรควบคุม มีลักษณะ

ปรากฏกรอบร่วน เนื้อสัมผัสนิ่ม โรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 มีลักษณะปรากฏกรอบ มีกลิ่นหอมของข้าวสังข์หยด โรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 มีลักษณะปรากฏกรอบร่วน เนื้อสัมผัสหยาบ และมีกลิ่นหอมของข้าวสังข์หยด โรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 70 มีลักษณะร่วน เนื้อสัมผัสหยาบ และโรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 100 มีลักษณะร่วนมาก ดังรูปที่ 1 นอกจากนี้โรตีกรอบสูตรทดแทนทั้งหมดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด จะไม่มีลักษณะเนื้อสัมผัสหยาบของเม็ดข้าวไม่สุก เนื่องจากแป้งพรีเจลาทิไนซ์เป็นแป้งที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพให้เกิดเจลาทิไนซ์ก่อนนำมาใช้ในการทดแทน ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น



ภาพที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบจากแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด สูตรควบคุม (A), โรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 (B), ร้อยละ 50 (C), ร้อยละ 70 (D) และร้อยละ 100 (E)

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยมีผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม พบว่า โรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7.20±1.06 อยู่ในระดับชอบปานกลางจนถึงชอบมาก โรตีกรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 50, 70 และ 100 มีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 6.50±0.93, 6.50±1.13 และ 6.30±1.34 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง

เมื่อเปรียบเทียบโรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดกับโรตีกรอบสูตรมาตรฐาน พบว่า โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 มีคะแนนการยอมรับในด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกับโรตีกรอบสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 2

2. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์โรตีกรอบจากแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด

จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด ร้อยละ 30 เมื่อนำมาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โรตีกรอบจากแป้งข้าวสังข์หยดโดยผู้ทดสอบเป็นผู้บริโภคทั่วไปในอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้ให้คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อลักษณะปรากฏเท่ากับ 4.75±0.67 กลิ่นเท่ากับ 4.35±0.68 สีเท่ากับ 4.01±0.80 รสชาติเท่ากับ 4.23±0.78 เนื้อสัมผัสเท่ากับ 4.13±0.72 ความชอบรวมเท่ากับ 4.28±0.65 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 95 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ อร่อย มีกลิ่นรสแปลกใหม่ และมีคุณค่าทางสารอาหารเพิ่มขึ้น

3. ผลศึกษาสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบจากแป้งข้าวสังข์หยด

ศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โรตีกรอบแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด เมื่อบรรจุในถุงแก้ว OPP และปิดผนึกแบบสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ และไม่เกิดกลิ่นหืน เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โรตีกรอบแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดที่ผลิตใหม่

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อการใช้แป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลี

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณการทดแทนด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยด				
	สูตรควบคุม	ร้อยละ 30	ร้อยละ 50	ร้อยละ 70	ร้อยละ 100
ลักษณะปรากฏ	7.20±1.44^{c}	6.63±1.32^{bc}	5.80±1.47^{a}	5.93±1.59^{ab}	5.70±1.60^{a}
สี	7.22±1.29^{b}	6.56±1.40^{ab}	5.70±1.54^{a}	6.20±1.64^{a}	5.90±1.49^{a}
กลิ่น	7.00±1.23^{b}	6.73±1.08^{ab}	6.03±1.18^{a}	6.30±1.29^{a}	6.06±1.57^{a}
รสชาติ	7.13±1.16^{b}	6.56±1.30^{ab}	5.91±1.57^{a}	6.20±1.52^{a}	5.80±1.30^{a}
กลิ่นรส	6.86±1.36^{a}	6.73±1.04^{a}	6.30±1.09^{a}	6.31±1.04^{a}	6.20±1.43^{a}
เนื้อสัมผัส	6.83±1.11^{a}	6.83±1.26^{a}	6.30±1.44^{a}	6.32±1.44^{a}	6.30±1.34^{a}
ความชอบรวม	7.30±0.99^{b}	7.20±1.06^{b}	6.50±0.93^{a}	6.50±1.13^{a}	6.30±1.34^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดและแป้งพรีเจลาทิไนซ์ข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบร้อยละ 30, 50, 70 และ 100 ของน้ำหนักแป้งในสูตร โดยมีโรตีกรอบสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการทดแทนเป็นสตรควบคุม พบว่า โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ ร้อยละ 30 ผู้บริโภคมีการยอมรับมากที่สุด โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งพรีเจลาทิไนซ์ ร้อยละ 30 มาทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบจนถึงชอบมาก และผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่บรรจุในถุงแก้ว OPP และปิดผนึกแบบสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานเป็นเวลา 30 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ และไม่เกิดกลิ่นหืน

ข้อเสนอแนะ

- การใช้แป้งข้าวสังข์หยดจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะร่วน อาจจะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ประเภทคุ้กกี้มากกว่า จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546). *เทคโนโลยี**ของแป้ง.*** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กุหลาบ สิทธิสวนจิก. (2551). *อิทธิพลของพันธุ์ข้าว วิธีการพรีเจลและการทำแห้งของคุณสมบัติของแป้ง พรีเจลาทิไนซ์.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ณัชนก นุกิจ. (2549). *การพัฒนาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและลดน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทศพร ดอกคำ. (2551). *การทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิด้วยโคคาราในเค้กเนยสด* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน และปารชาติ ณ น่าน. (2539). *คุณภาพคุ้กกี้แป้งข้าวกล้อง.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

สถาบันฮาลาล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2555). *การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์โรตีกรอบเสริมใยอาหารจากไหมข้าวโพด.* โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี นวัตกรรมจากผลงานวิจัย ประจำปี 2555 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สัญชัย ยอดมณี. (2552). *คุณภาพข้าวพื้นเมืองมีสีภาคใต้ของไทย.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุภิรัตน์ แก้วมณี. (2550). *การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในมัฟฟิน.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุเมธ ลี้สุวรรณ. (2546). *การใช้แป้งดัดแปรทดแทนแป้งสาลีในขนมปังหวาน.* วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์. (2553). *การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลในผลิตภัณฑ์ขนมอบ.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ผู้เขียน

กิตติ สุวรรณบรรดิษฐ์ และวลัยลักษณ์ สุกเส็ม นักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000

ฐิติมาพร หนูเนียม และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000 ajarnwipawan@gmail.com

FS1004: การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว
Development of noodle from Nata de coco

สุภาวดี หูเขียว[1], อาดามี ด่าหมิด[1], พรชัย พุทธรักษ์[2] และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์[2]
[1]นักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000
[2]อาจารย์ โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000

บทคัดย่อ

วุ้นมะพร้าว (Nata de coco) เป็นเนื้อเยื่อประเภทเซลลูโลสที่ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ โดยส่วนใหญ่แล้วนำมาบริโภคเป็นของหวาน จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว โดยเติมน้ำตาลทรายร้อยละ 5 และ 10 (w/v) และหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* ร้อยละ 5, 10 และ 15 (v/v) ในขนาดการหมักปริมาตร 250 มิลลิลิตร พบว่า การเติมน้ำตาลทรายร้อยละ 5 (w/v) ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นร้อยละ 5 (v/v) ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน จะได้แผ่นวุ้นมะพร้าวที่มีความหนาประมาณ 0.09 เซนติเมตร และผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (5-point hedonic scale) พบว่า ผู้บริโภคผู้บริโภคคิดเป็นร้อยละ 89 ยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว โดยมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 3.95

คำสำคัญ: วุ้นมะพร้าว เส้นก๋วยเตี๋ยว สภาวะที่เหมาะสม การยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

Nata de coco is tissue types of the human body can not digest it. Normally, Nata de coco was consumed as a dessert. The optimum conditions for the production of noodles from Nata de coco were containing 5 and 10% (w/v) sugar, and inoculums 5, 10 and 15% (v/v) *Acetobacter xylinum*. It found that, the addition of 5% (w/v) sugar and 5% (v/v) inoculums in coconut juice at room temperature for 2 days was made a thickness of about 0.09 cm. and the panelists agreed that the most. A study of consumer acceptance of products found that consumers in Muang, Songkhla of consumers found about 89% of consumer acceptance of noodle from Nata de coco. However, overall score for acceptable was 3.95.

Keyword: Nata de coco, Noodle, The optimum conditions, consumer acceptance

---

*ผู้ประสารงาน; วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีผู้บริโภคกันมาก เนื่องจากรับประทานได้ง่ายมีราคาไม่แพงและสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย และสามารถรับประทานทดแทนการบริโภคข้าวหรือขนมปังซึ่งเป็นอาหารหลักได้ ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นมีส่วนประกอบหลักคือ แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งสาลี สารอาหารหลักที่ร่างกายได้รับจึงเป็นคาร์โบไฮเดรต ในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก 100 กรัม มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 49 กรัม ในขณะที่สารอาหารอื่นๆ มีในปริมาณต่ำ เช่น เส้นใยอาหาร มี 0.2 กรัม (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544) แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้นจึงมีการพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อสุขภาพ เช่น การทดแทนแป้งบางส่วนด้วยเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเส้น (ณัฐญา โกมลมณี, 2541) การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมผัก (ฉวีวรรณ สีงาม และภริดา ชุ่มจิต, 2546) เป็นต้น

วุ้นมะพร้าวหรือวุ้นสวรรค์ (Nata de coco) เป็นแผ่นวุ้นที่ได้จากการผลิตของเชื้อ *Acetobacter xyinum* เป็นเนื้อเยื่อประเภทเซลลูโลสที่ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ โดยส่วนใหญ่แล้วนำมาบริโภคเป็นของหวาน เช่น วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อม ใส่ในไอศกรีมหรือน้ำแข็งใส นำมาเป็นส่วนประกอบของโยเกิร์ต เยลลี่ เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปัจจัยในการผลิตวุ้นมะพร้าวที่เหมาะสมเพื่อนำมาทดแทนเส้นก๋วยเตี๋ยว และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบในการผลิต ได้แก่ น้ำมะพร้าวแก่ น้ำตาลทราย น้ำส้มสายชู หัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* และแอมโมเนียมซัลเฟต

2. อุปกรณ์การผลิตอื่นๆ เช่น กระบะพลาสติก ผ้าขาวบาง เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เช่น แบบสอบถาม ถ้วยและช้อน

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว

1.1 ผลของปริมาณน้ำตาลทรายกับปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นต่อการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าว

เตรียมชุดการทดลองปริมาณน้ำตาลทรายและปริมาณหัวเชื้อตามตารางที่ 1 โดยเติมน้ำตาลทรายในน้ำมะพร้าวต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที บรรจุในกระบะพลาสติกที่ปราศจากเชื้อ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมแอมโมเนียมซัลเฟต ร้อยละ 0.1 (w/v) แล้วเติมหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างแผ่นวุ้นมะพร้าววันที่ 3, 5 และ 7 เพื่อวัดความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าว

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 แฟคทอเรียลโดยสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT)

ตารางที่ 1 ชุดการทดลองผลของปริมาณน้ำตาลทรายกับปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น

ชุดการทดลอง	ปริมาณน้ำตาลทราย (ร้อยละ)	ปริมาณหัวเชื้อ(ร้อยละ)
1	5	5
2	5	10
3	5	15
4	10	5
5	10	10
6	10	15

เลือกปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นมะพร้าวโดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยมีเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นชุดควบคุมเปรียบเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยววุ้นมะพร้าว ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale)

1.2 ศึกษาขยายขนาดการผลิต

เลือกสภาวะการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดจากข้อ 1 มาขยายขนาดการผลิตจาก 250 มิลลิลิตรเป็น 2,000 มิลลิลิตร เพื่อดูผลของการขยายขนาดการผลิตต่อประสิทธิภาพการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าวโดยทำการหมักตามระยะเวลาที่เหมาะสมตามข้อ 1.1

2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแผ่นวุ้นมะพร้าว

นำเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้จากข้อ 1.2 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแผ่นวุ้นมะพร้าว โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบเป็นผู้บริโภคทั่วไปในอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน โดยการประเมินคุณภาพทางลักษณะปรากฏ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (5-point hedonic scale)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว

1.1 ปริมาณน้ำตาลทรายกับปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นต่อการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าว

การผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าวโดยใช้ปริมาณน้ำตาลทรายและปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 5 และ 10 (w/v) หัวเชื้อปริมาตรร้อยละ 5, 10 และ 15 (v/v) ในขนาดการหมักปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างวันที่ 3, 5 และ 7 เพื่อดูความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าว พบว่า เมื่อหมักเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน จะได้ลักษณะของแผ่นวุ้นมะพร้าว ในวันที่ 3 ลักษณะของแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้มีสีขาวขุ่น มีความหนาเล็กน้อย เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักเป็น 5 และ 7 วัน ลักษณะของแผ่นวุ้นมะพร้าวมีสีขาวขุ่น และมีความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก จากตารางที่ 2 พบว่า ในวันที่ 3 ของการหมัก การใช้น้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 10 (w/v) ร่วมกับหัวเชื้อร้อยละ 10 (v/v) จะได้ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวมากที่สุด เท่ากับ 0.28±0.06 เซนติเมตร ในวันที่ 5 ของการหมัก การใช้น้ำตาล-ทรายปริมาณร้อยละ 10 (w/v) ร่วมกับหัวเชื้อร้อยละ 5 (v/v) และการใช้น้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 10 (w/v) ร่วมกับหัวเชื้อร้อยละ 10 (v/v) จะได้ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวมากที่สุด เท่ากับ 0.57±0.06 เซนติเมตร และในวันที่ 7 ของการหมัก การใช้น้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 10 (w/v) ร่วมกับหัวเชื้อร้อยละ 5 (v/v) จะได้ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวมากที่สุด เท่ากับ 1.52±0.13 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวจากการใช้ปริมาณน้ำตาลและปริมาณหัวเชื้อที่ระดับต่างๆ และระยะเวลาการหมักที่ต่างกัน

ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ)	ปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละ)	ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าว (เซนติเมตร)		
		วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
5	5	0.23±0.01^{ab}	0.53±0.00^{ab}	1.44±0.00^{b}
5	10	0.22±0.01^{a}	0.52±0.03^{ab}	1.21±0.00^{a}
5	15	0.26±0.01^{ab}	0.55±0.05^{ab}	1.10±0.58^{b}
10	5	0.25±0.02^{ab}	0.57±0.06^{b}	1.52±0.13^{b}
10	10	0.28±0.06^{b}	0.57±0.06^{ab}	1.27±0.08^{a}
10	15	0.25±0.04^{ab}	0.47±0.03^{a}	1.44±0.00^{b}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้จากการหมักมาตัดเป็นเส้นให้มีความกว้างประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร เพื่อให้มีความกว้างใกล้เคียงกับเส้นก๋วยเตี๋ยว และทดสอบทางคุณภาพทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นพบว่า แผ่นวุ้นมะพร้าวที่ใช้ระยะเวลาการหมัก 5 และ 7 วัน เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวที่ได้จะมีลักษณะหนา และเหนียวมาก ไม่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนเส้นก๋วยเตี๋ยว ขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวที่ใช้ระยะเวลาการหมัก 3 วัน ลักษณะปรากฏของเส้นจะใกล้เคียงกับเส้นก๋วยเตี๋ยว แต่เนื้อสัมผัสจะมีความเหนียวเล็กน้อย โดยการใช้ปริมาณน้ำตาลทรายและปริมาณหัวเชื้อที่ระดับต่างๆไม่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว กล่าวคือ เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวที่ได้มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลในแต่ละปัจจัยและอิทธิพลร่วม พบว่า ปริมาณน้ำตาลทราย ปริมาณหัวเชื้อ และปริมาณน้ำตาลทรายร่วมกับปริมาณหัวเชื้อไม่มีอิทธิพลต่อความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาระยะเวลาการหมักเพิ่มเติม โดยเลือกปัจจัยน้ำตาลทรายปริมาณ ร้อยละ 5 (w/v) และหัวเชื้อ ร้อยละ 5 (v/v) ทำการหมักเป็นเวลา 2, 3 และ 4 วัน

จากการศึกษาเพิ่มเติมโดยเตรียมน้ำมะพร้าวที่มีน้ำตาลทรายปริมาณ ร้อยละ 5 (w/v) และหัวเชื้อ ร้อยละ 5 (v/v) ขนาดการหมักปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2, 3 และ 4 วัน พบว่า ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ระยะเวลาการหมักต่างกัน

ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ)	ปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละ)	ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าว (เซนติเมตร)		
		วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
5	5	0.09±0.02^{a}	0.23±0.01^{b}	0.43±0.02^{c}

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวที่เตรียมจากน้ำมะพร้าวที่มีการเติมน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 5 (w/v) หัวเชื้อร้อยละ 5 (v/v) และทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2, 3 และ 4 วัน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่า การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อ-สัมผัส และความชอบรวม เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวที่เตรียมจากน้ำมะพร้าวที่มีการเติมน้ำตาลทรายร้อยละ 5 (w/v) หัวเชื้อร้อยละ 5 (v/v) และทำ

การหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ที่มีความหนาของเส้นประมาณ 0.09±0.02 เซนติเมตร ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน (ตารางที่ 4) เนื่องจากมีลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นก๋วยเตี๋ยวมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวโดยการเติมน้ำตาล-ทราย ร้อยละ 5 (w/v) หัวเชื้อร้อยละ 5 (v/v) และทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน เพื่อทำการศึกษาการขยายขนาดการหมักต่อไป

ตารางที่ 4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว		
	2 วัน	3 วัน	4 วัน
ลักษณะปรากฏ	6.00±1.36^{a}	5.80±1.45^{a}	5.90±1.48^{a}
สี	6.67±1.35^{a}	6.50±1.41^{a}	6.50±1.33^{a}
กลิ่นรส	6.20±1.10^{a}	5.90±1.18^{a}	5.40±1.56^{b}
เนื้อสัมผัส	6.47±1.55^{a}	6.30±1.44^{ab}	6.20±1.47^{b}
ความชอบรวม	6.80±0.95^{a}	6.30±1.24^{b}	6.30±1.15^{b}

หมายเหตุ: ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale (n=30)
อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1.2 การขยายขนาดการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าว

ผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าวโดยเตรียมน้ำมะพร้าวที่เติมน้ำตาลปริมาณร้อยละ 5 (w/v) และหัวเชื้อปริมาตรร้อยละ 5 (v/v) โดยขยายขนาดการหมักจากภาชนะบรรจุปริมาตร 250 มิลลิลิตร เป็น 2,000 มิลลิลิตร ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน พบว่า แผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้มีสีขาวขุ่น มีความหนา เท่ากับ 0.10±0.01 เซนติเมตร

2. การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว

เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวที่ได้จากการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าวโดยการเติมน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 5 (w/v) และหัวเชื้อปริมาตรร้อยละ 5 (v/v) ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากการนำแผ่นวุ้นมะพร้าวมาตัดเป็นเส้นให้มีความกว้างประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร แล้วนำมาต้มในน้ำเดือดเพื่อล้างกรดออก ทำซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นเติมน้ำซุปเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน โดยการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว โดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธี 5-point hedonic scale ผลการทดสอบดังตารางที่ 5 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏเท่ากับ 4.06 กลิ่นเท่ากับ 3.62 สีเท่ากับ 4 เนื้อสัมผัสเท่ากับ 3.83 ความชอบรวมเท่ากับ 3.95 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 89 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับด้วยเหตุผล 2 คือ อร่อย และมีความแปลกใหม่

ตารางที่ 5 ความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว

คุณลักษณะ	คะแนน ($\bar{x}$ ± SD)
ลักษณะปรากฏ	4.06±0.65
กลิ่น	3.62±0.73
สี	4.00±0.70
เนื้อสัมผัส	3.83±0.78
ความชอบรวม	3.95±0.73

หมายเหตุ: ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5-point hedonic scale (n=100)

สรุปผลการทดลอง

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวในขนาดการหมักปริมาตร 250 มิลลิลิตร ได้แก่ การเติมน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 5 (w/v) หัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* ร้อยละ 5 (v/v) หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จะได้แผ่นวุ้นมะพร้าวที่มีความหนา 0.09±0.02 เซนติเมตร ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยมีเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าเป็นชุดควบคุม จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว ซึ่งเป็นผู้บริโภคทั่วไปในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคคิดเป็นร้อยละ 89 ยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าว มีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 3.95 อยู่ในระดับเฉยๆจนถึงชอบ โดยมีการยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากวุ้นมะพร้าวเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ คิดเป็นร้อยละ 50

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2518). วุ้นมะพร้าวหรือวุ้นสวรรค์. *วารสารวิทยาศาสตร์คชศาสน์.* ปีที่ 25 (ส.ค.): 45-50.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2544). *ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย.* พิมพ์ครั้งที่1. นนทบุรี: องค์การทหารผ่านศึก.

กุลกานต์ สุนทรวาท. (2547). *การผลิตอาหารเส้นเสริมสาหร่ายสไปรูไลนา.* วิทยานิพนธ์ระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุวรรณ มณีศรี. (255)1. *เทคโนโลยีอาหารหมัก.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โฟร์เพซ.

ฉวีวรรณ สีงาม และภริดา ชุ่มจิต. (2546). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้องเสริมผัก.* วิทยานิพนธ์ระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ชุติมา อัศวเสถียร และนิลศิริ นิลเนตร. (2548). *ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ, หน้า 544-550.

ณัฐญา โกมลมณี. (2541). *การทดแทนแป้งบางส่วนด้วยเส้นใยในผลิตภัณฑ์ประกอบอาหารเส้น.* วิทยานิพนธ์ระดับวิทยาศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทับทิม อิ่มอรุณ และเบญจมาส เติมดี. (2546). *เส้นหมี่เสริมใยอาหารจากตำลึง***.** วิทยานิพนธ์ระดับวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

สุเมธ ตันตระเธียร และวราวุฒิ ครูส่ง. (2537). *วุ้นน้ำมะพร้าว.* วารสารวิทยาศาสตร์. ปีที่ 48 (พฤศจิกายน-ธันวาคม): 360-364.

อนันต์ บุญปาน, สิริแข พงษ์สวัสดิ์ และจิรพรรณ คำผา. (2553). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์จากกากน้ำตาล. ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า 547-554.

ผู้เขียน

สุภาวดี หูเขียว และอาดามี ด่าหมิด นักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000

พรชัย พุทธรักษ์ และวิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง สงขลา 90000 ajarnwipawan@gmail.com

FS2002: การประยุกต์ใช้ข้าวแดง (อังคัก) ในผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูป

Utilization of red rice (ang-kok) in instant Bua loy product

สุชาดา ไม้สนธิ์* และ โสวัฒน์ หีบขุนทด
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

บทคัดย่อ

สีของอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการดึงดูดผู้บริโภคให้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่เลือกใช้สีจากวัตถุดิบธรรมชาติ ข้าวแดง หรืออังคักเป็นสีแดงที่ได้จากการหมักข้าวด้วยเชื้อราในสกุลโมแนสคัส ในระหว่างการหมักนอกจากการสร้างสารสีแล้วยังมีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายชนิดอื่นๆ เพิ่มขึ้นด้วย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปโดยการประยุกต์ใช้ข้าวแดง (อังคัก) ทดแทนแป้งข้าวเหนียวที่ร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 โดยนำแป้งผสมข้าวแดงผ่านการพรีเจลาทิไนซ์ ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 130°ซ ความเร็วรอบ 4 รอบ/นาที นำแป้งที่ได้นวดผสมกับน้ำในอัตราส่วน แป้ง:น้ำ 2:1 ปั้น ขึ้นรูปและนำมาทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ค่าสี และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในปริมาณมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสี พบว่า เมื่อเพิ่มระดับการทดแทน ค่าสี L*และค่าสี b* มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) แต่ค่าสี a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เมื่อนำบัวลอยกึ่งสำเร็จรูปมาคืนรูปโดยการต้มด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ 4 นาที และต้มร่วมกับน้ำกะทิ 2 นาที พบว่า การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในปริมาณมากขึ้นคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะจะลดลง แต่การทดแทนที่ร้อยละ 0 และ 2 คะแนนความชอบ ทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงที่ร้อยละ 2 และ 4 คะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะลักษณะปรากฏ และ ความเหนียวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ในด้านรสชาติและการยอมรับรวมมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยการทดแทนที่ร้อยละ 4 จะมีรสขมเล็กน้อย ดังนั้นการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดง ในผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปสามารถทดแทนได้ที่ร้อยละ 2 โดยมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับความชอบปานกลาง

คำสำคัญ: บัวลอย, ขนมไทย, ข้าวแดง, โมแนสคัส

Abstract

Color is one of the factors that important for consumer's attraction, particularly on natural raw materials used in the products. Red rice or ang-kok is red pigment of rice fermentation by fungus Monascus sp. There is an increasing of other health nutrients benefit during fermentation. The objective of this research was to develop instant Bualoy product with red rice substituted for waxy rice flour at the percentages of 0, 2, 4, 6 and 8, respectively. Waxy rice flour was mixed with red rice. The mixed flour was pre-gelatinized by drum dryer at 130°C. The pre-gelatinized mixed flour was kneaded for 4 rpm with water at the ratio of 2:1, then molded and dried by hot air oven at 50°C for 5 hrs. The chemical composition analysis, color measurement and sensory evaluation found that protein, fat, fiber and ash were increased ($p \leq 0.05$) when increasing of red rice content. Whereas carbohydrate was decreased ($p \leq 0.05$). The increasing of the substituted content reduced L* and valued ($p \leq 0.05$), whereas increased a* and b* valued ($p \leq 0.05$). For the sensory evaluation, the instant Bualoy was rehydrated by boiling with microwave at 800 watt for 4 min and boiled in coconut milk for 2 min. The results showed that all of attributes scores were decreased with increasing of the substituted content, but substitution 0 and 2 the scores in all of attributes not significantly different ($p > 0.05$). The substitution of waxy rice flour with red rice at 2 and 4% showed that appearance, colorant, stickiness and over all acceptability scores were not significantly different ($p > 0.05$). While the taste score of the substitution at 4% was significantly different ($p \leq 0.05$) which has a bitter taste. Therefore, the substitution of waxy rice flour with 2% red rice was suitable for instant Bualoy product which had average scores in all attributes.

Keywords: Bualoy, Thai dessert, Red rice, *Monascus sp*.

*สุชาดา ไม้สนธิ์ Tel.: 0-2 5448556; Fax: 0-2522-6609 E-mail: smaisont@hotmail.com

บทนำ

บัวลอยเป็นขนมไทยที่เรารู้จักกันเป็นอย่างดี มีส่วนผสมหลักเป็นแป้งข้าวเหนียวและ อาจมีการเพิ่มรสชาติและสีสันด้วย ฝักทอง เผือก และใบเตย เป็นต้น บัวลอยมีวิธีการทำที่ไม่ยุ่งยากนัก แต่บัวลอยในลักษณะแป้งสดมีอายุการเก็บรักษาสั้น การพัฒนาบัวลอยให้อยู่ในลักษณะกึ่งสำเร็จรูปจึงเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการขยายการตลาด นอกจากนี้การเพิ่มส่วนผสมอื่นๆ เพื่อเป็นการดึงดูดผู้บริโภคจึงควรมีการพัฒนาควบคู่ไปด้วย ข้าวแดง (red rice) มีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น อังคัก (ang-kak) แอนแคก (ankak) แองคา (anka) อังคเวค (angquac) และ เบนนิโคจิ (beni-koji) ข้าวแดงได้จากการหมักข้าวด้วยเชื้อราสกุลโมแนสคัส *(Monascus spp).* ซึ่งทำให้ข้าวทั้งเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม ประเทศในทวีปเอเชียมีการนำข้าวแดงมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ โดยใช้เป็นตัวเพิ่มกลิ่นรสและสีให้กับอาหารหมักและเครื่องดื่ม เช่น เต้าหู้ยี้ กุนเชียง ไส้กรอก ไวน์ (Journoud et al., 2004; สุภาวดี,2543) และ โยเกร์ต(Chen et al.,2012) เป็นต้น นอกจากการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีรายงานเกี่ยวกับผลดีต่อสุขภาพ โดย Herber *et al*. (1999) รายงานว่าและลดความเข้มข้นของ ไตรกลีเซอไรด์ได้ 12-19% นอกจากนี้ Wang *et al*. (2000) ยังทดลองเลี้ยงหนูที่การบริโภคข้าวแดงในปริมาณ 14-55 กรัม/วัน สามารถลดความเข้มข้นของคลอเรสเตอรอลได้ 11-32% เป็นโรคความดันโลหิตสูง ด้วยอาหารผสมน้ำตาล ฟรุคโตส 30% มีและไม่มีข้าวแดงร้อยละ 2 เปรียบเทียบกัน พบว่าข้าวแดงช่วยลดปริมาณไขมันในเลือด และโคเลสเตอรอลทั้งหมดในหนูที่รับประทานอาหารที่มีข้าวแดง นอกจากนี้ยังมีผลดีต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และลดการอักเสบต่างๆ ของร่างกาย (Jeun et al.,2008; Li et al.,2011) นอกจากในระหว่างการสร้างเส้นใยและสารสี เชื้อรายังสามารถสร้างสารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ได้หลายชนิด ได้แก่ กรดไดเมรูมิค (dimerumic acid) โมนาโคลิน เค (monacolin K) กาบา (Gamma amino butyric acid; GABA) (Su *et al*., 2003; Wang *et al*., 2003;) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวข้าวแดงจึงเป็นวัตถุดิบอีกหนึ่งที่เป็นทางเลือกในการเพิ่มทั้งสีสันและคุณค่าให้กับอาหาร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตข้าวแดงและนำข้าวแดงที่ได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูป ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และ ทางประสาทสัมผัสของบัวลอยสำเร็จรูป ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางในการนำข้าวแดงประยุกต์ใช้ในอาหารชนิดอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมข้าวและการหมักข้าวแดง

นำข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข 31 กะเทาะเปลือกและขัดสีเป็นข้าวสารด้วยเครื่องสีของ บริษัทนาทวีเทคโนโลยีประเทศไทย (NW1000 TWIN) นำข้าวสารที่ได้มาบดลดขนาดด้วยเครื่องบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช และนำมาวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า (AOAC,1995) ปริมาณแป้ง (AACC, 1990) และปริมาณอะไมโลส (Juliano, 1971) ก่อนหมักเตรียมตัวอย่างเชื้อรา *Monascus purpureus*TISTR 3090 (จากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) โดยเขี่ยเชื้อลงบนอาหารแข็ง Potato dextrose agar (PDA, Difco France) ให้เชื้อเจริญที่อุณหภูมิ 28°ซ เป็นเวลา 10 วัน (จุลยุทธ,2546 และบุษบา, 2542) นำข้าว 50 กรัม ลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 85°ซ นาน 4 นาทีวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำใส่ข้าวที่ลวกในถุงโพลีเอทธิลีน ขนาด 8X12 นิ้ว สวมคอขวดพลาสติกและนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 15 นาที เมื่อข้าวเย็นลงใส่เชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่หมักบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งที่เตรียมไว้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. จำนวน 2 ชิ้น ปิดปากถุง และหมักในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 29±2°ซ นาน 12 วัน เมื่อครบระยะเวลานำข้าวแดงอบที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 24 ชั่วโมง และอบต่อที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 1ชั่วโมง นำข้าวแดงบดและ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด

100 เมช วัดค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-10 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย (AOAC,1995) ปริมาณแป้ง (starch) (AACC, 1990) และปริมาณอะไมโลส (Juliano, 1971)

2. ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดง

2.1 การเตรียมแป้งพรีเจลาทิไนท์และการขึ้นรูป

โดยการนำข้าวแดงทดแทนแป้งข้าวเหนียวที่ร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 ผสมให้เข้ากันจากนั้นผสมแป้งกับน้ำในอัตราส่วน 2:1 และนำส่วนผสมไปพรีเจลด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) ด้วยความเร็ว 4 รอบต่อนาที ปรับระยะห่างลูกกลิ้ง 1 มล. แป้งส่วนผสมที่ได้บดละเอียดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 100 เมช (ข้อดีของการพรีเจลแป้งก่อนการผลิตบัวลอยจากการทดลองในเบื้องต้นพบว่าเวลาคืนรูปบัวลอยจะใช้ระยะเวลาลดลงมากกว่าร้อยละ50 และได้บัวลอยที่สุกสม่ำเสมอ) นำส่วนผสมแป้งพรีเจลผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:1 และนวดผสมจนแป้งเป็นเนื้อเนียนและปั้นขึ้นรูปให้มีขนาดเท่าเม็ดบัวและนำบัวลอยที่ได้ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 ชั่วโมง วิเคราะห์ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (aw) ไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า (AOAC,1995) และคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีคำนวณ วัดค่าสี L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta-CR-10)

2.2 การคืนรูปบัวลอย

นำบัวลอยแห้งใส่น้ำในอัตราส่วน 1:2 (บัวลอย 80 กรัมน้ำ 150) ต้มให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกำลังไฟระดับสูงสุดนาน 4 นาทีเมื่อครบเวลาตักแยกบัวลอยใส่ในน้ำ กะทิและน้ำตาลทรายให้ความร้อนต่ออีก 2 นาที นำตัวอย่างบัวลอยที่คืนรูปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 9- point hedonic scale (คะแนน 1= ไม่ชอบมากที่สุดและ คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window 11.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของข้าวและข้าวแดง

จากตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวพันธุ์ กข 31 ก่อนหมักและหลังหมักด้วยเชื้อรา *Monascus purpureus* 3090 นาน 12 วัน พบว่าข้าวแดงมีปริมาณไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้า เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณอะไมโลส และแป้ง (starch) ลดลง เมื่อข้าวผ่านการหมัก เนื่องจากในระหว่างการหมักแป้งจะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลที่เล็กลง เช่น กลูโคส ด้วยเอนไซม์ แอลฟาอะไมเลส เบต้าอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะตัดพันธะ α-1,4 และ α-1,6 กลูโคซิดิกทั้งระหว่างโมเลกุลกลูโคสภายในส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน และที่ปลายตำแหน่งของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ส่งผลให้ทั้งปริมาณแป้งและอะไมโลสลดลง ส่วนในกรณีของปริมาณโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทญาภรณ์ (2546) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนที่เชื้อใช้ไป และระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อรา *Monascus purpureus* FTCMU พบว่าในวันสุดท้ายของการหมักเชื้อรามีการใช้ไนโตรเจนมากกว่าปริมาณไนโตรเจนที่เติมลงไปในตอนแรก เนื่องจากในระหว่างการหมักเชื้อราจะใช้โปรตีนในข้าวไปพร้อมกับการเจริญของมวลชีวภาพ (biomass) จึงทำให้มีปริมาณโปรตีนหรือไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้นคือปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในข้าวรวมกับปริมาณไนโตรเจนของเซลล์เชื้อรา ส่วนในกรณีของปริมาณไขมันที่เพิ่มสูงขึ้น

อาจเป็นไขมันในส่วนของเซลล์ของเชื้อราและในส่วนของข้าว ระหว่างการหมัก เชื้อราสามารถสร้างสารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ได้หลายชนิดจึงส่งผลให้ปริมาณเถ้าเพิ่มมากขึ้น (Su *et al*., 2003; Wang *et al*., 2003) ค่าสี L* a* และ b* ข้าวก่อนหมักมีค่าเท่ากับ 90.95 0.65 และ 5.10 ตามลำดับแต่เมื่อข้าวผ่านการหมักเป็นข้าวแดงค่าสี L* หรือค่าความสว่างลดลง ค่าสี a* และ b* เพิ่มมากขึ้นมีค่าเท่ากับ 39.95 27.30 และ 6.35 ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของข้าวพันธุ์ กข 31 และ ข้าวแดงที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 นาน 12 วัน

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	ข้าวพันธุ์ กข 31	ข้าวแดง
ความชื้น	12.023±0.06	5.772±0.07
ไขมัน	0.572±0.00	7.029±0.49
โปรตีน	12.587±0.13	14.484±0.09
เยื่อใย	0.322±0.01	1.307±0.14
เถ้า	0.395±0.00	1.972±0.08
อะไมโลส	36.280±0.54	19.120±0.48
แป้ง (starch)	84.760±0.10	52.470±0.79
ค่าสี		
L*	90.95±0.01	39.95±0.07
a*	0.65±0.01	27.30±0.10
b*	5.1±0.00	6.35±0.07



ภาพที่ 1 ข้าวแดงที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 นาน 12 วัน แบบเป็นเมล็ด (ก) และบดร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช (ข)

2. คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสของบัวลอยกึ่งสำเร็จรูป

2.1 คุณภาพทางด้านเคมี

เมื่อนำบัวลอยที่ขึ้นรูปผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 ชั่วโมงวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า บัวลอยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.28-12.31 ปริมาณน้ำอิสระ (aw) อยู่ในช่วง 0.56-0.60 ทั้งความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$,ไม่ได้แสดงข้อมูล) ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ลดลง ($p\leq0.05$) เมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดง ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งอาจเป็นผลจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักและข้าวแดงมีความแตกต่างกัน โดยเมื่อนำข้าว

มาหมักเป็นข้าวแดงจะมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเพิ่มมากขึ้นปริมาณแป้งลดลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงจึงส่งผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของบัวลอยกึ่งสำเร็จรูปที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในระดับต่างๆ

ระดับการทดแทนข้าวแดง (ร้อยละ)	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)				
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า^{ns}	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
0	6.64^{d}±0.02	0.47^{c}±0.06	0.11±0.03	0.89^{e}±0.06	78.24^{a}±0.34
2	6.63^{d}±0.01	0.53^{b}±0.02	0.13±0.05	1.04^{d}±0.01	77.79^{a}±0.37
4	6.90^{c}±0.01	0.53^{b}±0.06	0.13±0.05	1.15^{c}±0.01	76.81^{b}±0.22
6	7.02^{b}±0.02	0.57^{a}±0.03	0.16±0.01	1.24^{b}±0.01	76.44^{b}±0.29
8	7.04^{a}±0.01	0.57^{a}±0.11	0.18±0.01	1.33^{a}±0.02	76.28^{b}±0.34

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.1 ค่าสีของผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในระดับต่างๆ

ตารางที่ 3 ค่าสีของผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในระดับต่างๆ

ระดับการทดแทนข้าวแดง (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	86.77 ± 2.30^{a}	1.60 ± 0.32^{a}	10.77 ± 1.10^{a}
2	55.76 ± 2.91^{b}	19.04 ± 0.78^{c}	6.10 ± 0.45^{c}
4	55.64 ± 2.96^{b}	19.77± 0.62^{c}	6.90 ± 0.26^{c}
6	53.23 ± 1.61^{c}	20.56± 0.30^{bc}	8.10 ± 0.23^{bc}
8	50.91 ± 2.84^{c}	22.79± 1.31^{b}	8.89 ± 0.83^{b}

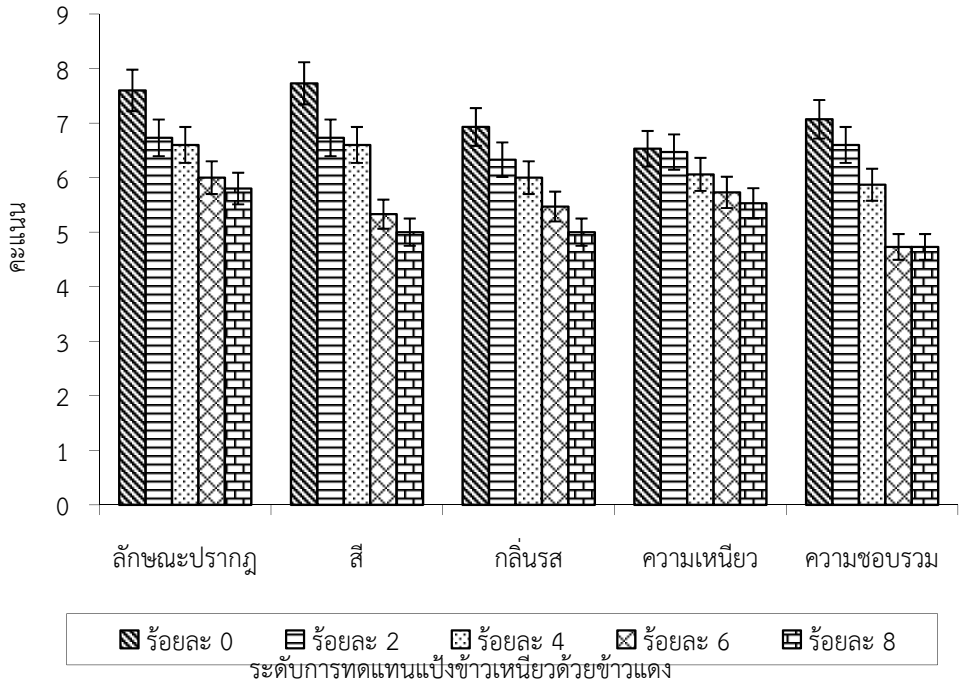
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่าสีของผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปก่อนการคืนรูป พบว่าค่าสี L* หรือค่าความสว่าง มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดง ในขณะที่ค่า a* หรือค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับของการทดแทน ส่วนค่าสี b* ซึ่งแสดงซึ่งแสดงความเป็นสีเหลืองนั้นบัวลอยจากแป้งข้าวเหนียวมีค่าที่ 10.77 แต่เมื่อทดแทนด้วยข้าวแดงค่าสี b* จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* และ b* มีผลโดยตรงมาจากสีของข้าวแดงซึ่งในภาพโดยรวมสีของบัวลอยกึ่งสำเร็จรูปจะมีความเข้มของสีเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดง

2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินความชอบผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในระดับต่างๆ ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับรวม หลังคืนรูปบัวลอยด้วยการต้มในน้ำด้วยไมโครเวฟ 4 นาที และต้มต่อในน้ำกะทิและน้ำตาลอีก 2 นาที พบว่า เมื่อทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 2) แต่บัวลอยจากแป้งข้าวเหนียวล้วนกับบัวลอยที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงที่ร้อยละ 2 คะแนนความชอบในทุกด้านไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทน

เป็นร้อยละ 4 6 และ 8 คะแนนจะลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หากพิจารณาผลคะแนนความชอบที่ละด้าน พบว่า ด้านคุณลักษณะปรากฏเมื่อปริมาณข้าวแดงมากขึ้นบัวลอยจะมีสีแดงเข้มมากเกินลักษณะธรรมชาติจึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงสอดคล้องกับความชอบด้านสี คือเมื่อระดับการทดแทนมากขึ้น คะแนนก็ลดลงเช่นกัน คะแนนความชอบในด้านรสชาติเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก พบว่าเมื่อทดแทนข้าวแดงในปริมาณมากขึ้นเป็นร้อยละ 4 บัวลอยจะมีรสขม และมีความขมมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งเป็นรสที่มาจากข้าวแดงซึ่งพบในข้าวแดงทั่วไป ส่วนคะแนนความชอบด้านความเหนียวลดลงตามลำดับเช่นกัน ซึ่งข้าวแดงเมื่อผ่านการหมักคุณสมบัติของแป้งจะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะเห็นได้จากผลการทดลองที่พบว่า ทั้งปริมาณแป้งและปริมาณอะไมโลสลดลงดังนั้นเมื่อนำข้าวแดงมาทดแทนข้าวเหนียวมากขึ้นจึงส่งผลให้ความเหนียวลดลง ผลคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์บัวลอยลดลง



ภาพที่ 2 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บัวลอยกึ่งสำเร็จรูปที่ทดแทนแป้งข้าเหนียวด้วยข้าวแดงระดับต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

การนำข้าวพันธุ์ กข 31 มาหมักเป็นข้าวแดงด้วยเชื้อราโมแนสคัส TISTR 3090 12 วันส่งผลให้ปริมาณไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า ของข้าวเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณแป้งและปริมาณอะไมโลสลดลง ค่าสี L* ลดลง ค่าสี a*และ b เพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้าวแดงทดแทนแป้งข้าวเหนียวในบัวลอยกึ่งสำเร็จรูปที่ร้อย 0 2 4 6 และ 8 ทำให้ปริมาณ ไขมัน โปรตีน เยื่อใยของบัวลอยกึงสำเร็จรูปเพิ่มมากขึ้น และค่าสี L* ลดลง ค่าสี a* และ b*เพิ่มขึ้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับรวม การทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงที่ร้อยละ 2 มีความเหมาะสมมากสุด โดยเมื่อทดแทนข้าวเหนียวด้วยข้าวแดงในปริมาณมากขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีรสขม

เอกสารอ้างอิง

จุลยุทธ บุญสร้างสม. (2546). **การลดซิตรินินในข้าวแดง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นันทญาภรณ์ ชัยมงคล. (2546). **สภาวะการผลิตรงควัตถุสีแดง และโมนาโคลินเคจากเชื้อรา *Monascus purpureus*.** การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บุษบา ยงสมิทธ์. (2542). จุลชีววิทยาการหมักวิตามิน และสารสี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุภาวดี อินทร์เขียว. (2543). **การใช้สารสีโมแนสคัส (อังคัก) ทดแทนไนไตรในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพมหานคร.

AACC. (1990). **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.** 9th ed. American Association of Cereal Chemists, In., St. Paul, Minnesota.

AOAC. (1995). **Official Methods of Analysis.** 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia.

Chen, S., Bin, L.V., Xuezhu., D.U. and Fusheng C. (2012). **Pigment from red fermented rice as colouring agent for stirred skimmed milk yoghurts**. Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University. China. 287-292.

Herber, D., Yip, I., Ashiey, J.M., Elashoff, D.A., Elashoff, R.M., and Co, V.L.M. (1999). Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietarysupplement**. Anm. J. Chin. Nutr**. **69** : 231-236.

Jeun, J., Heeyong, J., Jong, H.K., Yong, O.K., Sung, H.Y., and Chul, S.S. (2008). Effect of the*monascus* pigment threonine derivative on regulation of the cholesterol level in mice. **J. Food Chem**. **107** : 1078-1085.

Journoud, M., and Peter, J.H.J. (2004). Red yeast rice : a new hypolipidemic drug. **J. Life Sci**. 74 :2675-2683.

Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylase. **Cereal Science Today**. **16** : 334-338, 340, 360.

LI, X. M., Shen, X.H., Duan, Z.W. and Guo, S.R. (2011). Advances on the Pharmacological Effects of Red Yeast Rice. **Chinese J. of Natural Medicines**. **9**(3) : 0161-0166.

Wang, I.K., Shoei, L.S., Ping, C.C., and Jen, K.L. (2000). Hypotrilyceridemic effect of anka (a ferment rice product of *Monascus* sp.) in rats. **J. Agric. Food Chem**. **48** :3183-3189.

Wang, J.J., Lee, C.L., and Pan, T.M. (2003). Improvement of monacolin K, γ-aminobutyric acid,and citrinin production ratio as a function an of environmental condition of *Monascus purpureus* NTU 601. **J. Ind Microbiol. Biotechnol**. **30** : 669-675.

Su, Y.C., Wang, J.J., Lin,T.T., and Pan, T.M. (2003). Production of the secondary metabolites γ-aminobutyric acid and monacolin K by *Monascus*. **J. Ind Microbiol Biotechnol**. **30** : 16-41.

ผู้เขียน

ดร. สุชาดา ไม้สนธิ์ อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220 email: smaisont@hotmail.com

EN1003: การศึกษาองค์ประกอบของจุลธาตุในเขตชุมชนเมืองและเขตห่างไกลความเจริญ
A Study of Composition of Trace Elements in Urban and Remote Areas

วธู ครองสัตย์* รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล และรศ.ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Abstract

This research focused on types and concentrations of atmospheric trace elements in an urban area of Nakhon Ratchasima Provincial Land Transport Office and a remote area of Sakaerat Biosphere Reserves. The study also related the emission sources with the climatological conditions or that may affect to the ecosystem. The samples were collected by a filter pack method for 7 days per month in 6 months period from July to December 2012. The results showed that the average concentrations of iron were found at the highest quantity compared with other trace elements, followed by zinc, lead, manganese, copper, chromium, cadmium, and nickel, respectively. The average concentrations ranged from 4.17 $\mu g/m^3$ (iron) to 0.01 $\mu g/m^3$ (nickel). The average concentrations of all trace elements in the urban area were approximately 1-2 times higher than the remote area. It was also observed that the average concentrations in day time had a higher value trend than at night time. The important emission sources that resulted in increasing the ambient air concentrations of the trace elements come from the industrial activities, the suspended street dusts and soil dispersion associated with the traffic density.

Keyword: trace elements, filter pack method, emission source of trace element

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในบรรยากาศในเขตชุมชนเมืองบริเวณสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย และเขตห่างไกลความเจริญบริเวณป่าชีวมณฑลสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา รวมทั้งศึกษาแหล่งปล่อยที่สัมพันธ์กับสภาวะภูมิอากาศหรือที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ในการศึกษานี้ตัวอย่างอากาศจะถูกเก็บด้วยวิธีฟิลเตอร์แพคเป็นระยะเวลา 6 เดือน เดือนละ 7 วันต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าจุลธาตุในบรรยากาศที่มีค่ามากที่สุดคือ เหล็ก รองลงมา ได้แก่ สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โครเมียม แคดเมียม และนิกเกิล ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 4.17 $\mu g/m^3$ (เหล็ก) ถึง 0.01 $\mu g/m^3$ (นิกเกิล) โดยปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในเขตชุมชนเมืองมีค่ามากกว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยในเขตพื้นที่ห่างไกลความเจริญในทุกชนิดของจุลธาตุที่ทำการตรวจวัด โดยมีค่ามากกว่าประมาณ 1-2 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นในช่วงวันพบว่าในช่วงกลางวันมีแนวโน้มของค่าปริมาณความเข้มข้นค่อนข้างสูงกว่าในช่วงกลางคืน โดยแหล่งปล่อยจุลธาตุที่สำคัญมักมาจากการปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม ฝุ่นดินบนท้องถนน และปริมาณการจราจรที่ส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นดิน เป็นต้น

คำสำคัญ : จุลธาตุ วิธีฟิลเตอร์แพค และแหล่งปล่อยจุลธาตุ

*วธู ครองสัตย์
Tel.: 08-9766-6550 E-mail: boat_td@hotmail.com

บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันโดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองและพื้นที่พัฒนาต่างๆ ที่ความต้องการในการอุปโภค บริโภค และคมนาคมมีมากยิ่งขึ้น เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหามลพิษทาง

อากาศ โดยสารมลพิษเหล่านี้จะระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในเขตชุมชน ทั้งจากยานพาหนะ การก่อสร้าง อาคารบ้านเรือน การก่อสร้างปรับปรุงถนนและผิวจราจรตลอดจนโรงอุตสาหกรรมต่างๆที่ตั้งอยู่โดยรอบ มลพิษทางอากาศเหล่านี้อาจเป็นได้ทั้งมลพิษที่อยู่ในรูปของแก๊ส และมลพิษที่อยู่ในรูปของอนุภาค (Vijayanand et al., 2008) ซึ่งอนุภาคในบรรยากาศนี้จะส่งผลกระทบต่อทัศนวิสัย สุขภาพอนามัยของมนุษย์ พืช การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และสิ่งก่อสร้างต่างๆ โดยมีแหล่งกำเนิดหลักที่สำคัญ คือ แหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟและพายุฝุ่น เป็นต้น และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตพลังงาน การก่อสร้าง การบำบัดขยะชุมชน และการปล่อยจากยานพาหนะ เป็นต้น (Tasdemir et al., 2006)

จุลธาตุ (trace element) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของอนุภาคในบรรยากาศซึ่งบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นพิษ (สารโลหะ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น) สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้ ถ้าสารนั้นมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในระดับที่สูง โดยแหล่งกำเนิดที่สำคัญคือโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมักมีปริมาณความเข้มข้นมากกว่าระดับทั่วไป และการจราจรก็เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญอีกแหล่งในเขตชุมชนเมือง ซึ่งจุลธาตุจะเกิดขึ้นจากส่วนต่างๆของยานยนต์ รวมทั้งไอเสีย ล้อ และเบรค เป็นต้น สภาวะทางภูมิอากาศก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับปริมาณของจุลธาตุในเขตพื้นที่นั้นๆด้วย เช่น ทิศทางลมและความเร็วลม เป็นต้น (Tasdemir et al., 2006) นอกจากนี้จุลธาตุในบรรยากาศเมื่อถูกพัดพาหรือเคลื่อนย้ายเป็นระยะทางหนึ่งก็จะตกสะสมลงมาโดยแรงโน้มถ่วงหรือโดยความชื้นในรูปของฝนและหมอกทั้งพื้นที่ใกล้เคียงและพื้นที่ห่างไกล (García et al., 2010) ความเข้าใจเกี่ยวกับการปล่อยมลพิษจากกิจกรรมต่างๆในเขตชุมชนเมือง รวมถึงการระบุแหล่งที่มาจะเป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยในการออกแบบมาตรการการควบคุมมลพิษทางอากาศ (Shridhar et al., 2010)

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในเขตชุมชนเมือง และพื้นที่ห่างไกลความเจริญในจังหวัดนครราชสีมา รวมทั้งศึกษาแหล่งปล่อยจุลธาตุที่สัมพันธ์กับสภาวะภูมิอากาศ และศึกษาแหล่งปล่อยที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์อันเนื่องมาจากการพัดพามาจากเขตชุมชนเมือง ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงข้อมูลของจุลธาตุในบรรยากาศ แหล่งกำเนิดมลพิษ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและทางด้านสุขภาพเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาวิธีการแก้ไข ป้องกัน และมาตรการที่ต้องนำมาบังคับใช้เพื่อเป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในเขตชุมชนเมืองสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย และพื้นที่ห่างไกลความเจริญบริเวณป่าชีวมณฑลสะแกราช
2. ศึกษาแหล่งปล่อยจุลธาตุที่สัมพันธ์กับสภาวะภูมิอากาศ
3. ศึกษาแหล่งปล่อยจุลธาตุที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์บริเวณป่าชีวมณฑลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สถานที่เก็บตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ทำการเก็บตัวอย่าง 2 แห่ง (ภาพที่ 1) ได้แก่ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นตัวแทนในเขตชุมชนเมือง โดยทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศบนดาดฟ้าอาคารสูง 2 ชั้น ความสูงจากพื้นดินประมาณ 6 เมตร และสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช มีลักษณะเป็นป่าชีวมณฑล ซึ่งเป็นตัวแทนในเขตห่างไกลความเจริญ โดยทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศที่หอคอยที่ความสูงประมาณ 34 เมตรจากระดับพื้นดิน



ภาพที่ 1 แผนที่จังหวัดนครราชสีมาพร้อมทั้งแสดงสถานที่เก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้การเก็บตัวอย่างจุลธาตุในบรรยากาศเป็นการเก็บแบบการตกสะสมแห้ง (Dry deposition) โดยใช้ฟิลเตอร์แพคแบบชั้นเดียวเก็บตัวอย่างละอองลอย และอนุภาคต่างๆในบรรยากาศ กระดาษกรองที่ใช้เป็นชนิดควอทซ์ (Quartz fiber filter) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร เกรด QMA ยี่ห้อวอทแมน (Whatman) ซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่างจะเริ่มด้วยการเตรียมกระดาษกรองใส่ในชุดฟิลเตอร์แพคแล้วต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยปั๊มดูดอากาศและก๊าซมิเตอร์เพื่อวัดปริมาตรรวมของอากาศที่ไหลผ่านฟิลเตอร์แพคและนำไปคำนวณปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในบรรยากาศ โดยการเก็บตัวอย่างจะเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 6 เดือน เดือนละ 7 วันต่อเนื่อง แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงกลางวันเวลา 6.00 – 18.00 นและช่วง .กลางคืนเวลา 18.00 – 6.00 นโด .ยกำหนดให้อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 10 ลิตรต่อนาที ในการเก็บตัวอย่างทุกครั้งต้องบันทึกข้อมูลอัตราการไหลของอากาศ เลขมิเตอร์วัดอัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิ วันที่ และเวลาที่เก็บตัวอย่างอย่างละเอียดทุกครั้ง เมื่อบันทึกข้อมูลเสร็จให้ถอดฟิลเตอร์แพคออกจากชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ปิดจุกพาราฟิล์มหรือกระดาษกาวและใส่ในถุงซิปเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของตัวอย่างก่อนนำตัวอย่างกลับมาวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ตัวอย่างจะทำโดยวิธีการสกัดด้วยกรดร้อน ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้สารโลหะหลุดออกจากกระดาษกรองควอทซ์ โดยใช้สารละลายกรด 5.55% กรดไนตริก / 16.75% กรดไฮโดรคลอริก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ แล้วนำไปตั้งบนเตาให้ความร้อน เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วกรองสารสกัดที่ได้โดยใช้กรวยกรองบุคเนอร์และปั๊มดูดอากาศ ถ่ายสารสกัดที่ได้ในบีกเกอร์ไปยังขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรจนถึงขีดปรับปริมาตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี โดยธาตุที่วิเคราะห์ได้แก่ Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb และ Zn

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลเชิงอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลเชิงอุตุนิยมวิทยาที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังศึกษาทิศทางลมและความเร็วลมที่สัมพันธ์กับแหล่งปล่อยด้วย จากตารางที่ 1 พบว่าที่ป่าชีวมลฑลสะแกราช มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 26.0 ℃ ในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดเท่ากับ 21.5 ℃ ในเดือนธันวาคม มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 89% และปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุด 54.0 มิลลิเมตรในเดือนกันยายน ส่วนบริเวณเขตชุมชนเมืองอำเภอโชคชัย มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 28.3 ℃ ในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดเท่ากับ 26.6 ℃ ในเดือนธันวาคม มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 83% ในเดือนกันยายน และปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุด 89.8 มิลลิเมตรในเดือนพฤศจิกายน ถึงแม้ว่าในเดือนพฤศจิกายนจะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมสูงสุดแต่เมื่อพิจารณาจำนวนความถี่ของวันที่มีฝนตกพบว่าในเดือนพฤศจิกายนนั้นมีความถี่ต่ำกว่าในช่วงฤดูฝนอย่างเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายนที่มีจำนวนวันที่มีฝนตกมากกว่า ซึ่งจะส่งผลต่อการสะสมตัวของอนุภาคในบรรยากาศ และนั่นก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้น

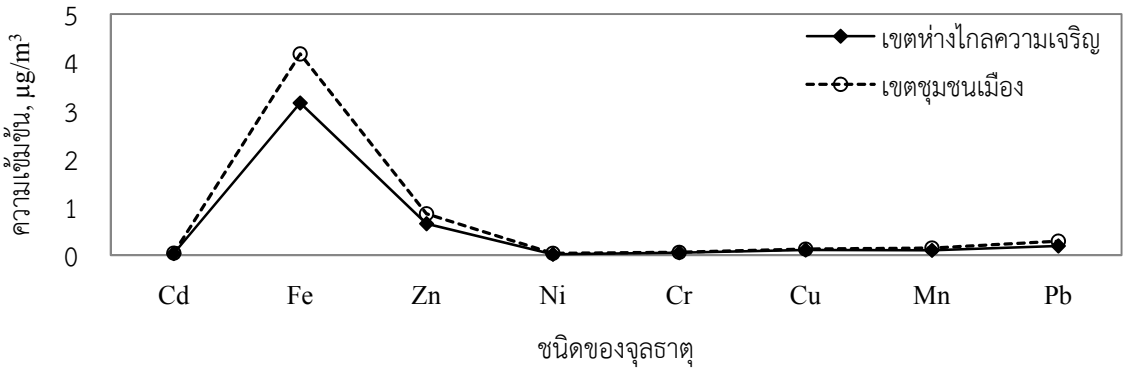
ตารางที่ 1 ข้อมูลเชิงอุตุนิยมวิทยา

เดือน*	สะแกราช			โชคชัย		
	อุณหภูมิ (℃)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณน้ำฝน (mm.)	อุณหภูมิ (℃)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณน้ำฝน (mm.)
กรกฎาคม	26.0	78	1.6	28.3	67	67.4
สิงหาคม	25.1	80	2.6	28.3	67	82.8
กันยายน	24.8	89	54.0	27.8	83	22.6
ตุลาคม	24.2	77	17.4	27.2	76	25.2
พฤศจิกายน	22.3	78	13.2	26.7	70	89.8
ธันวาคม	21.5	76	0.0	26.6	66	0.0

*ข้อมูลปีพ.ศ.2555

ผลวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในเขตชุมชนเมืองและเขตห่างไกลความเจริญ

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของจุลธาตุจากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในเขตชุมชนเมืองบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย มีค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนสูงกว่าในเขตพื้นที่ห่างไกลความเจริญบริเวณเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชในทุกๆชนิดของจุลธาตุที่ทำการตรวจวัด โดยมีค่าสูงกว่าประมาณ 1-2 เท่า โดยจุลธาตุที่มีค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เหล็ก รองลงมาคือ สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โครเมียม แคดเมียม และนิกเกิล ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 6 เดือนในเขตชุมชนเมืองมีค่าเหล็ก 4.17 $\mu g/m^3$ สังกะสี 0.48 $\mu g/m^3$ ตะกั่ว 0.27 $\mu g/m^3$ แมงกานีส 0.21 $\mu g/m^3$ ทองแดง 0.06 $\mu g/m^3$ โครเมียม 0.041 $\mu g/m^3$ แคดเมียม 0.039 $\mu g/m^3$ และนิกเกิล 0.021 $\mu g/m^3$ ส่วนในเขตห่างไกลความเจริญมีค่าเหล็ก 3.16 $\mu g/m^3$ สังกะสี 0.39 $\mu g/m^3$ ม. ตะกั่ว 0.18 $\mu g/m^3$ แมงกานีส 0.14 $\mu g/m^3$ ทองแดง 0.042 $\mu g/m^3$ โครเมียม 0.033 $\mu g/m^3$ แคดเมียม 0.027 $\mu g/m^3$ และนิกเกิล 0.011 $\mu g/m^3$

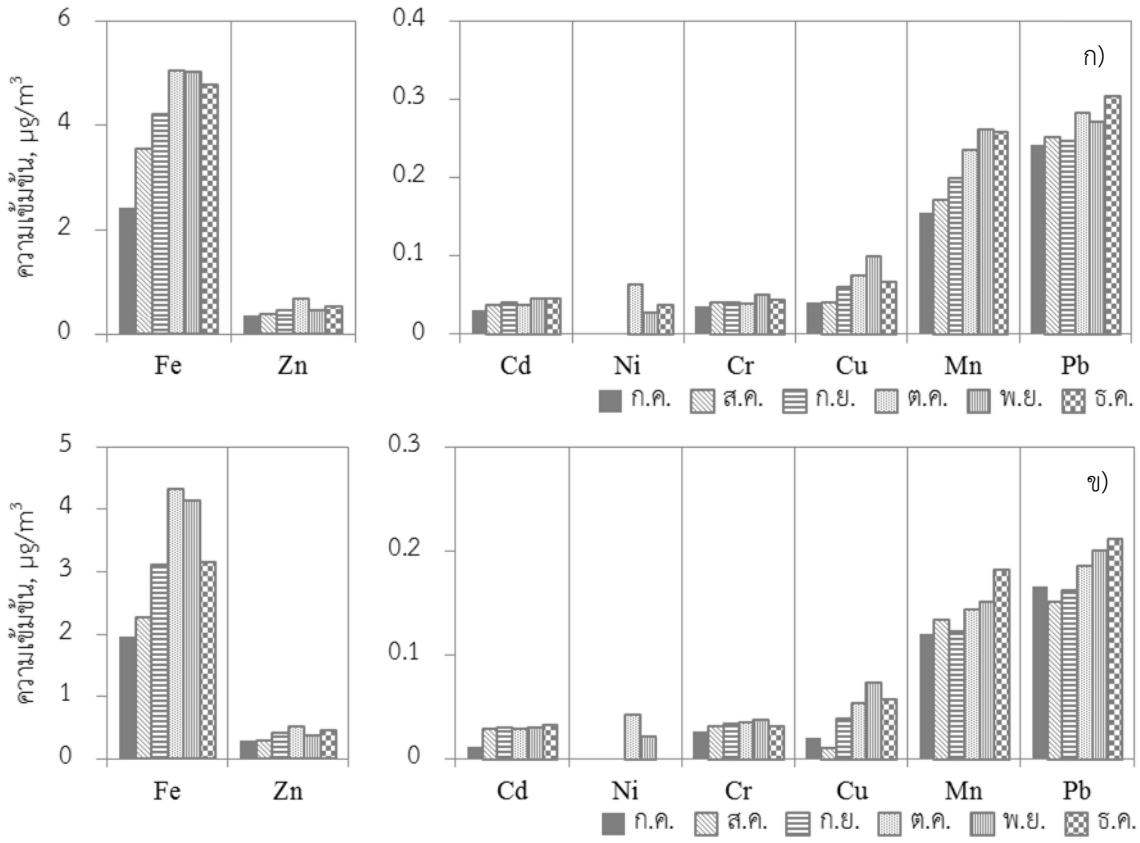


ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของจุลธาตุ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ระหว่างในเขตชุมชนเมืองอำเภอโชคชัย และในเขตห่างไกลความเจริญบริเวณป่าชีวมณฑลสะแกราช

เมื่อพิจารณาแหล่งปล่อยมลพิษและสภาวะทางภูมิอากาศพบว่าทิศทางลมในเขตอำเภอเมืองโชคชัยส่วนใหญ่มีลักษณะการพัดพาจากทิศเหนือสู่ทิศใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเขตอุตสาหกรรมตั้งอยู่ ห่างออกไปจากเขตอำเภอโชคชัยประมาณ 50 เมตร โดยอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการผลิตอุปกรณ์อิเล็คโทรนิกและชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นแหล่งกำเนิดของจุลธาตุประเภทต่างๆทั้งตะกั่ว เหล็ก ทองแดง เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดการพัดพาของมลพิษส่งผลให้ในเขตอำเภอเมืองโชคชัยมีค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของจุลธาตุสูงกว่าในเขตห่างไกลบริเวณป่าชีวมลฑลสะแกราช และนอกจากนี้ปริมาณการจราจรยังทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินโดยรอบซึ่งอาจส่งผลต่อค่าปริมาณความเข้มข้นด้วยเช่นกัน และในส่วนของพื้นที่ห่างไกลความเจริญในพื้นที่ป่าชีวมณฑลที่ยังคงตรวจพบปริมาณจุลธาตุแต่ในปริมาณที่ต่ำกว่าในเขตชุมชนเมืองอาจมีผลมาจากการพัดพาด้วยกระแสลมจากแหล่งกำเนิดในเมือง ผลการศึกษาจะช่วยบ่งชี้ถึงแนวโน้มของผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาในพื้นที่ป่าในระยะยาวได้

ผลของความแปรปรวนในช่วงเดือนที่ส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้น

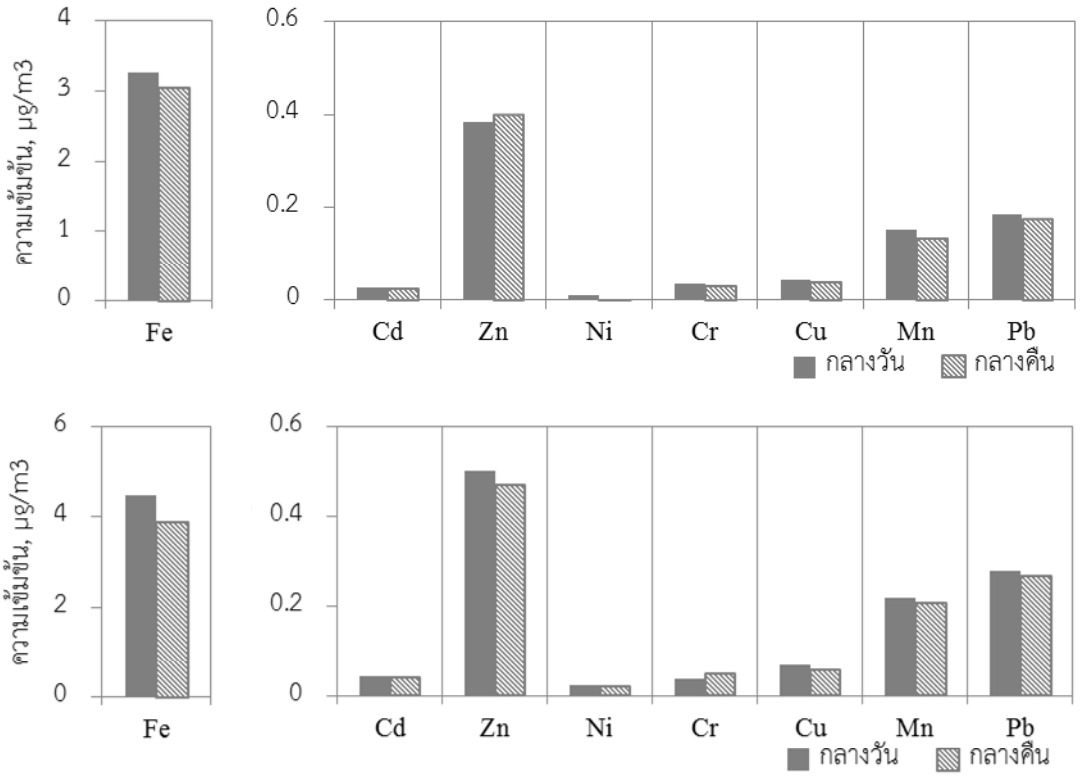
ความเข้มข้นเฉลี่ยของจุลธาตุในแต่ละเดือนตลอดช่วงระยะเวลา 6 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ .ศ.2555 แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในภาพที่ 3 ก) แล้วพบว่าในช่วงเดือนตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคมมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าในช่วงเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน โดยธาตุ Fe, Zn และ Ni มีค่าสูงที่สุดในเดือนตุลาคม ธาตุ Cr, Cu และ Mn มีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน และธาตุ Cd และ Pb มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม ส่วนภาพที่ 3 ข) แสดงผลความเข้มข้นของจุลธาตุในบริเวณเขตห่างไกลความเจริญในพื้นที่ป่าสะแกราช ซึ่งพบว่าในช่วงเดือนตุลาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าในช่วงเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน เช่นเดียวกันกับในเขตชุมชนเมือง โดยธาตุ Fe, Zn และ Ni มีค่าสูงที่สุดในเดือนตุลาคม ธาตุ Cr และ Cu มีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน และธาตุ Cd, Mn และ Pb มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับสภาวะภูมิอากาศพบว่าในช่วงเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน เป็นช่วงเดือนที่อยู่ในฤดูฝนมีฝนตกประปรายตลอดทั้งเดือนซึ่งอาจจะส่งผลต่อค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยที่ลดลง เนื่องจากน้ำฝนจะเป็นตัวชะล้างอนุภาคในบรรยากาศ (Yunchao et al., 2007) ทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในบรรกาศลดลงและเป็นการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณความเข้มข้นที่ลดลง



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของจุลธาตุในช่วงระยะเวลา 6 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2555 ก) บริเวณเขตอำเภอเมืองโชคชัย ข) บริเวณเขตห่างไกลความเจริญสะแกราช

ผลของความแปรปรวนในช่วงวันที่ส่งผลกระทบปริมาณความเข้มข้น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของจุลธาตุในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืนดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่าค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของจุลธาตุในช่วงเวลากลางวันส่วนมากมีค่าสูงกว่าในช่วงเวลากลางคืน ยกเว้น Zn ในเขตอำเภอเมืองโชคชัย (ภาพที่ 4 ก)) และ Cr ในบริเวณเขตห่างไกลความเจริญในพื้นที่ป่าสะแกราช (ภาพที่ 4 ข)) ซึ่งมีค่าปริมาณความเข้มข้นในช่วงกลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน สาเหตุที่อาจส่งผลให้ช่วงเวลากลางวันสูงกว่ากลางคืนเนื่องจากในช่วงเวลากลางวันมนุษย์มีการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การคมนาคม การขนส่ง กระบวนการผลิตและการอุตสาหกรรม เป็นต้น มากกว่าในเวลากลางคืน ซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดและการพัดพาของจุลธาตุทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงขึ้นนั่นเอง ส่วนธาตุ Zn และ Cr ซึ่งมีค่าในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวันอาจมีสาเหตุจากปริมาณการเกิดและการพัดพาที่ลดลงจากการผลิตหรือการจราจร เป็นต้น



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของจุลธาตุในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน ก) บริเวณเขตอำเภอเมืองโชคชัย ข) บริเวณเขตห่างไกลความเจริญในพื้นที่ป่าสะแกราช

ผลการศึกษาแหล่งกำเนิดและแหล่งปล่อยจุลธาตุ

แหล่งกำเนิดหลักที่สำคัญของจุลธาตุเกิดได้จาก 2 แหล่งสำคัญ ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟ พายุฝุ่น และฝุ่นดิน เป็นต้น และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตพลังงาน การก่อสร้าง การบำบัดขยะชุมชน และการปล่อยจากยานพาหนะ เป็นต้น ดังนั้นจากการศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิด Fe และ Mn มักเกี่ยวข้องกับกับการจราจร การคมนาคมขนส่ง และการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินเป็นหลัก (Maria et al., 2008; Kwangsam and David, 2009) Ni Cr และ Cu มีแหล่งปล่อยจากกิจกรรมทางอุตสาหกรรมเป็นหลัก โดยอุตสาหกรรมที่ส่งผล ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตเหล็ก อุตสาหกรรมอิเล็คโทรนิค อุตสาหกรรมผลิตและประกอบเครื่องจักร เป็นต้น (Maria et al., 2008) นอกจากกนี้ Cu เป็นส่วนประกอบหนึ่งของผ้าเบรก และถูกปล่อยออกมาจากยานพาหนะ (Kwangsam and David, 2009; Tasdemir et al., 2006) ส่วน Pb Zn และ Cd จะเกี่ยวกับการปล่อยจากยานพาหนะและอุตสาหกรรม (Yucel et al.,2006) โดย Zn ใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันรถยนต์ (Kwangsam and David, 2009)

สรุปผลการทดลอง

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของจุลธาตุในเขตชุมชนเมืองมีค่าสูงกว่าในเขตห่างไกลความเจริญในทุกๆชนิดของจุลธาตุที่ทำการตรวจวัด โดยมีค่ามากกว่าประมาณ 1-2 เท่า ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุที่ตรวจพบมากที่สุดคือ เหล็ก รองลงมาคือ สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โครเมียม แคดเมียม และนิกเกิล ตามลำดับ เนื่องจากในเขตชุมชนเมืองอยู่ใกล้กับเขตอุสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของจุลธาตุทำให้เกิดการพัดพาหรือแพร่กระจายออกไปโดยลมซึ่งมีทิศทางที่สอดคล้องกัน นอกจากนี้การจราจร การคมนาคมขนส่ง กิจกรรมของมนุษย์ และปริมาณน้ำฝนก็ส่งผลต่อค่าปริมาณความเข้มข้นเช่นกัน โดยเห็นได้จากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายนค่าปริมาณความเข้มข้นมีค่าน้อยเมื่อ

เปรียบเทียบกับช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคมเนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน และในช่วงกลางวันมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าในช่วงกลางคืนซึ่งแสดงในเห็นถึงผลของกิจกกรมของมนุษย์ที่มีมากกว่า อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นจุลธาตุนั้นจะมีอันตรายมากเมื่อได้รับในปริมาณที่สูงหรือสะสมเป็นระยะเวลานานและในประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานที่รองรับ ดังนั้นผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการศึกษาหาวิธีการแก้ไข ป้องกัน และมาตรการที่ต้องนำมาบังคับใช้เพื่อเป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

หากต้องการศึกษาเพิ่มเติมควรศึกษาจุลธาตุชนิดอื่นๆเพิ่มเนื่องจากจุลธาตุที่ก่อให้เกิดอันตรายยังมีอีกหลากหลายชนิดนอกเหนือจากในงานวิจัยนี้ และหากต้องการศึกษาอย่างละเอียดควรมีการเก็บตัวอย่างในแต่ละเดือนเพิ่มเติมให้มากขึ้นและเก็บตัวอย่างให้ครบปีเพื่อศึกษาถึงผลของฤดูกาล

เอกสารอ้างอิง

Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air. (1999). Cincinnati: Center for Environmental Research and Development U.S. Environmental Protection Agency.

García, R., Belmont, R., Pasilla, H., Torres, Ma. Del C. & Baez, A.P. (2009). Determination of inorganic ions and trace elements in total suspended particles at three urban zones in the Mexico City Metropolitan Area and one rural site. *Atmospheric Research*, 94, 313-319.

Kwangsam, N. & David R. C. (2009). Characterization and source identification of trace elements in PM2.5from Mira Loma, Southern California. *Atmospheric Research*, 93, 793-800.

Lopez, C. J., Vera, C. A. & Chaar, H. M. (2008). Metallic species in atmospheric particulate matter in Las Palmas de Gran Canaria. *Journal of Hazardous Materials*, 160, 521-528.

Maria, R., Rosa, C., Maria, M., Serena, S., & Serena, T. (2008). Trace elements in daily collected aerosol: Level characterization and source identification in a four-year study. *Atmospheric Research*, 89, 206-217.

Shridhar, V., Khillare, P.S., Agarwal T. & Ray S. (2010). Metallic species in ambient particulate matter at rural and urban location of Delhi. *Journal of Hazardous Materials*, 175, 600-607.

Tasdemir, Y., Kural, C., Cindoruk, S.S. & Vardar, N. (2006). Assessment of trace element concentrations and their estimated dry deposition fluxes in an urban atmosphere. *Atmospheric Research*, 81, 17-35.

Vijayanand, C., Rajaguru, P., Kalaiselvi, K., Panneer Selvam, K. & Palanivel, M. (2008). Assessment of heavy metal contents in the ambient air of the Coimbatore city, Tamilnadu, India. *Journal of Hazardous Materials*, 160, 548-533.

Yucel, T., Can, K., Siddik, S. C. & Nedim, V. (2006). Assessment of trace element concentrations and their estimated dry deposition fluxes in an urban atmosphere. *Atmospheric Research*, 81, 17-35.

Yunchao, H., Zhigang, G., Zuosheng, Y., Ming, F. & Jialiang, F. (2007). Seasonal variations and sources of various elements in the atmospheric aerosols in Qingdao, China. *Atmospheric Research*, 85, 27-37.

ผู้เขียน

นางสาววธู ครองสัตย์ นักศึกษาปริญญาโท สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140 boat_td@hotmail.com

รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประจำสายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

รศ.ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ประจำสายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

EN1004: การศึกษาการตกสะสมแห้งของไนโตรเจนเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
Dry Deposition of Nitrogen Over Sakaerat Biosphere Forest

ธีรนาถ พรหมสุวรรณ* รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล และรศ.ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Abstract

Current knowledge about atmospheric nitrogen dry deposition in Thailand is limited, especially over the biosphere forests. In this study, the atmospheric concentrations of nitrogen species (NH^+_4, NO^-_3, NH_3 and HNO_3) were quantified using four stage filter packs to collect air samples from July to December 2012 at Sakaerat environmental research station, Nakonrachasima, in the northeast of Thailand. The average concentrations of NH^+_4, NO^-_3, NH_3 and HNO_3 were observed to be 0.12, 0.16, 0.08 and 0.13 $\mu g/m^3$, respectively. The nitrogen dry deposition flux of NH^+_4, NO^-_3, NH_3 and HNO_3 were evaluated to be 0.012, 0.019, 0.009 and 0.014 $\mu g/m^2 \cdot s$, respectively. It was found that the concentrations of nitrogen species occurred during the daytime were higher than the nighttime, due to many factors such as agricultural and transportation activities as well as the meteorological conditions.

Keyword: Nitrogen, dry deposition, biosphere forest

บทคัดย่อ

การศึกษาการตกสะสมแห้งของไนโตรเจนในบรรยากาศเหนือพื้นที่ป่าในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการตกสะสมของไนโตรเจนซึ่งเป็นต้นกำเนิดของสารกรดในชั้นบรรยากาศทั้งหมดสี่ชนิด ทั้งในรูปของอนุภาคคือ แอมโมเนียม (NH^+_4) และไนเตรท (NO^-_3) และในรูปของก๊าซคือ แอมโมเนีย (NH_3) และไนตริกเอซิด (HNO_3) ตัวอย่างอากาศถูกเก็บด้วยอุปกรณ์ Filter packs ต่อเนื่อง 7 วันต่อเดือน โดยเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2555 เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนแต่ละชนิดในบรรยากาศโดยพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 มีค่าเท่ากับ 0.12, 0.16, 0.08 และ 0.13 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ค่าฟลักซ์การตกสะสมของไนโตรเจนแต่ละชนิดเหนือพื้นที่ป่าของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.012, 0.019, 0.009 และ 0.014 $\mu g/m^2 \cdot s$ ตามลำดับ ทั้งนี้ความเข้มข้นของไนโตรเจนทุกชนิดมีค่าความเข้มข้นในช่วงเวลากลางวันสูงกว่าช่วงเวลากลางคืนเนื่องมาจากปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่นกิจกรรมทางการเกษตร การจราจร และ สภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: ไนโตรเจน การตกสะสมแห้ง ความเข้มข้น ป่าชีวมณฑลสะแกราช

* ธีรนาถ พรหมสุวรรณ Tel.: 089777-3400 E-mail: teeranard_07@hotmail.com
*กิตติกรรมประกาศ: ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ประจำสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เป็นไปอย่างราบรื่น

บทนำ

ปัจจุบันประชากรโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดกิจกรรมทางการเกษตร ปศุสัตว์ การขนส่งและอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพียงพอกับความต้องการของมนุษย์ โดยกิจกรรมต่างๆเหล่านี้ล้วนเป็นแหล่งปล่อยมลพิษไนโตรเจนออกสู่ชั้นบรรยากาศทั้งในรูปแบบของก๊าซและอนุภาค (Allen et al., 2011) โดยสารนี้

สามารถตกลงสู่พื้นโลกได้ทั้งในรูปแบบของการตกสะสมเปียก คือการที่สารมลพิษในชั้นบรรยากาศตกลงสู่พื้นโลกพร้อมกับน้ำฝน และการตกสะสมแห้ง คือการที่สารมลพิษในชั้นบรรยากาศตกลงมาบนพื้นโลกในภาวะที่ไม่มีน้ำฝน (นิศาชล, 2549) หากมีการสะสมของมลพิษนี้เป็นระยะเวลานานและมีปริมาณความเข้มข้นมาก จะส่งผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อระบบนิเวศ ไม่ว่าจะเป็นการเกิดฝนกรด ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Shen et al., 2009) และทำให้เกิดหมอกซึ่งบดบังการมองเห็น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยมลพิษเหล่านี้จะก่อให้เกิดโรคต่อระบบทางเดินหายใจ ดังนั้นการศึกษาปริมาณความเข้มข้น แหล่งปล่อย และ ผลกระทบของไนโตรเจนต่อสิ่งมีชีวิตจึงมีความสำคัญ เพื่อนำไปสู่การป้องกันและแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆพบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนแต่ละชนิดในชั้นบรรยากาศจะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแหล่งปล่อยของแต่ละสถานที่ ช่วงเวลา สภาพภูมิอากาศ และความหนาแน่นของแหล่งปล่อย (Andersen and Hovmand, 1999) โดยอัตราการตกสะสมของสารจะขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ คุณสมบัติของสาร และลักษณะของพื้นที่รองรับสาร (Allen et al., 2011) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศ กิจกรรมของมนุษย์ และแหล่งปล่อยที่มีผลต่อการตกสะสมของไนโตรเจนเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช (UNESCO Biosphere Reserves) จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่อนุรักษ์สังคมพืชและสัตว์ในสภาวะของระบบนิเวศที่เป็นธรรมชาติ เพื่อรักษาไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

วัตถุประสงค์

1. ประเมินปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในบรรยากาศเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
2. คำนวณอัตราการตกสะสมของไนโตรเจนรวมเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
3. ศึกษาแหล่งปล่อยที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สถานที่ทำการเก็บตัวอย่างคือสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จ.นครราชสีมา (ภาพที่ 1) มีเนื้อที่ประมาณ 80 ตารางกิโลเมตร (50,000 ไร่) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาที่มีความสูงระหว่าง 720-770 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง สภาพป่าจะประกอบไปด้วย ป่าดิบ ป่าเต็งรัง ป่าไผ่ และป่าปลูก มีสัตว์ป่าประมาณ 380 ชนิด นอกเขตสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชมีลักษณะการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันออกไป ประกอบด้วยพื้นที่ป่าไม้ซึ่งมีทั้งป่าธรรมชาติและป่าปลูกส่วนใหญ่อยู่บริเวณภูเขาทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ของสถานีวิจัย ส่วนทางด้านใต้ซึ่งอยู่ในแอ่งวังน้ำเขียวเป็นพื้นที่เกษตรกรรมหลากหลายชนิดเช่น ข้าวโพด และ มันสำปะหลัง นอกจากนี้มีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเช่น องุ่น ลำไย ลิ้นจี่ อีกด้วย

ตัวอย่างอากาศถูกเก็บในช่วงเดือนกรกฎาคมถึง เดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2555 เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน แต่ละเดือนทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 7 วัน โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลาคือเวลากลางวัน 6 โมงเช้า ถึง 6 โมงเย็น และเวลากลางคืน 6 โมงเย็นถึง 6 โมงเช้าของวันถัดไป แต่ละวันทำการวัดค่าทางอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน

ตัวอย่างอากาศถูกเก็บโดยอุปกรณ์ Filter Packs ซึ่งมีทั้งหมดสามชั้น แต่ละชั้นประกอบด้วยกระดาษกรองหนึ่งชนิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 mm โดยชั้นที่หนึ่งใช้กระดาษกรองเทฟลอนเพื่อเก็บอนุภาค NH^{+}_{4} และ NO^{-}_{3} ชั้นที่สอง ใช้กระดาษกรองไนลอนเพื่อเก็บก๊าซ HNO_3 และชั้นที่สามใช้กระดาษกรองเซลลูโลสชุบกรดฟอสโฟลิค เพื่อเก็บก๊าซ NH_3 อุปกรณ์ Filter Packs ที่เตรียมไว้แล้วจะถูกนำไปติดตั้ง ณ หอเก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับความสูงสองระดับคือ 24 เมตร และ 36 เมตร โดยใช้ปั๊มดูดอากาศ ดูดอากาศผ่านอุปกรณ์ Filter Packs ด้วยอัตราการไหลคงที่ 10 L/min ตลอด 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 1 ที่ตั้งสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จ.นครราชสีมา

ตัวอย่างที่เก็บบนกระดาษกรองแต่ละช่วงเวลาจะ นำไปใส่ไว้ในหลอดพลาสติก และแช่เย็นเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณอิออนชนิดต่างๆได้แก่ NH_4^+, NH_3, HNO_3 และ NO_3^- โดยการนำกระดาษกรองซึ่งมีตัวอย่างสารที่ต้องการวิเคราะห์มาทำการสกัดด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 20 mL แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องโซนิเคเตอร์นาน 20 นาที แล้วนำไปกรองด้วยไซริงค์ฟิวเตอร์ สารละลายที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนชนิดต่างๆด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณอิออน (Ion chromatograph: IC) จากนั้นทำการคำนวณความเข้มข้นของอิออนในอนุภาคและก๊าซชนิดต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดปริมาณฟลักซ์การตกสะสมของไนโตรเจนแต่ละชนิดด้วยวิธี Aerodynamic gradient ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารมลพิษด้วยวิธีการหาความแตกต่างของความเข้มข้นของสารมลพิษที่ระดับความสูงสองระดับ ดังสูตรต่อไปนี้ (Khoomsab and Khummongkol, 2010)

$$F = u_* c_*$$

เมื่อ ; F คือ ฟลักซ์การตกสะสมของสาร

u_* คือ ความเร็วแรงเสียดทาน

c_* คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษ

ซึ่ง

$$c_* = \frac{k\,(c_2-c_1)}{\ln((z_2-d)/(z_1-d)) - [\psi_2(\zeta) - \psi_1(\zeta)}$$

และ ; k คือ Karman constant

$C_2 - C_1$ คือ ผลต่างความเข้มข้นของมลพิษที่ความสูง z_2 และ z_1

ψ คือ ค่าเสถียรภาพทางความร้อน

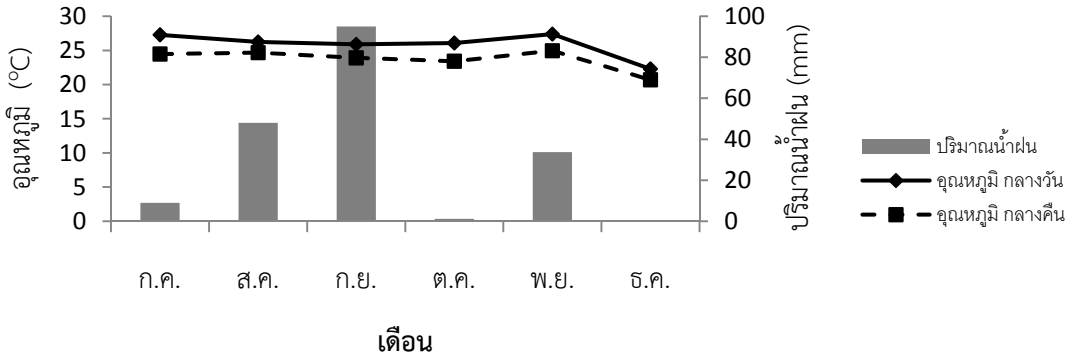
ความเร็วในการตกสะสมแห้งของสารมลพิษ (V_d) สามารถประเมินได้จากอัตราส่วนของฟลักซ์การตกสะสมของสารมลพิษนั้น (F) ต่อความเข้มข้นของสารมลพิษนั้นที่ความสูงอ้างอิง (C) $V_d = F/C$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

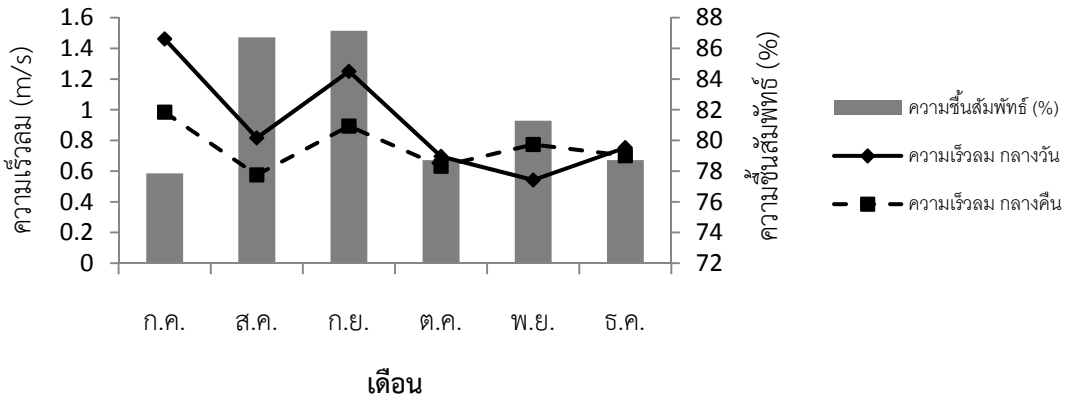
1. ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดเท่ากับ 27.38°C ในเดือนพฤศจิกายน และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 20.07°C ในเดือนธันวาคม โดยอุณหภูมิมีผลต่อการสะสมของมลพิษในอากาศ กล่าวคืออุณหภูมิที่ต่ำลงทำให้อากาศมีความหนาแน่นมาก เกิดความกดอากาศสูง ทำให้อากาศไม่ลอยตัวและกระจายไปยังบริเวณอื่น ส่งผลให้เกิดการะสมของมลพิษอยู่ในบริเวณนั้นมากกว่าช่วงที่อุณหภูมิสูงซึ่งอากาศจะมีความหนาแน่นน้อย เกิดความกดอากาศต่ำ ทำให้อากาศลอยตัวและนำพามลพิษกระจายตัวไปยังบริเวณอื่นได้ ส่วนปริมาณน้ำฝนมีปริมาณตกสะสมสูงสุดในเดือนกันยายนเท่ากับ 95 mm และไม่มีปริมาณน้ำฝนเลยในเดือนธันวาคม (ภาพที่ 2) เมื่อพิจารณาการตกสะสมแห้ง ปริมาณน้ำฝนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษ กล่าวคือหากมีปริมาณน้ำฝนมาก ปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษในชั้นบรรยากาศที่วัดได้จากการตกสะสมแบบแห้งจะมีน้อย เนื่องจากสารมลพิษในชั้นบรรยากาศตกลงมากับน้ำฝนในรูปแบบเปียกมากกว่า

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 87.14% ในเดือนกันยายนเนื่องจากมีฝนตกมาก และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 77.71% ในเดือนธันวาคมเนื่องจากไม่มีฝนและอุณหภูมิต่ำลง ส่วนความเร็วลมพบว่ามีค่าแปรปรวนในแต่ละเดือน (ภาพที่ 3) โดยความเร็วลม แปรผันโดยตรงกับค่าความเร็วแรงเสียดทาน (Friction velocity) ซึ่งบอกถึงความปั่นป่วนของกระแสลม หากมีความเร็วลมสูงค่าความเร็วแรงเสียดทานก็จะสูงตาม ทำให้สารมลพิษมีโอกาสตกสะสมลงสู่พื้นโลกมากขึ้น ทั้งนี้ความเร็วแรงเสียดทานยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความขรุขระของพื้นผิวโลก ความร้อนที่ผิวดิน และลักษณะภูมิประเทศ



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน และปริมาณน้ำฝนในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมปีพศ. 2555

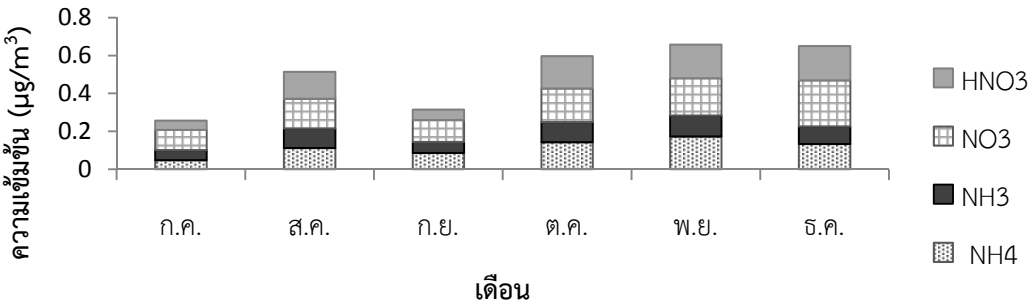


ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความเร็วลมในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน และค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมปีพ.ศ. 2555

2. ปริมาณความเข้มข้นของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 ในชั้นบรรยากาศ

จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของ NH^+_4 และ NO^-_3 มีปริมาณเท่ากับ 0.12 และ 0.16 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ NH^+_4 มีค่าสูงที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน คือ 0.14 และ 0.17 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ (ภาพที่ 4) เนื่องมาจากเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงมากกว่าเดือนอื่นๆ ส่งผลให้ไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเพื่อการเกษตร ในพื้นที่การเกษตรบริเวณรอบๆสถานีวิจัยมีโอกาสระเหยออกมาได้มากกว่าเดือนอื่นๆ ส่วนความเข้มข้นรายเดือนของ NO^-_3 มีปริมาณความเข้มข้นสูงในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายนเช่นเดียวกันกับ NH^+_4 คือมีปริมาณเท่ากับ 0.17 และ 0.19 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับกับ NH^+_4 แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในเดือนธันวาคมมีปริมาณความเข้มข้นของ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 0.24 $\mu g/m^3$ (ภาพที่ 4) เนื่องมาจากเป็นช่วงที่มีอากาศหนาว จึงมีการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลและเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อให้ความอบอุ่น นอกจากนี้การเผาไร่ นาเป็นจำนวนมากก็ส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ NO^-_3 เช่นกัน เนื่องจากไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่เกิดจากการเผาไหม้จะไปรวมตัวกับโอโซนในชั้นบรรยากาศและถูกออกซิไดซ์กลายเป็น NO^-_3 ได้

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของ NH_3 และ HNO_3 มีปริมาณเท่ากับ 0.08 และ 0.13 $\mu g/m^3$ ตามลำดับโดยพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ NH_3 มีค่าสูงที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน คือ 0.11 และ 0.1 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบหกเดือน เป็นช่วงที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกจึงมีการใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้แอมโมเนียจากปุ๋ยระเหยออกสู่ชั้นบรรยากาศได้มาก นอกจากการเกษตรจะเป็นแหล่งปล่อย NH_3 ที่สำคัญแล้ว การทำปศุสัตว์ การฝังกลบขยะ และการย่อยสลายของเน่าเสียจากบ้านเรือน การเพาะปลูก และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ยังเป็นแหล่งปล่อย NH_3 ที่สำคัญเช่นเดียวกัน (Wolff et al., 2010) จากการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ NH^+_4 มีปริมาณสูงกว่า NH_3 เนื่องมาจาก NH_3 มีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ดี จึงเกิดการรวมตัวของ NH_3 กับโมเลกุลของน้ำในชั้นบรรยากาศเกิดเป็น NH^+_4 ได้ ส่วนปริมาณความเข้มข้นของ HNO_3 มีค่าสูงที่สุดในเดือนธันวาคมคือ 0.18 $\mu g/m^3$ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของ NO^-_3 (ภาพที่ 4) ที่มีปริมาณสูงที่สุดในเดือนธันวาคมเช่นกัน เนื่องมาจาก HNO_3 เกิดจากปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary photochemical reaction) (Shen et al., 2009) ซึ่งอัตราการเกิดในฤดูหนาวมีมากกว่าในฤดูร้อน โดย NO_2 ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงเพื่อเตรียมการเพาะปลูก หรือให้ความอบอุ่นในฤดูหนาวจะรวมตัวกับน้ำในชั้นบรรยากาศเกิดเป็น HNO_3



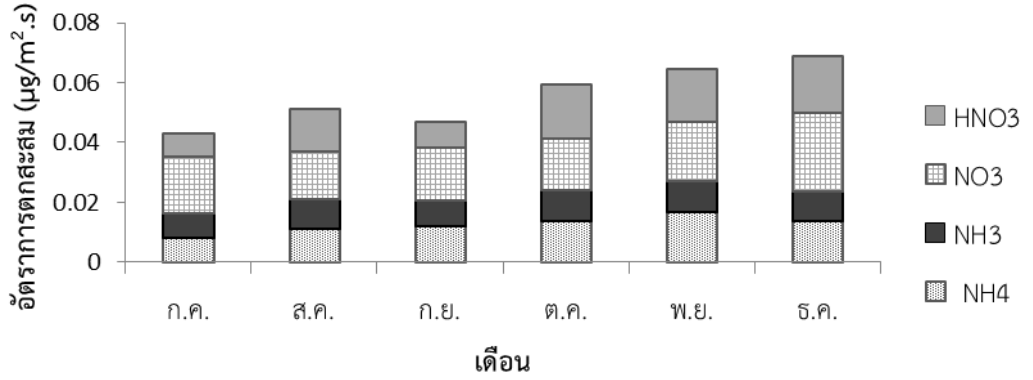
ภาพที่ 4 ความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3

3. ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3

ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งสี่ชนิดมีปริมาณสูงสุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม ส่งผลให้อัตราการตกสะสมของไนโตรเจนทั้งสี่ชนิดมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวามคมเช่นดียวกัน (ภาพที่ 5) เนื่องจากอัตราการตกสะสมของสารที่ประเมิน

ด้วยวิธี Aerodynamic gradient มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นเอดดี้ และค่าความเร็วแรงเสียดทาน นอกจากนี้เราพบว่าอัตราการตกสะสมของไนโตรเจนทุกชนิดในเดือนกันยายนมีปริมาณต่ำ มีสาเหตุจากฝนที่ตกเกือบทุกวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนทุกชนิดมีปริมาณน้อยเนื่องจากน้ำฝนได้นำพาไนโตรเจนให้ตกสะสมลงสู่พื้นโลกในรูปแบบเปียกมากกว่าการตกสะสมแห้ง (Hao et al., 2007)

อัตราการตกสะสมรายเดือนของไนโตรเจนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 5 โดยอัตราการตกสะสมเฉลี่ยรายหกเดือนของ NO^-_3 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.019 $\mu g/m^2 \cdot s$ รองลงมาเป็น HNO_3, NH^+_4 และ NH_3 มีค่าเท่ากับ 0.014, 0.012 และ 0.009 $\mu g/m^2 \cdot s$ ตามลำดับ อัตราการตกสะสมของ NO^-_3 มีค่าสูงที่สุดในเดือนธันวามคมเท่ากับ 0.026 $\mu g/m^2 \cdot s$ เนื่องจากเข้าสู่ฤดูหนาว (Shen et al., 2009) จึงมีการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลและเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อให้ความอบอุ่น อีกทั้งมีการเผาไร่นาเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อให้อัตราการตกสะสมของ NO^-_3 ในเดือนธันวาคมมีค่าสูงที่สุด โดยอัตราการตกสะสมรายหกเดือนของ HNO_3, NH^+_4 และ NH_3 มีค่าอยู่ในช่วง 0.007-0.18, 0.007-0.016 และ 0.008-0.01 $\mu g/m^2 \cdot s$ ตามลำดับ

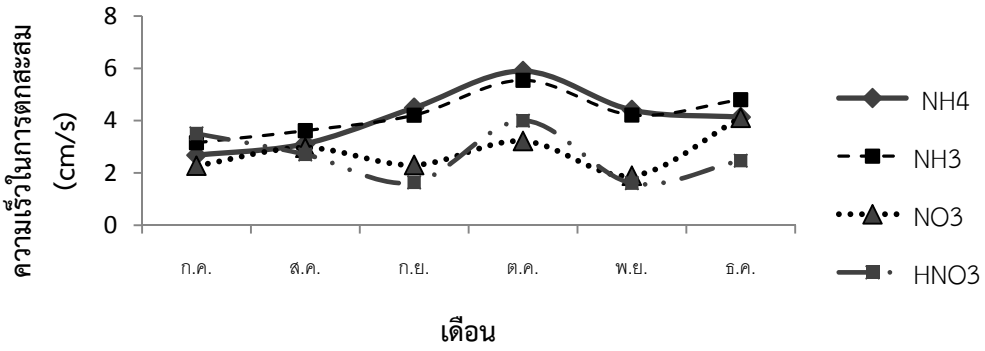


ภาพที่ 5 อัตราการตกสะสมเฉลี่ยรายเดือนของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3

4. ความเร็วในการตกสะสมของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3

ความเร็วในการตกสะสมรายเดือนของสารประเมินได้จากอัตราส่วนของอัตราการตกสะสมต่อความเข้มข้นของสารมลพิษนั้นที่ความสูงอ้างอิง (V=F/C) จากการศึกษาพบว่าความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยรายหกเดือนของ NH^+_4,

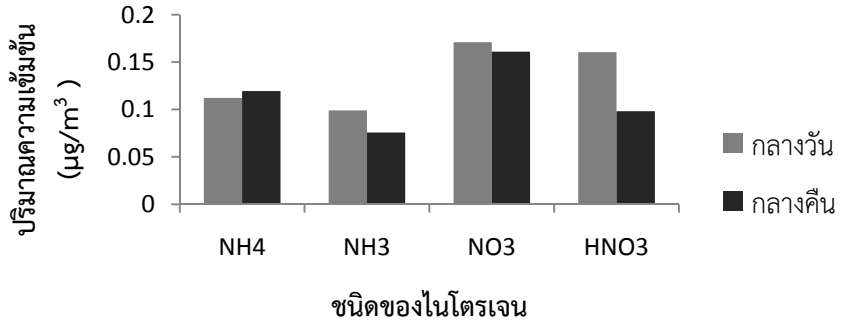
NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 มีค่าเท่ากับ 4.1, 2.8, 4.2 และ 2.6 cm/s ตามลำดับ โดยความเร็วในการตกสะสมของ NH^+_4, NH_3 และ HNO_3 มีค่าสูงที่สุดในเดือนตุลาคมคือ 5.8, 5.4 และ 4.0 cm/s ตามลำดับ ส่วนความเร็วในการตกสะสมของ NO^-_3 มีค่าสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายนคือ 4.1 cm/s (ภาพที่ 6) โดยความเร็วในการตกสะสมของสารขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา (ความเร็วลม, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ภูมิประเทศ และ ความเสถียรภาพของอากาศ) ปัจจัยด้านพื้นผิวรองรับ (surface aerodynamic roughness, displacement height และ canopy height, ความเป็นกรด-ด่าง, ความชื้น, ความไม่ชอบน้ำ และ ความพรุน) และคุณสมบัติของวัสดุ (ปฏิกิริยาทางเคมี, ความสามารถในการละลายน้ำ, เส้นผ่านศูนย์กลาง, ประจุที่พื้นผิว, ความหนาแน่น, สัมประสิทธิ์การแพร่, Brownian motion, impaction และ interaction) (Khoomsab and Khummongkol, 2010)



ภาพที่ 6 ความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยรายเดือนของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3

5. ความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นระหว่างช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน

จากการเปรียบเทียบปริมาณความความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของ NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 ระหว่างช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน พบว่าปริมาณความความเข้มข้นในช่วงเวลากลางวันมีค่าสูงกว่าช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำการเกษตร การจราจร การเผาชีวมวลหรือขยะ และการอุตสาหกรรม เกิดในช่วงเวลากลางวันมากกว่าเวลากลางคืน โดยปริมาณความความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของ NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 ในช่วงเวลากลางวันมากกว่าช่วงเวลากลางคืนอยู่ 1.06, 1.30 และ 1.63 เท่าตามลำดับ ส่วนปริมาณความความเข้มข้นของ NH^+_4 พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นในช่วงเวลากลางคืนมากกว่าช่วงเวลากลางวันอยู่ 1.06 เท่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการปลดปล่อย NH^+_4 จากผิวดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงกลางคืน เนื่องจากอากาศเย็นลง น้ำในบรรยากาศเกิดการกลั่นตัวและทำปฏิกริยากับ NH_3 ได้มากขึ้น



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 ระหว่างช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน

สรุปผลการทดลอง

ความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของ NH^+_4, NH_3, NO^-_3 และ HNO_3 มีปริมาณเท่ากับ 0.12, 0.08, 0.16 และ 0.13 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ และมีค่าสูงในเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤษศจิกายน โดย NO^-_3 และ HNO_3 มีค่าความเข้มข้นสูงที่สุดในเดือนธันวาคมเท่ากับ 0.24 และ 0.18 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ จากการประเมินอัตราการตกสะสมของไนโตรเจนทั้งสี่ชนิดด้วยวิธี Aerodynamic gradient พบว่าอัตราการตกสะสมของสารมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้น โดยอัตราการตกสะสมเฉลี่ยรายหกเดือนของ NO^-_3 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.019 $\mu g/m^2 \cdot s$ รองลงมาเป็น HNO_3, NH^+_4 และ NH_3 โดยมีค่าเท่ากับ 0.014, 0.012 และ 0.009 $\mu g/m^2 \cdot s$ ตามลำดับ และค่าความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยรายหกเดือนของ NH^+_4, NO^-_3, NH_3 และ HNO_3 มีค่าเท่ากับ 4.1, 2.8, 4.2 และ 2.6 cm/s ตามลำดับ

ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ ทางด้านกิจกรรมของมนุษย์ ทางกระบวนการชีวภาพ และความหนาแน่นของแหล่งกำเนิดรอบๆสถานที่เก็บตัวอย่าง โดยพบว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายหกเดือนของไนโตรเจนทั้งสี่ชนิดมีค่าจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้ $NO^-_3 > NH^+_4 > HNO_3 > NH_3$

ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลานาน 6 เดือนต่อเนื่องกัน ทำให้ความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของสารเฉพาะฤดูฝนและช่วงเข้าสู่ฤดูหนาว ไม่ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูกาล เพราะฉะนั้นจึงควรเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 1 ปีต่อเนื่องกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของสารแต่ละฤดูกาล

2. การเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินปริมาณความเข้มข้นและอัตราการตกสะสมแบบแห้งโดยการใช้อุปกรณ์ Filter Packs ควรระมัดระวังการปนเปื้อนของสารบนกระดาษกรองและระหว่างขั้นตอนของการสกัดซึ่งอาจทำให้ปริมาณความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์มีความความคลาดเคลื่อนได้

3. การเก็บตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ Filter Packs มีข้อจำกัดในกรณีที่อนุภาคมีขนาดใหญ่ หรือมีปริมาณมาก เพราะฉะนั้นควรมีการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างแบบอื่นควบคู่ไปด้วยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธภาพ และลดความคลาดเคลื่อน

เอกสารอ้างอิง

Allen, A.G., Machado, C.M.D., & Cardoso, A.A. (2011). Measurements and modeling of reactivenitrogen deposition in southeast Brazil. Environmental Pollution, 159

Shen, J.L., Tang, A.H., Liu, X.J., Fangmeier, A., Goulding, K.T.W., & Zhang F.S. (2009). High concentrations and dry deposition of reactive nitrogen species at two sites in the North China Plain. Environmental Pollution, 157

Khoomsab, K., & Khummongkol, P. (2010). Monitoring of sulfate and nitrate fluxes above tropical forest using aerodynamic gradient method. International conference in environmental 2010 (ICENV 2010)

Wolff, V., Trebs, I., Ammann, C., & Meixner, F.X. (2010). Aerodynamic gradient measurements of the NH3-HNO3-NH4NO3 triad using a wet chemical instrument: an analysis of precision requirements and flux errors. Atmos. Meas. Tech., 3, 187–208

Hao, Y., Gua, Z., Yang, Z., Fang, M., & Feng, J. (2006). Seasonal variations and sources of various elements in the atmospheric aerosols in Qingdao, China. Atmospheric Research, 85, 27–37

Anderson, H.V., & Hovmand M.F. (1999). Review of dry deposition measurements of ammonia and nitric acid to forest. Forest Ecology and Management, 114, 5-18

Pradab, N. (2005). Studyof acid deposition in the western region of Thailand. (in thai)

Verhagen, R., & Van Diggelen, R. (2006). Spatial variation in atmospheric nitrogen deposition on low canopy vegetation. Environmental Pollution, 144

Schmitt, M., Thoni, L., Waldner, P., & Thimonier, A. (2005). Total deposition of nitrogen on Swiss long-term forest ecosystem research (LWF) plots: comparison of the throughfall and the inferential method. Atmospheric Environment, 39

Phillips, B.S., Arya, Pal S., & Aneja P.V. (2004). Ammonia flux and dry deposition velocity from near-surface concentration gradient measurements over a grass surface in North Carolina. Atmospheric Environment, 38

Background information, Based on Sakaerat research station. Retrieved August 29, 2012, From http://www.tistr.or.th/sakaerat/index.php (in thai)

ผู้เขียน

นางสาวธีรนาถ พรหมสุวรรณ นักศึกษาปริญญาโท สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140 teeranard_07@hotmail.com

รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประจำสายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

รศ.ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ประจำสายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

EN1008: การศึกษาสมบัติเชิงกลและการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ของกระเบื้องมุงหลังคา
A study of mechanical properties and filler fiber emission in roofing tile

ศิริภางค์ แก้วสุนทร และ ภาณุ ด่านวานิชกุล*
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 99 ม.18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติเชิงกลของกระเบื้องมุงหลังคาทั้งสี่ชนิด ได้แก่ กระเบื้องที่ผสมแร่ใยหินขาวตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 กระเบื้องที่ผสมเส้นใยพอลีไวนิลแอลกอฮอล์ (พีวีเอ) และกระเบื้องที่ผสมเส้นใยเซลลูโลส โดยวิธีทดสอบแรงดัด (3-Point Bending Test) แสดงให้เห็นว่ากระเบื้องที่มีส่วนผสมของแร่ใยหินขาวจะให้ความแข็งแรงมากกว่าและยืดหยุ่นน้อยกว่ากระเบื้องที่ผสมเส้นใยเซลลูโลสและที่ผสมด้วยพีวีเอตามลาดับ การจากทดสอบการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ของกระเบื้องมุงหลังคา และวิเคราะห์โดยวิธี NIOSH 7400 พบว่าเมื่อแช่ด้วยน้าประปาก่อนการขัดสีเซลลูโลสหลุดออกมามากที่สุดตามด้วยแร่ใยหินขาวและพีวีเอ นอกจากนี้สารละลายกรดซัลฟิวริกยังส่งผลต่อการหลุดออกของเส้นใยที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าเส้นใยพอลีไวนิลแอลกอฮอล์มีการหลุดออกเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าเส้นใยอื่น
คำสำคัญ : แร่ใยหินขาว, กระเบื้องมุงหลังคา, การหลุดออกของเส้นใย, เซลลูโลส, พีวีเอ

Abstract

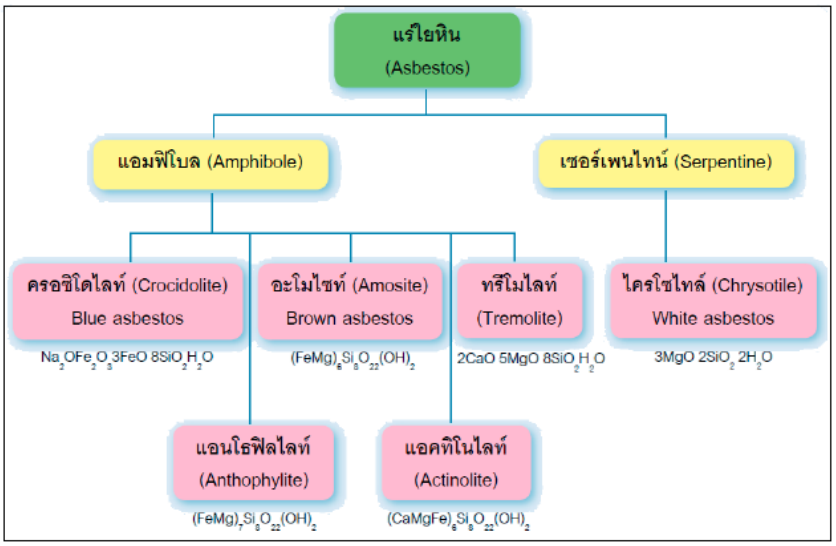
The study of mechanical properties for four kinds of roofing tiles including chrysotile samples 1 and 2, poly(vinyl alcohol) (PVA) fiber and cellulose fiber by 3-point bending test showed that tiles filled with chrysotile fibers were stronger but less flexible than those filled with cellulose and PVA. The emission of filler fibers in roofing tiles was analyzed by NIOSH 7400 method after the tiles were submerged in water and underwent abrasion. It was found that cellulose fibers were released the most, followed by chrysotile and PVA fibers. In addition, submerging in sulfuric acid solution resulted in more emission of fibers in which test PVA fibers were most subjected to the acid.

Keyword: Chrysotile, roofing tile, fiber emission**,** cellulose, PVA

***งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทาวิทยานิพนธ์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**

บทนำ

แร่ใยหิน (Asbestos) เป็นชื่อทั่วไปที่ใช้สาหรับเส้นใยแร่ซิลิเกตซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีลักษณะเป็นเส้นใยรวมกันเป็นมัด แร่ใยหินแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แอมฟิโบล และเซอร์เพนไทน์ โดยกลุ่มแอมฟิโบล ยังสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่ ครอซิโดไลท์ อะโมไซท์ ทรีโมไบท์ แอนโธฟิลไลท์ และแอคทิโนไลท์ ส่วนกลุ่มเซอร์เพนไทน์ ได้แก่ ไครโซไทล์ ประเภทของแร่ใยหินแสดงดังภาพที่ 1 แร่ใยหินมีความแข็งแรง เหนียว มีความยืดหยุ่นสูง ทนทานต่อแรงดึง ทนต่อความร้อน โดยสามารถทนต่อความร้อนได้สูงตั้งแต่ 700 ถึง 1,000 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทนต่อแรงดึงได้สูงตั้งแต่ 5,000 ถึง 31,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี กรด และด่าง เชื้อจุลินทรีย์ และการทาลายของแมลง เป็นต้น ทาให้แร่ใยหินถูกใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องใยหิน ท่อซีเมนต์ใยหิน ฝ้าเพดาน ฉนวนหุ้มกันไฟและความร้อน ผ้าเบรก-คลัช กระเบื้องยางปูพื้น เสื้อผ้าป้องกันไฟและความร้อน เป็นต้น ประเทศไทยนาแร่ใยหินเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเป็นระยะเวลามากกว่า 30 ปี ซึ่งในแต่ละปีมีการนาเข้า จากประเทศต่างๆ ได้แก่ รัสเซีย บราซิล แคนาดา ซิมบับเว และจีน เป็นจานวนมากและนาเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรม มากกว่า 1 แสนตัน (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2553)



ภาพที่ 1 แสดงประเภทของแร่ใยหิน

ที่มา : สถานการณ์การใช้แร่ใยหิน สภาวะสุขภาพ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในสถานประกอบกิจการที่มีการใช้แร่ใยหิน (2553), กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน

จากการที่แร่ใยหินมีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็กที่สามารถฟุ้งกระจายในบรรยากาศการทำงาน และเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ ซึ่งก่อให้เกิดโรคปอดจากการทางาน ได้แก่ โรคแอสเบสโตซิส ภาวะหายใจลำบาก และมะเร็งเยื่อหุ้มปอด เป็นต้น ทาให้ทุกประเทศตื่นตัวกับโรคดังกล่าวเนื่องจากมีลูกจ้างเป็นจานวนมากที่มีอาการป่วยหลังจากเคยทางานที่ได้รับสารหรือหยุดรับสารเป็นเวลานานแล้วจึงเกิดอาการของการเป็นโรคขึ้น ด้วยเหตุนี้ทาให้เกิดการประชุมวิชาการนานาชาติ Asian Asbestos Conference 2006 เมื่อเดือน กรกฎาคม 2549 และมีข้อตกลงให้มีการดาเนินการห้ามใช้แร่ใยหิน ให้มีการใช้สารอื่นทดแทน การเฝ้าระวังโรค เป็นต้น โดยหลายประเทศได้มีการห้ามใช้ แร่ใยหินในกระบวนการผลิต และได้มีการออกข้อกำหนดในการปฏิบัติงานโดยมีค่ามาตรฐานความปลอดภัยสาหรับ การทำงานที่สัมผัสแร่ใยหินซึ่งแสดงดังตารางที่ 1 สาหรับประเทศไทยยังไม่ได้มีการห้ามใช้ แต่มีการออกกฎหมาย เพื่อควบคุมการใช้แร่ใยหินดังนี้

1. ประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520
2. พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 เรื่อง การผลิต นำเข้า ส่งออก ครอบครอง
3. พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่องการผลิตและกำจัด
4. พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 เรื่อง กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
5. พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ.2541 เรื่อง กฎกระทรวงสารเคมีอันตราย
6. กฎกระทรวง พ.ศ. 2547 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสุขภาพของลูกจ้างและส่งผล การตรวจแก่พนักงานตรวจแรงงาน
7. ประกาศกระทรวงแรงงาน พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดชนิดของโรคซึ่งเกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานหรือเนื่องจากการทำงาน

ในปี 2006 สถาบันลดการใช้สารพิษแมสซาชูเซต (The Massachusetts Toxic Use Reduction Institute) ได้เสนอวิธีการสาหรับการประเมินทางเลือกในการใช้สารทดแทน Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) โดยเกณฑ์การพิจารณาสารที่จะนามาใช้เป็นสารทดแทน DEHP จะพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี รวมถึงความสามารถของผู้ผลิตหากมีการนาสารทางเลือกมาใช้ทดแทน ซึ่งในศึกษานี้จะทาการประเมินคุณสมบัติของสารในหลายๆ ด้าน เช่น ประสิทธิภาพในการใช้งาน ด้านเทคนิค ค่าใช้จ่ายในการบาบัดด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของมนุษย์ เป็นต้น (Eliason P. and Morose G., 2011) [2] ดังนั้นในการศึกษาการใช้สารทดแทนแร่ใยหินขาวในกระเบื้องมุงหลังคาจึงจาเป็นต้อง

ตรวจสอบข้อมูลในแง่มุมต่างๆ โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบสมบัติทางเทคนิคของกระเบื้องที่เติมด้วยแร่ใยหินขาวเปรียบเทียบกับเส้นใยทดแทนชนิดอื่น รวมถึงความน่าจะเป็นของการหลุดออกของเส้นใยซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพเมื่อนามาใช้งาน

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานความปลอดภัยสาหรับการทางานที่สัมผัสแร่ใยหิน (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน 2553)

องค์กร	ลักษณะของค่ามาตรฐาน	ค่ามาตรฐาน (เส้นใยต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ประกาศกระทรวงมหาดไทย	TWA 8 ชั่วโมงต่อวัน	5.0
OSHA PEL TWA Action level Excursion limit	TWA 8 ชั่วโมงต่อวัน	0.1 1.0
NIOSH REL TWA	TWA เฉลี่ยไม่เกิน 10 ชั่วโมงต่อวัน และ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์	0.1
ACGIH TLV	TWA 8 ชั่วโมงต่อวัน และ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์	0.1

หมายเหตุ

- OSHA = Occupational Safety and Health Administration (สานักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ กรมแรงงานประเทศสหรัฐอเมริกา)
- NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health (สถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทางานแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา)
- ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists สมาคมนัก สุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของอเมริกา
- PEL = Permissible Exposure Limit ระดับที่ยอมให้สัมผัสได้
- TWA = Time Weighted Average ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาปกติ
- Action Level = ระดับสัมผัสที่การควบคุมของ OSHA มีผลบังคับใช้
- Excursion Limit = ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาที่สุ่มตรวจตัวอย่าง 30 นาที
- REL = Recommended Exposure Level ระดับสัมผัสที่ไม่พบผลกระทบต่อสุขภาพที่ค้นพบแล้วในบุคคลทั่วไป
- TLV = Threshold Limit Value ค่าความเข้มข้นที่อาจยอมให้มีได้

วัตถุประสงค์

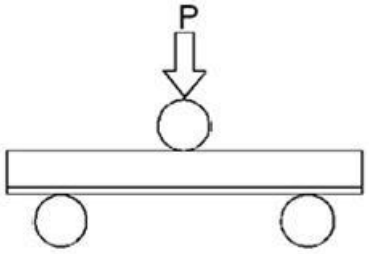
1. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลระหว่างกระเบื้องมุงหลังคาที่ผสมแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ
2. เพื่อศึกษาการหลุดออกของแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ที่ผสมในกระเบื้องมุงหลังคาในสภาวะต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทาการศึกษาและทดลองโดยใช้ตัวอย่างกระเบื้องมุงหลังคาที่ผสมแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ได้แก่ กระเบื้องลอนคู่ผสมแร่ใยหินขาวตัวอย่างที่ 1 และ 2 กระเบื้องลอนคู่ผสมเส้นใยพีวีเอ และกระเบื้องลอนคู่ผสมเส้นใยเซลลูโลส โดยพิจารณาถึงคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้อง และการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจเลือกสารทดแทนแร่ใยหิน และก่อให้เกิดแนวทางการจัดการที่ยั่งยืน โดยจะทาการทดลองดังนี้

1. ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้องโดยวิธีทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test)

ทาการศึกษากระเบื้องมุงหลังคาที่ผสมแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ทั้ง 4 ตัวอย่าง มาทาการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลโดยวิธีทดสอบแรงดัด เพื่อศึกษาความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของตัวอย่างแต่ละชนิด จากนั้นบันทึกผลการทดลองเพื่อนาไปเปรียบเทียบ



ภาพที่ 2 คุณสมบัติเชิงกลโดยวิธีทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test)

2. ทดสอบการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ (Fiber Emission)

นากระเบื้องมุงหลังคาทั้ง 4 ตัวอย่าง มาทาการศึกษาการหลุดออกของแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ โดยการตัดกระเบื้องทั้ง 4 ชนิด ขนาดประมาณ 5x10 ซม. มา 2 ชุด ชุดที่ 1 แช่น้าในประปา ส่วนชุดที่ 2 แช่น้าผสมกรดซัลฟิวริก (pH 6) เพื่อเลียนแบบสภาวะที่กระเบื้องสัมผัสกับฝนกรดเป็นเวลานานโดยทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง 50 นาที จากนั้นนาขึ้นมาพักไว้ 10 นาที นาไปอบที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 50 นาที ตามลาดับขั้นตอนการทดสอบและระยะเวลาที่กำหนดถือเป็น 1 รอบ ทาการทดสอบจนครบ 5 รอบ จากนั้นนากระเบื้องมาทาการทดสอบและเก็บตัวอย่างการหลุดออกของเส้นใยตามมาตรฐานของ NIOSH 7400 โดยมีขั้นตอนดังนี้ เปิดเครื่องขัดกระเบื้องเป็นเวลา 5 นาที พร้อมกับเปิดเครื่องดูดอากาศที่ต่อไว้กับ Filler ด้วยอัตรา 2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นาเส้นใยที่กรองได้ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อนับจานวนของเส้นใย นาจานวนเส้นใยที่นับได้ไปคำนวณดังนี้

1. ความหนาแน่นของเส้นใยบนตัวกรอง (E = เส้นใย/มม.^{2})

$$E = \{(F/nf - B/nb)\}/ Af \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ F = จำนวนเส้นใยที่นับได้ทั้งหมดในสองสไลด์

nf = จำนวนพื้นที่ที่นับเส้นใย = 100 พื้นที่ /1 สไลด์

B = จำนวนเส้นใยที่นับได้จาก Bank

nb = พื้นที่ที่นับเส้นใยใน Bank = 100 พื้นที่ /1 สไลด์

Af = พื้นที่ของ graticule = 0.00785 มม.^{2}

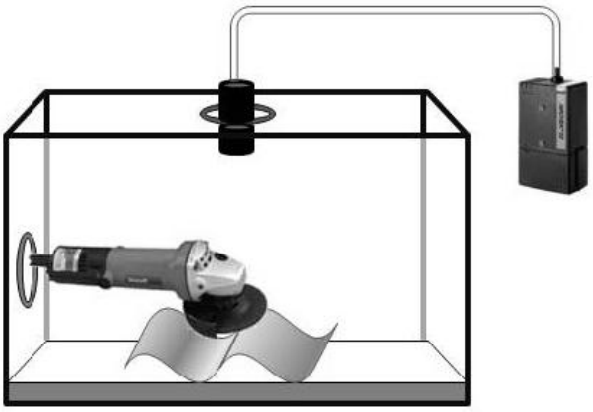
2. คำนวณความเข้มข้นของเส้นใยในอากาศ (C = เส้นใย/ลบ.ซม.) จากสูตร

$$C = \{(E)\ (Ac)\}\{V \times 1000\} = \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ E = ความเข้มข้นของเส้นใยบนตัวกรอง (เส้นใย/มม.^{2})

Ac = พื้นที่ของตัวกรองทั้งแผ่น (385 มม.^{2} สาหรับตัวกรองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม.)

V = ปริมาตรอากาศ (ลิตร)



ภาพที่ 3 การทดสอบการหลุดออกของเส้นใย

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนากระเบื้องมุงหลังคาที่มีส่วนผสมของแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆทั้ง 4 ตัวอย่าง มาทาการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของโดยวิธีการทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test) และการหลุดออกของอนุภาคของเส้นใยแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ โดยผลการทดสอบเป็นดังต่อไปนี้

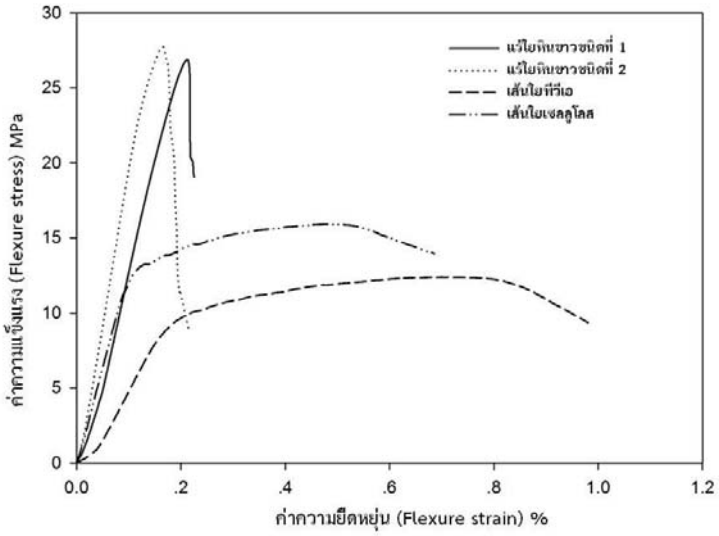
1. ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้องโดยวิธีทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test)

จากการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้องมุงหลังคาที่ผสมแร่ใยหินขาวและเส้นใยอื่นๆ ทั้ง 4 ตัวอย่าง โดยวิธีทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test) เพื่อศึกษาความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของตัวอย่างแต่ละชนิด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 4

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้องโดยวิธีทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test)

ผลิตภัณฑ์	ค่าความแข็งแรง (MPa)	ค่าความยืดหยุ่น (%)
กระเบื้องผสมแร่ใยหิน 1	29.86	0.27
กระเบื้องผสมแร่ใยหิน 2	27.89	0.20
กระเบื้องผสมเส้นใยพอลีไวนิลแอลกอฮอล์ (พีวีเอ)	12.59	1.02
กระเบื้องผสมเส้นใยเซลลูโลส	16.35	0.97

เมื่อพิจารณาถึงความแข็งแรงของกระเบื้อง พบว่ากระเบื้องที่ผสมแร่ใยหินขาวชนิดที่ 1 และ 2 จะให้ค่าความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งอยู่ระหว่าง 27.89 - 29.86 MPa รองลงมาคือกระเบื้องผสมเส้นใยเซลลูโลสและกระเบื้องผสมเส้นใยพีวีเอ ซึ่งมีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 16.35 MPa และ 12.59 MPa ตามลาดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความยืดหยุ่นจะพบว่ากระเบื้องผสมเส้นใยพีวีเอ มีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด คือ 1.02 % รองลงมาคือกระเบื้องผสมเส้นใยเซลลูโลสและกระเบื้องผสมแร่ใยหินขาว 1 และ 2 โดยที่ค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 0.97, 0.27 และ 0.20 % ตามลาดับ



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้อง โดยวิธีทดสอบแรงดัด (3 Point Bending Test)

2. ผลการทดสอบการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ (Filler Fiber Emission)

จากการทดสอบนากระเบื้องมุงหลังคาทั้ง 2 ชุด (ชุดที่ 1 แช่น้ำประปา ส่วนชุดที่ 2 แช่น้ำผสมกรด) มาทาการทดสอบการหลุดออกของอนุภาค พบว่าปริมาณการหลุดออกของเส้นใยเซลลูโลสมีการหลุดออกมากที่สุด รองลงมาคือ แร่ใยหินขาว 1 และ 2 สุดท้ายคือเส้นใยพีวีเอ ตามลาดับ ซึ่งสอดคล้องกันเมื่อพิจารณาทั้งความเข้มข้นของเส้นใยในอากาศและความหนาแน่นของเส้นใยบนตัวกรอง รวมถึงการแช่ในน้ำประปาและแช่ในน้ำกรดซัลฟิวริกที่ปรับค่า pH ให้ใกล้เคียงกับฝนกรด ให้ผลในทานองเดียวกัน หากหลุดออกในน้ำประปามากก็จะหลุดออกในกรดมากเช่นกัน แต่ปริมาณที่หลุดออกในกรดสูงกว่าในน้ำประปาเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของกระเบื้องรวมถึงเส้นใยที่เป็นสารตัวเติมด้วย เมื่อพิจารณาสัดส่วนปริมาณการหลุดออกเมื่อแช่ในน้ำกรดก่อนขัดสีกับการแช่ในน้ำประปาก่อนขัดสีมีค่าเท่ากับ 1.54 1.50 2.12 1.36 สาหรับตัวอย่างกระเบื้องที่มีแร่ใยหินตัวขาวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่มีพีวีเอและเซลลูโลส ตามลาดับ การหลุดออกเพิ่มขึ้นของกระเบื้องที่มีพีวีเอมีค่าสูงที่สุด ตามด้วยแร่ใยหินขาว และเซลลูโลส แสดงให้เห็นว่าพีวีเอมีความต้านทานต่อกรดน้อยที่สุดสามารถถูกย่อยและหลุดออกมาได้ง่ายที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานการของ NIOSH ที่กาหนดให้มีความเข้มข้นของเส้นใยในอากาศ 1 ลบ.ซม. มีค่าไม่เกิน 0.1 เส้นใย/ลบ.ซม. ซึ่งค่าการหลุดออกของเส้นใยเซลลูโลสที่สัมผัสกับกรดมีค่าเท่ากับค่ามาตรฐานของ NOISH คือ 0.1 เส้นใย/ลบ.ซม. พอดี ดังนั้นกระเบื้องที่ผสมเส้นใยเซลลูโลสควรมีเฝ้าระวังหากมีใช้งาน ผลการทดสอบการหลุดออกของอนุภาคแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาสมบัติเชิงกลและการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ที่ผสมในกระเบื้องมุงหลังคา แสดงให้เห็นว่าเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ เมื่อนามาผสมในกระเบื้องมุงหลังคายังมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าแร่ใยหินขาว แต่หากพิจารณาค่าความยืดหยุ่นของกระเบื้องที่ผสมแร่ใยหินขาวและเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ จะพบว่า กระเบื้องที่ผสมเส้นใย พีวีเอและเส้นใยเซลลูโลสมีความยืดหยุ่นมากกว่ากระเบื้องที่ผสมแร่ใยหินขาว และจากการศึกษาการหลุดออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่ากระเบื้องที่ผสมเส้นใยเซลลูโลสจะมีการหลุดออกของเส้นใยมากที่สุด ส่วนกระเบื้องที่ผสมแร่ใยหินขาวจะอยู่ในระดับปานกลาง และกระเบื้องที่ผสมเส้นใยพีวีเอน้อยที่สุด ตามลำดับ

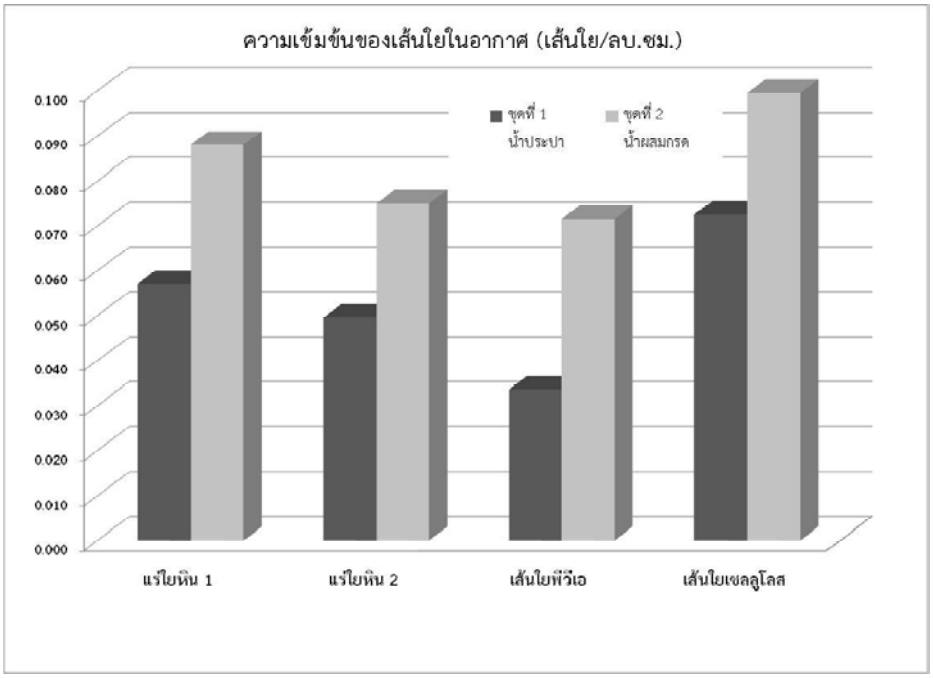
ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของเส้นใยตัวเติมแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพต่อการใช้งานที่แตกต่างกัน หากมีการนาไปใช้ควรพิจารณาถึงความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละด้าน รวมถึงผลกระทบของการหลุด

ออกของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ จากงานวิจัยต่างๆ ยังไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่า แร่ใยหินเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับปอด เนื่องจากการเก็บข้อมูลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังไม่ชัดเจน นอกจากนี้มีหลายปัจจัยทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมของมนุษย์เป็นส่วนเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการหลุดออกของเส้นใยในกระเบื้องแต่ละชนิด

ชนิดของเส้นใย ที่ผสมในกระเบื้อง	ความหนาแน่นของเส้นใยบนตัวกรอง (เส้นใย/มม.^{2})		ความเข้มข้นของเส้นใยในอากาศ (เส้นใย/ลบ.ซม.)		*ค่ามาตรฐาน NIOSH REL TWA (เส้นใย/ลบ.ซม.)
	ชุดที่ 1 น้ำประปา	ชุดที่ 2 น้ำผสมกรด	ชุดที่ 1 น้ำประปา	ชุดที่ 2 น้ำผสมกรด	
แร่ใยหิน 1	56.00	86.55	0.057	0.088	0.1
แร่ใยหิน 2	48.37	73.82	0.050	0.075	0.1
เส้นใยพอลีไวนิลแอลกอฮอล์ (พีวีเอ)	33.09	70.00	0.034	0.072	0.1
เส้นใยเซลลูโลส	71.28	98.00	0.073	0.100	0.1

* **NIOSH REL TWA :** NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health (สถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา)



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความเข้มข้นของเส้นใยในอากาศ (เส้นใย/ลบ.ซม.)

จากการทำการทดสอบการนับปริมาณของเส้นใยที่หลุดออกโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กาลังขยาย 40x) พบว่าเส้นใยต่างๆ มีลักษณะแตกต่างกันดังแสดงใน**ภาพที่ 6**



ก. แร่ใยหิน (Chrysotile) ข. เส้นใยพอลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA fiber) ค. เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fiber)

รูปที่ 6 ลักษณะของเส้นใยตัวเติมชนิดต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

สถานการณ์การใช้แร่ใยหิน สภาวะสุขภาพ และสภาพแวดล้อมในการทางาน ในสถานประกอบกิจการที่มีการใช้แร่ใยหิน (2553), กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน

Eliason P. and Morose G., *Safer alternatives assessment: the Massachusetts process as a model for state governments*., Journal of Cleaner Production 19 (2011) pp. 517-526.

Import/Export Statistics. The customs Department. Retrieved September 05, 2011, from http://www2.customs.go.th/Statistic/Index.jsp

Luiz C. Roma Jr., et al., *Evaluation of mechanical, physical and thermal performance of cement-based tiles reinforced with vegetable fibers*., **Journal of Construction and Building Materials** 22 (2008) pp. 668–674

Marioryad H., et al., *Assessment of airborne asbestos exposure at an asbestos cement sheet and pipe factory in Iran*., **Journal of Regulatory Toxicology and Pharmacology** 60 (2011) pp. 200–205

Pearce D. and Koundouri P., Regulatory assessment for chemicals: a rapid appraisal cost–benefit approach., **Environmental Science & Policy** 7 (2004) pp. 435–449.

Tadas P., et al., *Comparative characterization of particle emissions from asbestos and non-asbestos cement roof slates*., **Journal of Building and Environment** 46 (2011) pp. 2295-2302

Wongkuan T., et al., *Cement Admixed Straw Roof Sheets*., Project of Civil and Environmental Engineering Technology, KMUTNB, 2010.

คณะผู้เขียน

นางสาวศิริภางค์ แก้วสุนทร นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 Email: siripang_k@yahoo.com

รศ.ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล อาจารย์ประจาภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 Email:dpanu@engr.tu.ac.th

EN1010: การพัฒนาการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ในประเทศไทย

Development of Environmental Due Diligence for Property Transfer in Thailand

วนิดา แซ่จิว[1] และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]ผู้ช่วยศาสตรจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1,2]50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

การศึกษาการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Due Diligence: EDD) แบบจำลองที่ใช้เป็นการประเมินค่าที่ดินในประเทศไทยตามสถานะสิ่งแวดล้อม จากการคัดเลือกและปรับเปลี่ยนปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับประเทศไทยพบว่า กฎหมายสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีและต้นทุนในการฟื้นฟูเป็นปัจจัยหลักในการประเมิน จากรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ที่พัฒนาขึ้นและทดสอบกับโรงงานผลิตเยื่อกระดาษพบว่า สามารถนำข้อมูลที่บริษัทเปิดเผยต่อสาธารณะและรายงานต่อหน่วยงานราชการใช้ในการประเมินระยะที่ 1 ข้อมูลการสำรวจและสุ่มตัวอย่างในการประเมินระยะที่ 2 นำไปใช้ในแบบจำลองการปนเปื้อนเชื้อเพลิงน้ำมันเตาในดินซึ่งกำหนดและแบ่งระดับความเสี่ยงโดยอ้างอิงมาตรฐาน และการประเมินระยะที่ 3 คัดเลือกวิธีฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพสูงในระยะเวลาสั้น คือ วิธีออกซิเดชั่นทางเคมี ผลการประเมินพบว่า ต้นทุนการฟื้นฟูดินขึ้นอยู่กับความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมแบ่งเป็น ไม่มีความเสี่ยง (ค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก) – ไม่มีต้นทุน ความเสี่ยงน้อย (ค่าเกือบถึงเกณฑ์) – ไม่มีต้นทุน มีข้อจำกัดการใช้ที่ดิน ความเสี่ยงปานกลาง (ค่าเกินเกณฑ์เล็กน้อย) –มีต้นทุน มีข้อจำกัดการใช้ที่ดิน ความเสี่ยงมาก (ค่าเกินเกณฑ์มาก) – ต้นทุนสูง ต้นทุนในการฟื้นฟูดินปนเปื้อนเป็นข้อมูลสำคัญที่ได้จากการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมและใช้ในการตัดสินใจในการถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ ให้สอดคล้องกับกฎหมายสิ่งแวดล้อมและความรับผิดชอบต่อสังคม

คำสำคัญ : การสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม การประเมินค่าของที่ดิน การถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์

Abstract

This study is Environmental Due Diligence (EDD). The model used is the land evaluation according to an environmental status in Thailand. The result of the environmental factors selection and adaptation for the suitable condition in Thailand, showed that the environmental law, technology and remediation cost were major evaluation factors. Property checklist was developed and applied to a pulp factory. The disclosed company information and the submitted official reports were used to fulfill data in Phase I. The survey and sampling data in Phase II were inputted in the contamination model of fuel oil in soil. The risk levels were determined and classified by referring regulations and standards. Phase III, remediation methods were considered and the fast and effective chemical oxidation was selected. The result of assessment process showed the soil remediation cost depended on the environmental risk which were No Risk (below the standard) - No Cost., Low Risk (close to the standard) - No Cost (some land use restrictions), Moderate Risk (Slightly above the standard) – Need Cost (some land use restrictions), High Risk (Over the standard) – High Cost. The soil remediation cost is the important data derived from Environmental Due Diligence and supported decision making on the property transfer to compliance with environmental laws and social responsibilities.

Keywords: Environmental Due Diligence, land evaluation, property transfer

---

*วนิดา แซ่จิว

Tel.: 08-1560-6601

E-mail: j_gpt@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันเริ่มมีกระแสทางสังคมและข้อบังคับทางกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น การซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ในบางประเทศจึงมีระบบการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Due Diligence: EDD) เพื่อปกป้องกิจการจากภาระความรับผิดชอบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากอสังหาริมทรัพย์ที่เข้าครอบครอง เจ้าของอสังหาริมทรัพย์ ผู้ซื้อผู้ขาย และสถาบันการเงินจะขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมของสภาวะอสังหาริมทรัพย์นั้นๆ ที่ส่งผลต่อมูลค่าของอสังหาริมทรัพย์ในอนาคตและนำข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจซื้อขาย ในประเทศไทยการซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ก็มีการสอบทานสถานะธุรกิจโดยส่วนใหญ่เป็นการประเมินความเสี่ยงด้านการเงินและกฎหมาย ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทยไม่ได้จัดแบ่งการใช้พื้นที่ (zoning) อย่างชัดเจนมาตั้งแต่อดีตจึงมีพื้นที่ข้างเคียงที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการอยู่อาศัยหรือการดำเนินธุรกิจปะปนกันในบริเวณเดียวกัน ปัจจุบันข้อบังคับและกฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมในการดำเนินกิจการทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การพาณิชย์และที่อยู่อาศัยมีความเข้มงวดขึ้นตามลำดับ ทำให้ถังเก็บสารเคมีใต้ดินที่มีการรั่วไหล การทิ้งของเสียอันตรายไว้ในอาคารหรือพื้นที่โรงงาน จึงกลายเป็นภาระที่ผู้ซื้ออสังหาริมทรัพย์เหล่านี้ต้องรับผิดชอบ ทั้งนี้การสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (EDD) ในประเทศไทยยังไม่ถือเป็นข้อบังคับอย่างเป็นทางการและยังไม่มีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ

วัตถุประสงค์

ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (EDD) มาใช้ประกอบการพิจารณามูลค่าที่ดินของประเทศไทย จากการประเมินต้นทุนในการฟื้นฟูดินปนเปื้อนเมื่อมีระดับสารปนเปื้อนต่างกันในดิน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ การสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม กฎหมายสิ่งแวดล้อม มาตรฐานคุณภาพดิน เทคนิคและต้นทุนในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

วิธีการ

1. การพัฒนารูปแบบการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม

ศึกษา และรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Due Diligence: EDD) และพัฒนารูปแบบการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับประเทศไทย

2. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา การสร้างรายการตรวจสอบ และการกำหนดแบบจำลอง

2.1 ศึกษาข้อมูล และคัดเลือกพื้นที่สำหรับใช้เป็นพื้นที่ศึกษา

2.2 สร้างรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ที่เหมาะสมกับประเทศไทย เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษา

2.3 นำข้อมูลพื้นที่ศึกษามากำหนดแบบจำลองการปนเปื้อนในดิน การแบ่งความเสี่ยงโดยใช้เกณฑ์ตามกฎหมาย

3. การทดสอบแบบสอบทานกับพื้นที่ศึกษา

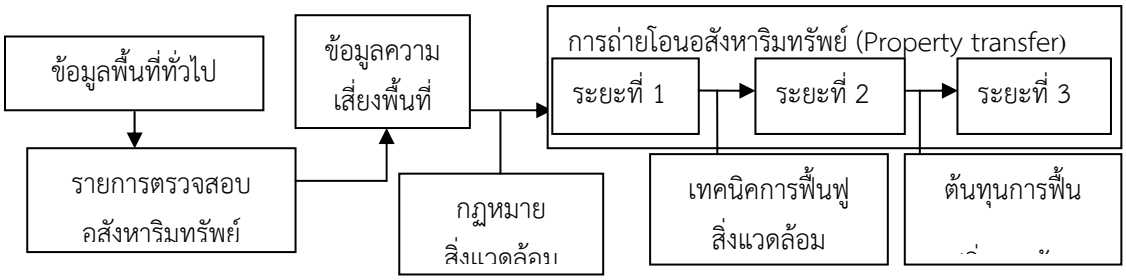
3.1 นำรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับพื้นที่ศึกษา

3.2 ดำเนินการจัดการความเสี่ยงและสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นกับพื้นที่ศึกษา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการพัฒนารูปแบบการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม

กระบวนการจัดการความเสี่ยงการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (EDD) ที่พัฒนาขึ้นจากกระบวนการของ Pritchard (2001) เพื่อไม่ให้ได้รับความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและมีความเหมาะสมกับประเทศไทย ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการจัดการความเสี่ยงอสังหาริมทรัพย์
ที่มา: ดัดแปลงจาก Pritchard (2001)

เริ่มจากจัดทำข้อมูลความเสี่ยงของพื้นที่ โดยศึกษาข้อมูลพื้นที่ทั่วไปจากฐานข้อมูลทุติยภูมิและนำไปสร้างรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ เพื่อลดการเก็บข้อมูลที่ไม่จำเป็นและความไม่สอดคล้องกับข้อมูลพื้นที่ จากนั้นเข้าสู่การถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ (Property transfer) หรือการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม (EDD) ที่ประกอบด้วยระยะที่ 1 การประเมินความรับผิดชอบทางสิ่งแวดล้อม ระยะที่ 2 การสุ่มตัวอย่างเพื่อยืนยัน และระยะที่ 3 การประเมินความเหมาะสมและต้นทุนในการฟื้นฟูพื้นที่ (Goss *et al.*, 1992; Civilian federal agency task force, 1998; Hess-Kosa, 2008) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นแตกต่างจากรูปแบบเดิมในส่วนการเก็บข้อมูล ซึ่งรูปแบบเดิมเป็นการเก็บข้อมูลการจัดการสิ่งแวดล้อมและข้อมูลความเสี่ยงพร้อมกัน จึงขาดความชัดเจนในขอบเขตที่ควรปฏิบัติก่อนและหลังในแต่ละขั้นตอน แต่รูปแบบที่พัฒนาขึ้นจะเก็บข้อมูลที่จำเป็นไปตามขั้นตอนเพื่อช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนการดำเนินการเก็บข้อมูล โดยการประเมินระยะที่ 1 นำข้อมูลอสังหาริมทรัพย์พิจารณาร่วมกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ระยะที่ 2 ข้อมูลการสำรวจและสุ่มตัวอย่างร่วมกับข้อมูลเทคนิคการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปนเปื้อน และระยะที่ 3 เป็นข้อมูลด้านต้นทุนในการฟื้นฟูเพื่อการตัดสินใจในการถ่ายโอน

2. ผลการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา การสร้างรายการตรวจสอบ และการกำหนดแบบจำลอง

2.1 การศึกษาข้อมูล และการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

การศึกษาเลือกพื้นที่ประเภทอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อหรือกระดาษของบริษัทผู้ผลิตแห่งหนึ่ง เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มปล่อยของเสียอันตรายออกสู่สิ่งแวดล้อมมาก (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) และยังเป็นโรงงานประเภท 1 ในจำนวน 14 ประเภทที่มีความเสี่ยงในระดับสูงต่อการปนเปื้อนดินในประเทศไทย (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554)

2.2 การสร้างรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ที่เหมาะสมกับประเทศไทย

รายการตรวจสอบ (checklist) พัฒนาขึ้นจากการนำข้อมูลที่จำเป็นตามกฎหมายของประเทศไทยประกอบกับรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ที่ใช้กันในบางประเทศสำหรับระบุความเป็นไปได้ของการปนเปื้อนในพื้นที่การพาณิชย์และอุตสาหกรรม (Hazell carr, 2012; Appraisal institute, 2001; The Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), 2010) โดยกรอกข้อมูลรายการตรวจสอบ โดยระบุพื้นที่ วันและผู้ตรวจสอบ บันทึกข้อมูลการสำรวจสถานที่นั้นและที่อยู่ติดกัน เริ่มตรวจสอบโดยทำเครื่องหมายในช่องเมื่อพบลักษณะการปนเปื้อนในบริเวณต่าง ๆ ของอสังหาริมทรัพย์ตามรายการตรวจสอบ รวมทั้งบันทึกข้อมูลเพิ่มเติม และรายการตรวจสอบต่อไปที่เน้นสิ่งที่สังเกตเห็นและหลักฐานที่เกิดขึ้นในอสังหาริมทรัพย์และบริเวณใกล้เคียง โดยทำเครื่องหมายในช่องที่ “ใช่”หรือ “ไม่ใช่” ตามที่กำหนด

2.3 การนำข้อมูลพื้นที่ศึกษามากำหนดแบบจำลองการปนเปื้อนในดิน

น้ำมันเตาถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงและมักปนเปื้อนในโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ (Department of the Environment, 1996) แบบจำลองจึงกำหนดให้เกิดอุบัติเหตุน้ำมันเตาปนเปื้อนในดิน โดยมีปริมาตรการปนเปื้อนดิน

เท่ากันและปนเปื้อนสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ซึ่งน้ำมันเตาจัดอยู่ในกลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล (ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช และไมตรี สุทธจิตต์, 2545) จึงแบ่งการปนเปื้อนเป็น 4 ระดับ ใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมของการปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่กฎหมายกำหนด ตามตารางที่ 1 (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555)

ตารางที่ 1 แบบจำลองความเสี่ยงการปนเปื้อนน้ำมันเตาในดิน จากมาตรฐานตามกฎหมาย (หน่วย: mg/kg)

สารประกอบอินทรีย์ระเหย	ไม่มีความเสี่ยง (ต่ำกว่ามาตตรฐาน)	ความเสี่ยงน้อย (ค่าเกือบถึงเกณฑ์)	เกณฑ์มาตรฐาน	ความเสี่ยงปานกลาง (ค่าเกินเกณฑ์เล็กน้อย)	เกณฑ์ความเสี่ยงมาก (ค่าเกินเกณฑ์มาก)
1) benzene	ต่ำกว่า 3.3	3.3-6.5	ต้องไม่เกิน 6.5	6.5-13	เกิน 13
2) ethyl-Benzene	ต่ำกว่า 115	115-230	ต้องไม่เกิน 230	230-383	เกิน 383
3) styrene	ต่ำกว่า 850	850-1,700	ต้องไม่เกิน 1,700	1,700-2,833	เกิน 2,833
4) toluene	ต่ำกว่า 260	260-520	ต้องไม่เกิน 520	520-867	เกิน 867
5) total xylenes	ต่ำกว่า 105	105-210	ต้องไม่เกิน 210	210-350	เกิน 350

3. ผลการทดสอบแบบสอบทานกับพื้นที่ศึกษา

3.1 การนำรายการตรวจสอบอสังหาริมทรัพย์ที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับพื้นที่ศึกษา

ผลการทดสอบพบว่า สามารถนำข้อมูลที่บริษัทเปิดเผยต่อสาธารณะและข้อมูลที่รายงานต่อหน่วยงานราชการมาใช้เป็นข้อมูลความเสี่ยงเบื้องต้นในรายการตรวจสอบก่อนการสำรวจได้

3.2 การสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อม ด้วยการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ศึกษาที่มีการกำหนดแบบจำลอง

ผลการประเมินระยะที่ 1 พบว่าข้อมูลที่บริษัทเปิดเผยต่อสาธารณะและข้อมูลที่รายงานต่อหน่วยงานราชการ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลที่ต้องการในการประเมินระยะที่ 1 ได้ และนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจ และจากการกำหนดแบบจำลองการปนเปื้อนในดินทำให้มีความเหมาะสมที่จะต้องดำเนินการประเมินในระยะที่ 2 ต่อไป

ผลการประเมินระยะที่ 2 การสุ่มตัวอย่างเพื่อยืนยันโดยเก็บตัวอย่างดินตามวิธีของ Goss *et al.*(1992) นำมาวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยโดยใช้วิธี Gas Chromatography หรือ Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555) จากแบบจำลองถ้าพบการปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์ไม่มีความเสี่ยง (ค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก) สามารถดำเนินการถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ได้ โดยไม่มีความเสี่ยงที่ไม่เหมาะสม (Civilian federal agency task force, 1998) เกณฑ์ความเสี่ยงน้อย (ค่าเกือบถึงเกณฑ์) ไม่ต้องทำการฟื้นฟู แต่มีข้อจำกัดในการใช้ที่ดิน เกณฑ์ความเสี่ยงปานกลาง (ค่าเกินเกณฑ์เล็กน้อย) และเกณฑ์ความเสี่ยงมาก (ค่าเกินเกณฑ์มาก) จำเป็นต้องดำเนินการฟื้นฟู โดยแนวทางแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ การฟื้นฟูทางกายภาพและเคมี ทางเคมี และทางชีวภาพ ในการเลือกเทคนิคขึ้นอยู่กับชนิดของสารปนเปื้อน ปริมาณและความเข้มข้นของสารปนเปื้อน ตัวกลางที่ปนเปื้อน และวิถีและการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อน (ส่วนมลพิษดิน สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554)

ผลการประเมินระยะที่ 3 การประเมินความเหมาะสมและต้นทุนในการฟื้นฟูพื้นที่จากแบบจำลองความเสี่ยงการปนเปื้อนเชื้อเพลิงน้ำมันเตาในดิน ต้นทุนเป็นปัจจัยในการเลือกวิธีการฟื้นฟูที่สัมพันธ์กับระยะเวลา วิธีการฟื้นฟู

ทางชีวภาพ Phytoremediation เป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำ ประสิทธิภาพต่ำ (removal efficiency 23-26%) และใช้ระยะเวลานาน แต่การฟื้นฟูทางกายภาพ-เคมี วิธีการออกซิเดชั่นทางเคมี มีต้นทุนและประสิทธิภาพสูง (removal efficiency 40-95%) (Hamberg, 2009) และใช้ระยะเวลาสั้น จึงมีความเหมาะสมในการเลือกใช้เป็นวิธีฟื้นฟูดิน ต้นทุนการฟื้นฟูดินจากเกณฑ์แบบจำลองความเสี่ยง จากเกณฑ์ไม่มีความเสี่ยง (ค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก) จะไม่มีต้นทุน ความเสี่ยงน้อย (ค่าเกือบถึงเกณฑ์) จะไม่มีต้นทุน แต่มีข้อจำกัดในการใช้ที่ดิน ความเสี่ยงปานกลาง (ค่าเกินเกณฑ์เล็กน้อย) ควรเลือกดำเนินการฟื้นฟูดินปนเปื้อนด้วยวิธีออกซิเดชั่นโดยใช้ ozone ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด 40% มีต้นทุนการฟื้นฟูที่ 60 $/m^3 (Hamberg, 2009) และมีข้อจำกัดในการใช้ที่ดิน ความเสี่ยงมาก (ค่าเกินเกณฑ์มาก) ควรเลือกดำเนินการฟื้นฟูดินปนเปื้อนด้วยวิธีออกซิเดชั่นโดยใช้ permanganate ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด 95% มีต้นทุนการฟื้นฟูที่ 160 $/m^3 (Hamberg, 2009) ทั้งนี้หากฟื้นฟูแล้วยังมีค่าการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐาน อาจใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันโดยคำนึงถึงต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยต้นทุนการฟื้นฟูดินประเมินจากต้นทุนหลักด้านสินทรัพย์ถาวร ได้แก่ เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัด ค่าเตรียมการพื้นที่บำบัด และด้านเงินทุนหมุนเวียน ได้แก่ ค่าสารเคมี เงินเดือนค่าจ้างค่าตอบแทนและสวัสดิการของเจ้าหน้าที่ ค่าใช้จ่ายในการผลิตอื่นๆ (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2555)

มูลค่าการซื้อขายอสังหาริมทรัพย์แต่เดิมจะเน้นที่ปัจจัยด้านราคาตลาดในการประกอบการตัดสินใจซื้อขาย เมื่อให้ความสำคัญด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมร่วมในการพิจารณาซื้อขายเพิ่มเข้ามาด้วย จึงทำให้ผลจากแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ได้ ซึ่งต้นทุนการฟื้นฟูที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อมูลค่าในการซื้อขายที่อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ เมื่อผู้ขายอสังหาริมทรัพย์พบการปนเปื้อนในพื้นที่อยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงมากและทำการฟื้นฟูก่อนขายจะเกิดต้นทุนในการฟื้นฟูสูง ดังนั้นต้นทุนรวม (total cost) คือ ต้นทุนที่ดินและต้นทุนการฟื้นฟู จะสูงขึ้นตามไปด้วยส่งผลให้ต้องปรับราคาขาย (price) ให้เหมาะสมในการถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ ในทางตรงกันข้ามผู้ซื้อก็สามารถใช้ข้อมูลนี้ในการต่อรองราคาได้หากต้องทำการฟื้นฟูเอง

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนารูปแบบการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการเก็บข้อมูล เมื่อนำมาใช้กับแบบจำลองการปนเปื้อนของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาในดิน พบว่าข้อมูลที่บริษัทเปิดเผยต่อสาธารณะและข้อมูลที่รายงานต่อหน่วยงานราชการ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสถานะเริ่มต้นร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจได้ วิธีที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการฟื้นฟูจากการปนเปื้อนคือ วิธีออกซิเดชั่นทางเคมี และการประเมินต้นทุนการฟื้นฟูขึ้นอยู่กับความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมโดยให้มีปริมาตรดินที่เท่ากันและการปนเปื้อนสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด แบ่งเป็น ไม่มีความเสี่ยง (ค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก)–ไม่มีต้นทุน ความเสี่ยงน้อย (ค่าเกือบถึงเกณฑ์)–ไม่มีต้นทุนแต่มีข้อจำกัดในการใช้ที่ดิน ความเสี่ยงปานกลาง (ค่าเกินเกณฑ์เล็กน้อย)–มีต้นทุนและมีข้อจำกัดในการใช้ที่ดิน ความเสี่ยงมาก (ค่าเกินเกณฑ์มาก)–ต้นทุนสูง ซึ่งผลจากแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ได้ เนื่องจากต้นทุนการฟื้นฟูที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อมูลค่าในการซื้อขายที่อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ จึงเป็นข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจทางธุรกิจในการถ่ายโอนอสังหาริมทรัพย์ให้สอดคล้องกับกฎหมายและความรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

สามารถนำรูปแบบการสอบทานสถานะทางสิ่งแวดล้อมที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในประเทศไทยได้อย่างเหมาะสม ลดระยะเวลาและต้นทุนในการเก็บข้อมูล และมูลค่าการฟื้นฟูที่ได้สามารถนำไปใช้ร่วมกับการตัดสินใจหรือใช้ต่อรองมูลค่าในการซื้อขายที่สอดคล้องกับกฎหมายและป้องกันความรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นหลังจากการซื้อขายได้

การนำรูปแบบนี้ไปใช้โดยการดำเนินการตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ตามลำดับ รายการตรวจสอบอาจเปลี่ยนแปลงคำถามไปตามประเภทของพื้นที่ได้ เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่เหมาะสม สอดคล้องกับพื้นที่ และกฎหมายในประเทศไทยที่นำมาใช้จะสอดคล้องไปตามลักษณะของการปนเปื้อนในอสังหาริมทรัพย์นั้น

เอกสารอ้างอิง

ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช และไมตรี สุทธจิตต์. (2545). สารอินทรีย์ไอระเหย และสุขภาพ (Volatile Organic Chemicals and Health). 1 มิถุนายน 2555. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา: ความรู้เกี่ยวกับสารพิษ และวัตถุอันตราย http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_2_001c.asp?info_id=120

ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2555). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (พิมพ์ครั้งที่ ๕ แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2554). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษารูปแบบการฟื้นฟูดินปนเปื้อน ระดับนำร่อง (Pilot Scale) ระยะที่ 1. จัดโดยกลุ่มส่วนมลพิษดิน สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น วันที่ 12 สิงหาคม 2554 กรุงเทพฯ. หน้า 2-20.

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2555). การสัมมนาโครงการศึกษาความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยในดินและน้ำใต้ดิน (Powerpoint file). จัดโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ณ โรงแรมหลุยส์ แทเวิร์น วันที่ 28 กันยายน 2555 กรุงเทพฯ.

ส่วนมลพิษดิน สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2554). แนวทางการฟื้นฟูดินปนเปื้อนจากการประกอบการอุตสาหกรรม. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ส่วนมลพิษดิน สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

Appraisal institute. (n.d.). Property observation checklist. United States: Appraisal institute.

Civilian federal agency task force. (1998). CFATF Guide on Evaluating Environmental Liability for Property Transfers. Retrieved from Office of the chief administrative officer Web site http://www.seco.noaa.gov/ENV/NEPA/ Docs/cfatf_guide_liability.pdf

Department of the Environment. (1996). Pulp and paper manufacturing works. Ruislip: Publications Sales Unit.Goss, F. D., Donald, A. A., MCCubbin, J. A., Porter, P. E., Purcer, S. B., & Redinger, C. F. (1992). Environmental Evaluations for Real Estate Transactions: A Technical and Business Guide (5th ed.). Maryland: Government Institutes.

Hamberg, R. (2009). In situ and on-site soil remediation techniques– a review. (Unpublished Bachelor Thesis). Luleå University of Technology, Sweden.

Hazell carr. (2012). HCPS Small Self Administered Scheme (SSAS) Surveyor's Guide. Retrieved July 1, 2012, from www.xafinity.com

Hess-Kosa, K. (2008). Environmental Site Assessment Phase 1: Fundamentals, Guidelines, and Regulations (3th ed.). Florida: CRC Press.

Pritchard, P. (2001). Environmental Risk Management. London: Earthscan Publications.

The Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2010). Contamination, the environment and sustainability: Implications for chartered surveyors and their clients (3rd ed.). UK: the RICS Books imprint.

ผู้เขียน

นางสาววนิดา แซ่จิว นิสิตปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ
10900 j_gpt@hotmail.com
ผศ.ดร. จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 fscijkm@ku.ac.th

EN1011: ปริมาณความเข้มข้นและชนิดของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมณฑลสะแกราช
Concentrations and Types of Organic Acids in Urban and Sakaerat Biosphere Forest

ขัตติยา สุขประเสริฐ[1*] รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล และรศ.ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศแขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Abstract

The most common organic acids in the atmosphere were associated with their carboxyl group and highly water-soluble. In this study, air samples collected from 2 sites: Sakaerat Biosphere Forest and Nakhon Ratchasima Provincial Land Transport Office were analyzed for their concentration comparison and to identify types of the organic acids. The samples were collected for 7 day/month from July to December 2012. The concentrations identified as acetate, citrate, formate, tartrate and malate in Sakaerat Biospheric Forest have average values of 23.00 μg/m^3, 18.54 μg/m^3, 11.21 μg/m^3, 6.94 μg/m^3 and 4.83 μg/m^3, respectively. The concentrations of these organic acids in urban have average values of 23.90 μg/m^3, 20.62 μg/m^3, 11.11 μg/m^3, 6.83 μg/m^3 and 4.63 μg/m^3, respectively. In addition, the concentrations of succinate and lactate in Sakaerat Biospheric Forest averaged for 3 months have the analysis values of 8.76 μg/m^3 and 27.92 μg/m^3, respectively. The concentrations in the urban averaged to be 9.14 μg/m^3 and 33.49 μg/m^3, respectively. Furthermore, the concentrations of these organic acids measured in daytime were found higher than nighttime. These organic acids which derived from different sources of emissions, including the primary emissions from the traffic, industrial fossil fuel combustion and biomass burning occurred through a consecutive photochemical oxidation in the atmosphere to form secondary compounds.

Keywords: Organic acid, Primary sources, secondary compound

บทคัดย่อ

กรดอินทรีย์ในบรรยากาศส่วนใหญ่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิก ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง การศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากพื้นที่ 2 แห่ง ได้แก่ เขตป่าชีวมณฑลสะแกราช ในเขตชุมชน คือ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาปริมาณและชนิดของ กรดอินทรีย์จากสถานที่ที่มีสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน ตัวอย่างอากาศถูกเก็บอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วันต่อเดือนโดยเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท 23.00 μg/m^3, ซิเตรต 18.54 μg/m^3, ฟอร์เมต 11.21 μg/m^3, ทาร์เทรต 6.94 μg/m^3, มาเลต 4.83 μg/m^3 และในเขตชุมชนมีค่าดังนี้ อะซิเตท 23.90 μg/m^3, ซิเตรต 20.62 μg/m^3, ฟอร์เมต 11.11 μg/m^3, ทาร์เทรต 6.83 μg/m^3, มาเลต 4.63 μg/m^3 ส่วนความเข้มข้นของซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช มีค่าเท่ากับ 8.76 μg/m^{3}และ 27.92 μg/m^{3}และในเขตชุมชนมีค่าเท่ากับ 9.14 μg/m^{3}และ 33.49 μg/m^3 นอกจากนั้นความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเวลากลางวันมีค่าสูงกว่าในเวลากลางคืน สาเหตุที่ก่อให้เกิดสารกรดต่างๆ มาจาก

คำสำคัญ: กรดอินทรีย์ แหล่งกำเนิดปฐมภูมิ และ สารประกอบทุติยภูมิ

---

1 ***ขัตติยา สุขประเสริฐ**

*** กิตติกรรมประกาศ** ขอขอบคุณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัยที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่เก็บตัวอย่างและแหล่งกำเนิด การจราจรอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ชีวมวลแล้วทำปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชั่นต่อเนื่องในบรรยากาศเกิดการรวมตัวกันเป็นสารประกอบทุติยภูมิ

บทนำ

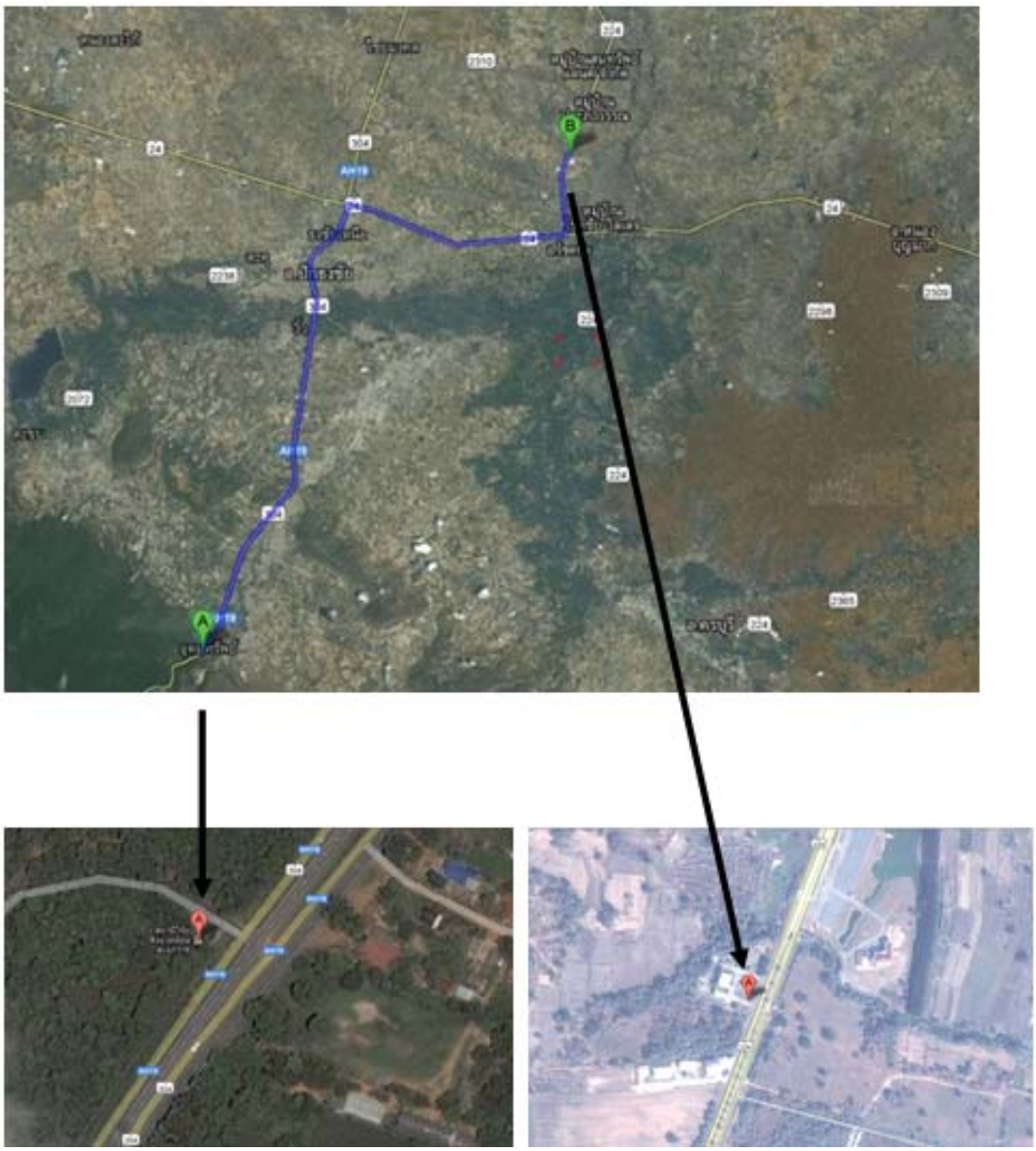
กรดอินทรีย์จัดอยู่ในกลุ่มของสารอินทรีย์คาร์บอน ประกอบด้วยกรดโมโนคาร์บอกซิลิก (monocarboxylic acid (MCA)) น้ำหนักโมเลกุลต่ำ และกรดไดคาร์บอกซิลิก (dicarboxylic acid (DCA)) น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ในการศึกษาสารอินทรีย์คาร์บอน พบว่า MCA มีปริมาณมากกว่า DCA (Keene and Galloway 1988 and Yu et al., 1991a,b) กรดอินทรีย์ คือ สารประกอบอินทรีย์ที่มีลักษณะสมบัติเป็นกรด โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิก มีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง ดูดคายความชื้น (hygroscopic) และเป็นอนุภาคแกนกลางการควบแน่น (cloud condensation nuclei activity) (Hara et al., 2002 and Yu., 2000)กล่าวคือ ทำหน้าที่เป็นแกนควบแน่นให้ไอน้ำในอากาศสามารถรวมตัวกลายเป็นหยดน้ำเล็กๆ ซึ่งคุณสมบัตินี้สามารถส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศและการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของเมฆ (Charlson, 1987) กรดอินทรีย์มักเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ต่างๆที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การเผาไหม้ฟอสซิล ถ่านหิน และชีวมวล เกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลออกซิเดชั่นและเกิดจากสิ่งมีชีวิต (Kawamura and Ikushima, 1993; Chebbi and Carlier, 1996; Kawamura et al.; 1996a, b; Limbeck and Puxbaum, 1999) โดยกรดอินทรีย์เหล่านี้สามารถพบได้ในบรรยากาศบริเวณเขตชุมชน เขตชนบท และเขตที่ห่างไกลความเจริญ นอกจากนั้นการศึกษากรดคาร์บอกซิลิกในละอองลอยมีมากมายทั่วโลก (Krivacsy and Molnar, 1998; Souza et al., 1999; Kubátová et al., 2000; Kerminen et al., 2000; Limbeck et al., 2001; Röhrl and Lammel, 2001,2002 and Limon-Sanchez, 2002)อย่างไรก็ตามการศึกษากรดอินทรีย์ในประเทศไทยยังถือได้ว่ามีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นและชนิดของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมณฑลสะแกราช ทั้งยังวิเคราะห์แหล่งที่มาของการปลดปล่อยกรดอินทรีย์เพื่อเป็นแนวทางในการรักษาสภาพแวดล้อมทางอากาศที่ดีในอนาคตอีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมณฑลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

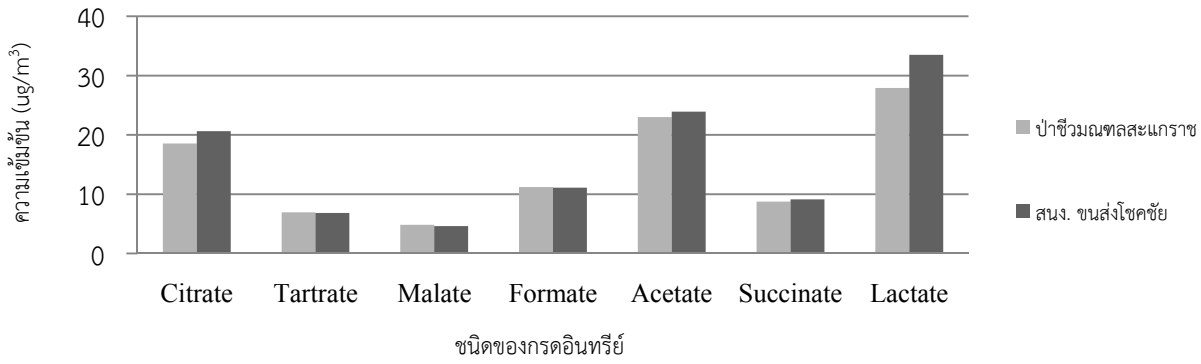
อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศเป็นแบบฟิลเตอร์แพค 3 ชั้น โดยชั้นที่ 1, 2 และ 3 เป็นแผ่นกรอง เทฟลอน ไนลอน และเซลลูโลส ตามลำดับ กระดาษกรองชั้นต่างๆ ประกอบเข้ากับชุดฟิลเตอร์แพ็คโดยกระดาษกรองเทฟลอนอยู่ชั้นบนสุด ตามด้วยกระดาษกรองชั้นไนลอนและชั้นเซลลูโลส ตามลำดับ จากนั้นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วถูกนำไปติดตั้งที่สำนักงานขนส่ง จังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย และสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 10 ลิตรต่อนาที ทำการตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง 7 วันต่อเดือน เป็นเวลา 6 เดือน เริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนธันวาคมปี พศ. 2555 โดยตัวอย่างอากาศที่เก็บได้จะถูกสกัดและนำไปวิเคราะห์หาชนิดของกรดอินทรีย์ด้วยเครื่องอิออนโครมาโทกราฟี



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างอากาศ ณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (ซ้าย) และสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย (ขวา)

ผลการทดลอง

ภาพที่ 2 แสดงค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตชุมชน คือ สถานีขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย โดยมีค่าตรวจวัดเฉลี่ย 6 เดือน ดังนี้ อะซิเตท 23.90 $\mu g/m^3$, ซิเตรต 20.62 $\mu g/m^3$, ฟอร์เมต 11.11 $\mu g/m^3$, ทาร์เทรต 6.83 $\mu g/m^3$ และมาเลต 4.63 $\mu g/m^3$ ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท 23.00 $\mu g/m^3$, ซิเตรต 18.54 $\mu g/m^3$, ฟอร์เมต 11.21 $\mu g/m^3$, ทาร์เทรต 6.94 $\mu g/m^3$, มาเลต 4.83 $\mu g/m^3$ ส่วนความเข้มข้นของ ซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.14 $\mu g/m^3$ และ 33.49 $\mu g/m^3$ ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช มีค่าเท่ากับ 8.76 $\mu g/m^3$ และ 27.92 $\mu g/m^3$ ผลการเปรียบเทียบแสดงในภาพที่ 2

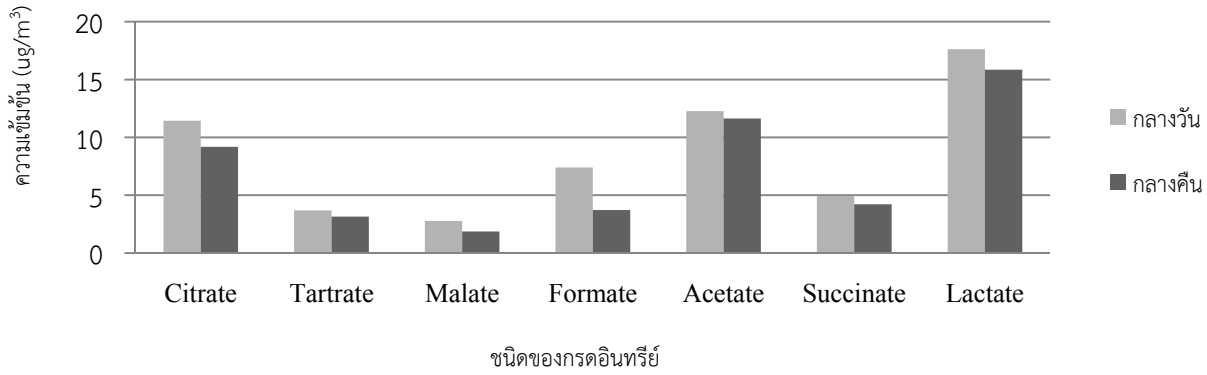


ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเฉลี่ย 6 เดือน (ยกเว้นซัคซิเนตและแลคเตต เฉลี่ย 3 เดือน) ระหว่างเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชและสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย

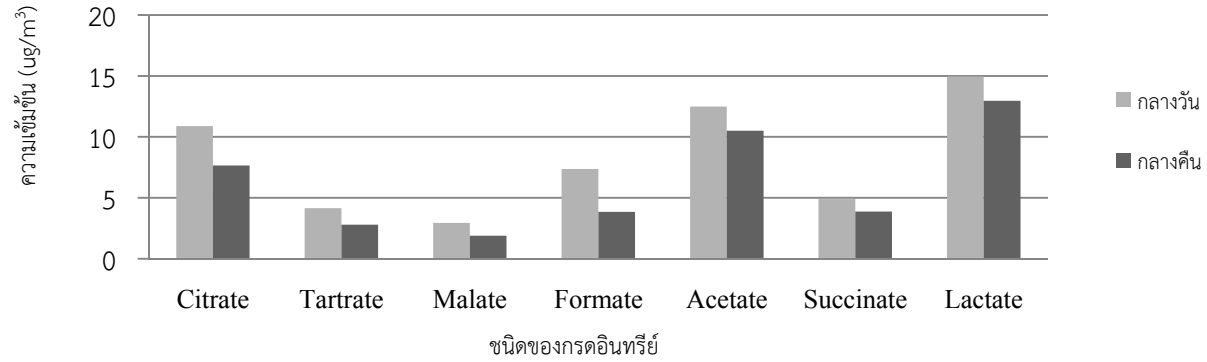
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดอินทรีย์แต่ละชนิดที่ตรวจวัดได้ในเขตชุมชน คือ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัยและป่าชีวมณฑลสะแกราช พบว่า มีค่าความเข้มข้นไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นกรดซัคซิเนตและแลคเตตที่ตรวจวัดได้ในเขตชุมชนมีค่าความเข้มข้นในบรรยากาศสูงกว่าในเขตป่าชีวมณฑล สะแกราชอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความเข้มข้นของกรดซัคซิเนตและกรดแลคเตตสูงเป็น 1 และ 1.2 เท่าของค่า ที่ตรวจวัดได้ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่เขตป่าชีวมณฑลมีค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในปริมาณเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับแหล่งชุมชนซึ่งเป็นแหล่งปล่อยโดยตรงย่อมแสดงถึงอิทธิพลของลมที่พัดพาสารกรดเหล่านี้ไปยังพื้นที่ห่างไกลโดยอาศัยพื้นฐานข้อมูลทางด้านสภาวะภูมิอากาศและพิจารณาถึงแหล่งปล่อยมลพิษ พบว่า สาเหตุการปลดปล่อยสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ มาจากแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ เช่น ในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น (Kawamura and Kaplan, 1987; Kawamura and Ikushima, 1993;Saxena et al., 1995 and Yao et al., 2003) สารที่ปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดปฐมภูมิซึ่งได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลออกซิเดชั่นต่อไปในบรรยากาศและเปลี่ยนไปเป็นสารทุติยภูมิ ซึ่งส่วนหนึ่งได้กรดอินทรีย์ ประกอบกับทิศทางลมส่วนใหญ่มีลักษณะการพัดพาจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นผลให้สารกรดอินทรีย์ต่างๆจากบริเวณเขตโชคชัยพัดพาลงมาสู่เขตป่าชีวมณฑลสะแกราช

เมื่อศึกษาถึงสภาพบรรยากาศภายใต้อิทธิพลของพลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตออก-ซิเดชั่น พบว่า ในช่วงเวลากลางวันความเข้มข้นของกรดอินทรีย์มีค่าสูงกว่าในเวลากลางคืน ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 โดยสาเหตุการเกิดสารกรดอินทรีย์เหล่านี้มาจากกิจกรรมต่างๆ ที่มักเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน เช่น การจราจรที่หนาแน่น อุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ชีวมวลต่างๆ และสารกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดปฐมภูมิจะเปลี่ยนเป็นสารทุติยภูมิโดยผ่านปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลออกซิเดชั่น



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเฉลี่ย 6 เดือน (ยกเว้นซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน) ระหว่างช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน ณ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเฉลี่ย 6 เดือน (ยกเว้นซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน) ระหว่างช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน ณ เขตป่าชีวมณฑลสะแกราช

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดขึ้นกับปัจจัยด้านแหล่งกำเนิดของมลพิษ ปฐมภูมิและสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก โดยพบว่ากรดอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากเขตชุมชนอาจถูกกระแสลมพัดพาไปตกยังเขตป่าชีวมณฑลซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาในระยะยาวได้ นอกจากนี้ปริมาณ ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในช่วงกลางวันสูงกว่าช่วงกลางคืน ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของสภาวะอุตุนิยมวิทยาต่อการเกิดกรดอินทรีย์ ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท 23.00 $\mu g/m^3$, ซิเตรต 18.54 $\mu g/m^3$, ฟอร์เมต 11.21 $\mu g/m^3$, ทาร์เทรต 6.94 $\mu g/m^3$, มาเลต 4.83 $\mu g/m^3$ และค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตชุมชนเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท 23.90 $\mu g/m^3$, ซิเตรต 20.62 $\mu g/m^3$, ฟอร์เมต 11.11 $\mu g/m^3$, ทาร์เทรต 6.83 $\mu g/m^3$, มาเลต 4.63 $\mu g/m^3$ ส่วนความเข้มข้นของซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช มีค่าเท่ากับ 8.76 $\mu g/m^3$ และ 27.92 $\mu g/m^3$ ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.14 $\mu g/m^3$ และ 33.49 $\mu g/m^3$

เอกสารอ้างอิง

Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andrea, M.O., & Warren, S.G. (1987). Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate. *Nature*, 326, 655-661.

Chebbi, A., &Carlier, P. (1996). Carboxylic acids in the troposphere, occurrence, sources, and sinks: a review. *Atmospheric Environment*, 30 (24), 4233-4249.

Hara, K., Osada, K., Matsunaga, K., Sakai, T., Iwasaka, Y., &Furaya, K. (2002). Concentration trends and mixing states of particulate oxalate in Arctic boundary layer in winter/spring. *Journal of Geophysical Research [Atmospheres]*, 107 (D19), AAC 12/1-AAC 12/14.

Kawamura, K., &Ikushima, K. (1993). Seasonal changes in the distribution of dicarboxylic acids in the urban atmosphere. *Environmental Science and Technology*, 27, 2227-2235.

Kawamura, K., Kasukabe, H., & Barrie, L.A. (1996a). Source and reaction pathways of dicarboxylic acids, ketoacids and dicarbonyls in Arctic aerosols: one year of observations. *Atmospheric Environment*, 30 (10/11), 1709-1722.

Kawamura, K., Seméré, R., Imai, Y., Fujii, Y., & Hayashi, M. (1996b). Water soluble dicarboxylic acids and related compounds in Antarctic aerosols. *Journal of Geophysical Research*, 101, 18721-18728.

Kawamura, K., & Kaplan, I.R. (1987). Motor exhaust emission as a primary source for dicarboxylic acids in Los Angeles ambient air. *Environmental Science and Technology*, 21, 105-110.

Kawamura, K., &Ikushima, K. (1993). Seasonal changes in the distribution of dicarboxylic acids in the urban atmosphere. *Environmental Science and Technology*, 27, 2227-2233.

Keene, W.C., & Galloway, J.N.(1988). The biogeochemical cycling of formic and acetic acids through the troposphere: an overview of current understanding.*Tellus*, 40B, 322-334.

Kerminen, V.M., Ojanen, C., Pakkanen, T., Hillamo, R., Aurela, M., &Meriläinen, J.(2000). Low-molecular-weight dicarboxylic acids in an urban and rural atmosphere.*Journal of Aerosol Science*, 31 (3), 349-362.

Krivacsy, Z., &Molnar, A. (1998). Size distribution of ions in atmospheric aerosols.*Atmospheric Research*, 46, 279-291.

Kubátová, A., Vermeylen, R., Claeys, M., Cafmeyer, J., Maenhaut, W., Roberts, G., &Artaxo, P. (2000). Carbonaceous aerosol characterization in the Amazon basin, Brazil: novel dicarboxylic acids and related compounds. *Atmospheric Environment*, 34, 5037-5051.

Limbeck, A., &Puxbaum, H. (1999). Organic acids in continental background aerosols. *Atmospheric Environment*, 33, 1847-1852.

Limbeck, A., Puxbaum, H., Otter, L., & Scholes, M.C. (2001). Semivolatile behavior of dicarboxylic acids and other polar organic species at a rural background site (Nylsvley, RSA). *Atmospheric Environment*, 35, 1853-1862.

Limon-Sanchez, M.T., Arriaga-Colina, J.L., Escalona-Segura, S., &Ruíz-Suárez, L.G.(2002). Observations of formic and acetic acids at three sites of Mexico City. *Science of the Total Environment*, 287, 203-212.

Röhrl, A., &Lammel, G. (2001). Low-molecular dicarboxylic acids and glyoxylic acid: seasonal and air mass characteristics. *Environmental Science and Technology*, 35, 95-101.

Röhrl, A., &Lammel, G. (2002). Determination of malic acid and other C_4dicarboxylic acids in atmospheric aerosol samples. *Chemosphere*, 46, 1195-1199.

Saxena, P., Hildemann, L.M., McMurry, P.H., & Seinfeld, J.H. (1995). Organic alter hygroscopic behavior of atmospheric particles. *Journal of Geophysical Research*, 100, 18755-18770

Souza, S.R., Vasconcellos, P.C., &Carvalho, L.R.F. (1999). Low molecular weight carboxylic acids in an urban atmosphere: winter measurements in São Paulo City, Brazil. *Atmospheric Environment*, 33, 2563-2574.

Yu, S., Bi, M., Lin, X., Yao, R., & Tang, X. (1991a). Determination of organic acids by IC with p-toluene sulfonic acid as enffluant. *Analytical Chemistry*, 191, 73-76.

Yu, S., Bi, M., Lin, X., Yao, R., & Tang, X. (1991b). Organic acids in precipitation from Baiyun Mountain, Guanzhou and in cloudwater from Miaoer Mountain, Guangxi.*Acta Scientiae Circumstantiae*, 111, 25-30.

Yu, S.C. (2000). Role of organic acids formic, acetic, pyruvic and oxalic in the formation of cloud condensation nuclei (CCN): a review. *Atmospheric research*, 53, 185-217.

Yao, X., Fang, M., Chan, C.K., & Hu, M. (2003). Formation and size distribution characteristics of ionic species in atmospheric particulate matter in Beijing, China: (2) dicarboxylic acids. *Atmospheric Environment*, 37, 3001-3007.

ผู้เขียน

ขัตติยา สุขประเสริฐ รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล และรศ.ดร.สุวิมลอัศวพิศิษฐ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140 dongbanana@hotmail.com

EN1012: การประเมินการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกและแห้งด้วยวิธีธรรมชาติเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช

Evaluation of wet and dry acid deposition by natural method over the Sakaerat biospheric forest

นิสากร มีจั่น รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล และ รศ.ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ
แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณการตกสะสมของสารกรดเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช สถานที่เก็บตัวอย่างตั้งอยู่ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา การตกสะสมของสารกรดมีทั้งแบบเปียก(สารกรดในน้ำฝน) และแบบแห้ง (สารกรดในอากาศ) ในการตรวจวัดการตกสะสมของสารกรดแบบเปียก น้ำฝนจะถูกเก็บด้วยภาชนะในที่โล่งในขณะที่ฝนตก การเก็บแบบแห้งใช้วิธีเก็บตัวอย่างใบไม้มาวิเคราะห์ในทุก 10 วัน ระยะเวลาเก็บตัวอย่างนาน 6 เดือน ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายนปี 2012 ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณการตกสะสมของสารกรดด้วยเครื่อง Ion Chromatography ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างน้ำฝนมีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 0.15 mS/m ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.54 ซึ่งแสดงสภาวะความเป็นฝนกรดเล็กน้อย ค่าฟลักซ์การตกสะสมแบบเปียกมีค่าเฉลี่ยของ NO_3^-, SO_4^{2-}, $HCOO^-$ และ CH_3COO^- เท่ากับ 0.0366, 0.0466, 0.0014 และ 0.0335 mg/m^2.day ตามลำดับ ส่วนการตกสะสมของสารกรดแบบแห้งพบว่ามีค่าฟลักซ์การตกสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 0.0112, 0.0413, 0.0013 และ 0.0411 mg/m^2.day ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดจะแตกต่างกันในแต่ละเดือน ซึ่งมีผลมาจากปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่น ปัจจัยทางภูมิอากาศ แหล่งปลดปล่อยมลพิษ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีววิทยา

คำสำคัญ: การตกสะสมเปียก, การตกสะสมแห้ง

Abstract

A study of acid deposition was carried out over the Sakarat biosphere forest located at Sakaerat Environmental Research Station in Nakhonratchasima Province. The acid deposition composed of wet deposition (acid components in the rain) and dry deposition (acid components in the air). For the wet deposition, the rain samples were collected by bulk method in the open area when raining. For the dry deposition, the tree leaves were collected every 10 day for a period of 6 months from June to November 2012. All the samples were analysed by an Ion-Chromatography. The study showed that the wet sample had an average electrical conductivity value of 0.15 mS/m. The pH value of 5.54 indicating a slight acidic condition. The average wet deposition of NO_3^-, SO_4^{2-}, $HCOO^-$ and CH_3COO^- were determined to be 0.0366, 0.0466, 0.0014 and 0.0335 mg/m^2.day, respectively. The average dry deposition of the aforementioned ion components were found to be 0.0112, 0.0413, 0.0013 and 0.0411 mg/m^2.day, respectively. The monthly variation of acid deposition could be under some influencing factors such as the climatic conditions, the emission sources and the chemical and biological processes.

Keyworlds: Wet Deposition, Dry Deposition

*** นิสากร มีจั่น**

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล ประธานกรรมการ รศ.ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ ประธานกรรมการร่วม และกรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยตลอดจนการแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างตลอดมา และขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการวิจัย

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังมีการพัฒนาความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในอัตราที่สูงเกิดการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมและการคมนาคมขนส่งอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงต่างๆเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารมลพิษในสภาพแก๊สหรืออนุภาคแขวนลอยออกมาสู่บรรยากาศ สารมลพิษที่เป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดสารกรดในบรรยากาศ (Acid Precursors) ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรก คือ แก๊สออกไซด์ของซัลเฟอร์ ซึ่งรวมถึงแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และแก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และชนิดที่สองคือแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งรวมถึงแก๊สไนตริค ออกไซด์ (NO) และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) แหล่งที่มาของสารมลพิษเหล่านี้ มีทั้งที่เป็นแหล่งธรรมชาติได้แก่ การคุและการระเบิดของภูเขาไฟ ไฟไหม้ป่าตามธรรมชาติ การเน่าเปื่อยและการย่อยสลายของซากพืช สัตว์ และสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ และแหล่งที่มนุษย์สร้างหรือที่เป็นกิจกรรมของมนุษย์ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากรถยนต์ เป็นต้น การตกสะสมของสารกรดเกิดได้ 2 แบบคือ แบบแรก การตกสะสมเปียก (Wet Deposition) เป็นกระบวนการที่แก๊ส SO_2 และแก๊ส NO_x ซึ่งเป็นสารกรดหลักที่ถูกปล่อยออกจากกระบวนการเผาไหม้ทำปฏิกริยากับความชื้นในบรรยากาศกลายเป็นสารประกอบที่มีสภาพเป็นกรดและเมื่อรวมตัวกับเมฆมากขึ้นก็จะกลายเป็นฝน ตกลงมาสู่พื้นดิน เรารู้จักกันดีในชื่อ ฝนกรด หรืออาจจะอยู่ในสภาพหิมะและหมอกในสภาพเป็นกรด แบบที่สอง การตกสะสมแห้ง (Dry Deposition) เป็นการตกของกรดในสภาวะที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ การตกของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน กรดที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกพัดพาไปโดยลม และตกสะสมบนผิวดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง รวมถึงการเข้าสู่ระบบการหายใจของมนุษย์ด้วย ฝนกรดเมื่อตกลงมาในแหล่งน้ำและผิวดินจะทำให้น้ำและดินมีความเป็นกรดมากขึ้น เกิดความเสียหายกับพืช สัตว์ มนุษย์ และระบบนิเวศวิทยารวมทั้งก่อให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุต่างๆ ผลกระทบจากปัญหาฝนกรดไม่ได้เกิดทันทีทันใดแต่จะค่อยๆเป็นค่อยๆไปอย่างช้าๆจากการสะสมมาเป็นระยะเวลาหลายๆปี ขึ้นอยู่กับความไวของตัวรับหรือแหล่งรับ (Chulalongkorn University, 2007) จากผลการศึกษาของ Skeffington (2012) พบว่าสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อกระตกสะสมของสารกรด จากผลการศึกษาของ Devlaeminck (2005) พบว่าการตกสะสมของสารกรดในป่าไม้ในประเทศเบลเยียมมีค่าสูงสุดที่ระยะ 50 เมตรจากขอบป่า การตกสะสมของสารกรดจึงกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระยะยาวระดับประเทศ ภูมิภาค และโลก โดยสารกรดในบรรยากาศและการตกสะสมของกรดเป็นปัญหาที่รุนแรงในประเทศอุตสาหกรรมหรือประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของการตกสะสมสารของกรดจึงมีความสำคัญ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกและแห้งด้วยวิธีธรรมชาติโดยใช้สถานที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาปริมาณการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกและแบบแห้งด้วยวิธีธรรมชาติเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช

2.เพื่อศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่ส่งผลต่อปริมาณการตกสะสมของสารกรดเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช

3.เพื่อศึกษาแหล่งปลดปล่อยสารกรดที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

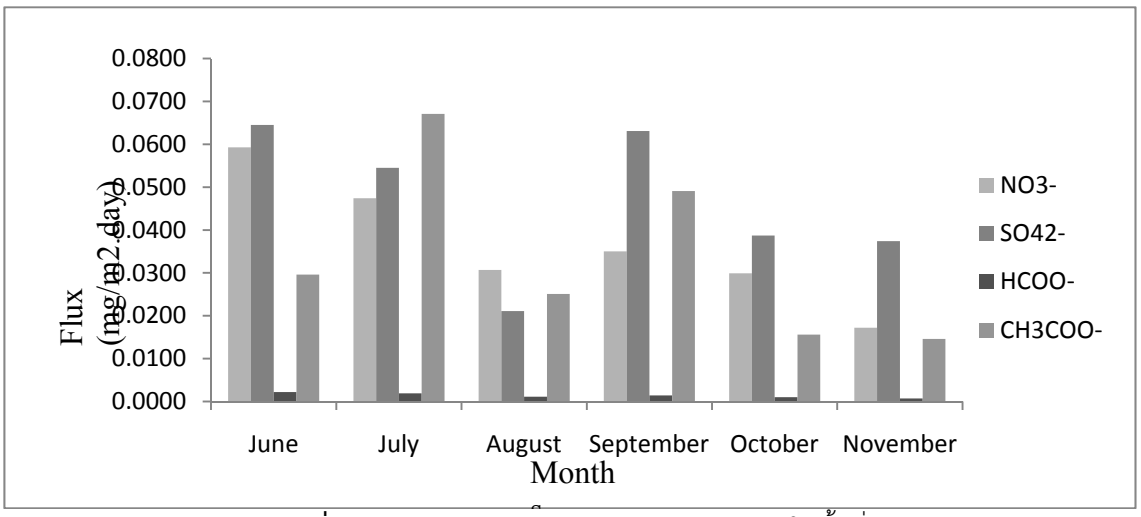
สถานที่เก็บตัวอย่างตั้งอยู่ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่ประมาณ 48,800 ไร่ หรือ 78.08 ตารางกิโลเมตร มีความสูงอยู่ระหว่าง 280 – 762 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง สภาพภูมิอากาศตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นเนื่องจากมีอุณหภูมิและความชื้นในอากาศสูง มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมาก จากรายงานสภาพภูมิอากาศใน

รอบ 30 ปี (พ.ศ. 2515 – 2546) มีอุณหภูมิสูงตลอดทั้งปีเฉลี่ย 26.4 °C มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 88.23 % และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,082.98 มิลลิเมตรต่อปี(Sakaerat station, n.d.) ในการศึกษาการตกสะสมเปียกใช้วิธีเก็บตัวอย่างน้ำฝนมาวิเคราะห์ ด้วยอุปกรณ์เก็บน้ำฝนแบบปริมาณมาก (bulk) โดยทำการเก็บน้ำฝนทุกวันที่มีฝนตก นับเวลาเริ่มต้นของการเก็บตัวอย่างที่ 7.00 น. จนถึง 7.00 น.ของวันถัดไป อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำฝนจะวางในที่โล่ง บนหอคอยสูงจากพื้นดิน 34 เมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งรอบข้าง เช่น น้ำฝนชะจากใบไม้ หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำฝนแล้วจะทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง จากนั้นส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวัดค่าความนำไฟฟ้า(EC) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ทันทีหลังจากได้รับตัวอย่าง จากนั้นกรองตัวอย่างน้ำฝนผ่านแผ่นกรองเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน น้ำที่ได้จากการกรองจะถูกเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารกรดด้วยเครื่องIon Chromatography ส่วนการเก็บตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดแห้งจะใช้วิธีศึกษาปริมาณการตกสะสมบนใบไม้ในช่วงเวลาที่ไม่มีฝนตก โดยการเก็บใบไม้จากต้นไม้ในป่าชีวมณฑลสะแกราช ครั้งละ 20 ใบ ทุก 10 วัน หลังจากเก็บตัวอย่างใบไม้แล้วจะทำการวัดพื้นที่ผิวของใบไม้เพื่อการคำนวณปริมาณการตกสะสมของสารกรดต่อพื้นที่ผิวใบไม้ (Watanabe, M. et al, 2008) จากนั้นส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการสกัดด้วยน้ำ Deionized water ที่มีค่าความนำไฟฟ้าไม่เกิน 0.15 มิลลิซีเมนต์/เมตร ในปริมาตร 20 ml จากนั้นกรองน้ำสกัดด้วยการผ่านชุดกรองที่มีขนาด 0.45 ไมครอน น้ำที่ได้จากการกรองจะถูกเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ในการวิเคราะห์สารกรดนั้นจะวัดค่าอิออนลบของไนเตรต (NO_3^-), ซัลเฟต (SO_4^{2-}), ฟอเมท ($HCOO^-$) และอะซิเตท (CH_3COO^-) ด้วยวิธีการ isocatic (อุณหภูมิ และอัตราการไหลเดียวตลอด 1 รอบ) ด้วยเครื่อง Ion Chromatography (King Mongkut's University of Technology Thonburi , 2012)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการตกสะสมของสารกรดแบบเปียก

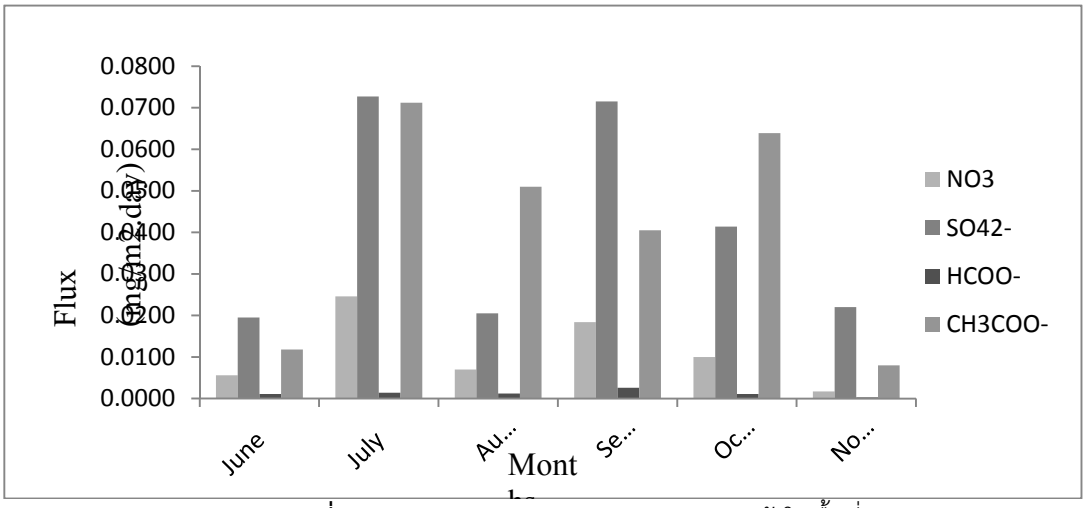
ผลการศึกษาจากจำนวนตัวอย่างน้ำฝนทั้งหมด 70 ตัวอย่างพบว่า ตัวอย่างน้ำฝนมีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 0.15 mS/m และค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.54 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงแนวโน้มสภาวะความเป็นฝนกรด (ค่าต่ำกว่า 5.6 แสดงสภาวะฝนกรด) ค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดแบบเปียกมีค่าเฉลี่ย 6 เดือนจากสูงสุดไปต่ำสุดดังนี้ SO_4^{2-} > NO_3^- > CH_3COO^- > $HCOO^-$ โดยมีค่าเท่ากับ 0.0466, 0.0366, 0.0335 และ 0.0014 mg/m^2.day ตามลำดับ รูปที่ 1 แสดงค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดในแต่ละเดือนโดยค่าฟลักซ์ของ SO_4^{2-} มีค่าสูงสุดในเกือบทุกเดือนที่ตรวจวัด ยกเว้นเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมที่ CH_3COO^- และ NO_3^- สูงสุด ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ปริมาณการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกในพื้นที่ป่าสะแกราช

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการตกสะสมของสารกรดแบบแห้ง

ผลการศึกษาด้วยวิธีตรวจวัดปริมาณการตกสะสมของสารกรดบนใบไม้พบว่า ค่าฟลักซ์ของการตกสะสมของสารกรดแบบแห้งมีค่าเฉลี่ย 6 เดือน จากค่าสูงสุดไปต่ำสุดดังนี้ SO_4^{2-} > NO_3^- > $HCOO^-$ > CH_3COO^- โดยมีค่าเท่ากับ 0.0413, 0.0197 , 0.0411 และ 0.0013 mg/m^2.day ตามลำดับ รูปที่ 2 แสดงค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดในแต่ละเดือน ผลการศึกษาพบว่าในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน จะให้ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ SO_4^{2-} สูงที่สุด ในเดือนสิงหาคมและตุลาคม จะให้ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ CH_3COO^- สูงที่สุด สาร CH_3COO^- เป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งแสดงถึงกระบวนการทางชีววิทยาในน้ำฝนเกิดขึ้นสูงในช่วงการเก็บตัวอย่างน้ำฝนในขณะนั้น ซึ่งควรได้รับการศึกษาถึงอิทธิพลของกรดชนิดนี้ต่อไป

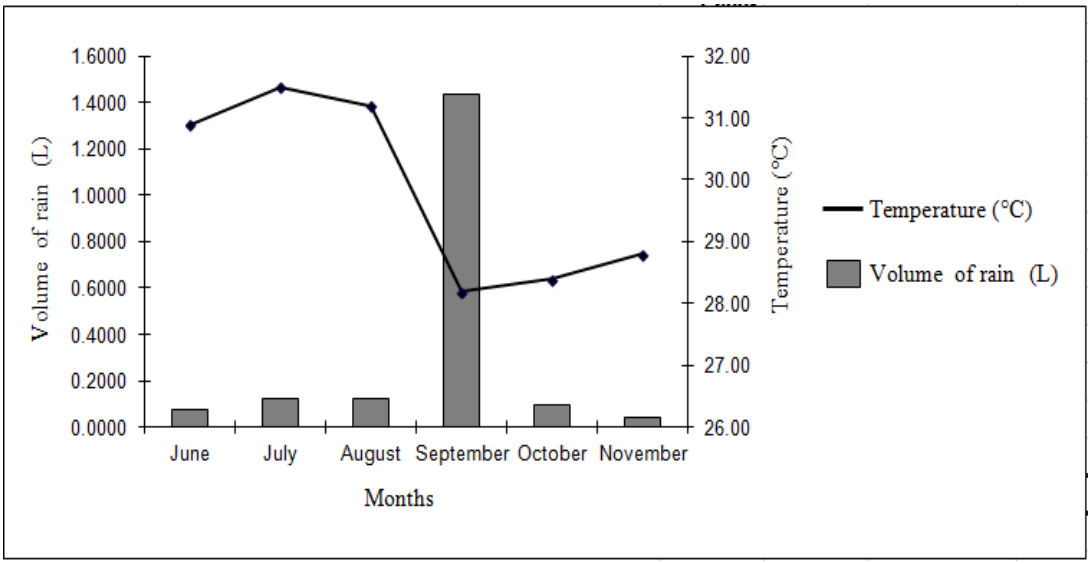


ภาพที่ 2 ปริมาณการตกสะสมของสารกรดแบบแห้งในพื้นที่ป่าสะแกราช

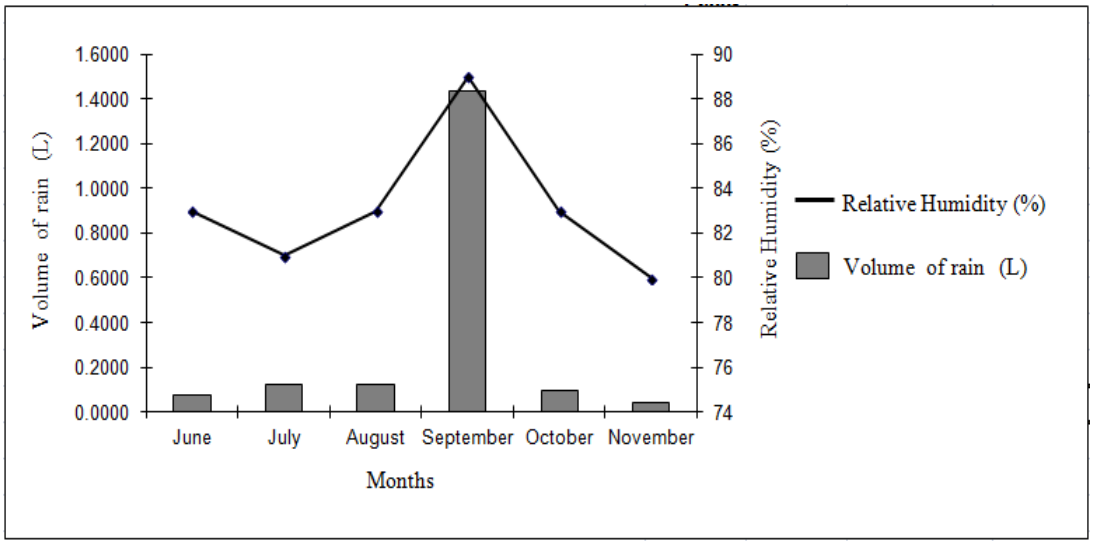
จากการสำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่าง พบว่าแหล่งกำเนิดของสารกรดน่าจะมาจากการเผาไม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคขนส่งและอุตสาหกรรม เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ไม่ไกลจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสารประกอบซัลเฟตและไนเตรต นอกจากนี้การเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถประเภทต่างๆ จากการจารจรน่าจะเป็นอีกสาเหตุหลักที่สำคัญที่ทำให้เกิดสารประกอบซัลเฟตและไนเตรตเนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ใกล้กับทางหลวง 304 ซึ่งมีการจารจรหนาแน่นมากพอสมควร

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ต่อปริมาณการตกสะสมของสารกรด ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 ซึ่งพบว่าตัวแปลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณการตกสะสมของสารกรด (ภาพปที่ 1 และ 2) ภาพที่ 3 เพียงแสดงความสัมพันธ์ว่าเมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากในรอบเดือน อุณหภูมิเฉลี่ยจะลดลงในขณะที่ปริมาณการแปรเปลี่ยนของสารกรดที่ตกสะสมบนพื้นป่าทั้งแบบเปียกและแบบแห้งไม่มีนัยสำคัญ ภาพที่ 4 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนที่ทำการตรวจวัด ซึ่งพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อปริมาณการตกสะสมเช่นกัน แต่ค่าจะไปในแนวทางเดียวกับปริมาณน้ำฝน เพราะหลังฝนตกจะมีความชื้นสูงในบรรยากาศ ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการตกสะสมของสารกรดน่าจะมาจากแหล่งปล่อยที่อยู่ใกล้อาณาบริเวณตรวจวัดโดยตรง



ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิเฉลี่ยที่ทำการตรวจวัดในช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำฝนกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ทำการตรวจวัดในช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน

สรุปผลการทดลอง

จากการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำฝนและใบไม้ในพื้นที่ศึกษา ณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ที่ระยะเวลาเก็บตัวอย่างนาน 6 เดือน ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายนปี 2012 พบว่าค่า ฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดแบบเปียกมีค่าเฉลี่ยของ SO_4^{2-} > NO_3^- > CH_3COO^- > $HCOO^-$ โดยมีค่าเท่ากับ 0.0466, 0.0366, 0.0335 และ 0.0014 mg/m^2.day ตามลำดับ ค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดแบบแห้งมีค่าเฉลี่ยของ SO_4^{2-} > NO_3^- > $HCOO^-$ > CH_3COO^- โดยมีค่าเท่ากับ 0.0413, 0.0197 , 0.0411 และ 0.0013 mg/m^2.day ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าค่าฟลักซ์การตกสะสมของสารกรดจะแตกต่างกันในแต่ละเดือน ซึ่งแตกต่างกัน เช่น ปัจจัยทางภูมิอากาศ แหล่งปลดปล่อยมลพิษ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีววิทยา

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำฝน ควรทำการวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรดด่างทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ทั้งนี้เพราะค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรดด่างจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างใบไม้ ควรทำการเก็บตัวอย่างใบไม้ในวันที่ไม่มีฝนตก เพื่อป้องกันการชะล้างของน้ำฝน และเมื่อเก็บตัวอย่างใบไม้แล้วต้องเก็บไว้ในถุงที่มิดชิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อม

3. ควรทำการติดตามตรวจสอบการตกสะสมของสารกรดอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาสถานการณ์และแนวโน้มการตกสะสมของสารกรดในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราชต่อไป เพราะข้อมูลที่มียังน้อยจึงไม่สารถสรุปผลได้แน่นอน

เอกสารอ้างอิง

Skeffington , R.A., & Hill , T.J. (2012). The effects of a changing pollution climate on throughfall deposition and cycling in a forested area in southern England , *Journal of Since of the Total Environment*, xxx, xxx – xxx.

Devlaeminck, R., Schrijver, A., & Hermy, M. (2005). Variation in throughfall deposition across a deciduous beech (Fagus sylvatica L.) forest edge in Flanders, *Journal of Since of the Total Environment* , 337, 241 – 252.

Watanabe, M., Takamatsu , T., Koshikawa , M., Yamamura , S., & Inubushi , K. (2008).Dry deposition of acidic air pollutants to tree leaves, determined by a modified leaf-washing technique, *Journal of Atmospheric Environment*, 42, 7339 – 7347.

Sakaerat environmental research station, Location and Area. Retrieved July 2, 2012, From http://www.tistr.or.th/sakaerat/ADDRESS.HTM. (in Thai)

Sakaerat environmental research station, Climate. Retrieved July 2, 2012, From http://museum.stkc.go.th/bird/condition.pdf. (in Thai)

King Mongkut's University of Technology Thonburi . (2012). Data collection and sample analysis of acid accumulation in central part of Thailand. Bangkok : Data collection and sample analysis of rain. (in Thai)

Chulalongkorn University. (2007). Air pollution treatment system. Bangkok : Air pollution. (in Thai)

ผู้เขียน

นิสากร มีจั่น สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

EN1013: การแจกแจงขนาดของแอโรซอลในบรรยากาศในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
Size Distribution of Atmospheric Aerosol in Sakaerat Biospheric Forest

สุภาพร โสดานิล พจนีย์ ขุมมงคล และ สุวิมล อัศวพิศิษฐ
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ
แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแจกแจงขนาดของแอโรซอลในบรรยากาศในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช โดยวิธี Eletrical Low Pressure Impactor การเก็บตัวอย่างอากาศใช้ระยะเวลานาน 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-เดือนธันวาคม 2555 ตัวอย่างที่ได้นำมาวิเคราะห์หาจำนวน ขนาดและปริมาณอิออนของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ ไนเตรต และซัลเฟต ผลการศึกษาพบว่าแอโรซอลส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วง 0.03-1µm โดยสารประกอบที่สำคัญที่เป็นสารกรด ได้แก่ ซัลเฟตและไนเตรต ซึ่งตรวจพบว่าส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วงอนุภาคละเอียด (<2.5µm) และอนุภาคหยาบ (>2.5µ) ซัลเฟตมีค่าความเข้มข้น 0.01-0.06µg/m^3 ในช่วงขนาด <2.5µm และ 0.010-0.012µg/m^3 ในช่วงขนาด >2.5µm ไนเตรตมีค่าความเข้มข้น 0.04-0.08µg/m^3 ในช่วงขนาด <2.5µm และ 0.06-0.07µg/m^3 ในช่วงขนาด >2.5µm ในการตรวจวัดความเข้มข้นของสารประกอบในแอโรซอล พบว่าโพแทสเซียมมีค่าความเข้มข้นมากที่สุด รองลงมาเป็นแคลเซียม และไนเตรต โดยมีค่าเท่ากับ 0.1114-0.1348µg/m^3, 0.0696-0.0903µg/m^3, และ 0.0451-0.0761µg/m^3ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของแอโรซอลในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมาก

คำสำคัญ : แอโรซอล, Eletrical Low Pressure Impactor ,การแจกแจงขนาด

Abstract

An eletricle low pressure impactor was used to study of size distribution of aerosol in atmosphere in Sakaerat Biospheric at Phu luang. Wang Num Kiew. Nakhon Ratchasima. The sampling period for 6 months form July-December 2555. The collected samples were then analyzed the size and quantity of ions of Na^+,NH^{4+},K^+,Ca^{2+},Mg^{2+},Cl^-,$NO^{3-}$and SO_4^{2-}. The study results showed that the aerosol in the size range of 0.03-1µm. The important compound is acidic such as sulfate and nitrate. Data shows that sulfate and nitrate existed in both the fine (<2.5µm) and coarse (>2.5µm) particles.The atmospheric concentration of sulfate in the fine and coarse particles varied between 0.01-0.06µg/m^3 and 0.0100-0.0112µg/m^3,respectively. The nitrate concentration were 0.04-0.07µg/m^3 in the fine and 0.04-0.07µg/m^3 in the coarse fraction. To detecting the concentration of the compound in aerosol. The potassium was found to be at the highest concentration of range 0.4-0.5 µg/m^3, followed by calcium of range 0.2-0.35 µg/m^3 and nitrate of range 0.2-0.4 µg/m^3, respeatively. The concentration of aerosol during the day and night, not much diference.

Keywords : Aerosol, Eletrical Low Pressure Impactor, Distribution

ผู้ประสานงาน นางสาวสุภาพร โสดานิล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.สร้อยดาววินิจนันทรัตน์ และ รศ.ดร.มานะ อมรกิจบำรุง กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา แนะนำ แนวคิด ตลอดจนการแก้ปัญหาต่างๆจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์แบบ และขอขอบพระคุณนายทักษิณ อาชวาคม ผู้อำนวยการสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ตลอดจนเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยสะแกราชที่ให้การสนับสนุนให้ใช้สถานที่ในการวิจัยและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอากาศ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความรู้และอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่างงานวิจัยในครั้งนี้

บทนำ

แอโรซอลหรือละอองลอย คือ อนุภาคขนาดเล็กที่ลอยค้างอยู่ในอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลางของแอโรซอลมีขนาดประมาณ 0.001-10 ไมโครเมตร อาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ แอโรซอลจะทำหน้าที่เป็นแกนให้ละอองน้ำจับตัวกัน และสามารถดูดกลืนและสะท้อนแสงอาทิตย์จึงมีอิทธิพลในการควบคุมอุณหภูมิของพื้นโลก (Rungchange, 2009) แอโรซอลสามารถรวมตัวกันแล้วตกลงสู่พื้นดินได้ ซึ่งฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจไปจนถึงชั้นปอดได้ มีผลทำให้เกิดการระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะ เยื่อหุ้มปอดถูกทำลาย เนื่องจากมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด และเป็นมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม ทำให้บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็นได้โดยฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นนั้นอาจมีอนุภาคเป็นทั้งของแข็งหรือกึ่งแข็งที่อยู่ในสภาพกึ่งระเหยประกอบด้วยอนุภาคปฐมภูมิและทุติยภูมิผสมกันอยู่ ซึ่งอนุภาคทุติยภูมิเกิดขึ้นในอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วถูกเปลี่ยนรูปในอากาศโดยปฏิกิริยาทางเคมีและฟิสิกส์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรจากแก๊สไปอยู่ในรูปของอนุภาค ทั้งอนุภาคปฐมภูมิและทุติยภูมิมีช่วงเวลาที่อยู่ในอากาศเป็นระยะเวลายาวนานและสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล เมื่อเวลาผ่านไปนาน เมื่ออนุภาครวมตัวกันมีขนาดเพิ่มขึ้นจนสามารถตกลงสู่พื้นได้ อาจจะส่งผลทำให้ระบบนิเวศถูกทำลายได้ อาคารบ้านเรือน วัสดุต่างๆ ก็เช่นกัน ซึ่งแอโรซอลที่พบในบรรยากาศมีผลโดยตรงต่อพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์เพราะแอโรซอลในบรรยากาศสามารถดูดกลืนและกระเจิงแสงอาทิตย์และรังสีอินฟราเรดในบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวอธิบายความขุ่นมัวของบรรยากาศและเชื่อมโยงกับบรรยากาศที่บ่งบอกถึงมลพิษทางอากาศ ในการศึกษาการแจกแจงขนาดของแอโรซอลในบรรยากาศ เสริม จันทร์ฉาย และดุษฎี ศุขวัฒน์ (2554) ได้ทำการศึกษาแอโรซอลในบรรยากาศและเมฆกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พบว่ามีการแจกแจงขนาดของแอโรซอลในบรรยากาศขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ เนื่องจากละอองในบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการแจกแจงขนาดของแอโรซอล ปัจจัยทางภูมิอากาศและแหล่งปล่อยที่มีผลต่อการเกิดแอโรซอลเหนือพื้นที่ป่าสงวนชีวมณฑลสะแกราช ซึ่งตั้งอยู่ในเขตตำบลภูหลวง อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่ประมาณ 78 ตารางกิโลเมตร(ประมาณ 48,750 ไร่) ตั้งอยู่ในเขตภูเขาที่มีความสูงระหว่าง 280 – 762 เมตร โดยเฉพาะที่ตั้งทำการสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชตั้งอยู่ในระดับความสูง 390 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,260 มิลลิเมตร มีสัตว์ป่าที่สำรวจพบทั้งหมดประมาณ 486 ชนิด ปกคลุมด้วยป่าไม่ที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง(Sakaerat station, n.d.) ในงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มาร่วมใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษา และเป็นแนวทางในการจัดการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์

1 ศึกษาการแจกแจงขนาดของแอโรซอลในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
2 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแอโรซอลและวิเคราะห์หาชนิดอิออนในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

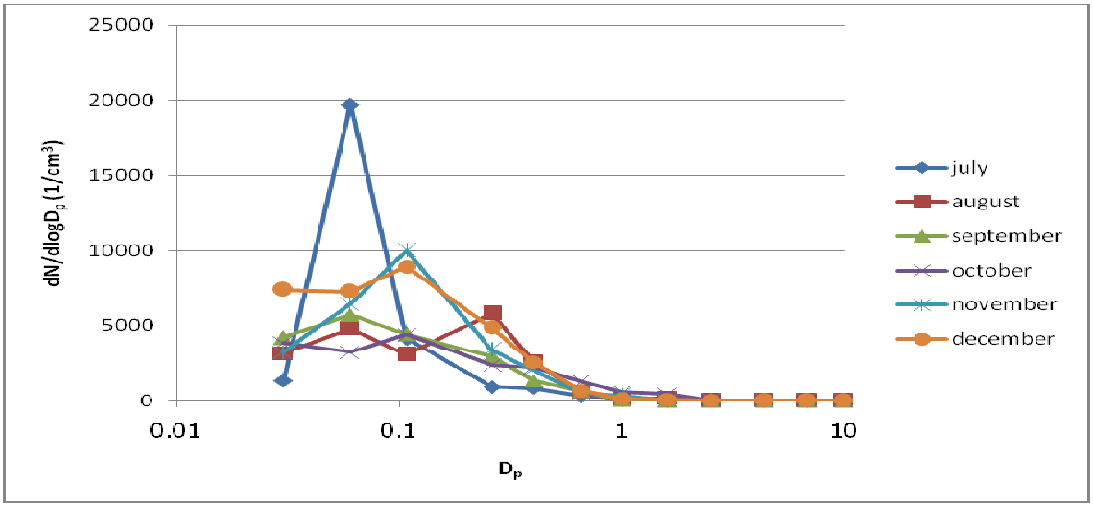
ตัวอย่างแอโรซอลในบรรยากาศในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราชถูกเก็บและวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ Eletrical Low Pressure Impactor (ELPI) ด้วยอัตราการไหล 10 L/min ทำการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งต่อเนื่องกัน โดยทำการเปลี่ยนกระดาษกรองทุก 12 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลต่างของขนาดแอโรซอลที่ได้ระหว่างช่วงกลางวัน (6.00-18.00) และกลางคืน (18.00-6.00) โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างนาน 6 เดือน (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ตัวอย่างที่ได้จะถูกแปลงผลเพื่อหาขนาดของแอโรซอลโดยใช้โปรแกรม ELPIVI 4.0 จากนั้นนำตัวอย่างแอโรซอลที่เก็บบนกระดาษกรองมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณอิออนด้วยเครื่องวิเคราะห์ไอออนเอ็กซ์เชนจ์โครมาโตกราฟี ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์ไอออนของสารอนินทรีย์ และอินทรีย์จำพวกกรดอะมิโนหรือสารอินทรีย์ที่สามารถแสดงประจุ โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างไอออนในสารละลายกับไอออนในของแข็งที่สัมผัสกับสารละลายนั้น (Ramkhamhaeng University, n.d.) ในการวิเคราะห์นั้นจะนำกระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างมาทำการสกัดด้วยน้ำกลั่นในปริมาณ 20ml แล้วทำการกวนด้วยคลื่น

เสียงความถี่สูง (sonicate) เป็นเวลา 20นาที จากนั้นทำการกรอง เมื่อได้สารละลายแล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของอิออนชนิดต่างๆ (Lestari,P. et al., 2003)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การแจกแจงขนาดของแอโรซอล

ผลการศึกษาพบว่าแอโรซอลส่วนใหญ่เป็นอนุภาคละเอียดและมีขนาดอยู่ในช่วง 0.03-1μm ส่วนแอโรซอลที่มีขนาดอนุภาคใหญ่พบจำนวนน้อยมากหรือเกือบไม่พบเลย ดังแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าเดือนกรกฎาคม พฤศจิกายน และเดือนธันวาคม มีจำนวนอนุภาคมากสุด คืออยู่ในช่วง 5,000 ถึง 20,000 ต่อหน่วยปริมาตร เนื่องจากในช่วงที่เก็บตัวอย่างนั้นไม่มีฝนตก ส่วนเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม เป็นช่วงฤดูฝนจึงมีจำนวนอนุภาคน้อยลง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงต่ำกว่า 5,000 ต่อหน่วยปริมาตร สาเหตุเนื่องจากน้ำฝนได้ชะแอโรซอลในบรรยากาศลงมาพร้อมกับน้ำฝน

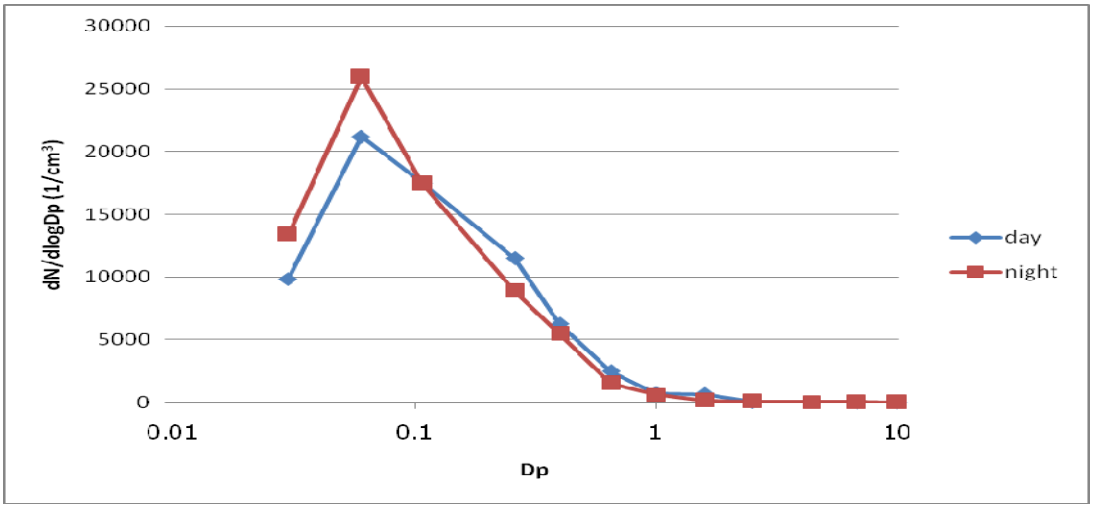


ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับจำนวนของอนุภาคแอโรซอลที่ตรวจวัดในช่วงเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2555

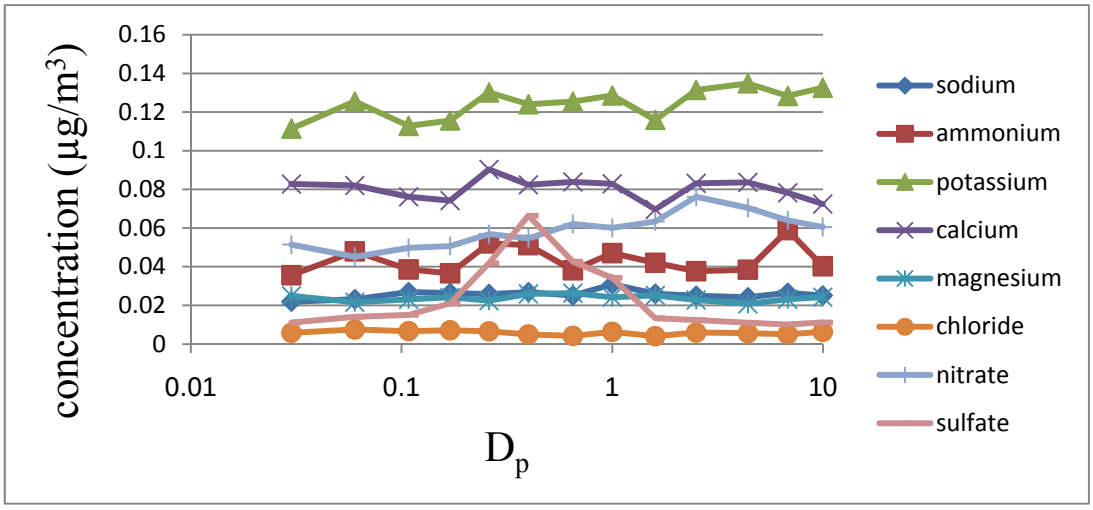
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดและจำนวนอนุภาคในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย 6 เดือน จะเห็นว่าในช่วงที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.1μm จำนวนอนุภาคตอนกลางคืนจะมากกว่าตอนกลางวัน ผลที่ตรวจวัดได้นี้แสดงถึงปัญหาของอนุภาคละเอียดที่แขวนลอยในอากาศในปริมาณสูงในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการคายความร้อนจากดินสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน ทำให้อนุภาคขนาดละเอียดกลับลอยตัวอยู่ในอากาศ

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของอิออน

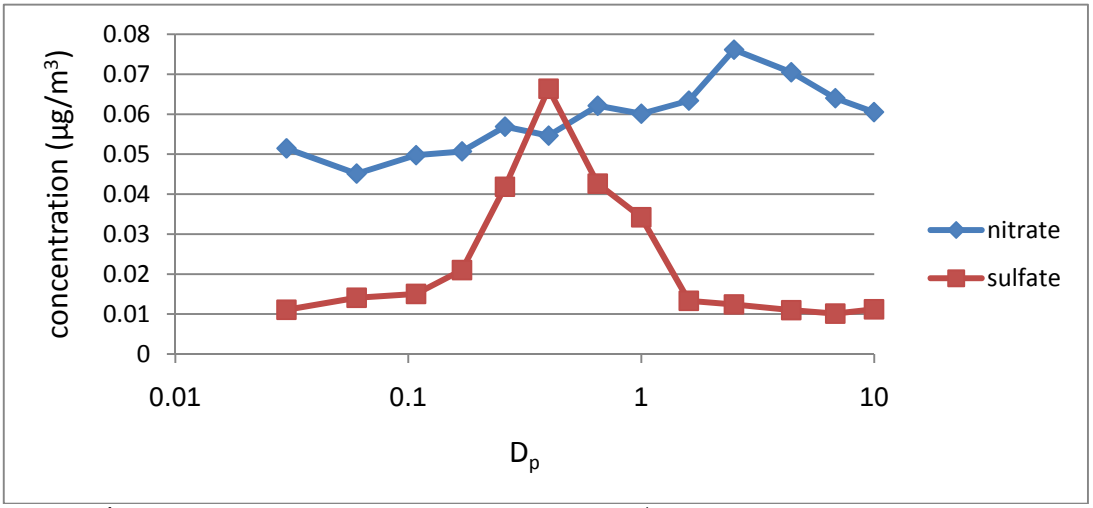
ภาพที่ 3 แสดงปริมาณความเข้มข้นของอิออนที่มีการกระจายขนาดอยู่ในช่วง 0.01-10 μm ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าโพแทสเซียมอิออน (K^+) มีค่าความเข้มข้นมากสุด รองลงมาเป็นแคลเซียมอิออน (Ca^+) และไนเตรตอิออน (NO_3^+) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.1114-0.1348μg/m^3,0.0696-0.0903μg/m^3,และ 0.0451-0.0761μg/m^3 ตามลำดับ ปริมาณความเข้มข้นอิออนมากสุดจะพบในชั้นที่มีขนาด 4.4μm, 0.26μm และ2.5μm ตามลำดับ แคลเซียมอิออนและไนเตรตอิออนที่ตรวจพบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นกรองขนาด <2.5μm ส่วนโพแทสเซียมอิออที่ตรวจพบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นกรองขนาด >2.5μm ส่วนโซเดียมอิออน แมกนีเซียมอิออน และคลอไรด์อิออนตรวจพบในปริมาณความเข้มข้นต่ำแต่มีการกระจายขนาดสม่ำเสมอ



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบจำนวนและขนาดของอนุภาคแอโรซอลในช่วงกลางวันและกลางคืน



ภาพที่ 3 ปริมาณความความเข้มข้นของอิออนกับการกระจายขนาดของอนุภาคในช่วง 0.01-10µm



ภาพที่ 4 แสดงปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตและซัลเฟตที่มีการกระจายขนาดในช่วง 0.01-10µm

สารประกอบสำคัญที่เป็นสารกรด ได้แก่ ไนเตรต และซัลเฟต จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นพบว่าไนเตรตมีปริมาณความเข้มข้นและการแจกแจงขนาดที่สม่ำเสมอมากกว่าซัลเฟต โดยปริมาณความเข้มข้นมากสุดของไนเตรตและซัลเฟตพบในชั้นที่มีขนาด 2.5μm และ 0.4μm ตามลำดับและปริมาณความเข้มน้อยสุดพบในชั้นที่มีขนาด 0.06μm และ 6.8μm ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบไนเตรตที่มีขนาดอนุภาคละเอียด(<2.5μm)มีปริมาณความเข้นอยู่ในช่วง 0.04-0.08 μg/m^3 และมีขนาดอนุภาคหยาบ(>2.5μm)มีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.06-0.07 μg/m^3 ส่วนสารประกอบซัลเฟตมีปริมาณความเข้มข้น 0.01-0.06 μg/m^3 ซึ่งพบในขนาดอนุภาคละเอียด(<2.5μm) และ0.010-0.012 μg/m^3 ซึ่งพบในขนาดอนุภาคหยาบ(>2.5μm) แสดงในภาพที่ 4 จากการสำรวจพื้นที่รอบๆพื้นที่ทำการศึกษาพบว่าสารกรดทั้งสองชนิดนี้มีแหล่งที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม การเผาในที่โล่ง การเผาไหม้ชีวมวล โดยเฉพาะการเผาขยะชุมชน

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการแจกแจงขนาดของแอโรซอลในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าแอโรซอลส่วนใหญ่มีการแจกแจงขนาดอยู่ในช่วง 0.03-1μm และเมื่อเปรียบเทียบขนาดแอโรซอลในช่วงกลางวันและกลางคืนพบว่ามีความแตกต่างไม่มากนัก และจากการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของอิออนพบว่ามีโพแทสเซียมในปริมาณมากสุด รองลงมาเป็นแคลเซียม และไนเตรต ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของอิออนมีแหล่งที่มาจากหลายปัจจัย เช่น อุตสาหกรรม การเผาไหม้ ปัจจัยทางภูมิอากาศ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้เครื่อง ELPI ในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ควรที่จะปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างละเอียดไม่ควรข้ามวิธีการใดวิธีการหนึ่ง และควรตรวจเช็คความถูกต้องของค่าต่างๆ เครื่องปั๊มและสายต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่อง ELPI

2. ควรทำการติดตามตรวจสอบการแจกแจงขนาดแอโรซอลอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาสถานการณ์และแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแอโรซอลในพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราชต่อไป เพราะข้อมูลที่มียังน้อยไม่เพียงพอต่อการประเมินผลที่แน่นอนได้ตลอกทุกฤดูกาล และสามารถใช้เป็นข้อมูลแนวทางในการติดตามคุณภาพอากาศต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Rungchang, A. (2008). *Reliability of Tropospheric Aerosol Volume Backscattering Coefficient Determination Using MIE Scattering Lider*. Master thesis M.Ed. (Physics). Bangkok : Graduate school, Srinakharinwirot University.

Space Agency Company National. (2008). *Aerosol.* Retrieved from http://www.space.mict.go.th/knowledge/studiedreports/Atmospheric_Studied_Report_1.pdf.

Sakaerat Environmetal Research Station, *Location and Area.* Retrieved August 23 , 2012, from www.tistr.or.th/sakaerat/Location/LOCATION.HTM.(in thai)

Ramkhamhaeng University. (n.d.). Ion Exchange Chromatography. Retrieved from http://e-book.ram.edu /e-book/c/CM334/CM334-5.pdf.

Lestari,P., Oskouie,A.K., Noll,K.E. (2003). Size Distributin and Dry Deposition of Particulate Mass, Sulfate and Nitrate in an Urban Area. *Atmospheric Environment*, 37, 2507-2516.

ผู้เขียน

สุภาพร โสดานิล สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140 amor_toma@hotmail.com

EN1014: **สภาวะเหมาะสมการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกชุมชน**
Conditions to pyrolysis system for liquid fuel production from municipal waste plastics

ปกป้อง ฐูอสุวรรณ และ บรรพต ศิริณัฏสมบูรณ์
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี, 1212

บทคัดย่อ

การไพโรไลซิสของพลาสติกจากขยะชุมชนเพื่อผลิตน้ำมันถูกศึกษาในระบบ Pilot scale ที่กำลังการผลิต 6 ตันขยะ/วัน โดยการประมวลผลแบบ Response Surface Method (RSM) สำหรับขอบเขตการศึกษาที่อุณหภูมิเตา 450-520 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของหน่วยให้ความเย็นเพื่อควบแน่น 40-45 องศาเซลเซียส และอัตราป้อนขยะที่ปริมาณ 250-350 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งออกแบบการทดลอง 15 ตัวอย่าง พบว่าการกำหนดให้อุณหภูมิในอุณหภูมิเตาหลอม (Reactor) ในช่วง 490 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของหน่วยให้ความเย็นเพื่อควบแน่นที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และอัตราป้อนขยะที่ปริมาณ 350 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในปริมาณพลาสติก 1 ตันได้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันสูงสุด ประมาณ 790 ลิตร คุณสมบัติน้ำมันที่ได้ผ่านค่ามาตราฐาน ในสภาวะดังกล่าวเหมาะกับการประหยัดพลังงานที่สุด

คำหลัก : ปฏิกิริยาไพโรไลซิส ขยะพลาสติก RSM

Abstract

We investigated a pilot-scale pyrolysis system for liquid fuel production from municipal waste plastics. The system had a capacity of processing 6 metric tons of the waste per day. Our study focused on some of the process parameters including the furnace temperature between 450-520 ^{o}C, the condensation temperature between 40-45 ^{o}C, and the waste feed rate between 250-350 kg/hr. Using an analytical technique of Response Surface Method (RSM), our experimental design analyzed 15 combinations of the process parameters. The result showed that the optimum conditions were the furnace temperature of 490 ^{o}C, the condensation temperature of 42 ^{o}C, and the waste feed rate of 350 kg/hr. With these conditions, the pyrolysis system offered a maximum yield of 790 liters of the liquid fuel per 1 ton of the plastic waste. The produced fuel passed the quality standards and the optimum process conditions resulted in the highest energy efficiency.

Keywords: pyrolysis, municipal plastic waste, RSM

บทนำ

พลาสติกเป็นไฮโดรคาร์บอนที่แปลงรูปแล้วเพื่อการใช้ประโยชน์ ในขณะเดียวกันการใช้ประโยชน์ที่สูงของพลาสติกในแต่ละวันจะทำให้ปริมาณขยะพลาสติกมีสูงเช่นกัน ขยะพลาสติกมีลักษณะเด่นคือยากต่อการย่อยสลาย อันเป็นผลรื้อรังต่อระบบนิเวศน์ การจัดการเปลี่ยนสภาพจากขยะพลาสติกเป็นเชื้อเพลิงเหลว คือกระบวนการที่เรียกว่าไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนแก่สารใดสารหนึ่งเพื่อย่อยสลายโมเลกุลของสารนั้นให้มีขนาดเล็กลงในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อย ซึ่งกระบวนการจะให้ก๊าซและน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์

แม้ว่าจะมีการศึกษามาแล้วจากผู้วิจัยทั้งในและต่างประเทศแต่ส่วนใหญ่พบว่าเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการขนาดตัวอย่างที่มีขนาดเล็กง่ายต่อการควบคุม ค่อนข้างยากที่จะหาผลการศึกษาที่ดำเนินการ ณ พื้นที่จริงหรือขนาดตัวอย่างที่สูง

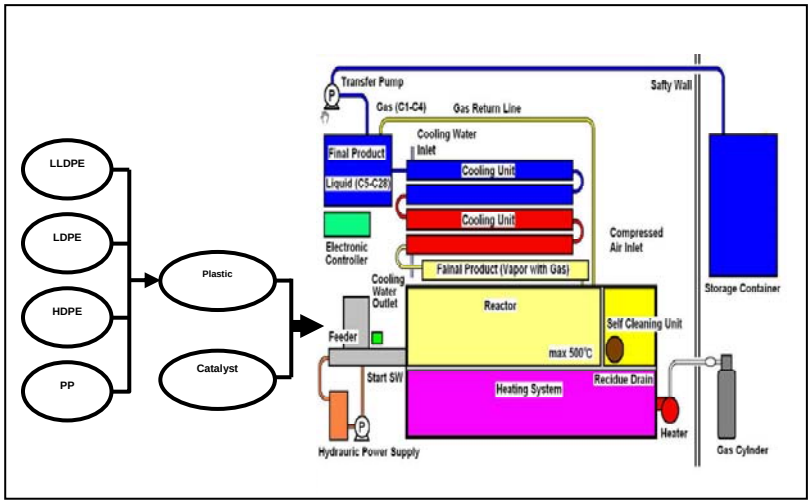
การศึกษาเชิงปฏิบัติจริง (ขนาดการทดลองที่ 300-400 กิโลกรัม/ชั่วโมง) จึงถูกนำมาศึกษา โดยมีจุดประสงค์หลักคือ ลดการสุ่มสภาวะที่ต้องดำเนินการแบบรายวัน โดยคาดหวังว่าจะได้สภาวะที่ระบุได้ชัดเจนในเชิงสถิติภายใต้ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ผ่านค่ามาตราฐานการซื้อขาย

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติก โดยอาศัยการประมวลผลแบบ Response Surface Method (RSM)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. พิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อระบบ เพื่อการ monitor ระบบ
2. ติดตั้งระบบตรวจวัดในเครื่องปฏิกรณ์ Pyrolysis 3 จุดคืออุณหภูมิเตา อุณหภูมิของหน่วยให้ความเย็นเพื่อควบแน่นและจุดอัตราป้อนขยะ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยสามารถบันทึกและตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง
3. ประเมินสภาวะสำหรับการทดลองแบบ Response Surface Method (RSM) โดยโปรแกรม Minitab

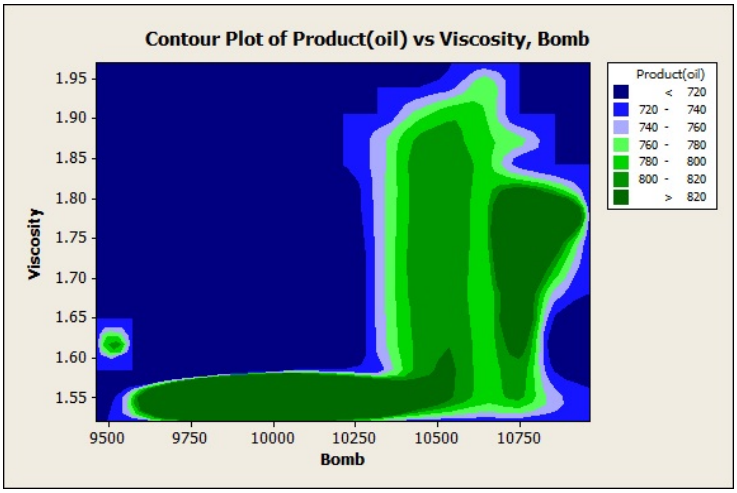


ภาพที่ 1 เครื่องปฏิกรณ์สำหรับ Pyrolysis ขยะพลาสติก

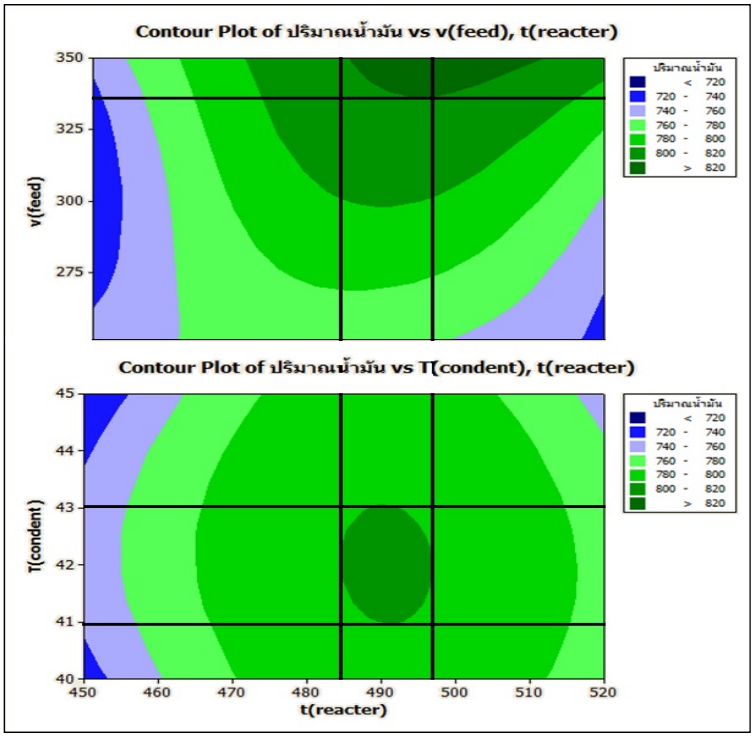
4. ทดสอบการทำงานในช่วงศึกษาตามจุดกำหนดจาก RSM โดยมีช่วงศึกษาที่อุณหภูมิเตาหลอม: 450-520 °ซ อุณหภูมิของหน่วยให้ความเย็นเพื่อควบแน่น 40-45 °ซ และอัตราป้อนขยะ 250-350 กิโลกรัม/ชั่วโมง
5. เก็บผลปริมาณน้ำมัน และวิเคราะห์ ค่าความหนืด (Viscosity) ค่าความร้อน (Heating value) รวมถึงการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์พลังงาน
6. นำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสที่ได้จากการเดินระบบที่ได้ จากการออกแบบการทดลองส่งวิเคราะห์ตามเกณฑ์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไล ซิสที่กำหนด เพื่อซื้อขายจริง

ผลการทดลอง

จากรูปที่ 2 และ 3 พบว่าผลการศึกษาตอบโจทย์ในส่วนของสภาวะที่เหมาะสมได้โดยใช้ปริมาณการป้อนขยะที่ 350 กก./ชม. อุณหภูมิที่ใช้ในการควบแน่นในช่วง 42 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในเตาหลอมในช่วง 490 องศาเซลเซียส ทำการทดลองซ้ำ ดังตารางที่ 1 และทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันจากกระบวนการ ดังตารางที่ 2 สำหรับการประเมินเศรษฐศาสตร์พลังงานโดยการเดินระบบเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานหลักคือแก๊ส ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการ Pyrolysis และคุณสมบัติ



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์น้ำมันภายใต้ตัวแปรต่างๆ ณ อุณหภูมิควบแน่น และอัตราการป้อน และ อุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการออกแบบการเดินระบบเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันจากขยะพลาสติกโดยกระบวนการ Pyrolysis มากที่สุดโดยใช้ปริมาณการป้อนขยะที่ 350 กก./ชม. อุณหภูมิที่ใช้ในการควบแน่นในช่วง 42 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในเตาหลอมในช่วง 490 องศาเซลเซียส แล้วทำการเดินระบบเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันจากการเดินระบบแบบเดิมและการเดินระบบใหม่ที่ทำการปรับปรุงแล้ว โดยการวัดจากปริมาณการใช้แก๊สของระบบ โดยถังแก๊สที่ใช้มีขนาด 48 กิโลกรัม ราคา 880 บาทต่อถัง เป็นเวลา 30 วันที่เดินระบบ ในการเก็บข้อมูลการใช้แก๊สดังแสดงใน (ตารางที่ 4.9) จะเห็น

ได้ว่าการเดินระบบแบบเดิมใช้แก๊สจำนวน 278 ถังและการเดินระบบที่ได้รับการปรับปรุงใช้แก๊สจำนวน 240 ถัง ซึ่งต่างกัน เป็นจำนวน 38 ถังสามารถคิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 33,440 บาท น้ำมันที่ได้สามารถซื้อขายได้จริงตามเกณฑ์คุณสมบัติน้ำมันจากกระบวนการไพโรไลซิส

ตารางที่ 2 ตารางการแสดงผลการทดลองซ้ำ

ครั้งที่	อุณหภูมิเตาหลอม (C°)	อุณหภูมิความเย็นเพื่อควบแน่น (C°)	อัตราการป้อนพลาสติก (Kg/hr)	ปริมาณน้ำมันที่ได้ (Liter)
1	490	42	350	795
2	490	42	350	765
3	490	42	350	810
			เฉลี่ย	**790**

ตารางที่ 3 ตารางการแสดงผลการวิเคราะห์น้ำมัน

ครั้งที่	อุณหภูมิเตาหลอม (C°)	อุณหภูมิความเย็นเพื่อควบแน่น (C°)	อัตราการป้อนพลาสติก (Kg/hr)	ค่าความหนืด (mm^2/s)	ค่าความร้อน (MJ/kg.)
1	490	42	350	1.85	10,800.00
2	490	42	350	1.84	10,800.00
3	490	42	350	1.91	10,847.79

ตารางที่ 4 ตารางการใช้แก๊สในกระบวนการไพโรไลซิสเดิมและระบบที่ปรับปรุงใหม่

วันที่	ระบบเดิม(ถัง)	ระบบใหม่(ถัง)	วันที่	ระบบเดิม(ถัง)	ระบบใหม่(ถัง)
1	9	8	16	9	8
2	10	8	17	9	8
3	9	8	18	10	8
4	9	8	19	9	8
5	10	8	20	9	8
6	9	8	21	10	8
7	9	8	22	9	8
8	10	8	23	9	8
9	9	8	24	9	8
10	9	8	25	10	8
11	9	8	26	9	8
12	9	8	27	9	8
13	9	8	28	10	8
14	10	8	29	9	8
15	9	8	30	9	8
			รวม	**278**	**240**

ข้อเสนอแนะ

การมี Catalyst ในระบบจะมีปัญหาเรื่องการเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาและทำให้ความสามารถของระบบเสียไป ดังนั้น ในที่นี้จะศึกษาในเรื่องของ Thermal pyrolysis เท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

ศิริรัตน์ จิตการค้า (2551) จากขยะสู่น้ำมัน: เทคโนโลยีผลิตพลังงานทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อมสำหรับยานยนต์

A. Williams, Paul T. Williams. (1997). Analysis of products derived from the fast pyrolysis of Plastic waste, **Journal of Analpical and Applied Pyrolysis, 40-41** 347-363

Ayhan Demirbas. (2004). Pyrolysis of municipal plastic wastes for recovery of gasoline-range hydrocarbons, **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, **72** 97–102.

ผู้เขียน

นายปกป้อง ฐออสุวรรณ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี, 1212
Pokpong.win@gmail.com

EN1016: การปรับสภาพผิวและความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูของเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว

(Surface modification and methylene blue adsorption capability of pyrolytic char of used tire)

จริยา คงเจริญ และ *ภาณุ ด่านวานิชกุล

สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู เมื่อใช้เถ้าที่ได้จากกระบวนจากการไพโรไลซิสยางใช้แล้วเป็นตัวดูดซับ โดยศึกษาผลการปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกของเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และความร้อนสูงเปรียบเทียบกับเถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น และผลของค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายเมททิลีนบลูต่อความสามารถในการดูดซับ การศึกษาผลของการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูทดลองโดยนำเถ้าผสมกับสารละลายเมททิลีนบลูที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ จนถึงจุดสมดุล จากนั้นกรองและนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มข้นที่เหลืออยู่ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectroscopy ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 664 นาโนเมตร จากการทดลองพบว่าเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นแล้วมีค่าเฉลี่ยการดูดซับร้อยละ 58.64 ซึ่งมากกว่าเถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกของเถ้าที่กระตุ้นแล้วไม่ได้ทำให้ค่าการดูดซับเพิ่มขึ้น ส่วนผลจากการศึกษาสภาวะความเป็นกรด-เบส พบว่าเถ้าสามารถดูดซับได้สูงสุดในสภาวะที่สารละลายเมททิลีนบลูเป็นเบส โดยมีค่าเฉลี่ยการดูดซับร้อยละ 93.59 นอกจากนี้ยังพบว่าการศึกษาการดูดซับที่สภาวะสมดุล สามารถอธิบายโดยใช้แบบจำลองแลงเมียร์ได้ดีกว่าแบบจำลองฟรุนดลิช โดยค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด (Q^0) ของการดูดซับเมื่อใช้แบบจำลองแลงเมียร์ของเถ้าที่กระตุ้นแล้ว และเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นและนำไปปรับสภาพผิวต่อด้วยกรดไนตริกเท่ากับ 99.010 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 96.154 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : เถ้าไพโรไลซิส ไอโซเทอร์มการดูดซับ จลนพลศาสตร์ของการดูดซับ เมททิลีนบลู

Abstract

In this research, pyrolytic char of used tire was investigated for its kinetics of methylene blue (MB) adsorption. The comparision was made between activated tire chars prepared by NaOH activation and high temperature and non-activated tire chars. The effect of pH on adsorption capacity of MB was also investigated. In the experiment, tire char was mixed with 200 mg/l MB solution and shaken at 120 rounds per minute. The remaining MB concentration at any time was measured with UV-Visible Spectroscopy at 664 nm. Results indicated that the activated tire char had higher adsorption capacity than non-activated tire chars with an average adsorption percentage of 58.64. It was found, however, that treating the activated tire char with HNO3 solution did not increase MB adsorption. When pH was adjusted, the maximum MB adsorption occurred in basic condition with an average adsorption percentage of 93.59. In addition, the adsorption data of two types of activated tire char were more consistent with Langmuir isotherm than with Freundlich isotherm, showing the maximum monolayer adsorption capacity (Q0) of 99.010 mg/g and 96.154 mg/g for untreated activated char and HNO3 treated activated char, respectively.

Keywords : Pyrolytic Char, Adsorption Isotherm, Adsorption Kinetics, Methylene Blue

* **ผู้ประสานงาน** จริยา คงเจริญ

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้ยางธรรมชาติแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์ โดยมีการใช้ยางล้อรถยนต์เป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 60 ของการใช้ยางทั้งหมดในประเทศ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย, 2555) ผลที่ตามมาก็คือ เศษซากยางรถยนต์เก่า และปัญหาในการกำจัดอย่างถูกวิธีต่อไป อย่างไรก็ตาม ยางรถยนต์เก่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการแปรสภาพเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากมีองค์ประกอบหลักคือไฮโดรคาร์บอน โดยยางรถยนต์เก่าได้นำเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิส ได้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ ถ่านชาร์ (char) ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสูง และสามารถนำมากระตุ้นโดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี ได้ผลิตผลเป็นถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น เหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในการดูดซับ เช่น การดูดซับน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่มีสีปนเปื้อน โดยอภิญญา ภูนิคม (2555) ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์และคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ โดยล้างเถ้าที่ได้รับจากกระบวนการไพโรไลซิสด้วยเอทานอลและกรดไฮโดรคลอริก เพื่อกำจัดซัลเฟอร์และสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เพื่อเป็นการเปิดพื้นที่ผิวของถ่าน และทำการกระตุ้นต่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ควบคู่กับการใช้ความร้อน ทำให้ถ่านที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Cuhadaroglu และ Uygun (2008) ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยวิธีกระตุ้นทางเคมี พบว่า เถ้าที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุด ทั้งนี้ Cazetta และคณะ (2011) ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าที่อัตราส่วนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อเถ้าที่มากที่สุดจะให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุด จากนั้นได้นำมาศึกษาการดูดซับเมททิลีนบลูต่อ เพื่อเปรียบเทียบไอโซเทอมการดูดซับที่เหมาะสมที่สุด พบว่าไอโซเทอมของแบบจำลองแลงเมียร์ สามารถอธิบายการดูดซับได้ดีที่สุด และหมู่ฟังก์ชันที่เป็นกรดของถ่านกัมมันต์ซึ่งมีประจุลบ (anionic) จะมีอิทธิพลต่อการดูดซับเมททิลีนบลูซึ่งเป็นสีประเภทประจุบวก (cation dye) ได้ดีขึ้น โดย Hammeed และคณะ (2007) ได้รายงานว่าสีเมททิลีนบลูได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาการดูดซับเนื่องจากสีดังกล่าวสามารถเกาะติดอนุภาคของแข็งได้เป็นอย่างดี

Li และ Sun (2007) ได้ศึกษาการนำอนุภาคนาโนของคาร์บอนแบล็กมาปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริกโดยวิธีรีฟลักซ์ เพื่อให้มีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิกเพิ่มมากขึ้นบนพื้นผิวคาร์บอน เพื่อทำให้มีคุณสมบัติที่ชอบน้ำมากขึ้น และจะสามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำ อย่างไรก็ตาม Shen และคณะ (2008) ได้กล่าวว่าการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดนอกจากจะเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของหมู่กรดแล้ว ยังลดปริมาณแร่ธาตุที่ปนเปื้อนและเพิ่มความชอบน้ำของถ่านกัมมันต์ โดยกรดที่นิยมใช้ในการปรับสภาพเคมีพื้นผิวคือกรดไนตริกและกรดซัลฟิวริก อย่างไรก็ตามการปรับสภาพเคมีพื้นผิวจะลดพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ แต่จะเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของหมู่กรด โดยการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยไนตริกจะเพิ่มปริมาณกลุ่มกรดที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการดูดซับเมททิลีนบลูโดยใช้เถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิส เถ้าที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเถ้าที่ผ่านการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลู

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลูของเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว เถ้าที่ผ่านการกระตุ้นทางเคมีด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเถ้าที่ผ่านการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก

เพื่อศึกษาไอโซเทอมการดูดซับของเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นทางเคมีแล้ว

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จากบริษัท Merck KGaA, กรดไนตริก (HNO_3) จากบริษัท Merck KGaA, เอทธานอล (Ethyl Alcohol) จากบริษัท Merck KGaA, สารละลายเมททิลีนบลู จากบริษัท Ajax Finechem Pty Ltd. และ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) จากบริษัท Merck KGaA

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้

- เตาเผาอุณหภูมิสูง รุ่น TUART SCIENTIFIC FURNAC จาก GREAT BRITAIN
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด เบส รุ่น pH 510 จากบริษัท EUTECH Instruments
- เครื่องเขย่า รุ่น OLS 200 จากบริษัท Grant Instruments (Cambridge) Ltd
- เครื่อง UV-Visible Spectroscopy รุ่น UV-1201 จากบริษัท SHIMADZU
- เครื่องแก้ว
- ขวดพลาสติกพร้อมฝาปิดขนาด 60 มิลลิลิตร

3.3 วิธีการทดลอง

เถ้าที่ใช้ในการทดลองการดูดซับมี 6 ประเภท ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เถ้าประเภทต่างๆ และความหมายของเถ้า

สัญลักษณ์ของเถ้า	ความหมาย
(a)	เถ้าดั้งเดิมที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว
(b)	เถ้าหลังกำจัดซัลเฟอร์และสิ่งปนเปื้อนด้วยเอทานอลและกรดไฮโดรคลอริก
(c)	เถ้า (b) ที่ทำการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก โดยวิธีแช่
(d)	เถ้า (b) ที่ทำการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก โดยวิธีรีฟลักซ์
(e)	เถ้า (b) ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ควบคู่กับการใช้ความร้อน
(f)	เถ้า (e) ที่ทำการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก โดยวิธีรีฟลักซ์

3.3.1 การเตรียมเถ้าประเภท (b) – (e) ดังนี้

เถ้าประเภท (b) โดยการนำเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิส มากำจัดซัลเฟอร์และสิ่งปนเปื้อนออก โดยการล้างด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรอง และล้างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 10 ส่วน จากนั้นล้างต่อด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 10 ส่วน กรอง และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน แบ่งเถ้านี้ไว้จำนวนหนึ่งเพื่อใช้ในการศึกษาการดูดซับเมททิลีนบลู

เถ้าประเภท (c) โดยการนำเถ้า (b) มาปรับสภาพเคมีพื้นผิวแล้วด้วยกรดไนตริก โดยวิธีแช่ ขั้นตอนคือ การนำเถ้า 1 กรัม มาแช่ด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 168 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำอุ่นหลายครั้ง จนกระทั่งค่าความเป็นกรด เบส ของน้ำล้างเริ่มมีค่าคงที่ วัดค่า ความเป็นกรด เบส ได้ประมาณ 4 กรองและอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน

เถ้าประเภท (d) โดยการนำเถ้า (b) มาปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก โดยวิธีรีฟลักซ์ โดยการผสมเถ้า 1 กรัม ด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และนำไปต้มโดยวิธีรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิประมาณ 80 – 90 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง และล้างจนกระทั่งค่าความเป็นกรด เบส คงที่ วัดค่าความเป็นกรด เบส ได้ประมาณ 4 กรอง และอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน

เถ้าประเภท (e) โดยการนำเถ้า (b) 1 ส่วน ผสมกับสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 จำนวน 1 ส่วน เพื่อให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 1 ส่วน (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำออกมาทิ้งให้เย็น จากนั้นล้างเถ้าที่กระตุ้นแล้วเพื่อกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุดตันอยู่ในรูพรุนของเถ้า โดยขั้นตอนการล้างเช่นเดียวกับเถ้าประเภท (b) แต่ล้างจนค่าความเป็นกรด เบส ของน้ำล้างมีค่าเป็นกลาง

เถ้าประเภท (f) โดยการนำเถ้า (e) มาปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก โดยวิธีรีฟลักซ์ ขั้นตอนการทดลองเช่นเดียวกับเถ้าประเภท (d) แต่ล้างจนน้ำล้างมีค่าความเป็นกรด เบส เป็นกลาง

3.3.2 การเตรียมสารละลายเมททิลีนบลู

เตรียมสารละลายเมททิลีนบลูที่ความเข้มข้น 40, 80, 120, 160 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการนำเมททิลีนบลู 1 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ได้สารละลายความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้น เจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ ข้างต้น

3.3.3 การดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู

(1) ศึกษาผลของการดูดซับเถ้าประเภท (a) – (f) โดยการนำเถ้า (a) – (f) ปริมาณ 0.05 มิลลิกรัมใส่ในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายเมททิลีนบลู ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดดังกล่าว เขย่าแรงๆ ให้เข้ากันประมาณ 30 วินาที จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ จนถึงจุดสมดุลของการดูดซับ จากนั้นกรองสารละลายเมททิลีนบลู และนำสารละลายที่ได้ไปวัดความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่โดยใช้เครื่อง UV Visible Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร

(2) ศึกษาผลของความเป็นกรด เบส ของสารละลายเมททิลีนบลู โดยนำเถ้าประเภท (f) มาทำการศึกษาขั้นตอนการทดลอง โดยการปรับค่าความเป็นกรด เบส ของสารละลาย เป็น 3 ค่า ได้แก่ กรด เบส กลาง ดังนี้ 1.99, 6.94 และ 11.45 ตามลำดับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายเมททิลีนบลูเท่ากับ 155.81 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นศึกษาการดูดซับตามขั้นตอนที่ 3.3.3 (1) ข้างต้น ทั้งนี้ กำหนดให้เถ้าที่ใช้ในการศึกษาสภาวะที่เป็น กรด กลาง เบส ดังนี้ (a) acid, (b) neutral และ (c) base ตามลำดับ

(3) ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับสำหรับเถ้าประเภท (e) และ (f) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูเป็น 40, 80, 120, 160 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการศึกษาตามขั้นตอนที่ 3.3.3 (1)

3.3.4 นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลู ตามสมการที่ 1

$$q_t = \frac{C_0 - C_t}{w} . V \qquad (1)$$

เมื่อ q_t คือ ความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลูที่เวลาใดๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม) ที่สมดุลคือ q_e

C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายเมททิลีนบลู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_t คือ ความเข้มข้นสมดุลของสารละลายเมททิลีนบลู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V คือ ปริมาตรของสารละลายเมททิลีนบลู (ลิตร)

W คือ น้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (กรัม)

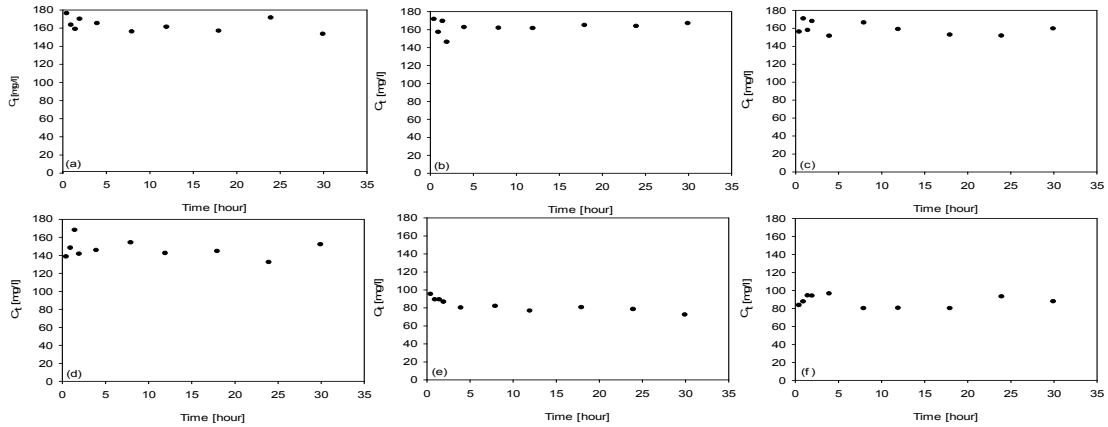
และคำนวณหาร้อยละของการดูดซับเมททิลีนบลู ตามสมการที่ 2

$$\% \, adsorption = \left[\frac{C_0 - C_e}{C_0}\right] x100 \qquad (2)$$

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของการดูดซับของเถ้าประเภท (a) - (f) ที่ไม่ได้ปรับค่าความเป็นกรด เบส

4.1.1 ผลของค่าความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่เหลืออยู่ที่เวลาใดๆ (C_t) เทียบกับเวลา

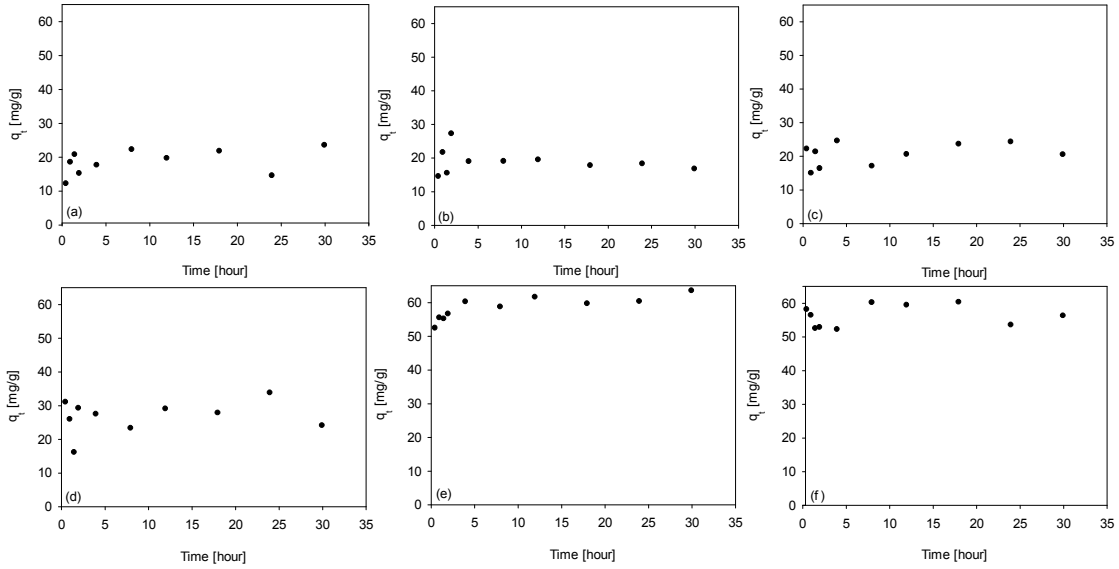


ภาพที่ 1 (a) – (f) ค่าความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่เหลืออยู่ที่เวลาใด ๆ (C_t) ของเถ้า (a) – (f)

ผลการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ของเถ้า (a) – (f) ที่ไม่ได้ปรับความเป็นกรด-เบส ดังแสดงในภาพที่ 1 (a) – (f) จากภาพที่ 1 จะพบว่า เถ้าทุกตัวอย่าง ยกเว้นเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นแบบไม่ปรับสภาพผิว ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของสารละลายเมททิลีนบลูไม่ได้ลดลงตามเวลาโดยเก็บตัวอย่างจาก 11 ขวดที่เวลาแตกต่างกัน เนื่องจากเถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้นทุกตัวอย่าง มีความไม่ชอบน้ำสูง ดังนั้นเมื่อนำไปทดสอบความสามารถการดูดซับที่เวลาต่างๆ จึงไม่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูมีแนวโน้มลดลงตามเวลาเมื่อใช้เถ้าที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และความร้อนสูงเป็นดูดซับ เถ้ามีความชอบน้ำเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการกระตุ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiang และคณะ (2002) ซึ่งกล่าวว่าการกระตุ้นถ่านด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเพิ่มปริมาณหมู่กรดที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (oxygenated acidic surface groups) และจากผลการศึกษาของ Shen และคณะ (2008) ได้สรุปว่าการเพิ่มความเข้มข้นของกลุ่มกรดที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ จะเพิ่มความชอบน้ำของถ่านกัมมันต์ ทำให้กระจายได้ดีในน้ำ และทำให้ความสามารถในการดูดซับดีขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูไม่ได้ลดลงตามเวลาในกรณีที่ใช้เถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่เวลาต่าง ๆ มาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับ พบว่าค่าเฉลี่ยของสารละลายเมททิลีนบลูหลังถูกดูดซับ (C_t) ของตัวอย่าง (a) – (f) เท่ากับ 147.28, 145.64, 136.62, 128.00, 72.00, 79.59 ตามลำดับ ทั้งนี้ เถ้า (e) และ (f) มีค่าเฉลี่ยของ C_t น้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า เถ้าที่ผ่านการกระตุ้นและเถ้าหลังกระตุ้นและนำไปปรับสภาพเคมีพื้นผิวต่อด้วยกรดไนตริกโดยวิธีรีฟลักซ์ มีความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูมากกว่าเถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น

4.1.2 ผลของค่าความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูที่เวลาใด ๆ (q_t)

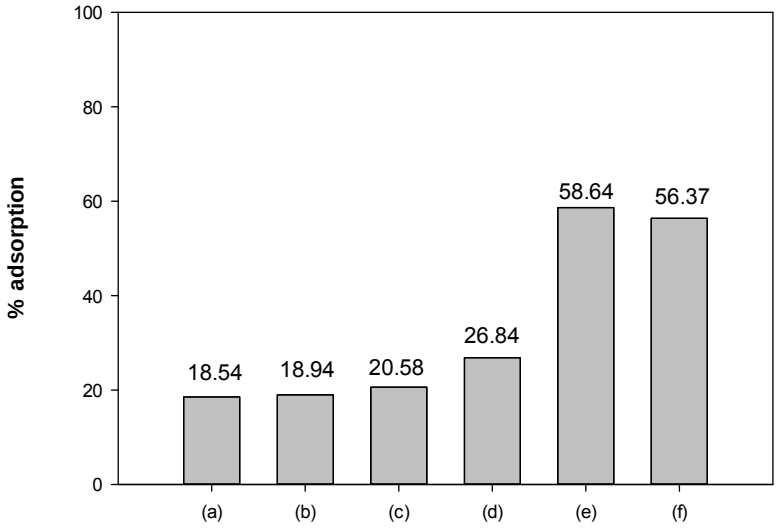
ผลการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู ของเถ้า (a) – (f) ที่ไม่ได้ปรับความเป็นกรด เบส ดังแสดงในภาพที่ 2 (a) – (f) พบว่า เถ้า (a) – (f) มีค่าเฉลี่ยของค่า q_t ดังนี้ 18.493, 18.808, 20.435, 26.648, 58.249, 56.068 ตามลำดับ ทั้งนี้ เถ้า (e) และ (f) มีค่า q_t มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเถ้าที่ผ่านการกระตุ้น และเถ้าหลังกระตุ้นและนำไปปรับสภาพเคมีพื้นผิวต่อด้วยกรดไนตริกโดยวิธีรีฟลักซ์ มีความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูมากกว่า เถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น



ภาพที่ 2 (a) – (f) ค่าความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูที่เวลาใด ๆ (q_t) ของเถ้า (a) – (f)

4.1.3 ผลของค่าร้อยละการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู (% adsorption)

ผลการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ของเถ้า (a) – (f) ที่ไม่ได้ปรับความเป็นกรด เบส ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าเถ้า (e) ซึ่งเป็นเถ้าหลังกระตุ้น สามารถดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูได้มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 58.64 เนื่องจากการกระตุ้นเถ้าโดยการใช้สารเคมีและการใช้ความร้อนควบคู่ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าทำให้มีความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลูได้ดีขึ้น ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับเถ้าหลังกระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริกแบบรีฟลักซ์ที่สามารถดูดซับได้เฉลี่ยร้อยละ 56.37 ในการทดลองนี้ไม่พบว่าการปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกกับเถ้าหลังกระตุ้นจะส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูอย่างชัดเจน จึงได้ทดลองศึกษาความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับที่สมดุลอย่างละเอียดอีกครั้งในหัวข้อถัดไป อย่างไรก็ตามการปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกสามารถเพิ่มความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูได้ในกรณีของเถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น โดยการปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกแบบรีฟลักซ์ทำให้ตัวดูดซับดูดสารละลายเมททิลีนบลูได้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.94 และ 20.59 เป็นร้อยละ 26.84 เมื่อเปรียบเทียบตัวดูดซับที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิว และปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกแบบแช่ เนื่องจากการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริกโดยวิธีรีฟลักซ์ ทำให้มีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิกเพิ่มมากขึ้น จะมีคุณสมบัติที่ชอบน้ำมากขึ้น และจะสามารถกระจายตัวในน้ำได้ดีขึ้น (Li และ Sun, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าการล้างเถ้าด้วยเอทานอลและกรดไฮโดรคลอริกทำให้ความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการล้างเถ้าด้วยเอทานอลและกรดไฮโดรคลอริกเป็นการกำจัดซัลเฟอร์และสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ออก จึงเสมือนเป็นการเปิดพื้นที่ผิวของเถ้าให้มีรูพรุนมากขึ้นนั่นเอง



ภาพที่ 3 ผลของค่าร้อยละการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู (% adsorption) ของเถ้า (a) – (f)

4.2 ไอโซเทอมของการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู

ไอโซเทอมของการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู สำหรับเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นแล้วทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ เถ้า (e) และ เถ้า (f) เป็นการหาความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณเมททิลีนบลูต่อหน่วยน้ำหนักของเถ้ากับความเข้มข้นของเมททิลีนบลูที่เหลืออยู่ที่สภาวะสมดุล ณ อุณหภูมิคงที่ เพื่อศึกษาไอไซเทอมการดูดซับที่เหมาะสม และใช้อธิบายการดูดซับเมททิลีนบลูของเถ้า โดยในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับแบบไอโซเทอมฟรุนดลิช (Freundlich Isotherm) และไอโซเทอมแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการเส้นตรงได้ดังสมการที่ 3 และ 4

สมการเส้นตรงการดูดซับแบบไอโซเทอมฟรุนดลิช (Freundlich Isotherm)

$$\log q_e = \log k + \frac{1}{n}\log C_e \qquad (3)$$

q_e = ปริมาณของตัวถูกดูดซับที่สภาวะสมดุลบนตัวดูดซับหนัก 1 กรัม, มิลลิกรัม/กรัม

C_e = ความเข้มข้นที่จุดสมดุลของตัวถูกดูดซับ, มิลลิกรัม/ลิตร

k = ค่าคงของการดูดซับสมการฟรุนดลิช, (มิลลิกรัม/กรัม)(ลิตร/มิลลิกรัม)$^{1/n}$

n = ค่าคงที่ของการดูดซับสมการฟรุนดลิช ซึ่งแสดงถึงความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

เมื่อพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง log q_e กับ log C_e ที่อุณหภูมิคงที่ จะได้กราฟเส้นตรงจุดตัดแกนสามารถนำมาหาค่า k ได้ และความชันของกราฟเป็น 1/n จึงสามารถหาค่า n ได้ ทั้งนี้ Alkan และคณะ (2007) ได้อธิบายถึงค่าคงที่ n ไว้ 3 กรณี ดังนี้ เมื่อ n = 1 แสดงว่ามีสิ่งขวางกั้นระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ ซึ่งจะไม่ขึ้นกับค่าความเข้มข้น เมื่อ 1/n น้อยกว่า 1 แสดงว่าการดูดซับเป็นแบบแลงเมียร์ และเมื่อ 1/n มากกว่า 1 แสดงว่าการดูดซับเกิดขึ้นร่วมกัน

สมการเส้นตรงแบบจำลองของไอโซเทอมแลงเมียร์

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bQ^0} + \frac{C_e}{Q^0} \qquad (4)$$

q_e = ปริมาณของตัวถูกดูดซับที่สภาวะสมดุลบนตัวดูดซับหนัก 1 กรัม, มิลลิกรัม/กรัม

C_e = ความเข้มข้นที่จุดสมดุลของตัวถูกดูดซับ, มิลลิกรัม/ลิตร

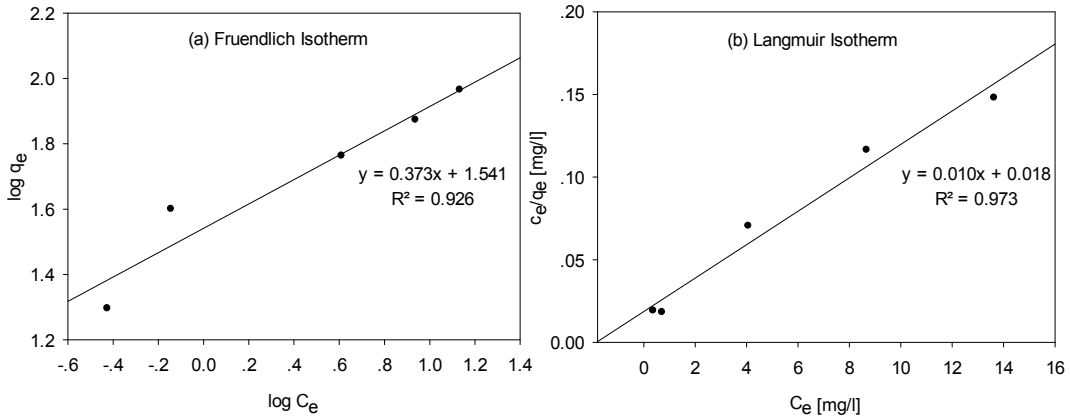
Q^0 = ความสามารถในการดูดซับแบบชั้นเดียวที่สูงที่สุด, มิลลิกรัม/กรัม

b = ค่าคงที่การดูดซับแบบแลงเมียร์, ลิตร/มิลลิกรัม

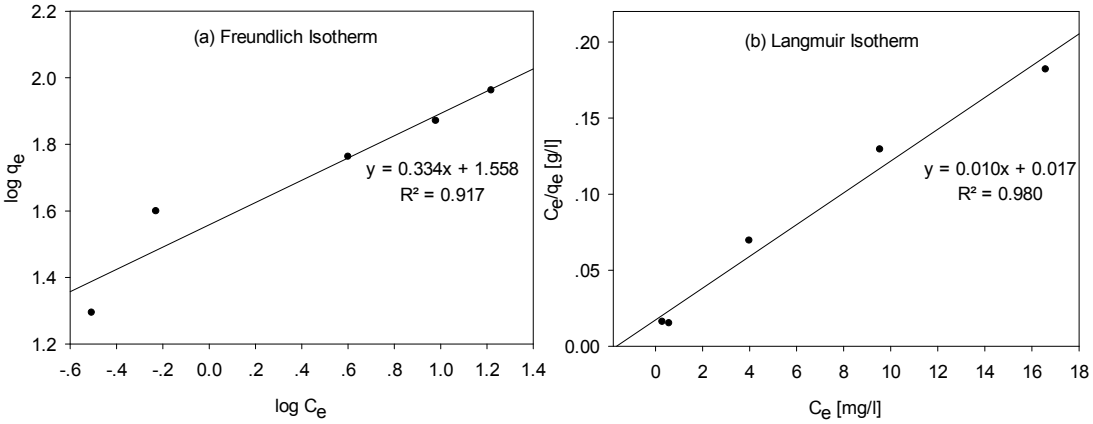
เมื่อพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง C_e/q_e และ C_e จะได้กราฟเส้นตรงมีจุดตัดแกนเป็น $1/(bQ^0)$ และมีความชันเท่ากับ $1/Q^0$

นำข้อมูลการดูดซับที่จุดสมดุลของเถ้าที่กระตุ้นแล้ว และเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิวไปพล็อตไอโซเทอมตามแบบจำลองฟรุนดลิช และแบบจำลองแลงเมียร์ ดังแสดงในภาพที่ 4 (a), (b) และในภาพที่ 5 (a), (b) พบว่า การดูดซับของเถ้าทั้งสองประเภทเป็นไปตามแบบจำลองของแลงเมียร์ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ใกล้เคียง 1 มากกว่าแบบจำลองฟรุนดลิช โดยมีค่าคงที่ตามแบบจำลองฟรุนดลิชและแลงเมียร์ในตารางที่ 2

เมื่อพิจารณาแบบจำลองแลงเมียร์ พบว่าที่ความเข้มข้นที่จุดสมดุลของตัวถูกดูดซับที่ค่าต่ำๆ ค่า q_e แปรผันตรงกับค่าคงที่แลงเมียร์ (b) คูณกับค่าความสามารถในการดูดซับแบบชั้นเดียวที่สูงที่สุด (Q^0) และจากตารางที่ 2 พบว่า ค่า $\mathbf{b \times Q^0}$ ของเถ้าหลังกระตุ้นและปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกแบบรีฟลักซ์ มีค่าสูงกว่าเถ้าหลังกระตุ้นแต่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิว นั่นแสดงให้เห็นว่าเถ้าหลังกระตุ้นและปรับสภาพผิวด้วยกรดไนตริกแบบรีฟลักซ์ สามารถดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูได้ดีกว่าเถ้าหลังกระตุ้นแต่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิว เมื่อความเข้มข้นที่จุดสมดุลของตัวถูกดูดซับมีค่าไม่สูงมากนั่นเอง



ภาพที่ 4 (a) และ (b) ค่าการดูดซับตามแบบจำลองไอโซเทอมของฟรุนดลิชและแลงเมียร์ของเถ้าที่กระตุ้นแล้ว



ภาพที่ 5 (a) และ (b) ค่าการดูดซับตามแบบจำลองไอโซเทอมของฟรุนดลิชและแลงเมียร์ของเถ้าที่กระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิวโดยวิธีรีฟลักซ์

ตารางที่ 2 ค่าคงที่ตามแบบจำลองฟรุนดลิชและแบบจำลองแลงเมียร์

ประเภทเถ้า	แบบจำลองฟรุนดลิช			แบบจำลองแลงเมียร์			
	n	k (mg/g)(l/mg)1/n	R^2	Q^0 (mg/g)	b (l/mg)	R^2	b x Q^0
เถ้ากระตุ้นแล้ว	0.37	34.79	0.93	99.01	0.54	0.97	53.47
เถ้ากระตุ้นและรีฟลักซ์	0.33	36.16	0.92	96.15	0.60	0.98	57.69

4.3 ผลของการดูดซับของเถ้าประเภท (f) ที่ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายเมททิลีนบลูต่างกัน

ผลการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู ความเข้มข้นเริ่มต้น 155.81 มิลลิกรัมต่อลิตรของเถ้า (f) ซึ่งเป็นเถ้าที่กระตุ้นแล้วและผ่านการปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริกแบบรีฟลักซ์ โดยมีการปรับค่าความเป็นกรด เบส ของสารละลายเมททิลีนบลูให้เป็น 2 7 และ 11.5 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูของเถ้า (f) ที่ความเป็นกรด-เบสของสารละลายเมททิลีนบลูต่างกัน

ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายเมททิลีนบลู	ความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความสามารถในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)	ร้อยละการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุล (% adsorption)
2	74.051	40.078	52.47
7	42.462	55.563	72.75
11.5	8.821	70.495	94.34

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อสารละลายเมททิลีนบลูมีสภาวะเป็นเบส (ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 11.5) ความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุลมีค่าน้อยที่สุด คือ 8.821 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือสารละลายเมททิลีนบลูมีสภาวะเป็นกลาง (ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7) ความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุลเท่ากับ 42.462 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อสารละลายเมททิลีนบลูมีสภาวะเป็นกรด (ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 2) ความเข้มข้นของสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุลเท่ากับ 74.051 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กล่าวคือ ตัวดูดซับสามารถดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูได้มากที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะเป็นเบสนั่นเอง ดังจะเห็นได้จากค่าความสามารถในการดูดซับที่จุดสมดุล (q_e) ของตัวดูดซับที่สามารถดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูได้ 70.495, 55.563 และ 40.078 มิลลิกรัมต่อกรัม และจากค่าร้อยละการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลูที่จุดสมดุลเท่ากับ 52.74, 72.75 และ 94.34 เมื่อสารละลายเมททิลีนบลูมีสภาวะเป็นกรด กลาง และเบส ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Zhou และ Chen (2010) ซึ่งได้ทำการดูดซับโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ [Cr (VI)] ด้วยถ่านกัมมันต์ซึ่งผ่านการกระตุ้นด้วยโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ และปรับสภาพเคมีพื้นผิวต่อด้วยกรดไนตริก พบว่า ที่ค่าความเป็นกรด เบส สูง ถ่านกัมมันต์จะมีอัตราการดูดซับ Cr(VI) เพิ่มขึ้น ซึ่งจะแปรผันตรงกับปริมาณหมู่กรดบนพื้นผิวถ่านที่เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามที่ค่าความเป็นกรด เบส ต่ำ การเพิ่มปริมาณหมู่กรดบนพื้นผิวถ่านกัมมันต์ไม่ได้ส่งผลต่อการดูดซับ Cr(VI) แต่อย่างใด

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง พบว่าเถ้าที่นำมากระตุ้นด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ควบคู่กับการใช้ความร้อน และเถ้าหลังกระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริกแบบรีฟลักซ์ มีความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลูมากกว่าเถ้าที่ไม่ผ่านการกระตุ้น และเมื่อทำการศึกษาผลของค่าความเป็นกรด เบสของเถ้าที่กระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิวด้วยกรดไนตริก พบว่า เถ้าสามารถดูดซับได้ดีในสภาวะที่สารละลายเมททิลีนบลูเป็นเบส ผลจากการไอโซเทอมการดูดซับที่เหมาะสมสำหรับเถ้าหลังการกระตุ้น และเถ้าที่ผ่านการกระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิวคือไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ โดยมีความสามารถในการดูดซับสูงสุดแบบชั้นเดียวสำหรับเถ้าที่กระตุ้นแล้ว เท่ากับ 99.010 มิลลิกรัมต่อกรัม และ เถ้าที่ผ่านการกระตุ้นและปรับสภาพเคมีพื้นผิว เท่ากับ 96.154 มิลลิกรัมต่อกรัม

อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการศึกษาถึงหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ บนพื้นผิวเถ้าแต่ละประเภทต่อไป เพื่อศึกษาคุณสมบัติของหมู่ฟังก์ชันที่ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับเมททิลีนบลู

เอกสารอ้างอิง

อภิญญา ภูนิคม. (2555) *การเตรียมและศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว.* มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.

Andre L. Cazetta, Alexandro M.M. Vargas, Eurica M. Nogami, Marcos H. Kunita,Marcos R. Guilherme, Alessandro C. Martins, Tais L. Silva, Juliana C.G. Moraes, Vitor C. Almeida. (2011). NaOH-activated carbon of high surface area produced from coconut shell : Kinetics and equilibrium studies from themethylene blue adsorption. ***Journal of Chemical Engineering***, 174, 117-125

B.H. Hammed, A.T.M. Din, A.L. Ahmad. (2007). Adsorption of methylen blue onto Bamboo-based activated carbon: kinetics and equilibrium studies. ***Journal of Hazard Mater***, 141, 819-825

Dapeng Li, Gang Sun. (2007). Coloration of textiles with self-dispersible carbon black nanoparticles. ***Journal of dyes and pigments,*** 72, 144-149

Dilek Cuhadaroglu, Oznur Aydemir Uygun. (2008). Production and characterization of activated carbon from a bituminous coal by chemical activation. ***African Journal of Biotechnology,*** 7(20), 3703-3710

Hualei Zhou and Yunfa Chen. (2010). Effect of acidic surface functional groups on Cr(VI) removal by activated carbon from aqueous solution. ***Journal rare metals***, 29, 333-338

Wenzhong Shen, Zhijie Li, Yihong Liu. (2008). Surface chemical functional groups modification of porous carbon. ***Journal of Recent Ratents on Chemical Engineering,*** 1, 27-40

ผู้เขียน

นางสาวจริยา คงเจริญ

นักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Email: chariya_kongcharoen@yahoo.com

รศ.ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เลขที่ 99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Email: dpanu@engr.tu.ac.th

EN1020: ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำจากการจัดการก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มสุกรด้วยระบบก๊าซชีวภาพ

Low Carbon Footprint of Pork Sausages from Greenhouse Gas Management in Pig Farm with Biogas System

อภิวรรณ สุวรรณนที[1*] รัตนาวรรณ มั่งคั่ง[1, 2] และ แซบเบียร์ กีวาลา[3]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1072 เกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10903

[2] ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1072 เกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10903

[3] บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Abstract

Agriculture sector emits greenhouse gas (GHG) significantly especially from pig farms, which contributes to methane emissions approximately 28% of total emission. As a consequence, bio-gas system is applied for GHG reduction. This has led to the assessment of carbon footprint values of pork sausage based on pork meat from pig farms with and without biogas systems. The selected product was the pork sausage exporting to Japan to anticipate the declaration of carbon footprint information for consumers. The scope of carbon footprinting was business-to-business and the functional unit was set as 350 g based on the sold unit. Primary data of activity data were collected from the direct activities associated with studied company: feed mill, pig farms (6 farms with biogas and another 6 farms without biogas systems), slaughter house and further processing plant. The data collections were from annual production between August, 2011 to July, 2012. The related emission factors were gathered from the national life cycle inventory databases, supplemented by international databases when necessary. The results showed that the carbon footprint of pork sausages using pork meat from the pig farms with biogas system was 0.896 $kgCO_2e$ whereas that of pork sausages using pork meat from the pig farms without biogas system was 1.125 $kgCO_2e$. The major source of GHG emissions was from pig farm, feed production and slaughter contributing 70 %, 15% and 8 % of the total carbon footprint value, respectively. It was revealed that GHG management by applying biogas systems could potentially reduce GHG for about 20%. It also resulted in the lower carbon footprint of Thai pork sausage as compared to Japanese pork sausage (which was 1.566 $kgCO_2e$).

Keywords: biogas pig farm, carbon footprint, greenhouse gas management, pork sausages

บทคัดย่อ

ภาคเกษตรกรรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะฟาร์มสุกรที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงร้อยละ 28 ทำให้มีการประยุกต์ใช้ระบบก๊าซชีวภาพเพื่อจัดการก๊าซเรือนกระจก นำไปสู่การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบกับฟาร์มสุกรที่ ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ โดยเลือกผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่จำหน่ายไปยังประเทศญี่ปุ่น เพื่อเตรียมความพร้อมในการแสดงข้อมูลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อผู้บริโภค กำหนดขอบเขตการประเมินแบบระหว่างองค์ธุรกิจกับองค์กรธุรกิจ และหน่วยผลิตภัณฑ์ คือไส้กรอกหมูขนาด 350 กรัม ตามขนาดบรรจุที่จัดจำหน่าย โดยรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการผลิต ณ ฟาร์ม โรงงานผลิตอาหารสัตว์ โรงชำแหละ และโรงงานแปรรูป จากการผลิตประจำของปีระหว่างเดือนสิงหาคม 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม 2555 ครอบคลุมฟาร์มสุกรขนาดกลางที่มีระบบก๊าซชีวภาพ จำนวน 6 ฟาร์ม และฟาร์มสุกรไม่มีระบบชีวภาพ จำนวน 6 ฟาร์ม และรวบรวมข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตประเทศไทยและต่างประเทศ (ในกรณีที่จำเป็น) ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มสุกรก๊าซชีวภาพ มีค่า 0.896 $kgCO_2e$ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพมีค่า 1.125 $kgCO_2e$ โดยมีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดจากขั้นตอนการเลี้ยงสุกรระดับฟาร์ม การผลิตอาหารสัตว์ และการชำแหละ เท่ากับร้อยละ 70, 15 และ 8 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า ผลจากการจัดการก๊าซเรือนกระจกด้วยระบบก๊าซชีวภาพทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ของสุกรจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพมีค่าต่ำกว่าฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพกว่าร้อยละ 20 และมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูของประเทศญี่ปุ่น (1.566 $kgCO_2e$)

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การจัดการก๊าซเรือนกระจก ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ฟาร์มสุกรก๊าซชีวภาพ

*** อภิวรรณ สุวรรณนที**

กิตติกรรมประกาศ ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว.-อุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (*MAG* Window *I*) และบริษัทเบทาโกรไฮบริด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากเนื้อสุกรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรแก่ประเทศคู่ค้าหลัก ได้แก่ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ ฮ่องกง สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา (สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก, 2550) เพิ่มขึ้นจาก 1,329 ตันต่อปี ในปี พ.ศ. 2544 เป็น 7,470 ต่อปี ในปี พ.ศ.2553 ที่มีการส่งออกไปยังญี่ปุ่นสูงถึงร้อยละ 92 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ผลจากความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้มีการเพิ่มกำลังการผลิตของฟาร์มสุกร และอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสุกร อย่างไรก็ตาม พบว่า ฟาร์มสุกร เป็นกิจกรรมการผลิตที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนสูงถึงร้อยละ 28 จากภาคเกษตรกรรม (รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2, 2553) อันเป็นสาเหตุหนึ่งของสภาวะ โลกร้อนที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงทำให้มีการส่งเสริมการประยุกต์ใช้ระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas system) ในฟาร์มสุกรเพื่อจัดการของเสียและมูลสัตว์ นำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์เป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะก๊าซมีเทนมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะ โลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า ในขณะเดียวกันกระแสเรียกร้องให้มีการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผู้บริโภคทั้งในภาคการผลิตและการบริโภคได้เพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งคาดการณ์ว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจาก ฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของบริษัทในการเตรียมความพร้อมติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ อีกทั้งเพื่อหาแนวทางการลดปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการผลิต และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

วัตถุประสงค์

ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบกับฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างภาคสนาม ได้แก่ แผ่นตารางเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการประเมิน วัฏจักรชีวิต (SimaPro version 7.3.3)

1. วิธีการทดลอง

วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูใช้วิธีการวิเคราะห์ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ภายใต้โครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2554) มาตรฐาน Japanese Technical Guideline ของประเทศญี่ปุ่น และข้อกำหนดเฉพาะรายผลิตภัณฑ์ของประเทศญี่ปุ่น Product Category Rule of "Ham & Sausage" (Japanese) (PCR: PA-AI-03, 2010)

2.1 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ผลิตภัณฑ์ที่สนใจศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู กำหนดขอบเขตการประวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบระหว่างองค์กรธุรกิจกับองค์กรธุรกิจ (Business-to-Business: B2B) ครอบคลุมตั้งแต่ การผลิตวัตถุดิบ การเลี้ยงสุกรระดับฟาร์ม การผลิตอาหารสัตว์ การชำแหละ กระบวนการผลิต และการ จัดจำหน่ายไปยังคู่ค้าธุรกิจ (สิ้นสุดหน้าโรงงาน) นอกจากนี้กำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Functional unit) คือ ไส้กรอกหมู ขนาด 350 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกขนาด 70 กรัม บรรจุ 32 ถุงต่อ กล่องกระดาษลูกฟูก (รวมเป็นน้ำหนักสุทธิ 11.2 กิโลกรัม) ตามขนาดบรรจุที่จัดจำหน่ายไปยังประเทศญี่ปุ่น

2.2 วิธีการรวบรวมข้อมูล

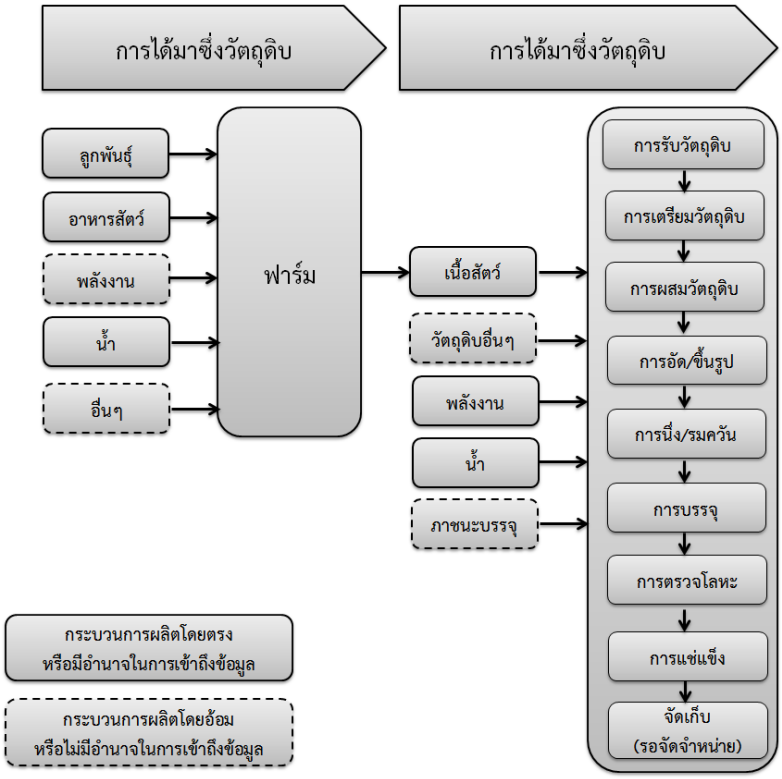
จากขอบเขตวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ทำการสร้างแผนผังการไหลแสดงกิจกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู (ภาพที่ 1) จากนั้น จำแนกข้อมูลสารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบและพลังงาน และข้อมูลสารขาออก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์หลัก ผลิตภัณฑ์ร่วม ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่การวางแผนดำเนินการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยเก็บข้อมูลการผลิตประจำปีระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 โดยรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการผลิต ณ ฟาร์ม โรงงาน ผลิตอาหารสัตว์ โรงชำแหละ และโรงงานแปรรูป จากการผลิตประจำของปีระหว่างเดือนสิงหาคม 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม 2555 ครอบคลุมฟาร์มสุกรขนาดกลางที่มีระบบก๊าซชีวภาพ จำนวน 6 ฟาร์ม และฟาร์มสุกรไม่มีระบบชีวภาพ จำนวน 6 ฟาร์ม โดยมีพื้นที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในจังหวัดลพบุรี และรวบรวมข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตประเทศไทยและต่างประเทศ (ในกรณีที่จำเป็น)

2.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ อาศัยวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู แสดงผลในเชิงปริมาณ คือ เทียบเท่ากับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกิโลกรัม ($kgCO_2e$) โดยอาศัยข้อมูลมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เทียบกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้มีการปันส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม (ตัวอย่าง เช่น สุกรขุนและสุกรคัดทิ้ง รวมทั้ง สุกรที่คัดเลือกสำหรับเป็นแม่สุกรพันธุ์) ด้วยน้ำหนัก ตามข้อกำหนดเฉพาะรายผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นด้วย

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (ตารางที่ 1 และ 2) พบว่า เนื้อหมู ณ ฟาร์มสุกร ที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไส้กรอกจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 1.920 $kgCO_2e$ และเนื้อหมูจากฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 2.486 $kgCO_2e$ (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 1 ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูแบบ Business-to-Business

ตารางที่ 1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปลานิลจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพ

รายการ	หน่วย	ฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพ					
		ฟาร์มที่ 1	ฟาร์มที่ 2	ฟาร์มที่ 3	ฟาร์มที่ 4	ฟาร์มที่ 5	ฟาร์มที่ 6
สารขาเข้า							
ลูกสุกร	no	2,418	3,770	4,107	3,033	2,756	3,051
อาหารสัตว์	kg	624,569	973,791	1,060,838	783,424	711,875	788,073
น้ำประปา	m^3	12,767	19,905	21,684	16,014	14,551	16,109
พลังงานไฟฟ้า	kWh	14,865	9,293	44,609	9,293	9,203	18,587
สารขาออก							
สุกรขุน	kg	248,010	384,720	342,195	265,650	238,140	216,090
สุกรที่คัดไว้เป็นแม่พันธุ์	kg	73,000	0	84,500	46,000	43,500	104,125
สุกรคัดทิ้ง	kg	810	840	2,580	2,025	2,100	2,400

เมื่อนำเนื้อหมูทั้งสองแหล่งที่มา เข้าสู่กระบวนการแปรรูปโดยการชำแหละและกระบวนการผลิตไส้กรอกด้วยกระบวนการเดียวกันเพื่อผลิตไส้กรอกหมูขนาด 350 กรัม พบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพเป็น 0.896 $kgCO_2e$ ส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพเป็น 1.125 $kgCO_2e$ (ตารางที่ 4) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูของประเทศญี่ปุ่น ขนาดบรรจุ 97 กรัม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 434 gCO_2e ต่อผลิตภัณฑ์ (JEMAI, 2011) เมื่อทำการเปรียบเทียบด้วยหน่วยน้ำหนักผลิตภัณฑ์เดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูของประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีค่า 1.566 $kgCO_2e$

ตารางที่ 2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ปลานิลจากฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ

รายการ	หน่วย	ฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ					
		ฟาร์มที่ 1	ฟาร์มที่ 2	ฟาร์มที่ 3	ฟาร์มที่ 4	ฟาร์มที่ 5	ฟาร์มที่ 6
สารขาเข้า							
ลูกสุกร	no	1,412	2,989	1,490	1,518	2,764	765
อาหารสัตว์	kg	351,660	805,530	362,760	395,820	662,250	138,510
น้ำประปา	m^3	7,455	15,781	7,867	8,015	14,594	4,039
พลังงานไฟฟ้า	kWh	14,869	23,792	13,011	14,869	44,609	14,126
สารขาออก							
สุกรขุน	kg	108,154	268,434	91,389	146,913	246,114	27,987
สุกรที่คัดไว้เป็นแม่พันธุ์	kg	53,375	37,750	48,750	0	0	39,750
สุกรคัดทิ้ง	kg	570	1,455	780	3,480	7,200	2,040

ตารางที่ 3 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหมูสดจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพและฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2e/kg$)	
	ฟาร์มสุกร (มีระบบก๊าซชีวภาพ)	ฟาร์มสุกร (ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ)
การผลิตลูกสุกร	0.025	0.025
การผลิตอาหารสัตว์	1.862	1.909
การผลิตน้ำประปา	0.002	0.002
การผลิตพลังงานไฟฟ้า	0.031	0.070
มีเทน (มูลสุกร)	-	0.480
รวม	1.920	2.486

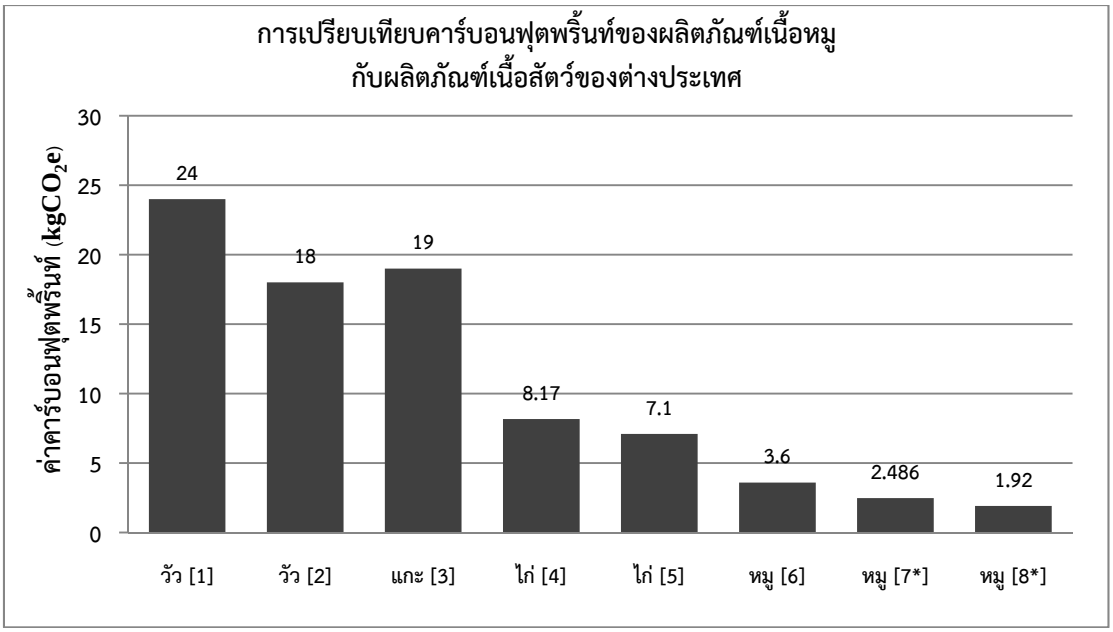
ตารางที่ 4 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพ และฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2e$/ 350 g)	
	ฟาร์มสุกร (มีระบบก๊าซชีวภาพ)	ฟาร์มสุกร (ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ)
การผลิตเนื้อหมู (จากขั้นตอนก่อนหน้า)	0.820	1.049
การผลิตเครื่องปรุงรส และส่วนผสมอื่นๆ	0.061	0.061
การผลิตพลังงานไฟฟ้า	0.011	0.011
การผลิตถุงพลาสติก	0.004	0.004
รวม	0.896	1.125

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากจากฟาร์มสุกรที่มีระบบ ก๊าซชีวภาพและฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ พบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้ เนื้อหมูจากฟาร์มสุกรที่มีระบบก๊าซชีวภาพมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่า และเมื่อเปรียบเทียบค่าคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ของเนื้อหมู จำนวน 1 กิโลกรัมจากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพกับผลิตภัณฑ์เนื้อหมูจากต่างประเทศและเนื้อสัตว์ประเภทอื่นๆ (ภาพที่ 2) พบว่า

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เนื้อวัวของประเทศสวีเดนมีค่า 24.000 $kgCO_2e$ (สูงกว่า 12 เท่า) ผลิตภัณฑ์เนื้อแกะของสหราชอาณาจักรมีค่า 19.000 $kgCO_2e$ (สูงกว่า 9 เท่า) ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ของสหราชอาณาจักรมีค่า 8.170 $kgCO_2e$ (สูงกว่า 4 เท่า) จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศ พบว่า โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์เนื้อหมูจะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่ในช่วงระหว่าง 4.000 ถึง 11.000 (Gossling *et al.*, 2011 and Kristensen *et al.*, 2011) แต่ในการศึกษานี้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูที่ได้จากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพจึงมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่ำกว่า 2 ถึง 4 เท่า ทั้งนี้แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมาจากการทำปศุสัตว์ที่สูงถึงร้อยละ 70 ถึง 90 (Kristensen *et al.*, 2011) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ขั้นตอนที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ การเลี้ยงสุกรระดับฟาร์ม ซึ่งมีแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนจากมูลสุกร การผลิตอาหารสัตว์เนื่องจากในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์มีการใช้วัตถุดิบที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูง เช่น รำข้าว กากถั่วเหลือง เป็นต้น ตลอดจนการชำแหละที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 70, 15 และ 8 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม ตามลำดับ



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ของต่างประเทศ

หมายเหตุ [1] เนื้อวัว (สวีเดน), [2] เนื้อวัว (เนเธอร์แลนด์), [3] เนื้อแกะ (สหราชอาณาจักร), [4] เนื้อไก่ (เนเธอร์แลนด์), [5] เนื้อไก่ (สหราชอาณาจักร), [6] เนื้อหมู (เดนมาร์ก), [7*] เนื้อหมู (จากฟาร์มที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพ) และ [8*] เนื้อหมู (จากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพ) ของการศึกษานี้

ที่มา: [1] Cederberg and Nilsson, 2004, [2], [4] Kok *et a.*, 2001, [3], [5] Williams *et al.*, 2006 และ [6] Dalgarrd *et al.*, 2007

สรุปผลการทดลอง

การจัดการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับฟาร์มสุกรด้วยระบบก๊าซชีวภาพเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพต่ำกว่าไส้กรอกหมูที่ใช้ เนื้อหมูจากฟาร์มที่ไม่มีระบบก๊าซชีวภาพถึงร้อยละ 20 และยังมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทอื่นๆ อีกด้วย โดยสามารถปรับปรุงเพิ่มเติมในการผลิตอาหารสัตว์ด้วยการคำนึงถึงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์ ตลอดจนการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงชำแหละ

ข้อเสนอแนะ

ควรส่งเสริมให้มีการแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ใช้เนื้อหมูจากฟาร์มที่มีระบบก๊าซชีวภาพ เนื่องจากมีแนวโน้มต่ำกว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูของประเทศญี่ปุ่นและต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทอื่นๆ อีกด้วย เพื่อเป็นจุดแข็งในการเข้าสู่ตลาดผู้บริโภคที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ภายใต้โครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุต พริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 3: กรุงทพมหานคร: อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2554.

สมาคมผู้ผลิตและแปรรูปสุกรเพื่อการส่งออก. 2550. ปริมาณการบริโภคเนื้อสุกรต่อคนต่อปี. สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2554, สืบค้นจาก http://hypnos.cpportal.net/สถิติ/สถิติสุกรของโลก/การบริโภคเนื้อสุกรต่อคนต่อปี/tabid/299/articleType/ArticleView/articleId/239/.aspx.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). การจัดทำรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยาการกรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2554). สถิติการส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร. สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2554, สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php.

Cederberg, C., & Nilsson, B. (2004). Livscykelanalys (LCA) av ekologisk notkottsproduktion i ranchdrift. MAT 21 (Report 718). Retrieved from SIK, Goteborg: http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR718(1).pdf

Dalgaard, R., Halberg, N. & Hermansen, J. E. (2007). Danish pork production-an environmental assessment. *DJF Animal Science*, 82, 1-33.

Gossling, S., Garrod, B., Aall, C., Hille J. & Peeters, P. (2011). Food management in tourism: Reducing tourim's carbon 'foodprint'. *Tourism Management*, 32, 534 – 543.

Japanese Technical Specification. General principles for assessment and labeling of Carbon Footprint of Products. Retrieved from www.ftis.org.tw/active/download/2_1_1.pdf

JEMAI. (2011). *Food-related Products*. Retrieved from http://www.cfpjapan.jp/dl/pdf/eng_013_028_cfpguidebook.pdf

Kok, R., Benders, R. M. J. & Moll, H. C. (2001). Energie-intensiteiten van de nederlandse consumptieve bestedingen anno 1996. IVEM, Rijksuniversiteit Groningen.

Kritensen, T., L. Mogensen, J. E. Hermansen, M. T. Knudsen and A. Flysjo. (2011). *In Proceedings of the 32nd Western Nutrition Conference 2011*, Crowne Plaza Chateau Lacombe AB, Canada.Sep 14-15.

PCR: PA-AI-03. (2010). Product Category Rule of "Ham & Sausage" (Japanese). Retrieved from www.cfp-japan.jp/common/pdf../PA-AI-03.pdf

Williams, A. G., Audsley, E., & Sandars, D. L. (2006). *Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities*. Defra project report IS0205. Cranfield University.

ผู้เขียน

อภิวรรณ สุวรรณนที ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ปณ. 1072 เกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10903 a.suwannatee@gmail.com

ดร.รัตนาวรรณ มั่งคั่ง ผู้อำนวยการศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ปณ. 1072 เกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10903 fscirwm@ku.ac.th

ศ.ดร.แชบเบียร์ กีวาลา บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140 fshabbir_g@jgsee.kmutt.ac.th

EN1021: **การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมน้ำมันโดยใช้ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว**
A Kinetic Study of Oil Sorption by Waste Tire Rubber

พงษ์รภี แก้วมณี และ ภาณุ ด่านวานิชกุล*
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซึมน้ำมันโดยใช้ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ขนาดของยางรถยนต์ และอุณหภูมิของน้ำมัน หากพิจารณาขนาดของยาง พบว่า เมื่อยางมีขนาดเล็กลงจะสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น และหากพิจารณาอุณหภูมิของน้ำมัน พบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้น ยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ความสามารถในการดูดซึมน้ำมันแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน นั่นคือ น้ำมันเบนซินถูกดูดซึมได้เร็วที่สุด ตามด้วย น้ำมันดีเซลและน้ำมันถั่วเหลือง และปริมาณการดูดซึมน้ำมันเบนซินของยางขนาด 10 เมช มีค่าสูงสุดถึง 1.2 เท่าของน้ำหนักของชิ้นยาง ที่อุณหภูมิ 50 °C รองลงไปคือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันถั่วเหลืองตามลำดับ

คำสำคัญ : การดูดซึม น้ำมัน ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว จลนพลศาสตร์ของการดูดซึม

Abstract

This research is to study oil sorption by waste tire rubber. Factors used in the study are tire particle size and oil temperature. The results showed that tire could absorb more oil as the tire particle size decreased or when the oil temperature increased. Moreover, considering oil sorption rate, sorption of gasoline was the fastest, followed by diesel oil and soybean oil. Absorbability of gasoline was highest which was as high as 1.2 times the weight of tire particle whose size was 10 mesh and at oil temperature 50°C. This was closely followed by diesel oil and soybean oil respectively.

Keywords: Absorption, Oil, Waste tire, Sorption kinetics

* **ผู้ประสานงานหลัก** พงษ์รภี แก้วมณี

บทนำ

ในปัจจุบันประชากรของโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ น้ำมัน เนื่องจากน้ำมันเข้าไปมีส่วนสำคัญในหลายภาคส่วนของกิจกรรมการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เช่น ภาคการขนส่ง ภาคกระบวนการผลิตต่างๆ และภาคครัวเรือน เป็นต้น โดยการใช้งานในบางกิจกรรมทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันซึ่งเป็นสารที่เป็นมลพิษในแหล่งน้ำ ได้แก่ การทำความสะอาดสิ่งสกปรก การถ่ายเทน้ำมันจากครัวเรือน สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ร้านซ่อมรถยนต์และจักรยานยนต์ สถานีเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง โรงงานอุตสาหกรรม การซ่อมบำรุงและการเติมเชื้อเพลิงของเรือ และ อุบัติเหตุทางเรือ ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ละลายน้ำจึงทำให้เกิดแผ่นฟิล์มปกคลุมที่ผิวน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพ เคมี และชีวภาพ เช่น คราบน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง สัตว์น้ำดูดซึมน้ำมันเข้าสู่ร่างกาย ปิดกั้นการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนต่างๆ การเปลี่ยนแปลงสภาวะการย่อยสลายของแบคทีเรียในน้ำ รวมทั้งทัศนียภาพของแหล่งน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงมีงานวิจัยในการใช้วัสดุต่างๆ เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซึมน้ำมัน เช่น Wei และคณะ (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำโพลีโพรพิลีนมาใช้เป็นตัวดูดซึมน้ำมันที่รั่วไหลในทะเล เนื่องจากโพลีโพรพิลีนเป็นวัสดุมีความหนาแน่นต่ำ ดูดซึมน้ำต่ำ และมีความทนทานต่อสารเคมีต่างๆ พบว่า โพลีโพรพิลีนสามารถดูดซึมน้ำมันดิบได้ 9.0 กรัมน้ำมันดิบต่อกรัมโพลีโพรพิลีน นอกจากนี้ Lin และคณะ (2012) ได้เตรียมเส้นใยโพลีสไตรีนที่มีความพรุนระดับนาโนเมตรโดยการขึ้นรูปแบบการปั่นโดยไฟฟ้าสถิต จากการทดลองพบว่าเส้นใยโพลีสไตรีนสามารถดูดซึมน้ำมันเครื่องได้ 113.87 กรัมน้ำมันเครื่องต่อกรัมโพลีสไตรีน

นอกจากปัญหาเรื่องน้ำมันปนเปื้อนในน้ำดังกล่าว ปัญหายางรถยนต์ที่ใช้แล้วยังเป็นปัญหาสำคัญทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากยางรถยนต์มีความคงทนสูง ยากต่อการย่อยสลาย และนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการได้ยาก นอกจากนี้ปัญหาที่สำคัญ เช่น การเผาทำลายรถยนต์ที่ใช้แล้วโดยปราศจากความรู้ และความเข้าใจ ทำให้เกิดมลพิษทั้งต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพ โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณยางรถยนต์ใช้แล้ว ประมาณ 85,000 ตันต่อปี โดยมีการนำยางรถยนต์เก่าไปใช้ประโยชน์ ประมาณ 25,000 ตันต่อปี จึงเหลือยางที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ถึง 60,000 ตันต่อปี (วงกต วงศ์อภัย, 2550) ดังนั้นจึงมีผู้วิจัยนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วไปใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นตัวดูดซึมน้ำมัน เนื่องจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้วเป็นสารไม่มีขั้ว จึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซึมน้ำมันได้ เนื่องจากน้ำมันก็เป็นสารไม่มีขั้วเช่นเดียวกัน เช่น Lin และคณะ (2008) ได้ศึกษาการรีไซเคิลผงยางรถยนต์โดยใช้มาทำเป็นตัวกักเก็บน้ำมันที่รั่วไหล โดยทดลองนำผงยางรถยนต์มาทำเป็นตัวดูดซึมน้ำมันเครื่อง จากการทดลองพบว่า ผงยางรถยนต์ขนาด 20 เมช ปริมาณ 1 กรัมบรรจุในถุงทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร และนำถุงที่มีผงยางไปแช่ในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำมันเครื่องปริมาณ 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นรอกระทั่งน้ำมันเครื่องไหลเข้าไปเต็มถุงที่บรรจุยาง จากนั้นนำถุงที่บรรจุยางขึ้นจากบีกเกอร์ และคำนวณปริมาณการดูดซึม พบว่า สามารถดูดซึมน้ำมันเครื่องได้ 2.2 กรัม นอกจากนี้การนำยางผงกลับมาใช้ซ้ำ 100 ครั้ง โดยวิธีการรีดน้ำมันเครื่องออกจากผงยาง พบว่า ผงยางรถยนต์ยังมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมันเครื่องคงที่ ด้วยคุณสมบัติในการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ของยางผงนี้เอง Lin และคณะ (2010) จึงได้พัฒนาตัวดูดซึมน้ำมันที่ได้จากผงยางรถยนต์ขนาด 40 เมช ผสมกับเส้นใยโพลีโพรพิลีน ซึ่งเส้นใยโพลีโพรพิลีนสามารถดูดซึมน้ำมันได้เร็ว แต่ไม่เหมาะสมในการในนำกลับมาใช้ใหม่ จากการทดลองพบว่าวัสดุผสมที่พัฒนาขึ้นมามีความสามารถในการดูดซึม คือ วัสดุผสม 1 กรัม สามารถดูดซึมน้ำมันเครื่องได้ 7.78 กรัม

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมน้ำมัน (sorption kinetics) ของผงยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาในเรื่องของจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมน้ำมันของผงยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ ขนาดของยางรถยนต์และอุณหภูมิของน้ำมัน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซึมน้ำมันของผงยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว ขนาด 7 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.83 มม.) และ 10 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.0 มม.) เพื่อใช้เป็นตัวดูดซึมน้ำมัน
2. น้ำมันที่ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว มี 3 ชนิด คือ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 91 และน้ำมันถั่วเหลือง
3. ถุงเยื่อกระดาษ (ถุงชา) ขนาด 5.5 x 6.5 ซม.

การศึกษาการดูดซึมน้ำมัน

เตรียมบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 9 ใบ เพื่อใช้ในการศึกษาการดูดซึมน้ำมัน บีกเกอร์แต่ละใบบรรจุน้ำมันปริมาณ 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำถุงที่บรรจุยางรถยนต์ที่ใช้แล้วขนาด 1 กรัม แช่ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ แล้วจึงนำถุงที่บรรจุยางรถยนต์ที่ใช้แล้วขึ้นจากบีกเกอร์ ที่เวลา 5 10 20 40 60 120 180 240 และ 300 นาที (สำหรับน้ำมันเบนซินให้นำถุงที่บรรจุยางรถยนต์ที่ใช้แล้วขึ้นจากบีกเกอร์ ที่เวลา 1 3 5 10 20 40 60 120 และ 180 นาที) หลังจากนั้นนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วออกจากถุง และนำไปวางไว้ในตะแกรงทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาทีหรือทิ้งไว้จนไม่มีน้ำมันหยดลงไปที่ใต้ตะแกรง จากนั้นนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วไปชั่งน้ำหนัก และหาปริมาณการดูดซึมน้ำมันจากสมการดังต่อไปนี้

$$Q = \frac{W_f - W_i}{W_i} \quad (1)$$

ในที่นี้

Q คือ ปริมาณการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว [กรัมน้ำมันต่อกรัมยาง]

W_f คือ น้ำหนักของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วหลังการแช่น้ำมัน [กรัม]

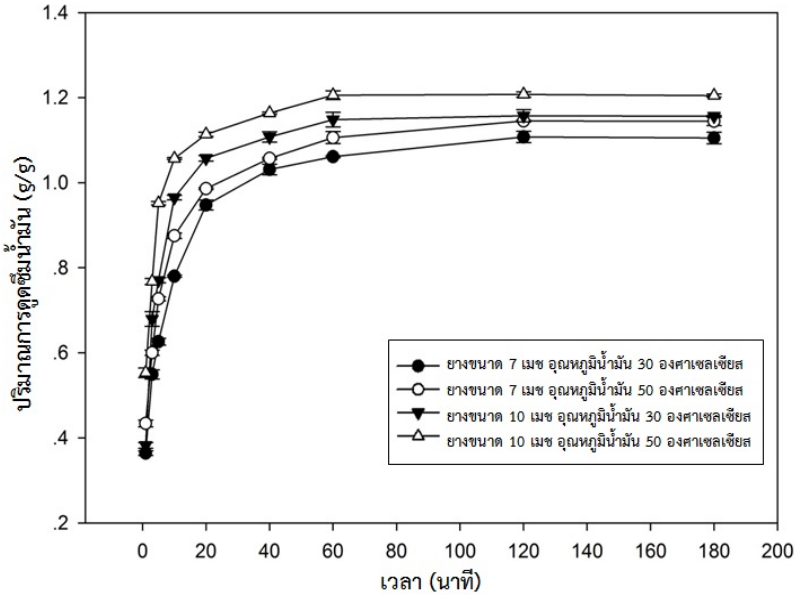
W_i คือ น้ำหนักของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วก่อนการแช่น้ำมัน [กรัม]

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว คือ ขนาดของยางที่ใช้แล้ว โดยศึกษา 7 เมช และ 10 เมช และอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ในการดูดซึมที่ 30 และ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ

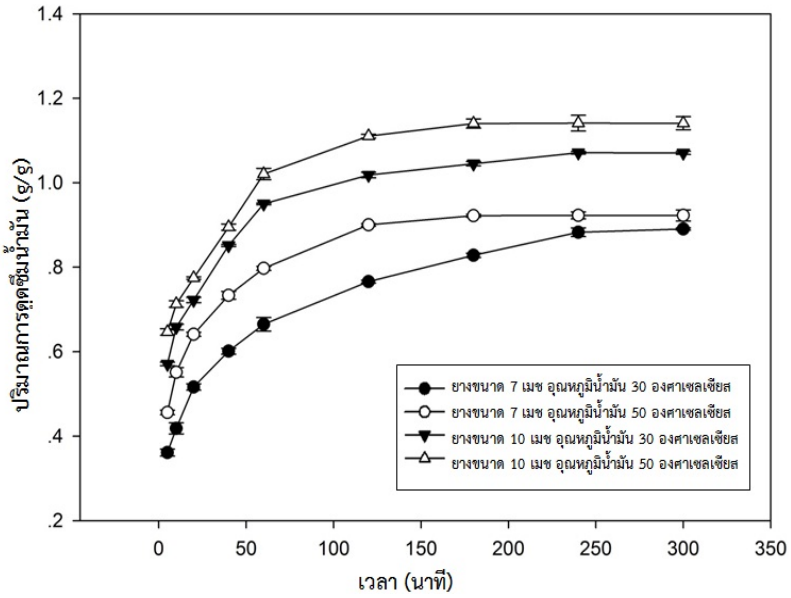
สำหรับทุกการทดลอง ได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของปริมาณการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

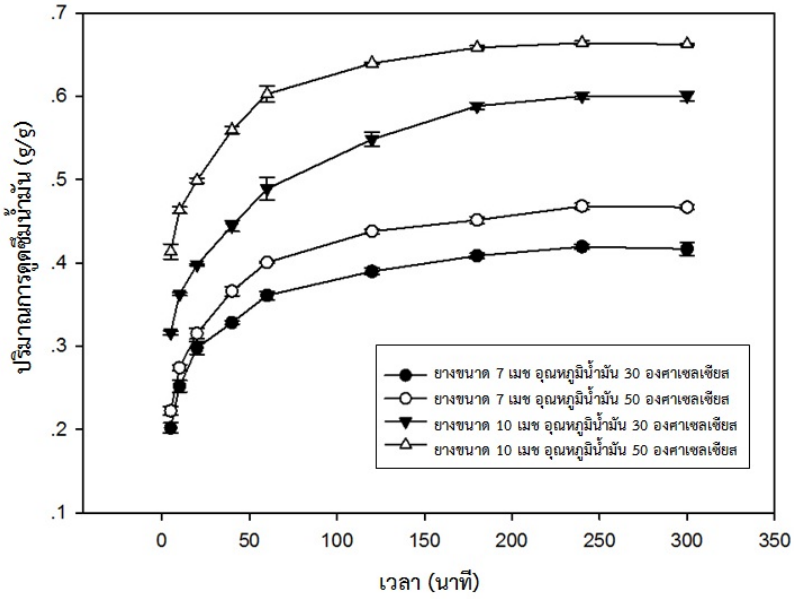
1. การศึกษาการดูดซึมน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว



ภาพที่ 1 การดูดซึมน้ำมันเบนซินของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว



ภาพที่ 2 การดูดซึมน้ำมันดีเซลของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว



ภาพที่ 3 การดูดซึมน้ำมันถั่วเหลืองของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว

จากภาพที่ 1 เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันเป็น 30 °C พบว่ายางขนาด 7 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.83 มม.) สามารถดูดซึมน้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น และเริ่มเข้าสู่สมดุล ที่เวลา 120 นาที โดยที่จุดสมดุลยางสามารถดูดซึมน้ำมันเบนซินได้ปริมาณ 1.105 กรัมต่อกรัมยาง และเมื่อพิจารณาผลของขนาดผงยางพบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันเป็น 30 °C ยางขนาด 10 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.0 มม.) ยางสามารถดูดซึมน้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น และเริ่มเข้าสู่สมดุล ที่เวลา 120 นาทีเช่นเดียวกับยางขนาด 7 เมช แต่ความสามารถในการดูดซึมน้ำมันเบนซินที่สภาวะสมดุลเพิ่มขึ้นจาก 1.105 กรัมต่อกรัมยาง เป็น 1.156 กรัมต่อกรัมยาง และพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันเป็น 50 °C ยางขนาด 7 เมช สามารถดูดซึมน้ำมันเบนซินที่สภาวะสมดุลได้ปริมาณ 1.144 กรัมต่อกรัมยาง ซึ่งน้อยกว่ายางผงขนาด 10 เมช ที่สามารถดูดซึมน้ำมันเบนซินได้ 1.205 กรัมต่อกรัมยาง เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิ

น้ำมัน เมื่อใช้ยางขนาด 7 เมชเท่ากัน พบว่ายางสามารถดูดซึมน้ำมันได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิมากขึ้น และพบว่าผลการทดลองของยางขนาด 10 เมช มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน

จากภาพที่ 2 และ 3 พบว่าผลการทดลองของน้ำมันดีเซลและน้ำมันถั่วเหลืองมีแนวโน้มสอดคล้องกับน้ำมันเบนซิน คือ เมื่อขนาดยางเล็กลง ความสามารถในการดูดซึมน้ำมันจะมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ยางจะสามารถดูดซึมน้ำมันได้มากขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลของน้ำมันดีเซลและน้ำมันถั่วเหลืองแตกต่างจากน้ำมันเบนซิน ในกรณีน้ำมันดีเซลและน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันจะถูกดูดซึมได้เต็มที่ที่เวลา 240 นาที ที่น้ำมันดีเซลและน้ำมันถั่วเหลืองเข้าสู่สมดุลในเวลาช้ากว่าน้ำมันเบนซิน เนื่องจากอัตราการดูดซึมน้ำมันที่ไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถอธิบายและเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วดังสมการดังต่อไปนี้ (Kumar และคณะ, 1997)

$$\log\left(\frac{Q_t}{Q_e}\right) = \log k + n\log t \qquad (2)$$

ในที่นี้

Q_t คือ ปริมาณการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่เวลา t [กรัมน้ำมันต่อกรัมยาง]

Q_e คือ ปริมาณการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่สมดุล [กรัมน้ำมันต่อกรัมยาง]

k คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของกลไกการดูดซึม

n คือ พารามิเตอร์ที่แสดงชนิดของกลไกการดูดซึม

t คือ เวลา [นาที]

จากสมการข้างต้น ในกรณี n มีเท่ากับ 0.5 จะเป็นกลไกการแพร่ แบบฟิคเกียน (Fickian diffusion) แต่ในกรณี n มีค่าน้อยกว่า 0.5 จะเป็นกลไกการแพร่ แบบมีการแพร่และเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือมีการแพร่ร่วมกับการดูดซับภายในโครงสร้างตัวดูดซึม สำหรับผลการบวมตัวของชิ้นยางไปวาดกราฟตามสมการที่ (2) จะได้ผลการคำนวณของค่าปริมาณการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่จุดสมดุล ค่าพารามิเตอร์ n และ k และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำมันชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

เมื่อพิจารณาจากตารางพบว่า ค่า n จากทุกๆ การทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.5 ดังนั้นแสดงว่ากลไกการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วเป็นกลไกการแพร่ร่วมกับเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือเกิดการดูดซับภายในโครงสร้างตัวดูดซึม โดยกลไกการดูดซึมจะอาศัยการแพร่ของน้ำมันเข้าไปสู่เนื้อของยาง น้ำมันที่แพร่เข้าไปในช่วงแรกจะไปเกาะติดหรือทำปฏิกิริยาเคมีกับสารตัวเติมในเนื้อของยาง และขัดขวางการแพร่ของน้ำมันเข้าไปด้านในของเนื้อยาง

หากพิจารณาชนิดน้ำมัน พบว่า ค่า n ของผลการทดลองของน้ำมันเบนซินจะมีค่า n ที่สูงกว่า ผลการทดลองของน้ำดีเซลและน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของการดูดซึมน้ำมันเบนซิน ที่เข้าสู่สมดุลที่เวลา 120 นาที ซึ่งเร็วกว่าการดูดซึมน้ำมันดีเซลและถั่วเหลือง ที่เข้าสู่สมดุลที่เวลา 240 นาที เนื่องจากน้ำมันเบนซินมีขนาดโมเลกุลที่เล็กจึงทำให้แพร่เข้าไปในโครงสร้างของยางได้สะดวกกว่าน้ำมันชนิดอื่น

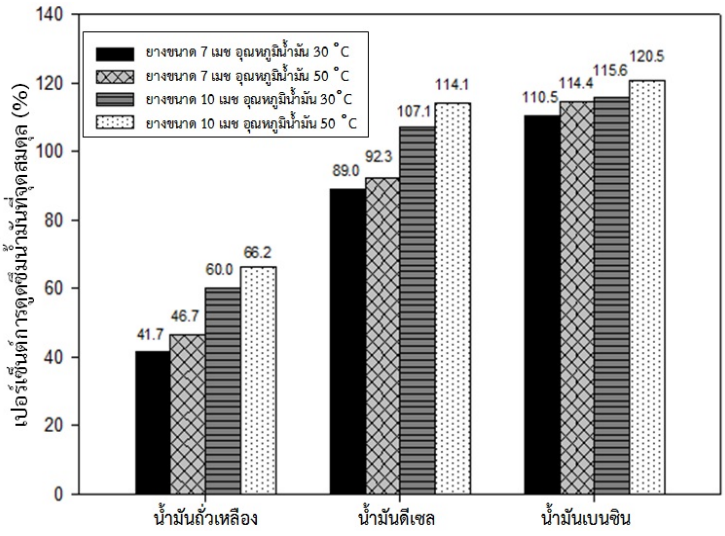
หากพิจารณาแนวโน้มของค่า n และ k พบว่า เมื่อเปลี่ยนขนาดของยางให้เล็กลงจาก 7 เป็น 10 เมช ค่า k หรือค่าคงที่อัตราเร็วของกลไกการดูดซึมในช่วงแรกจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมของกลไกการดูดซึม (n) พบว่า กลไกการดูดซึมน้ำมันจะช้าลง เนื่องจากเมื่อยางมีขนาดเล็กลงก็จะทำให้ยางมีพื้นที่ที่สัมผัสน้ำมันเพิ่มขึ้น จึงทำให้ช่วงแรกน้ำมันจะแพร่เข้าไปในเนื้อยางที่เร็วมาก และจะไปเกาะติดหรือทำปฏิกิริยาเคมีกับสารตัวเติมในยาง จึงขัดขวางการแพร่ของน้ำมันที่จะแทรกซึมเข้าไปบริเวณด้านในของเนื้อยาง จึงทำให้ค่ากลไกการดูดซึม (n) มีค่าลดลง ส่วนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันจาก 30 °C เป็น 50 °C ค่า k หรือค่าคงที่อัตราเร็วของกลไกการดูดซึมในช่วงแรกจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมของกลไกการดูดซึม (n) พบว่า กลไกการดูดซึมน้ำมันจะช้าลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้โมเลกุลของน้ำมันมีความเร็วสูงขึ้น จึงทำให้ช่วงแรกน้ำมันจะแพร่เข้าไปในเนื้อยางที่เร็วมาก และ

เกาะติดหรือทำปฏิกิริยาเคมีกับสารตัวเติมในยาง และขัดขวางการแพร่ของน้ำมันที่จะแทรกซึมเข้าไปบริเวณด้านในของเนื้อยาง จึงทำให้ค่ากลไกการดูดซึม (n) มีค่าลดลง

ตารางที่ 1 แสดงค่าปริมาณการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่จุดสมดุล ค่าพารามิเตอร์ n และ k และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)

ชนิดน้ำมัน	ขนาดของยาง (เมช)	อุณหภูมิของน้ำมัน (°C)	q_e (exp)	n	k	R^2
น้ำมันเบนซิน	7	30	1.105	0.33	0.33	1.00
	7	50	1.144	0.31	0.38	1.00
	10	30	1.156	0.34	0.37	0.94
	10	50	1.205	0.29	0.47	0.98
น้ำมันดีเซล	7	30	0.890	0.25	0.27	1.00
	7	50	0.923	0.23	0.35	0.99
	10	30	1.071	0.19	0.40	0.99
	10	50	1.141	0.15	0.44	0.99
น้ำมันถั่วเหลือง	7	30	0.417	0.23	0.34	0.97
	7	50	0.467	0.21	0.35	0.99
	10	30	0.600	0.16	0.44	0.99
	10	50	0.662	0.14	0.50	0.99

2. การดูดซึมน้ำมันโดยใช้ยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่จุดสมดุลของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด



ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่จุดสมดุล

การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว สามารถหาจากสมการ (1) โดยคูณ 100 เข้าไปในสมการ เปรียบเทียบทุกการทดลองในภาพที่ 4

จากภาพที่ 4 พบว่า ที่อุณหภูมิน้ำมัน 30 °C เมื่อขนาดของยางมีขนาดเล็กลงจาก 7 เมช เป็น 10 เมช ที่จุดสมดุลจะเห็นได้ว่ายางสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น 18.3% 18.1% และ 5.1% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ และที่อุณหภูมิน้ำมัน 50 °C ยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น 19.5% 21.8% และ 6.1% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ หากพิจารณาว่าโมเลกุลของยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ภายในชิ้นยางจะถูกดึงดูดไว้ด้วยพันธะทางเคมีของกำมะถันเพื่อสร้างโครงสร้างร่างแหภายใน และถูกดึงดูดด้วยแรงทางกายภาพกับผงเขม่าดำหรืออนุภาคซิลิกาที่ใช้เป็นสารตัวเติม ดังนั้นที่ขอบของชิ้นยางพันธะเคมีที่กล่าวถึงพร้อมด้วยแรงดึงดูดทางกายภาพอันเกิดจากสารตัวเติมจะลดน้อยลงเป็นสาเหตุให้ยางสามารถดูดน้ำมันได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นหากยางยิ่งมีขนาดเล็กลงพื้นที่ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ยางสามารถดูดน้ำมันได้มากขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aisien และคณะ (2003) และ Lin และคณะ (2008) ที่ว่าขนาดของยางเล็กลงจะมีความสามารถในดูดซึมน้ำมันเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาน้ำมันชนิดเดียวกัน พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำมันจาก 30 °C เป็น 50 °C ที่จุดสมดุลยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น ยางขนาด 7 เมช สามารถดูดซึมน้ำมันได้ปริมาณเพิ่มขึ้น 5.0% 3.3% และ 3.9% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ และยางขนาด 10 เมช สามารถดูดซึมน้ำมันได้ปริมาณเพิ่มขึ้น 6.2% 7.0% และ 4.9%สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำมันทำให้โมเลกุลของน้ำมันมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น จึงทำให้โมเลกุลของน้ำมันสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อยางได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นยางอาจจะมีความอ่อนตัวมากขึ้น ทำให้โครงสร้างขยายได้ใหญ่ขึ้นเมื่อมีสารซึมเข้าไปในภายใน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Husuein และคณะ (2009)

เมื่อพิจารณาชนิดของน้ำมัน พบว่า ที่อุณหภูมิน้ำมัน 30 °C ยางขนาด 7 เมช ที่จุดสมดุลยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้ 41.7% 89.0% และ 110.5% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ ส่วนยางขนาด 10 เมช ที่จุดสมดุลยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้ 60.0% 107.1% และ 115.6% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันเป็น 50 °C ยางขนาด 7 เมช ที่จุดสมดุลยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้ 46.7% 92.3% และ 114.4% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ ส่วนยางขนาด 10 เมช ที่จุดสมดุลยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้ 66.2% 114.1% และ 120.5% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ จากภาพแสดงให้เห็นว่า ขนาดของยาง และอุณหภูมิของน้ำมันที่เปลี่ยนแปลง แต่แนวโน้มในการดูดซึมน้ำมันของยางรถยนต์ที่ใช้แล้วยังเหมือนเดิม คือ ยางสามารถดูดซึมปริมาณน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันถั่วเหลืองจากมากไปหาน้อยตามลำดับ เนื่องจากความหนืดของน้ำมันแต่ละชนิดที่แต่ต่างกัน น้ำมันเบนซินที่ 40 °C มีค่าความหนืดคิเนมาติก ประมาณ 0.7 – 0.8 mm^2/sec น้ำมันดีเซลที่ 40°C มีค่าความหนืดคิเนมาติก ประมาณ 4 – 6 mm^2/sec และน้ำมันถั่วเหลืองที่ 40°C มีค่าความหนืดคิเนมาติก ประมาณ 57.2 mm^2/sec ค่าความหนืดมีความสัมพันธ์กับการดูดซึมน้ำมันของยาง น้ำมันที่ค่าความหนืดต่ำ น้ำมันจะถูกดูดซึมเข้าไปในโครงสร้างของยางได้ในปริมาณที่ดีกว่าน้ำมันที่มีค่าความหนืดที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง และงานวิจัยของ Edwin (2007)

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการดูดซึมน้ำมันโดยใช้ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ ขนาดของยางรถยนต์และอุณหภูมิของน้ำมัน โดยผลการทดลองของขนาดผงยางที่เล็กลงจาก 7 เป็น 10 เมช ที่จุดสมดุล อุณหภูมิน้ำมัน 30°C ยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น 18.3% 18.1% และ 5.1% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ ส่วนที่จุดสมดุล อุณหภูมิน้ำมัน 50°C ยางสามารถดูดซึมน้ำมันได้เพิ่มขึ้น 19.5% 21.8% และ 6.1% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ และผลการทดลองของอุณหภูมิน้ำมันที่เพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 50 °C ที่จุดสมดุล ยางขนาด 7 เมช สามารถดูดซึมน้ำมันได้ปริมาณเพิ่มขึ้น 5.0% 3.3% และ 3.9% สำหรับน้ำมันถั่ว

เหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ ส่วนยางขนาด 10 เมช สามารถดูดซึมน้ำมันได้ปริมาณเพิ่มขึ้น 6.2% 7.0% และ 4.9% สำหรับน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2554). แนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำมันรั่วไหลในทะเล .(ฉบับร่าง) สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2555. สืบค้นจากhttp://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/marine/report/oilspill54.pdf

วงกต วงศ์อภัย. (23 กรกฎาคม 2550).มูลค่าเพิ่มของยางรถยนต์เก่า. มติชน, น.30.

Aisien, F.A., Hymore, F.K., and Ebewele, R.O. (2003). Potential application of recycled rubber in oil pollution control. **Environmental Monitoring and Assessment**, 85(2), 175-190.

Edwin, U.A. (2007). Absorption mats for oil decontamination. School of Engineering University College of Boras.

Hussein, M., Amer, A.A., and Sawsan, I.I. (2009). Oil spill sorption using carbonized pith bagasse. **Global Nest Journal**, 2(4), 440-448.

Kumar, S.A., Thomas, S., and Kumaran, M.G. (1997). Transport of aromatic hydrocarbons through poly(ethylene-co-vinyl acetate) membranes. **Polymer,** 38, 4629-4640.

Lin, C., Huang, C., and Shern, C. (2008). Recycling waste tire powder for the recovery of oil spills. **Resources Conservation and Recycling**, 52, 1162-1166.

Lin, C., Hong, Y., and Hu, A. (2010). Using a composite material waste tire powder and polypropylene fiber cut end to recover spilled oil. **Waste Management**, 30, 263-267.

Lin, J., Shang, Y., Yang, J., Yu, J., and Aldeyab, S. (2012). Nanoporous polystyrene fibers for oil spill cleanup. **Marine Pollution Bulletin**, 64, 347-352.

Wei, Q.F., Mather, R.R., Fotheringham, A.F., and Yang, R.D. (2003). Evaluation of nonwoven polypropylene oil sorbents in marine oil spill recovery. **Marine Pollution Bulletin**, 46, 780-783

ผู้เขียน

นายพงษ์รภี แก้วมณี นักศึกษาระดับปริญญาโท
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: aong_1207@hotmail.com

รศ.ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: dpanu@engr.tu.ac.th

EN1022: **การศึกษาปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช**
A Study of Climatological Factors Affecting Black Carbon Deposition Over the Sakaerat Biosphere Forest

ณัฏฐรมัณยา จันทราประภากุล[*1] พจนีย์ ขุมมงคล[1] และ สุวิมล อัศวพิศิษฐ[1]
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา โดยเก็บตัวอย่างอากาศด้วยอุปกรณ์ 2-Stage Filter packed ที่อัตราการไหลของอากาศ 10 ลิตรต่อนาที ตรวจวัดต่อเนื่อง 7 วันต่อเดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายนปี 2012 ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณความเข้มข้น ปริมาณการตกสะสมและความเร็วในการตกสะสมของแบล็คคาร์บอน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนมีค่าเท่ากับ 16.63, 14.19, 4.66, 8.65, 10.81 และ 9.85 µg/m^3 ในช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน ตามลำดับ การตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนมีค่าเท่ากับ 1.54, 1.65, 0.33, 0.74, 0.88 และ 0.84 µg/m^2s ตามลำดับ ความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนมีค่าเท่ากับ 1.65, 2.58, 0.44, 0.78, 0.89 และ 1.13 cm/s ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้น ค่าฟลักซ์และค่าความเร็วของการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนในแต่ละเดือน รวมถึงค่าที่แตกต่างกันในช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน มีผลมาจากปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่น กิจกรรมในชีวิตประจำวัน การจราจร ปัจจัยทางภูมิอากาศ และแหล่งปลดปล่อยมลพิษ

คำสำคัญ : แบล็คคาร์บอน ปริมาณความเข้มข้น การตกสะสม ปัจจัยทางภูมิอากาศ

Abstract

This research was carried out to determine the quantity of black carbon deposited over the sakaerat biospheric forest located at Sakaerat environmental research station, Nakhonratchasima province. The air samples were collected by a 2-Stage Filter packed at the air flow rate of 10 liters per minute, measuremend continuously for 7 days per month for a period of six months from June to November 2012. The samples were evaluated in terms of concentration, deposition and deposition velocity of black carbon. The average concentrations of black carbon were found to be 16.63, 14.19, 4.66, 8.65, 10.81 and 9.85 µg/m^3 from June to November, respectively. The average deposition flux of black carbon were determined to be 1.54, 1.65, 0.33, 0.74, 0.88 and 0.84 µg/m^2s from June to November, respectively. The average deposition velocites of black carbon were calculated to be 1.65, 2.58, 0.44, 0.78, 0.89 and 1.13 cm/s from June to November, respectively. The variation of concentration, flux and deposition velocity of black carbon measured in each month as well as the different of those parameters measured daytime and nighttime were affected by various factors including daily and traffic activities, climatological factors and emission sources.

Keywords: Black Carbon, Concentration, Deposition, Climatological

---

* ผู้ประสานงาน
ณัฏฐรมัณยา จันทราประภากุล[*1], รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล[1], รศ.ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ[1]
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

บทนำ

มลพิษด้านอากาศมีแหล่งกำเนิดมาจากหลายทางซึ่งมลพิษที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน ก็จะมีมลสารที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน เมื่อมลพิษลอยอยู่ในอากาศก็จะไปรวมตัวในชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้เกิดผลกระทบที่ตามมามากมาย ไม่ว่าจะเป็นภาวะเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ระบบนิเวศต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง และยังมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เมื่อสูดหายใจหรือสัมผัสกับมลพิษเข้าไป

แบล็คคาร์บอน (black carbon (BC)) คือ อนุภาคหรือผงเขม่าที่เกิดจากกระบวนการการเผาไหม้ต่างๆ อันได้แก่ การเผาเศษวัสดุชีวมวลจำพวกเศษวัชพืชและต้นไม้ การเผาเชื้อฟอสซิลในอุตสาหกรรมต่างๆ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์โดยเฉพาะไอเสียจากการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล เป็นต้น (Aittipon et al, 2011) จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าแบล็คคาร์บอนมีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากกว่าที่คาดคิดไว้ และยังมากกว่าก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ยกเว้นคาร์บอนไดออกไซด์ (Ramanathan and Carmichael, 2008) การวิจัยได้รายงานค่าการปลดปล่อยแบล็คคาร์บอนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าในปีที่ผ่านมา และมีอัตราการปล่อยที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะมาจากประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งก็คือประเทศในแถบเอเชีย (Baron, Montgomery, and Tuladhar, 2009)

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะศึกษาความเข้มข้นในบรรยากาศ ปริมาณการตกสะสมและความเร็วในการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราชเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายนปี 2012

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นและการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
2. เพื่อศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่ส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้นและการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช
3. เพื่อศึกษาแหล่งปลดปล่อยแบล็คคาร์บอนที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชีวมณฑลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สถานที่เก็บตัวอย่าง

พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ตั้งอยู่ในเขตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมาซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตัวเมืองนครราชสีมา ระยะทางประมาณ 60 กิโลเมตร ตามทางหลวงหมายเลข 304 (ฉะเชิงเทรา-นครราชสีมา) และห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 300 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งหมด 78.08 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 48,800 ไร่ มีแนวเขตทางด้านตะวันออกติดทางหลวงหมายเลข 304 เป็นระยะทางประมาณ 10 กิโลเมตร (Sakaerat environmental research station, n.d)

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบล็คคาร์บอนเป็นแบบฟิลเตอร์แพ็ค 2 ชั้น (Acid Deposition and Oxidant Research Center, 2003) โดยทำการติดตั้ง ณ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดเอาไว้ที่ความสูง 2 ระดับเพื่อวัดผลต่างความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอน คือ ที่ระดับล่างจากพื้นถึงปลายฟิลเตอร์แพ็คที่ 23.4 เมตร และที่ 34.2 เมตร วัสดุกรองที่ใช้เป็นกระดาษเซลลูโลส เริ่มทำการเก็บตัวอย่างอากาศตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายนปี 2012 เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 7 วันต่อเดือน อัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศคงที่ที่ 10 ลิตรต่อนาที การเก็บตัวอย่างอากาศแบ่งเป็นสองช่วง คือ ช่วงเช้าเวลา 6:00 – 18:00 น. และช่วงเย็นเวลา 18:00 – 6:00 น. ตลอด 24 ชั่วโมง กระดาษกรองเซลลูโลสที่ได้จากการเก็บตัวอย่างถูกนำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณน้ำหนักที่หลงเหลืออยู่ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 375 องศาเซลเซียส (Schmidt et al., 2001) เพื่อกำจัดสารระเหยที่ไม่ต้องการออกไป ทิ้งไว้ให้เย็นและนำกระดาษกรองที่เผาเสร็จมาชั่ง

น้ำหนักเพื่อหาปริมาณน้ำหนักที่หลงเหลืออยู่และนำไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนในบรรยากาศต่อไป

การคำนวณปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอน

ปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์คำนวณได้ด้วยสมการ Aerodynamic gradient (Erisman and Draaijers, 1995):

$$F = u^* C^* \quad (1)$$

โดยที่ u คือ ความเร็วแรงเสียดทาน และ C คือ ความเข้มข้นที่วัดได้ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ Eddy ดังต่อไปนี้:

$$C_{\blacktriangle} = \frac{k(C_2 - C_1)}{\ln((z_2 - d)/(z_1 - d)) - [\psi_2(\zeta) - \psi(\zeta)]} \quad (2)$$

โดยที่ $(C_2 - C_1)$ คือ ผลต่างของความเข้มข้นที่ตรวจวัดที่ระดับความสูง z_1 และ z_2, k คือ ค่า Von Karman, d คือ ค่าความสูงจากพื้นดินที่ลมจะพัดโดยปราศจากสิ่งกีดขวาง, $\psi(\zeta)$ คือ ค่าเสถียรภาพความร้อนซึ่งกำหนดโดย Erisman and Draaijers (1995) โดยคำนวณจาก:

$$\psi(\zeta) = -\frac{5z}{L}, \; for \; \frac{z}{L} \geq 0 \quad (3)$$

$$\psi(\zeta) = 2\ln(\frac{1+x^2}{2}), \; for \; \frac{z}{L} < 0 \quad (4)$$

ซึ่ง $$x = (1 - 15z/L)^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

และ $$L = \frac{-\rho C_p T u^*}{KgH} \quad (6)$$

โดยที่ L คือ ค่า Monin – Obukhov Length, $-\rho$ คือ ความหนาแน่นของมวลอากาศ, C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่, T คือ อุณหภูมิ, g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และ H คือ ฟลักซ์ความร้อน

ค่าความเร็วในการตกสะสมสามารถคำนวณได้จากสมการ (Wesely, M.L., Hicks, & B.B., 1977):

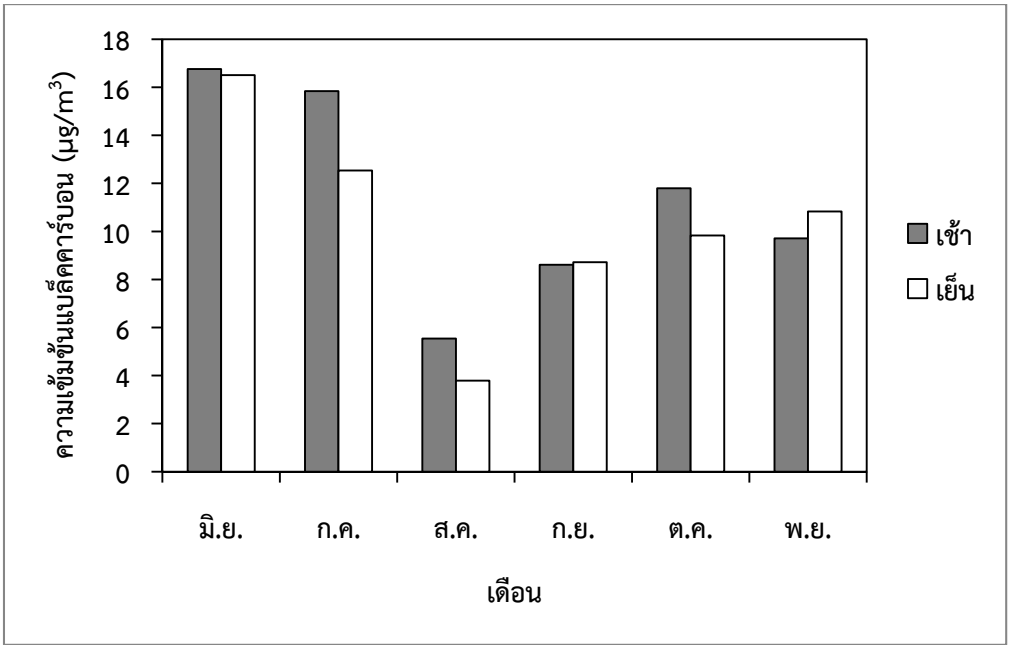
$$Vd = F / C \quad (7)$$

โดยที่ C คือ ค่าความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนจากความสูงที่กำหนด และ F คือ ค่าฟลักซ์ในช่วงเวลาที่กำหนด โดยแบ่งเป็นช่วงเช้าเวลา 6:00–18:00 น. และช่วงเย็นเวลา 18:00–6:00 น.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอน

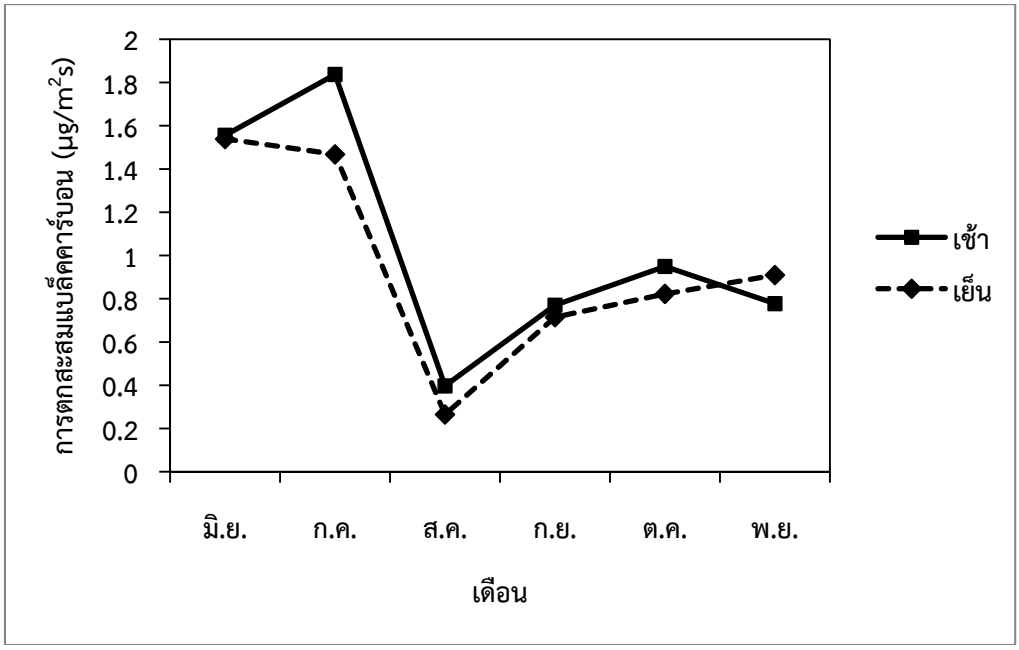
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 แสดงในรูปที่ 1 ในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศกเมตร (μg/m^3) การศึกษาแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเช้า (6:00-18:00) และช่วงเย็น (18:00-6:00) ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้ามีค่าเท่ากับ 16.75, 15.84, 5.54, 8.61, 11.79 และ 9.71 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ตามลำดับ และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเย็นมีค่าเท่ากับ 16.50, 12.53, 3.78, 8.72, 9.83 และ 10.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ตามลำดับ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ในเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคมจะมีปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนเฉลี่ยต่อวันที่สูงกว่า คือ 16.63 และ 14.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เนื่องมาจากทิศทางลมส่วนใหญ่พัดมาจากเขตโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนสิงหาคมกระแสลมได้เปลี่ยนทิศทางจึงเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนที่ทำการวัดได้มีค่าที่ต่ำลงอย่างมาก ประกอบกับในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายนอยู่ในช่วงฤดูฝนมีผลทำให้มลพิษในอากาศได้ถูกฝนชะลงมาและบางส่วนรวมตัวกับน้ำฝนทำให้มีค่ามลพิษในบรรยากาศที่ไม่สูงมากนัก ในเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายนเริ่มเข้าสู่หน้าหนาวจึงมีฝนตกในปริมาณที่น้อยมาก ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนเริ่มมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นในบรรยากาศ



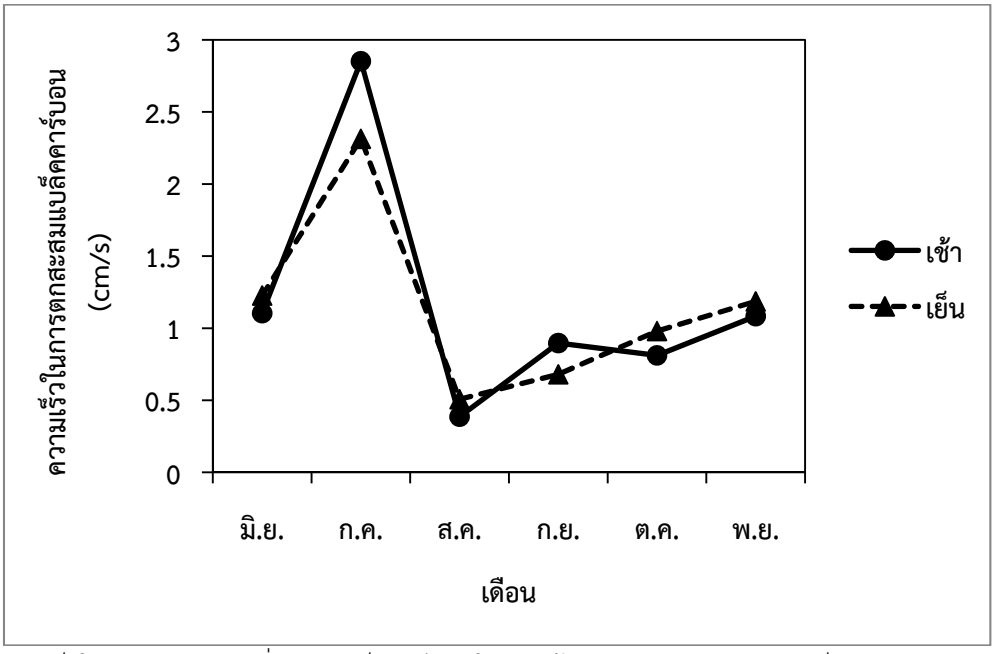
ภาพที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้า (6:00-18:00) และช่วงเย็น (18:00-6:00) ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2012

2. ปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอน

ผลการคำนวณปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 แสดงในรูปที่ 2 ในหน่วยไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที การศึกษาแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเช้า (6:00-18:00) และช่วงเย็น (18:00-6:00) ปริมาณการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนช่วงเช้ามีค่าเท่ากับ 1.55, 1.83, 0.39, 0.77, 0.94 และ 0.77 ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ตามลำดับ และปริมาณการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนช่วงเย็นมีค่าเท่ากับ 1.53, 1.46, 0.26, 0.71, 0.82 และ 0.90 ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ตามลำดับ ปริมาณการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และปริมาณการตกสะสมที่วิเคราะห์ได้จะมีค่าไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนที่วิเคราะห์ได้ คือ ถ้าปริมาณความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณที่สูงค่าการตกสะสมก็จะสูงตามกัน ในเดือนที่ปริมาณความเข้มข้นวิเคราะห์ได้น้อยค่าการตกสะสมก็จะลดลงตามกันไป อนุภาคมีความหนาแน่นสูงกว่าของเหลวและก๊าซ นอกจากตกสะสมสู่ผืนป่าด้วยแรงพัดพาของลมแล้วแรงโน้มถ่วงของโลกก็มีอิทธิพล ดังนั้นปริมาณการตกสะสมจะมีความสัมพันธ์เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอน ค่าที่ตรวจวัดได้ในเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคมจึงมีปริมาณการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนที่สูง คือ 1.54 และ 1.65 ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในเดือนสิงหาคมกระแสมลมได้เปลี่ยนทิศทางจึงเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณความเข้มข้นของแบล็คคาร์บอนที่ทำการวัดได้มีค่าที่ต่ำลงจึงส่งผลให้การรวมตัวของอนุภาคแบล็คคาร์บอนน้อยลงทำให้ปริมาณการตกสะสมน้อยลงตามกัน



ภาพที่ 2 ปริมาณการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้า (6:00-18:00) และช่วงเย็น (18:00-6:00) ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2012



ภาพที่ 3 ความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้า (6:00-18:00) และช่วงเย็น (18:00-6:00) ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2012

3. ความเร็วในการตกสะสมของแบล็คคาร์บอน

ผลการคำนวณความเร็วในการตกสะสมของแบล็คคาร์บอนในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 แสดงในรูปที่ 3 ในหน่วยเซนติเมตรต่อวินาที การศึกษาแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเช้า (6:00-18:00) และช่วงเย็น (18:00-6:00) ความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนช่วงเช้ามีค่าเท่ากับ 1.10, 2.85, 0.38, 0.89, 0.81 และ 1.08 เซนติเมตรต่อวินาที ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ตามลำดับ และความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนช่วงเย็นมีค่าเท่ากับ 1.22, 2.31, 0.50, 0.68, 0.98 และ 1.18 เซนติเมตรต่อวินาที ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ตามลำดับ ความเร็ว

ในการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคมและต่ำสุดในเดือนสิ่งหาคม โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2.58 และต่ำสุด 0.44 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างแบล็คคาร์บอนที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2012 เป็นระยะเวลา 7 วันต่อเดือน โดยแบ่งเป็นสองช่วง คือ ช่วงเช้าเวลา 6:00 – 18:00 น. และช่วงเย็นเวลา 18:00 – 6:00 น. ตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนที่ตรวจวัดได้อยู่ใน 4.66-19.18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ปริมาณการตกสะสมเฉลี่ยของแบล็คคาร์บอนอยู่ในช่วงช่วง 4.66-14.18 ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที ตามลำดับ และความเร็วในการตกสะสมเฉลี่ยชองแบล็คคาร์บอนอยู่ในช่วง 0.44-2.58 เซนติเมตรต่อวินาที

ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บตัวอย่างแบล็คคาร์บอนควรเก็บให้ครบทุกฤดูกาล เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยทางภูมิอากาศได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2. การเก็บตัวอย่างแบล็คคาร์บอน ควรเก็บให้มิดชิดกันการสัมผัสกับอากาศ ความชื้น หรือมลพิษอื่นๆ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก

เอกสารอ้างอิง

Aittipon Phoaremad, Vichan Simachaya, Taleansuk Phedsuwan, Pudcharavadee Suwanthada, Janejob Suksod, Punsuk Thiramonkkol, Punya Voraphedcharayut, et al. (2011). Black Carbon in the Atmosphere and Global Warming: *Air & Noise*, 3 (9), 10-11.

V. Ramanathan, & G. Carmichael. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon, *Nature Geoscience*, 221-22. doi: 10.1038/ngeo156

Robert E Baron, W David Montgomery, & Sugandha D Tuladhar. (2009). An Analysis of Black Carbon Mitigation as a Reponse to Climate Change: *COPENHAGEN CONSENSUS CENTER*, 14, 10-11.

Sakaerat environmental research station. (n.d.) *Location and Area*. Retrieved May 2, frome http://www.tistr.or.th/sakaerat/Location/LOCATION.HTM (in thai).

Acid Deposition and Oxidant Research Center. (2003) Specifications of filters: *Technical Document for Filter Pack Method in East Asia*, 4-6.

Michael W.I Schmidt, Jan O. Skjemstad, Claudia I. Czimczik, Bruno Glaser, Ken M. Prentice, Yves Gelinas, & Thomas A.J. Kuhlbusch, (2001). Comparative analysis of black carbon in soils. *GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES*, 15, 163-167.

Erisman, J.W., Draaijers, & G.P.J. (1995). Atmospheric Deposition in Relation to Acidi-fication and Eutrophication. *Studies in Environmental Science*, 63, 55-75.

Wesely, M.L., Hicks, & B.B., (1977). Some factors that affect the deposition rates of sulfur dioxide and similar gases on vegetation. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 27, 1110-1116.

ผู้เขียน

ณัฏฐรมัณยา จันทราประภากุล, รศ.ดร.พจนีย์ ขุมมงคล, รศ.ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

ahiahikiki_sunday@hotmail.com

EN1023: การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ด
Study of Methane Emission from Pellet Organic Fertilizer in Rice Field

สวรรยา จันทร์บาง[1*] ศิววรรณ พูลพันธุ์[2] และศศิธร พุทธวงษ์[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี ทำการศึกษาวัสดุผสานที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด การศึกษาแบ่งออกเป็น 1) การสำรวจวัสดุผสานและอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุผสานกับปุ๋ยอินทรีย์ผงในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ โดยทำการศึกษาวัสดุผสาน 3 ชนิด ได้แก่ ดินขาว ดินเหนียว และกากน้ำตาล 2) การศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุผสานเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปและมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ การศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยศึกษาในพื้นที่อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี ปลูกข้าวพันธุ์เหลืองประทิว และเก็บตัวอย่างก๊าซในช่วงที่ต้นข้าวอยู่ในช่วงเจริญเติบโต โดยใช้ Static Box Technique สัปดาห์ละ 1 ครั้ง วิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) จากการประเมินค่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซ ในฤดูการทำนาปี พบว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ระยะที่ต้นข้าวเจริญเติบโตมีอายุ 66 วัน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.03 mg/m^2/h

คำสำคัญ: มีเทน / นาข้าว / ปุ๋ยอินทรีย์

Abstract

This research aimed estimate methane emission from rice field. Study an appropriate material for the forming of pellet organic fertilizer. This study was divided into 1) study appropriate type and ratio of material in forming of pellet organic fertilizer by studying 3 types of materials; kaolin, clay and molasses 2) study methane emission in rice field after application of from pellet organic fertilizer. It was found that pellet organic fertilizer using clay as forming is the most material appropriate ratio in pellet forming with low cost. This pellet organic fertilizer contains high nutrients quantity reach to criterion standard of organic fertilizer. Methane emission ratio in rice field using pellet organic fertilizer was studied at Photharam district, Ratchaburi which planted with rice "KHAW-LUANG-PRA-TEW". Gas emission were sampling during period of rice growth using Static Box Technique once a week. Gas Chromatography was using in estimation of emission ratio. It was found that maximum methane was emitted at period of grown rice 66 days of 10.03 mg/m^2/h.

Keywords: Methane / Rice field / Organic fertilizer

---

*สวรรยา จันทร์บาง Tel. 08-5199-3497 Email: sawanya_jun@hotmail.com
ขอขอบคุณโครงการพัฒนาส่งเสริมความรู้และงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ระบบโลก (KMUTT-Earth Systems Science Research and Development Center)

บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศเกษตรกรรมประเทศหนึ่งของโลก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมทำการปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจส่งออกที่สำคัญของประเทศ (Houghton, 1995) โดยมีพื้นที่การทำนาข้าวร้อยละ 52 ของพื้นที่เกษตรทั้งประเทศ หรือมีพื้นที่ปลูกข้าวร้อยละ 6 ของพื้นที่ผลิตข้าวทั้งโลก (Minami, 1994) นาข้าวเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญนอกจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วยังมีก๊าซมีเทน อย่างไรก็ตามก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่มีศักยภาพทำให้โลกร้อนรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า (ไตรมิตร, 2545) ก๊าซมีเทนเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในสภาพที่ไร้ออกซิเจน เช่นสภาพน้ำท่วมขังในนาข้าว การย่อยอาหารโดยการหมักในกระเพาะ (enteric fermentation) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากนี้การบำบัดน้ำเสีย การกลบฝังขยะ รวมถึงพื้นที่ชุ่มน้ำยังเป็นแหล่งของการเกิดก๊าซมีเทนได้อีก (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2540) ดังนั้นเพื่อลดปริมาณก๊าซมีเทนในบรรยากาศ จึงได้มีการศึกษาวิจัยนี้เพื่อหาเทคนิคต่างๆมาใช้ในการลดปริมาณการเกิดและการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว เช่น การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประมินค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศ อันจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนมาตรการในลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสานในการขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยอินทรีย์และศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนอัดเม็ดปุ๋ย

ในงานวิจัยนี้เป็นการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ จากปุ๋ยอินทรีย์ผงที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งมีส่วนผสมของชานอ้อยและมูลค้างคาวเป็นหลัก ดังนั้นก่อนทำการอัดเม็ดจึงต้องนำปุ๋ยอินทรีย์มาวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆดังนี้

- วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Jackson, 1958)
- การวิเคราะห์หาค่าความชื้น (นันทพันธุ์ รัตนธรรม, 2526)
- สัดส่วนของธาตุคาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio)
- วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารรอง 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer
- วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ
- วิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง
- วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
- วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
- วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ (พัชรี ธีรจินดาขจร, 2552)

2. ศึกษาวัสดุผสานและอัตราส่วนในการผสมในการขึ้นรูปปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

โดยในการศึกษาขั้นตอนนี้ จะเลือกใช้วัสดุผสาน 3 ชนิด ได้แก่ กากน้ำตาล ดินเหนียวและดินขาว หาอัตราส่วนเพื่อที่จะให้เม็ดปุ๋ยมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมและสามารถขึ้นรูปเม็ดได้ ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้วัสดุผสานที่ต่างชนิดกันเปรียบเทียบความสามารถในการอัดเม็ดปุ๋ย ดังนี้

- ปุ๋ยอินทรีย์ : น้ำ : ดินขาว

- ปุ๋ยอินทรีย์ : น้ำ : กากน้ำตาล
- ปุ๋ยอินทรีย์ : น้ำ : ดินเหนียว

2.1 วิธีการทำปุ๋ยอัดเม็ด

1. นำปุ๋ยอินทรีย์หลังจากแห้งมาบดให้ละเอียด หลังจากนั้นจึงนำมาผสมกับวัสดุผสาน
2. นำไปอัดเม็ดด้วยเครื่องบด ให้เม็ดมีขนาดไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
3. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง เพื่อให้ปุ๋ยหมักอัดเม็ดคงตัว

3. วิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆของปุ๋ยอินทรีย์หลังอัดเม็ดปุ๋ย

นำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ตากแห้งเรียบร้อย มาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ N, P, K, Ca, Mg, pH, C:N ratio และคัดเลือกปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อเป็นใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

4. ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากปุ๋ยอินทรีย์เม็ดในพื้นที่แปลงนาข้าวทดลอง

โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในนาข้าว ณ พื้นที่ตำบลดอนกระเบื้อง อ.โพธาราม จ.ราชบุรี โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดปริมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ในนาข้าวที่ปลูกด้วยข้าวพันธุ์เหลืองประทิว

4.1 วิธีการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทน

4.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ทำโดยเก็บตัวอย่างก๊าซทุกอาทิตย์ โดยจะเก็บตัวอย่างก๊าซจากการครอบกล่อง (Static box) ที่ทำด้วยพลาสติก Acrylic ขนาด 30 x 30 x 100 cm^3 มีรูสำหรับติดเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ และเก็บตัวอย่างโดยใช้ syringe ดูดอากาศภายในกล่องครอบเก็บตัวอย่าง แล้วบรรจุลงในขวดเก็บก๊าซซึ่งภายในเป็นสูญญากาศและพันทับด้วยพาราฟิล์ม หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซโครมาโตกราฟี

4.1.2 ศึกษาข้อมูลปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย ได้แก่ กรด-ด่าง ความสูงของน้ำ ความสูงของต้นข้าว อุณหภูมิของดิน น้ำและอากาศ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด งานวิจัยนี้เป็นการเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ด้วยการสร้างคุณค่าการตลาดของปุ๋ยอินทรีย์ให้สูงขึ้น และยังสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร เนื่องจากลดภาระต้นทุน โดยการทดลองได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆของปุ๋ยอินทรีย์ผงและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ศึกษาวัสดุผสานและอัตราส่วนในการขึ้นรูปปุ๋ยอินทรีย์เม็ด และการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวจากปุ๋ยอินทรีย์เม็ด จะทำการทดลองโดยการวัดค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแปลงนาข้าวทดลอง ภายในพื้นที่ ต.ดอนกระเบื้อง อ.โพธาราม จ.ราชบุรี

1. วิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆของปุ๋ยอินทรีย์ผงและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

การที่จะนำปุ๋ยที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษรมาใช้ในการทดลอง จำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวก่อน ทั้งนี้เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อพืชตามมาตรฐานปุ๋ยอิยทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรอีกด้วย โดยผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบต่างๆในปุ๋ยอินทรีย์

พารามิเตอร์	ปุ๋ยอินทรีย์ผง	ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่ใช้ตัวผสานต่างๆ		
		กากน้ำตาล	ดินเหนียว (Ball clay)	ดินขาว
ปริมาณความชื้น (%)	10.09	4.41	4.04	4.39
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.43	6.14	6.42	6.50
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	5.18	6.37	5.23	4.41
ปริมาณอินทรียวัตุ (%)	19.84	21.45	20.94	20.63
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.54	1.29	1.31	1.18
สัดส่วนของธาตุคาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio)	12.88	16.63	15.98	17.48
ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (P_2O_5) (%)	4.89	4.76	4.90	4.59
ปริมาณโพแทสเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (K_2O) (%)	1.93	3.50	2.16	3.93
ปริมาณแคลเซียม	34.04	7.81	29.21	25.67
ปริมาณแมกนีเซียม	2.31	1.01	1.68	1.34

เมื่อทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองได้แก่ N, P, K, Ca, และ Mg พบว่า ปริมาณธาตุอาหารจะมีความแตกต่างกันออกไป โดยส่วนประกอบของปุ๋ยอินทรีย์ผงและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดล้วนแต่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ตามกรมการเกษตร จะมีเพียงแต่ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวผสานที่เกินมาตรฐาน

2. ศึกษาวัสดุผสานและอัตราส่วนในการขึ้นรูปปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

นำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปัญหาหนึ่งของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ลักษณะเป็นฝุ่นผง คือไม่สะดวกต่อการใช้งาน และการใช้งานก็ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ จึงมีการพัฒนารูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์ให้ใช้งานได้ง่าย มีประสิทธิภาพ เก็บรักษาได้นาน สามารถใช้กับเครื่องหยอดปุ๋ยได้ และสะดวกในการขนส่ง ให้อยู่ในรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แม้จะต้องเพิ่มกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนขึ้นกว่าเดิม แต่ในทางเศรษฐกิจแล้ว การนำปุ๋ยผงมาแปรรูปเป็นปุ๋ยเม็ดนั้นนับเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ปุ๋ยอินทรีย์ได้ทางหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดินอีกด้วย

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดจะสามารถผสมผสานวัตถุดิบได้หลากหลาย ในการวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาตัวผสาน 3 ชนิด ได้แก่ กากน้ำตาล ดินเหนียวและดินขาว โดยทำการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมได้ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์

ชนิดตัวผสาน	% โดยน้ำหนัก		
	ปุ๋ยผง	น้ำ	ตัวผสาน
กากน้ำตาล	75	22	3
ดินเหนียว	73	24	3
ดินขาว	71	23	6



ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวผสาน



ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ดินเหนียวเป็นตัวผสาน



ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ดินขาวเป็นตัวผสาน

จากการนำปุ๋ยอินทรีย์ไปผสมกับตัวผสานต่างๆในการอัดเม็ดปุ๋ย จะเห็นว่าตัวผสานทั้งสามชนิดสามารถอัดเม็ดขึ้นรูปได้ แต่จะใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อเรานำปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้จากตัวผสานทั้งสามนี้ไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ พบปริมาณธาตุอาหารต่างๆของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมการเกษตร แต่ปุ๋ยอัดเม็ดที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวผสานจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านี้เป็นค่าที่ใช้สำหรับประเมินความเข้มข้นของเกลือที่ละลายได้ ถ้าปุ๋ยที่มีค่า EC สูงจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นสูงของเกลือที่ละลายได้ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป (Rayment and Higginson, 1992) และเมื่อคำนวนทางด้านค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดนี้ ราคาของตัวผสานจะแตกต่างกันไป ซึ่งจากการสำรวจราคาตามท้องตลาดทั่วไปตัวผสานทั้ง 3 ชนิดจะมีราคาดังนี้ กากน้ำตาล 11 บาท/กิโลกรัม ดินเหนียว 10 บาท/กิโลกรัม และดินขาว 10 บาท/กิโลกรัม

เมื่อพิจารณาทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ รวมถึงการคำนวนค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดนี้ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้ดินเหนียวเป็นตัวผสานเป็นตัวแทนในการทดลองการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากปุ๋ยอินทรีย์เม็ดในแปลงนาข้าวทดลอง จ.ราชบุรี เนื่องจากมีองค์ประกอบต่างๆอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการอัดเม็ดน้อยที่สุดอีกด้วย

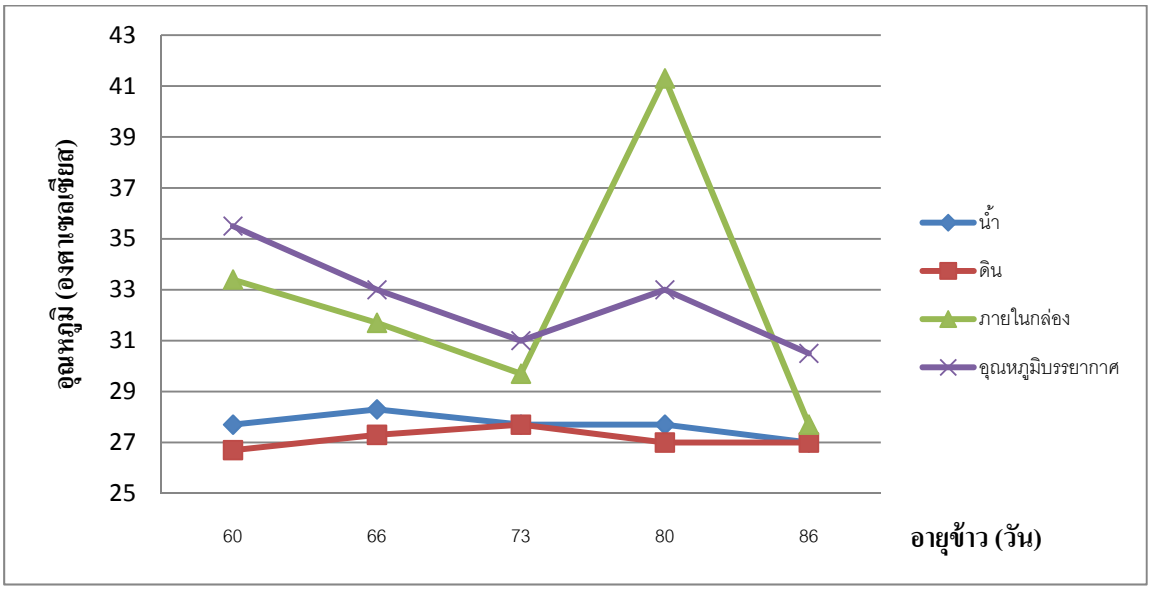
3. ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากปุ๋ยอินทรีย์เม็ดในแปลงนาข้าว

หลังจากเตรียมดินจะทำปลูกข้าวโดยการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวลงไปในนาที่เตรียมพื้นที่ไว้โดยตรง เมื่อผ่านไป 3-4 วัน ได้มีฝนตกหนักมากจนเมล็ดข้าวถูกชะไหลไปรวมกันเป็นจุดๆ ทางผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนมาทำนาดำแทน โดยรอเพื่อที่จะได้ต้นกล้าต้นที่แข็งแรง หลังจากนั้นก็นำไปปักดำลงในแปลงนาที่ทำการทดลอง โดยจะแบ่งแปลงนาเป็น 2 แปลง ขนาด 5x5 เมตร ซึ่งการทำนาแบบปักดำนี้ จะทำให้ข้าวที่เกิดจะมีลักษณะเป็นแถวเป็นแนวง่ายต่อการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย ทำให้

ข้าวแต่ละกอมีโอกาสได้รับอาหารและแสงแดดอย่างสม่ำเสมอกัน และเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำในการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเริ่มทำการเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2555 โดยวันเริ่มทำการทดลองข้าวมีอายุครบ 60 วัน



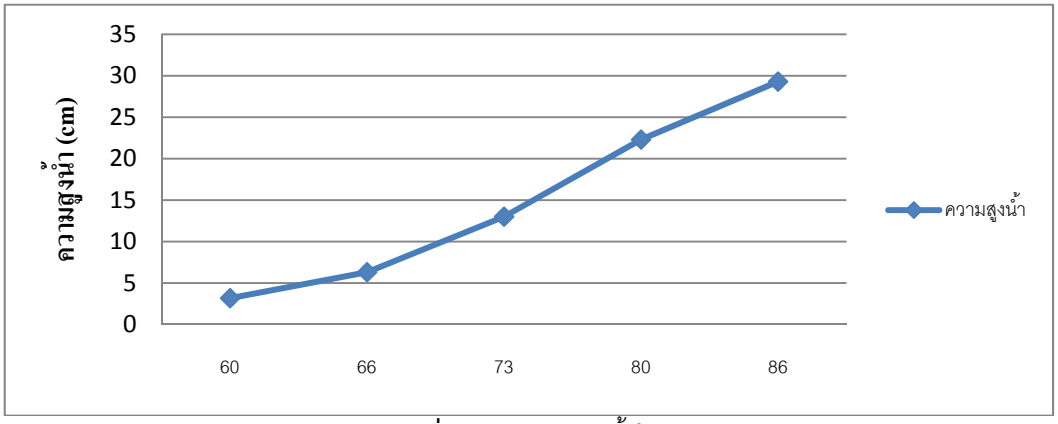
3.1 อุณหภูมิของน้ำ ดิน ภายในกล่องเก็บตัวอย่างและอุณหภูมิบรรยากาศ



ภาพที่ 3.1 อุณหภูมิของน้ำ ดิน ภายในกล่องเก็บตัวอย่างและอุณหภูมิบรรยากาศ

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำและดินมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนอากาศปกติและอากาศภายในกล่องก็เช่นเดียวกัน แต่ในวันที่อายุข้าว 80 วัน อุณหภูมิภายในกล่องจะสูง 41.3 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศปกติที่สูงเพียง 33 องศาเซลเซียส

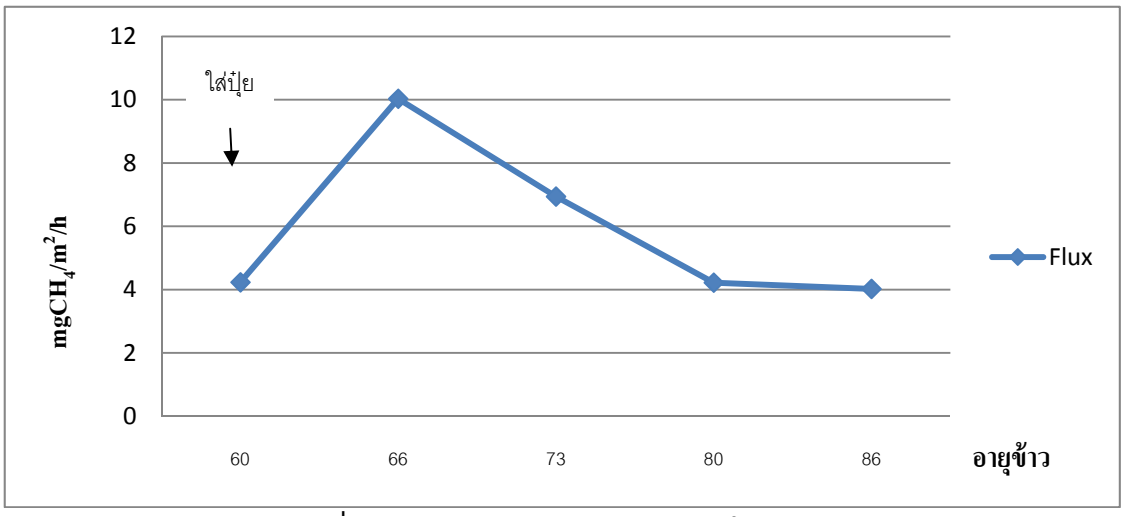
3.2 ความสูงของน้ำ



ภาพที่ 3.2 แสดงระดับน้ำในแปลงการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าความสูงของน้ำในแปลงการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเริ่มจากระดับน้ำ 3.2 เซนติเมตร จนถึง 29.1 เซนติเมตร เนื่องจากมีการขังของน้ำในแปลงและไม่มีการระบายน้ำออก

3.3 การปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว



ภาพที่ 3.3 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในแปลงการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่าหลังจากปลูกข้าวแล้ว 60 วัน มีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทน 4.23 mg/m^2/h (ที่ 60 วัน) โดยปริมาณก๊าซมีเทนจะถูกปลดปล่อยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างช่วงใส่ปุ๋ยอินทรีย์เม็ด วัดค่าได้ 10.03 mg/m^2/h ที่อายุต้นข้าว 66 วัน ทำให้มีสารอาหารในดินในปริมาณสูง แบคทีเรียสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี ทำให้มีการสร้างก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น (อภิญญา วงศ์กำภู, 2542) แล้วจึงมีค่าลดลง ในวันที่อายุต้นข้าว 73 วัน ดังแสดงในรูป เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่มีผู้ศึกษา ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปุ๋ยที่เติมลงไปกับความสัมพันธ์ต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน พบว่าผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการวิจัยของ ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ ในปี 2536 ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อการปล่อยก๊าซมีเทน ณ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ในระหว่างฤดูนาปี (wet season) โดยใช้พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 90 ในช่วงที่ต้นข้าวอยู่ในระยะเจริญเติบโต พบว่าก๊าซมีเทนถูกปลดปล่อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดเท่ากับ 15.81 mg/m^2/h ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่างานวิจัยนี้ โดยมีค่าเท่ากับ 10.03 mg/m^2/h เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยครั้งนี้กับผลการศึกษาของ วรรณฑกา พจน์โยธิน ในปี พ.ศ. 2543 ที่ได้ศึกษา

ผลกระทบของปัจจัยทางด้านพันธุ์ข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในจังหวัดราชบุรี พบว่าพันธุ์ข้าวเหลืองประทิวเป็นพันธุ์ข้าวที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนปานกลาง ซึ่งต่างจากพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 60 และสุพรรณบุรี 90 โดยเป็นพันธุ์ข้าวที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงมาก และการศึกษาของ Neue และ Roger (1993) ได้รายงานว่าวิธีการปลูกข้าวก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน โดยการปลูกข้าวแบบนาหว่านและนาดำมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้มากน้อยแตกต่างกันเมื่อพิจารณาถึงจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่แล้ว

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยและการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว สรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนของตัวผสานต่อการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ตัวผสานทั้ง 3 ชนิดสามารถอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ได้ แต่มีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยดินเหนียวมีอัตราส่วนและปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายในการอัดเม็ดต่ำที่สุดอีกด้วย

กรณีการศึกษาการปลลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 4.02-10.03 mg/m^2/h โดยปริมาณการปล่อยมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของข้าว การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดทำให้ต้นข้าวมีค่าการปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุดเท่ากับ 10.03 mg/m^2/h และลดลงมาตามลำดับ

ผลการศึกษาข้างต้นเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการหาแนวทางการลดปริมาณขยะอินทรีย์ โดยนำมารีไซเคิลหรือสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และยังเป็นการหาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวไปสู่บรรยากาศอีกทางหนึ่งด้วย

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนมีการเก็บทุกๆ 7 วันอาจทำให้พบการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีความถี่ของการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนมากขึ้น เพื่อความแม่นยำของข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

Houghton, J.T., Meira Filho, Callander, B.A., Harris, N., Kattenbery, A. and Maskell, K., 1996, Climate Change 1995:The science of Climate Change, New York, Cambridge University Press, pp. 1-25, 51-95, 131.

Minami, K., 1994, “Methane from Rice Production**”, Fertilizer Research**, Vol.37, pp. 167-179.

M.L. Jackson. 1958. Soluble Salt Analysis for soils and Waters. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewaed Cliffs, N.J. p. 251

Neue, U.H., 1993, “Methane Emission from Rice Fields”, Bioscience, Vol.43, pp.466-473.

Official Methods of Analysis of AOAC International, 2000, 17th Ed., AOAC International Gaithersburg. MD. USA. Vol.1. Chapter 2.p. 5.

Official Methods of Analysis of Fertilizers, 1987, The National Institute of Agriculture Sciences. Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries. Yataba-machi. Ibaraka-ken. JAPAN.

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, “คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน”, 52 หน้า.

นันทพันธุ์ รัตนธรรม, 2526, วิธีวิเคราะห์ปุ๋ย, กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บางเขน กรุงเทพฯ, 37 หน้า.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2536, การปลดปล่อยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 175 หน้า.

พัชรี ธีรจินดาขจร, 2552, คู่มือการวิเคราะห์ดินเคมี, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 174 หน้า.

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552, “คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี”, 174 หน้า.

วรรณฑกา พจน์โยธิน, 2543, ผลกระทบของปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในจังหวัดราชบุรี โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 191 หน้า.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2540, “โครงการศึกษาและจัดทำบัญชีรายการแห่งชาติว่าด้วยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มิได้ควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออล”, (บทสรุปสำหรับผู้บริหาร), เอกสารของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยเสนอสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, หน้า 1-2.

อภิญญา วงศ์กำภู, 2542, อิทธิพลของปุ๋ยและการจัดการน้ำต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 134 หน้า.

ผู้เขียน

สวรรยา จันทร์บาง 1 ม.8 บ้านนาเจริญ ต.หนองเลิง อ.เมือง จ.บึงกาฬ 38000 sawanya_jun@hotmail.com

ผศ.ดร.ศิววรรณ พูลพันธุ์ สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 sivawan.pho@kmutt.ac.th

ผศ.ดร.ศศิธร พุทธวงษ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนน ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 sasidhorn.bud@kmutt.ac.th

EN1024: ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำผิวดินใน อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

วิภารัตน์ นวลเจริญ และ วอภิญญา พึ่งประยูร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันเพื่อศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของแหล่งน้ำใน อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำใน อ.บางคนที จ.สงคราม บริเวณการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตร ผลจากการวิจัยพบว่า

(1) ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ,ปริมาณฟีคัลโคลีฟอร์ม,กรด-ด่าง,บีโอดี,อุณหภูมิ,ปริมาณสารฟอสฟอรัสทั้งหมด,ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรท,ความขุ่น,ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 3.91 Mg/L, 1380.22 MPN/100ML. ,7.712, 1.62 Mg/L, 28.82°C, 54.42 µg/L, 32.24 µg/L, 53.72 NTU, 691.26 Mg/L นำค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เว้นแต่พารามิเตอร์ 2 พารามิเตอร์ คือปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรทที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

(2) ผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ชุมชนค่าเฉลี่ยแต่ละเดือนเทียบกับดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในช่วง 31-60 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป ของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตร พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในช่วง 31-60 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม

(3) ผลการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปในการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ชุมชุนกับการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตร พบว่า Sig. เท่ากับ .084 ซึ่งมีค่ามากกว่า α= 0.05 จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 อธิบายได้ว่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปในการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบชุมชุนกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเกษตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

คำสำคัญ (keywords) : ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI), มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน, การใช้ประโยชน์ที่ดิน

นักวิจัยผู้เสนอผลงาน นางสาววิภารัตน์ นวลเจริญ, นางสาวอภิญญา พึ่งประยูร
Tel. 08-7358-6408 E-mail: p_nan_bee@hotmail.com

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสุวรรณ เกษมสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำให้คำปรึกษา ตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องพร้อมทั้งสนับสนุน ผลักดัน และช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน จนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปินตา ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบรายงานการวิจัยทุกขั้นตอน ขอขอบพระคุณ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ และคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนวิชา ความรู้ รวมทั้งให้คำแนะนำและให้กำลังใจในการทำรายงานฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำอำเภอบางคนที และชาวบ้านในอำเภอบางคนที ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยดังกล่าวขั้นต้น สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับจุดเก็บทั้ง 30 จุด ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชนในเดือนสิงหาคม 2555 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 58.67 เมื่อนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเทียบกับระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่ามีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม, เดือนกันยายน 2555 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 50.77 คะแนน เมื่อนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเทียบกับระดับค่า

ดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่ามีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม, เดือนตุลาคม 2555 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 56.47 เมื่อนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเทียบกับระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่ามีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม, เดือนพฤศจิกายน 2555 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 54.7 เมื่อนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเทียบกับระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่ามีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำใน 30 จุด ทั้ง 4 เดือน ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชน พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมในทุกๆเดือน และการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตร พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมในทุกๆเดือน

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชน พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม และการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตร พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม จากผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบการเกษตร เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าดัชนีคุณภาพน้ำในการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบชุมชนกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเกษตร พบว่าระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมเช่นเดียวกัน สรุปผลทางสถิติคือ ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 อธิบายได้ว่าค่าดัชนีคุณภาพในการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบชุมชนกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเกษตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการทำโครงงานวิจัยเรื่อง “ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำผิวดินใน อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม” ในครั้งนี้ทำให้มีข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ดังนี้
สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปมีดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

1) ควรมีการศึกษาและสำรวจคุณภาพน้ำในคลองต่างๆในแต่ละตำบลในอำเภอบางคนทีอย่างต่อเนื่องให้ช่วงเวลาเก็บตรงแต่ละจุดเก็บตัวอย่างกันเพื่อดัชนีคุณภาพน้ำที่ และอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแม่นยำมากขึ้น

2) ควรทำการศึกษาสภาพแวดล้อมโดยรอบของอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงครามปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงเพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการติดตามและตรวจสอบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของคลองต่างๆในแต่ละตำบลในอำเภอบางคนทีในอนาคต

2) ควรมีการศึกษาทดลองวิธีการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2555). **ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป**. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2555 จาก http://wqmonline.pcd.go.th/IWIS/wqionline/wqi_htm

_____. (2555).**คำนวณดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป**. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2555 จาก http://wqmonline.pcd .go.th/IWIS/wqionline/wqi_php

ธีระดา ภิญโญ และ อดิศัย โทวิชา. (2552).**สถิติสำหรับงานวิจัย**.นนทบุรี:หจก.เฟริ์นข้าหลวง พริ้น แอนต์พับลิชชิ่ง

ธเนตร ศรีสุข(2538) **ศึกษาการใช้ที่ดินของเกาตรกร อำเภอโคกเจริญจังหวัดลพบุรี**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นพมาศ นิพนธ์กิจ (2547) **ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำท่าจีน ตอนกลางและตอนล่าง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปิยณัฐ เอื้อสวัสดิ์. (2553). **การใช้ดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อการประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองในเขตกรุงเทพมหานคร**.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ . มหวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ฝ่ายตรวจและบังคับการ. (2549). **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535**. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

พันธุชา สืบวงศ์ , ณัฏฐา หังสพฤกษ์, และวนิดา ชูอักษร.(2551).**การศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่โครงการส่งน้ำละบำรุงรักษาคลองเพรียว-เสาไห้ จังหวัดสระบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

ไพรัช บุญน้อม (2526) **ศึกษาปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคมในการจัดการอุทยานแห่งชาติ ภูพาน**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภูมินทร์ ขัดตะละ.(2553). **การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบนและตอนกลางตาม ช่วงฤดูกาล**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ยุพา สุพะไตย.(2554) **ศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อการอุปโภคและบริโภค ในพื้นที่ตำบลบางนางลี่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัชรี ศิวเสน (2540) **ศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำทางกายภาพ บริเวณลุ่มน้ำลิ่นถิ่น จังหวัดกาญจนบุรี** . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิสูตร สุกร และไพรัตน์ สีหัวโทน. (2553).**การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประชากรหิ่งห้อยบริเวณสวนผลไม้ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ศรีสุวรรณ เกษมสวัสดิ์,ทัศนาวลัย อุฑารสกุล,ศิวพันธุ์ ชูอินทร์(2555). **การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อคุณภาพน้ำ และทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**.กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สมชัย ตั้งอนุรัตน์ (2542) **ศึกษาการพิจารณาอนุญาตให้เข้าทำประโยชน์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติเพื่อก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคอง แบบสูบกลับ จังหวัดนครราชสีมา**: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . 2550.**อนามัยสิ่งแวดล้อม**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช , นนทบุรี.

สุนิภา แก้วมูล , กุลวดี นุ่มพญา.(2554).**การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองวัดราชาธิวาส เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป**.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 10 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2552) .**การใช้ ประโยชน์ที่ดินในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม**

อมรชัย หิรัญรัตน์ (2548)**ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำ ลำพระเพลิงตอนบน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อดิศร นุชดำรงและคณะ(2544)**ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ สถานีวิจัย ลุ่มแม่น้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี**: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้เขียน

นางสาววิภารัตน์ นวลเจริญ, นางสาวอภิญญา พึ่งประยูร นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

E-mail: p_nan_bee@hotmail.com Tel. 02-160-1209 Fax. 02-160-1146

EN1025 : ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์

อรนิภา สันทาลุนัย และ พัชรินทร์ วงสารี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีเคมีลูมิเนสเซนต์มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธีการโซเดียมอาร์ไนต์ซึ่งประกอบด้วยอัตราการไหลของอากาศและความเข้มข้นของสารดูดซับ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศด้วยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์(1)เพื่อศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธีการโซเดียมอาร์ไนต์ซึ่งประกอบอัตราการไหลของอากาศและความเข้มข้นของสารดูดซับโดยทำการศึกษาปัจจัย 2 ปัจจัย ด้วยการออกแบบชุดทดลองทั้งหมด 9 ชุดทดลอง ในแต่ละชุดทดลองมีระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างละ 1 ชั่วโมง จานวน 30 ตัวอย่าง จากนั้น(2)เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ใน บรรยากาศด้วยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์

คำสำคัญ: มลพิษทางอากาศ, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์, วิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์, วิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์

*อรนิภา สันทาลุนัย และพัชรินทร์ วงสารี
Tel. 02-160-1209; Fax: 160-1146 E-mail : yuyornipa@hotmail.com

สรุปผลการทดลอง

1) ผลการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธีการโซเดียมอาร์ไนต์ซึ่งประกอบอัตราการไหลของอากาศและความเข้มข้นของสารดูดซับพบว่าค่าที่ได้ยังมีความแตกต่างกับผลการตรวจวัดโดยวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ของกรมควบคุมมลพิษ เพื่อต้องการเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์เทียบกับวิธีมาตรฐานเคมีลูมีลูมิเนสเซนต์ของกรมควบคุมมลพิษเพื่อให้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันโดยนาไปแทนลงในสมการความถดถอยที่สร้างจากโปรแกรม Microsoft Excell

2) เมื่อนามาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ โดยใช้หลักสถิติ t-test สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ ปฏิเสธสมมติฐาน H1 ยอมรับสมมติฐาน H0 ซึ่งสรุปได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์มีค่าความเข้มข้นที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสาคัญ 0.05 ทั้ง 9 ชุดทดลอง จึงนาทั้ง 9 ชุดทดลองมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อทดสอบว่าชุดทดลองใดเหมาะสมที่สุด

3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์กับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์จากกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้หลักสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson’s product moment correlation coefficient, r) พบว่าชุดทดลองที่ 7 ที่ซึ่งประกอบด้วยอัตราการไหลของอากาศที่ 160 มิลลิลิตรต่อนาที กับความเข้มข้นของสารดูดซับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลาร์ และโซเดียมอาร์ซิไนต์ 0.004 โมลาร์ มีค่า sig (2-tailed) เท่ากับ 0.000 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐาน H0 ยอมรับสมมติฐาน H1 ซึ่งสามารถ

สรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดทั้งสองวิธีนั้นมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสาคัญ 0.05 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.658 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงและเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวซึ่งชุดทดลองที่ 7 นี้เป็นชุดที่มีค่าความสัมพันธ์สูงสุด จึงสรุปว่าเป็นชุดทดลองที่เหมาะสมที่นามาใช้ในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์ แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์สามารถนามาใช้แทนการตรวจวัดโดยวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษได้ และเมื่อศึกษาวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังกล่าวจนได้ชุดทดลองที่เหมาะสมแล้วได้ทาการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์ที่ได้ออกแบบขึ้นตามสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษโดยทาการตรวจวัดในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่ริมถนน จานวน 4 สถานีด้วยกัน จากนั่นนาผลที่ได้มาเทียบกับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ของกรมควบคุมมลพิษพบว่า ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยวิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์บริเวณอาคารที่พักตารวจโชคชัย 4 ซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณริมถนน มีค่าใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษโดยวิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศเฉลี่ยที่ 0.046 พีพีเอ็ม ส่วนวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนต์ของกรมควบคุมมลพิษมีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศเฉลี่ยที่ 0.042 พีพีเอ็ม อย่างไรก็ตามผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศทั้ง 4 สถานี มีค่าต่ากว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปมีค่า 0.17 พีพีเอ็ม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสาหรับการวิจัยครั้งนี้

สำหรับข้อเสนอแนะในการทาการวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1.1 การประยุกต์อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศนี้ไม่เหมาะสมที่จะนามาใช้ตรวจวัดในหน้าฝนซึ่งอาจส่งผลทาให้ปั๊มมีปัญหาเนื่องจากปั๊มมีราคาสูง

1.2 การพัฒนาอุปกรณ์วิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์ขึ้นมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศเหมาะที่จะใช้ตรวจวัดในบริเวณริมถนนที่มีการจราจรมากกว่าบริเวณพื้นที่ชุมชน

2. ข้อเสนอแนะสาหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

สาหรับข้อเสนอแนะในการทาการวิจัยครั้งต่อไปมีดังต่อไปนี้

1.1 ในการศึกษานี้ได้ทาการตรวจวัดการดูดกลืนคลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ซึ่งมีราคาสูงและไม่เหมาะสมกับการเคลื่อนย้ายน่าจะมีการศึกษาวิธีการในการวิเคราะห์รูปแบบอื่นที่ง่ายในการนาไปใช้งาน

1.2 การพัฒนาอุปกรณ์วิธีโซเดียมอาร์ซิไนต์ขึ้นมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศควรทาการตรวจวัดตามสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษมากกว่า 4 สถานี เพื่อความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ.(2543). ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์, **การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกาเนิดมลพิษทางอากาศและการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล**. กรุงเทพมหานคร: ซีคอท.

_____. (2547 ก.). **คู่มือการควบคุมและประกันคุณภาพงานห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. (2547 ข.). **มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. (2550). **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2550**. กรุงเทพมหานคร:กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. (2555). **ข้อมูลการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์รายชั่วโมง วันที่ 10 สิงหาคม – 18 กันยายน 2555**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2547). **ตาราบาบัดมลพิษอากาศ.** กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์. (2548). ทางเลือกใหม่ : เครื่องมืออย่างง่ายในการเฝ้าระวังอากาศเขตเมือง. **วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม.** 1 (27), หน้า 31-38**.**

เกษม จันทร์แก้ว. (2525). **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. (2541). **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรานันท์ ราชอาษาและณัชชา ภูครองจิตร. (2551). **การศึกษาเพื่อพัฒนาอุปกรณ์อย่างง่ายในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

พัฒนา มูลพฤกษ์. (2545). การป้องกันและควบคุมมลพิษ (พิมครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร : บริษัทซิกมาดีไซท์กราฟฟิก

นพภาพร พานิช. (2547). **ตาราบาบัดมลพิษอากาศ.** กรุงเทพมหาคร: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

วนิดา จีนศาสตร์. (2548). **กรณีศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค Passive sampling ในประเทศไทย, เอกสารประกอบการสัมมนาระดมความคิดเห็น การประยุกต์ใช้ Passive sampling ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ.** กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ

วราวุธ เสือดี. (2543). **ความรู้เบื้องต้น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการตรวจวัดวิเคราะห์.** เอกสารการฝึกอบรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ปทุมธานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต).

_____. (2546)**. การประเมินผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจาลองคณิตศาสตร์.** เอกสารประกอบการอบรมเชิงวิชาการ“การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศและการใช้แบบจาลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศ”. ปทุมธานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต).

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2549). **เอกสารประกอบการสอนวิชามลพิษทางอากาศ.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

_____. (2550). **การพัฒนาการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ.** กรุงเทพมหานคร : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

Andrews, W.A., (1972). **A Guide to the Study of Environmental Pollution.** Pearson Prentice Hall of Canada, Ltd. Scarborough.

Ayers, G.P., Keywood, M.D., Gillett, R.W., Manins, P.C., Malfroy, M. & Bardsley, T. 1998. Validation of passive diffusion sampler for SO2 and NO2 under Australian condition. **Atmospheric Environment Journal,** 33. p. 425 - 437.

Da Silva, A.S., Cardoso, M.R.,Meliefste, Kees. & Brunekreef, B. (2006). Use of passive diffusion sampling method for defining No2 concentrations gradient in Sao Paulo,Brazil. **Enviromental Health: A Global Access Science Source,** 5(9). p. 1 - 9

De Nervers, N. (2000). **Air Pollution Control Engineering.** Singapore : McGraw-Hill

ICES, Ltd. (1999). **APTI Course 453, Atmopheric Sampling Student Manual.** North Carolina: United States Environmental Protection Agency.

Krochmal, D & Gorskl, L. (1991). Determination of nitrogen dioxide in ambient air by use of a passive sampling technique and triethanolamine as absorbent. **Environ. Sci. Technol.** 25(3).p.531-535.

ผู้เขียน

นางสาวอรนิภา สันทาลุนัย และ นางสาวพัชรินทร์ วงสารี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 1 ถ.อู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 yuyornipa@hotmail.com

EN1026: การศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนในเขต ต.สวนหลวง อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม

ทัศนีย์ พลกล้า และ พัชพร ศรีสงวน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในแห่งน้ำประปาที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนในเขต ตำบลสวนหลวง อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาแหล่งน้ำและลักษณะการใช้น้ำ และทำการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิด คือ ตะกั่ว ทองแดง แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม เหล็ก ที่ปนเปื้อนในน้ำประปาผิวดินและน้ำประปาใต้ดิน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดินและน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน ในเขตพื้นที่ตำบลวงนหลวง ทั้งหมด 60 ตัวอย่าง จากครัวเรือนที่ใช้น้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน จำนวน 30 ตัวอย่าง และจากครัวเรือนที่ใช้น้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน จำนวน 30 ตัวอย่าง

ผลการวิจัย พบว่า ในภาพรวมแหล่งน้ำที่ประชาชนนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคมาจากน้ำประปา น้ำบาดาล น้ำคลองและน้ำฝน ประชาชนนำน้ำมาใช้โดยตรง นำน้ำมากรอง/ต้มก่อนใช้ และแกว่งสารส้มก่อนใช้ สำหรับกิจกรรมการใช้น้ำของครัวเรือนประชาชนใช้น้ำเพื่อ การดื่ม/กิน การหุงต้ม ประกอบอาหาร การซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า การอาบน้ำ การล้างถ้วยชาม ห้องน้ำ/ห้องส้วม และรดน้ำต้นไม้ตามลำดับ ภาชนะที่ครัวเรือนประชาชนใช้บรรจุน้ำได้แก่ โอ่ง/ตุ่ม ถังพลาสติก

จากการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน (น้ำคลอง) และน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) โดยวิธีทางสถิติ พบว่า ปริมาณ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และตะกั่ว ที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน (น้ำคลอง) และน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 [Sig เท่ากับ 0.00 < α (0.05)] และปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนใน น้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน (น้ำคลอง) และน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำอุปโภคบริโภคแล้วปริมาณโลหะหนักทั้ง 6 ชนิดที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดินและน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำบาดาล พบว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของประชาชนในเขต ตำบลสวนหลวง อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาแหล่งน้ำและลักษณะการใช้น้ำ และทำการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิด คือ ตะกั่ว ทองแดง แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม เหล็ก ที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน(น้ำคลอง) และน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน(น้ำบาดาล)

วิธีดำเนินงานวิจัย ใช้วิธีการศึกษาเชิงปริมาณร่วมกับวิธีการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างครัวเรือนทั้ง 15 หมู่บ้าน จำนวน 288 ครัวเรือน โดยกำหนดสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างของแต่ละหมู่บ้านเป็นสัดส่วนตามจำนวนครัวเรือนของแต่ละหมู่บ้าน ให้หัวหน้าครัวเรือนหรือสมาชิกในครัวเรือนเป็นผู้ตอบแบบสอบถามครัวเรือนละ 1 ฉบับ การเก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างน้ำใช้จากครัวเรือนของประชาชน ผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างน้ำใช้จากครัวเรือนทั้งหมด 60 ตัวอย่าง โดยแยกเก็บตัวอย่างน้ำใช้จากครัวเรือนที่ใช้น้ำใต้ดิน(น้ำบาดาล) มาผลิตเป็นประปาหมู่บ้าน จำนวน 30 ตัวอย่าง (ครัวเรือน) โดยการสุ่มครัวเรือนให้กระจายทุกหมู่บ้าน จากหมู่บ้านที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, หมู่บ้านละ 2 ตัวอย่าง (ครัวเรือน) และหมู่บ้าน 12, 13, 14, และ 15 หมู่บ้านละ 3 ตัวอย่าง (ครัวเรือน) และทำการเก็บตัวอย่างน้ำใช้จากครัวเรือนที่นำน้ำผิวดิน(น้ำคลอง)มาผลิตเป็นน้ำประปาหมู่บ้าน จำนวน 30 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บจากครัวเรือนประชาชน หมู่บ้านที่ 1 และหมู่บ้านที่ 8 หมู่บ้านละ 15 ตัวอย่าง (ครัวเรือน) แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วย

เครื่องอะตอมมิกแอปซอพ-ชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer) ด้วยวิธีอะตอมมิกแอบ-ซอพชั่นไดเร็คแอสไพเรชั่น (Atomic Absorption-Direct Aspiration)

จากการศึกษาเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูล จากประชาชนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 288 ครัวเรือน พบว่าประชาชนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม ร้อยละ 67.6 เป็นผู้หญิง โดยมีอายุเฉลี่ย 50.90 ปี ประชาชนกลุ่มตัวอย่างมีการศึกษาในระดับประถมศึกษามากที่สุด ทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ ประกอบอาชีพรับจ้าง เกษตรกรรม/ทำสวน ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว โดยผู้ตอบแบบสอบถามเป็นสมาชิกของครัวเรือนมากที่สุด ร้อยละ 53.1 กลุ่มตัวอย่างอยู่อาศัยในตำบลสวนหลวงโดยเฉลี่ย 55.57 ปี บุคคลที่อาศัยอยู่ในครัวเรือน โดยเฉลี่ย 3.83 คน ประชาชนทำกับข้าวประกอบอาหารรับประทานในครัวเรือนเฉลี่ยวันละ 2.26 ครั้ง/วัน/ครัวเรือน ประชาชนใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคจากน้ำประปามากที่สุด (ร้อยละ 90.28) รองลงมาใช้น้ำจากน้ำบาดาล (ร้อยละ 3.46) น้ำคลองและน้ำฝน (ร้อยละ 3.13) ตามลำดับ เมื่อสอบถามถึงค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำประชาชน ร้อยละ 97.9 ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำอุปโภคบริโภค โดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 82.94 บาท/เดือน/ครัวเรือนประชาชนนำน้ำมาใช้โดยวิธี ใช้อุปโภคบริโภคโดยตรงมากที่สุด รองลงมานำน้ำมากรอง/ต้มก่อนใช้ และแกว่งสารส้มก่อนใช้ สำหรับกิจกรรมการใช้น้ำของครัวเรือนประชาชนใช้น้ำเพื่อ การดื่ม/กิน การหุงต้ม ประกอบอาหาร การซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า การอาบน้ำ การล้างถ้วยชาม ห้องน้ำ/ห้องส้วม และรดน้ำต้นไม้ ภาชนะที่ครัวเรือนประชาชนใช้บรรจุน้ำได้แก่ โอ่ง/ตุ่ม ถังพลาสติก แท้งค์น้ำปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันของครัวเรือน พบว่า แต่ละครัวเรือนมีน้ำทิ้ง/น้ำเสีย โดยเฉลี่ย 144.01 ลิตร/วัน/ครัวเรือน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเครื่องอะตอมมิกแอปซอพชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer) โดยได้ทำการวิเคราะห์โหละหนักทั้ง 6 ชนิด คือ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม และตะกั่ว พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด คือ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และตะกั่ว ในน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน (น้ำคลอง) กับน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ พบว่าปริมาณเหล็กที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดิน (น้ำคลอง) กับน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำอุปโภคบริโภคแล้ว พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 6 ชนิดที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ผลิตจาก
น้ำผิวดิน (น้ำคลอง) กับน้ำใต้ดิน(น้ำบาดาล) พบว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำประปาที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคในเขตตำบลสวนหลวง อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

1) ควรมีการตรวจสอบเครื่องที่มือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ให้มีความแม่นยำมากที่สุดและช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดการเก็บควรที่จะตรงกัน

2) ควรทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ ชีวภาพและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาสรุปผลการวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับวิธีการกำจัดโลหะหนักในระบบน้ำประปาหมู่บ้าน

2) ควรมีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในแหล่งน้ำที่นำมาผลิตน้ำประปาหมู่บ้าน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2542). **สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ.** กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมโยธาธิการ. (2542). **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบประปาหมู่บ้าน.** กรุงเทพฯ : กรมโยธาธิการ.

กรมอนามัย. (2545). **การควบคุมคุณภาพน้ำบริโภค.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กรองพรรณ สมยูรทรัพย์. (2544). **การเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำบริเวณป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี.** กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กระทรวงสาธารณสุข. (2553). **ประกาศกรมอนามัย เรื่องเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้.** กรุงเทพฯ : กรมอนามัย. (อัดสำเนา)

กองประปาชนบท กรมอนามัย. (2543). **คู่มือการประเมิณสถานการณ์ ระบบประปาหมู่บ้านของกรมอนามัย.** นนทบุรี : กรมอนามัย.

กองประปาชนบท กรมอนามัย. (2544). **คู่มือผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านผิวดินขนาดใหญ่.** นนทบุรี : กรมอนามัย.

กุลยา โอตากะ. (2547). **เคมีสิ่งแวดล้อม.** (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ชัชวาล จัททรวิจิตร. (2547). **สถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคและความเสี่ยงสุขภาพ.** วารสารวิชาการสาธารณสุข. 441-447 : ตุลาคม-ธันวาคม.

เชษฐพันธ์ กาฬแก้ว. (2542). **ระบบประปาหมู่บ้านผิวดินกรมอนามัย.** วรสารส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นลินพรรณ อวยชัยรุ่งเรือง. (2545). **การสะสมของโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน หอยแมลงภู่และหอยแครง บริเวณปากอ่าวในบางขุนเทียน.** กรุงเทพฯ : สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปิยนารภ คุ้มวร. (2539). **การสะสมของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตและการแปรผันในระยะยาวของคุณภาพน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนใน.** กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2545). **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม้น อมรสิทธิ์. (2552). **หลักการและการวิเคราะห์เครื่องมือ.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี สุทรจิตต์. (2531). **สารพิษรอบตัวเรา.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ดาว คอมฟิวกราฟฟิค.

วรกาย อุตส่าห์. (2541). **ปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนักในพืชที่ปลูกโดยใช้วัสดุปลูกผสมระหว่างตะกอนน้ำเสียและดินในท้องที่จังหวัดเพชรบุรี.** กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิท อยู่สุข. (2544). **อาชีวอนาใหม่ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : คณะสาธารณะสุขศาตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2553). **การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองบริเวณตลาดน้ำอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ศุภณัฐ เฉลิมศุภนิมิต. (2549). **การศึกษาการสะสมของโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำในบ่อเลี้ยงปลาสลิดอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**. วท.ม.(เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. (2549). **รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคตะวันตก.** ราชบุรี : มีโชคกราฟฟิค.

สำนักบริหารจัดการน้ำ. (2547). **คู่มือการควบคุมน้ำประปาผิวดินรูปแบบของกรมทรัพยากรน้ำ.** กรุงเทพฯ : กรมทัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ. (2552). **โครงการ จัดทำแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล.

ผู้เขียน

ทัศนีย์ พลกล้าและพัชพร ศรีสงวน นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 pui_9889@hotmail.com

EN1027: การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ธีลฎี หันกลาง[1*] ทัศนาวลัย อุฑารสกุล[2*] และ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์[3]*

[1*]นักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300; [2]อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300; [3]ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม โดยคิดออกมาในรูปแบบคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ที่เกิดจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึงกระบวนการขนส่ง ของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมโดยใช้รูปแบบในการประเมินคือ Business to Customer และเพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกระบวนผลิตน้ำดื่มแก้วจอมโดยใช้วิธีแบบละเอียด จากการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมบรรจุขวดขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด โดยทำการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากโรงผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และข้อมูลอ้างอิง ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์พบว่า กระบวนการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดมาจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มมีค่า 1.93260 $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 78.58 ของค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือกระบวนการขนส่ง กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ และกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.41675, 0.10926 และ 0.02 $kgCO_2e$ ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมมีค่า 2.45918 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม 1 ขวด และผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม ประเภทน้ำเสมือนน้ำเงิน ซึ่งใช้วิธีแบบละเอียดในการคำนวณ จากผลการศึกษาพบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม 1 วัน ใช้น้ำในกระบวนการผลิตเท่ากับ 3.85 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด เท่ากับ 641.67 มิลลิลิตรต่อผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม 1 ขวด

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์, วอเตอร์ฟุตพริ้นท์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ผลิตภัณฑ์น้ำดื่มบรรจุขวด

***ดร.ทัศนาวลัย อุฑารสกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวพันธุ์ ชูอินทร์**

รายงานการวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ทัศนาวลัย อุฑารสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำให้คำปรึกษา ตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องพร้อมทั้งสนับสนุน ผลักดัน และช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน จนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปินตา ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบรายงานการวิจัยทุกขั้นตอน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ และคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนวิชา ความรู้ รวมทั้งให้คำแนะนำและให้กำลังใจในการทำรายงานฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำโรงผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชายและนายอดิศักดิ์ คล้ายจันทึก รวมไปถึงทุกๆ คนที่เกี่ยวข้องในการช่วยเหลือ สนับสนุน ให้ความรัก กำลังใจ ความเข้าใจ และคำแนะนำดีๆ ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

บทนำ

ปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) ในสถานการณ์ปัจจุบันที่ส่งผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นเกิดจากก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นและส่วนมากมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การพัฒนาและการขยายของภาคอุตสาหกรรมการขนส่งคมนาคม การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลาย

ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่น ๆซึ่งส่งผลกระทบต่อวิธีการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์, มีเทน, ไนตรัสออกไซด์, ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน, เปอร์ฟลูออร์โรคาร์บอน, ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2553) จึงได้มีการร่วมมือกันของ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาล ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) เพื่อค้นคว้าและจัดทำรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ก่อให้เกิดความเข้าใจและความตระหนักที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก และนำไปสู่การร่วมมือกันแก้ปัญหาในระดับโลกอย่างจริงจัง แล้วมีการผลักดันให้ผู้บริโภคตระหนักถึงการบริโภควัตถุและการบริการที่มีการปล่อยคาร์บอนต่ำ ที่เรียกว่า คาร์บอนฟุตพริ้น (Carbon Footprint: CF) และฉลากคาร์บอน(Carbon Label: CL) ซึ่งสื่อถึงความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Kanita Thancharoenchanapat, 2008) ส่งผลต่อการพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

จากผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ปัญหาภาวะโลกร้อนไม่ได้เป็นเพียงปัญหาเดียวที่มีความสำคัญในปัจจุบัน ปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้ก็ยังส่งผลกระทบต่อมนุษยชาติ ซึ่งมีรายงานผลตัวเลขจากองค์การสหประชาชาติยืนยันเช่นกันว่า แม้โลกจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 3 ใน 4 ส่วน แต่ประชากร 1 ใน 5 ของโลกกลับขาดแคลนน้ำสะอาดสำหรับการบริโภค ส่งผลให้มีคนเสียชีวิตจากโรคภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำสะอาดสำหรับการบริโภคถึงปีละ 27 ล้านคน หรือ 1 คนในทุก 8 วินาที ซึ่งปัญหาเหล่านี้เป็นผลมาจากการใช้น้ำที่ขาดประสิทธิภาพ และการเป็นประเทศผู้ผลิต สินค้าเกษตรและอาหารส่งออก ส่งผลให้การใช้น้ำในประเทศสูงขึ้น เพราะสินค้าเกษตรและอาหารที่ส่งออกนั้นมีการใช้น้ำในประเทศผู้ผลิต ทำให้ประเทศผู้นำเข้าสินค้าเปรียบเหมือนเป็นผู้ใช้น้ำของประเทศผู้ผลิตในทางอ้อมด้วย เรียกว่า เป็นผู้ใช้น้ำเสมือนหรือ virtual water และเมื่อภาวะขาดแคลนน้ำเกิดขึ้น การผลิตสินค้าเกษตรและอาหารก็จะมีต้นทุนที่สูงขึ้น ส่งผลให้ในอนาคตในปริมาณน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติลดลง และความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้น การเติบโตของประชากรโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต ซึ่งจะนำไปสู่ความขัดแย้งเรื่องน้ำอย่างรุนแรงในอนาคต จึงเป็นที่มาของคำว่า Water Footprint โดย Water Footprint เป็นแนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำในการผลิตสินค้า และบริการอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันขององค์การระหว่างประเทศที่ตระหนักถึงความสำคัญของวิกฤติน้ำที่เกิดขึ้น เช่น UNESCO IFC WWF และ WBCSD เป็นต้นการประเมิน Water Footprint จะส่งผลให้ทั้งผู้ผลิต และผู้บริโภคสินค้าเกิดความตระหนักในการอุปโภค บริโภคอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (อังคณา สุวรรณกูฏ, 2553)

จากปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาภาวะโลกร้อนและอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นไม่ได้ทำให้ประชาชนมีความต้องการอุปโภคบริโภคน้ำดื่มลดลงเลย ในประเทศไทยมีบริษัทผู้ผลิตน้ำดื่มจำนวนมาก ทำให้อุตสาหกรรมผลิตน้ำดื่มหรือเครื่องดื่มต่าง ๆ ผลิตสินค้าออกมามากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเป็นสถานศึกษาแห่งหนึ่งที่มีการผลิตน้ำดื่มเพื่อบริโภคเองภายในมหาวิทยาลัย นักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยจึงคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมเป็นอย่างดี นักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีจำนวนรวมทั้งสิ้น 16,000 – 17,000 คน ซึ่งส่วนใหญ่บริโภคเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมจึงทำให้อัตราการบริโภคน้ำดื่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีอัตราการผลิตในปัจจุบันคือวันละ500โหล/วันและมีโครงการที่จะขยายการส่งออกไปภายนอกมหาวิทยาลัย เนื่องจากจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปีการศึกษาและอุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นน้ำดื่มจึงมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ และกระบวนการผลิตน้ำดื่มที่แตกต่างกันจึงส่งผลกระทบต่อการก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่แตกต่างกัน

จากผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและแนวโน้มการผลิตและบริโภคน้ำดื่มที่เพิ่มมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจศึกษาปริมาณรวมของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม จนถึงขั้นการขนส่งสินค้า โดยคิดออกมาในรูปแบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbondioxide Equivalent, CO_2e.) หรือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตั้งแต่กระบวนการผลิตจนถึงการขนส่งสินค้า โดยใช้หลักการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม และเพื่อศึกษาปริมาณของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์กระบวนการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

1.พื้นที่ดำเนินการวิจัย

โรงงานผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตั้งอยู่เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 ปัจจุบันใช้ระบบกรองน้ำแบบ Reverse Osmosis และU.V. ในกระบวนการผลิต มีอัตราการผลิต 500 โหล/วัน

2.การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

(1) รวบรวมข้อมูลค่า Emission Factor ของกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมตลอดวัฏจักรวงจรชีวิต

(2) รวบรวมและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

(3) รวบรวมและศึกษาข้อมูลค่า Activity Data กระบวนการผลิตขวด กระบวนการผลิตฝา และกระบวนการผลิตฟิล์มห่อ จากงานวิจัยเรื่องคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำดื่มบรรจุขวด(จิตสุรัตน์ ตั้งใจและศิริมา ปัญญาเมธีกุล, 2554)

2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

(1) การเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมโดยใช้แบบสัมภาษณ์บุคคลากรในโรงผลิตน้ำ

(2) เก็บข้อมูลวัฏจักรวงจรชีวิตจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงการขนส่งสินค้า โดยใช้การจดบันทึกข้อมูล

2.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

2.2.1 การเก็บรวบรวมทุติยภูมิ

(1) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เช่น ความหมาย หลักการคำนวณ เป็นต้น

(2) รวบรวมและศึกษาข้อมูล กระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

2.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

(1) การเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมโดยใช้แบบบันทึกการใช้น้ำในการข้อมูล

3.การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากวัตถุดิบจากสมการที่ 1 (สิริมา จิ๋วสม และคณะ, 2554).

$$CF = EF \times AD \qquad (1)$$

โดยที่

CF คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือ Carbon Footprint (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ ค่า Emission Factor (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย)

AD คือ ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ หรือ Activity Data (น้ำหนัก/ปริมาตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลเมตร)

3.2. การคำนวณหาปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตน้ำดื่ม

กรณีศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมนั้นศึกษาเฉพาะน้ำเสมือนน้ำเงิน (Blue Water Footprint) โดยมีการให้นิยามของ Blue Water Footprint ไว้ว่า

Blue Water Footprint คือ ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำผิวดิน เช่น น้ำในแม่น้ำ ทะเลสาบ น้ำในอ่างเก็บน้ำ และน้ำในแหล่งน้ำใต้ดินใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554)

3.2.1 วิธีการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

วิธีแบบละเอียด (Bottom-up approach) คำนวณจากข้อมูลการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต (Van Oel et al, 2008) ในส่วนของงานวิจัยนี้จะทำการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ด้วยวิธีแบบละเอียด โดยการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$WF = VW \times C \qquad (2)$$

โดยที่

WF คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (ลบ.ม.ต่อวัน)

VW คือ ปริมาณน้ำเสมือนของผลิตภัณฑ์ (ลบ.ม. ต่อน้ำดื่มบรรจุขวด 500 โหล)

C คือ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (น้ำดื่มบรรจุขวด 500 โหลต่อวัน)

3.2.2 การคำนวณปริมาณน้ำเสมือนที่ใช้ตลอดกระบวนการผลิต

$$VW = VW_{green} + VW_{biue} + VW_{gray}$$

โดยที่

VW คือ ปริมาณน้ำเสมือนของผลิตภัณฑ์

VW_{green} คือ ปริมาณน้ำเสมือนเขียวของผลิตภัณฑ์

VW_{biue} คือ ปริมาณน้ำเสมือนน้ำเงินของผลิตภัณฑ์

VW_{gray} คือ ปริมาณน้ำเสมือนเทาของผลิตภัณฑ์

3.2.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมหรือปริมาณน้ำเสมือนน้ำเงินของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$VW = VW\ blue \qquad (3)$$

โดยที่

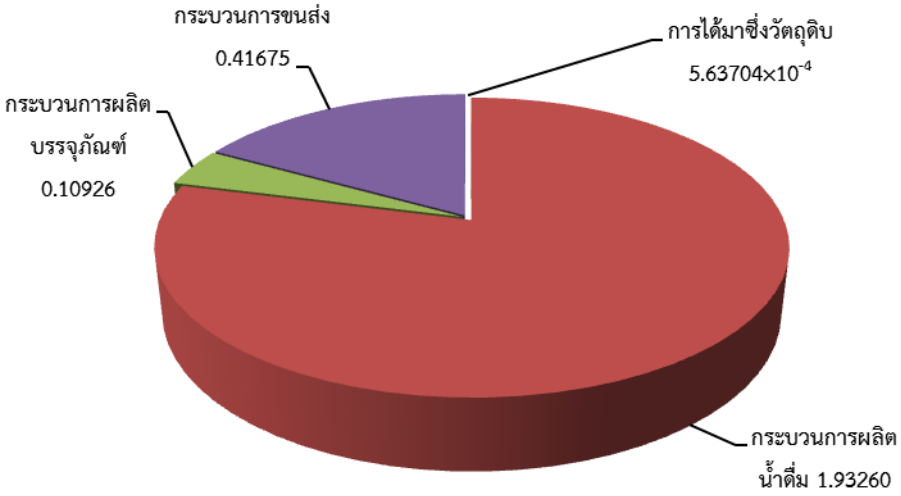
VW คือ ปริมาณน้ำเสมือนของผลิตภัณฑ์ (ลบ.ม. ต่อน้ำดื่มบรรจุขวด 500 โหล)

VW blue คือ ปริมาณน้ำเสมือนน้ำเงินของผลิตภัณฑ์ (ลบ.ม. ต่อน้ำดื่มบรรจุขวด 500 โหล)

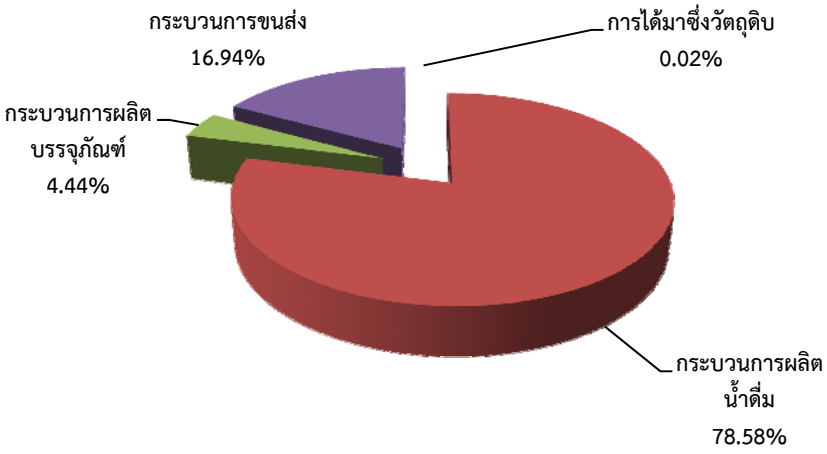
ผลการวิจัย

1.การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

จากการศึกษากระบวนการตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของระบบผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตน้ำดื่ม กระบวนการบรรจุ กระบวนการขนส่ง ซึ่งคิดทั้งวัตถุดิบ และพลังงานเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด แสดงค่ารายละเอียด ค่าActivity Data, ค่า Emission Factor และการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตทั้งหมดแสดงในรูปกิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หน่วย $kgCO_2e$ โดยอาศัยข้อมูลปฐมภูมิจากโรงงานผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในส่วนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตน้ำดื่ม กระบวนบรรจุขวดและกระบวนการขนส่ง และข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารงานวิจัยของ Franklin Associates, A Division of Eastern Research Group. ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในส่วนของการผลิตบรรจุภัณฑ์ ดังที่แสดงรายละเอียดตามตารางที่

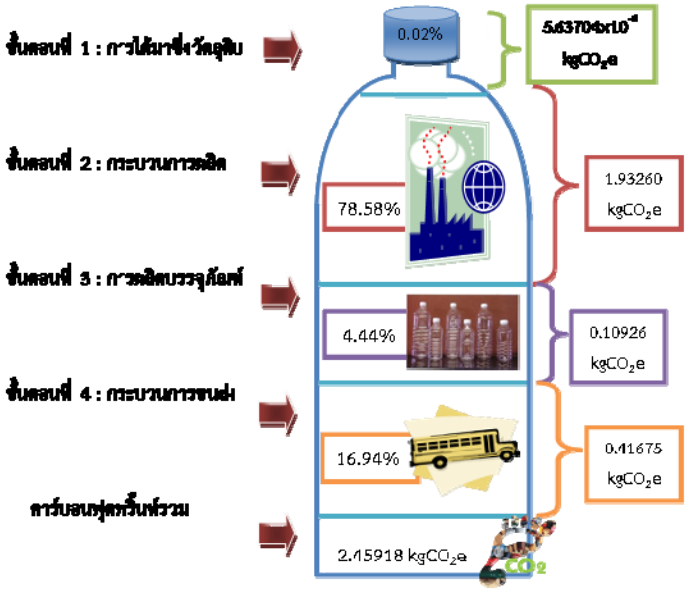


ภาพที่ 1 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิต
(หน่วย kg CO_2e/ผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม1ขวด 500ml.)



ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

จากภาพที่ 1 และภาพที่ 2 แสดงผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แต่ละกระบวนการซึ่งค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง และกระบวนผลิตบรรจุภัณฑ์ มีค่ารวมทั้งหมดเท่ากับ 2.45918 kgCO_2e/น้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งกระบวนการของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดมาจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มมีค่า 1.93260 kgCO_2e คิดเป็นร้อยละ 78.58 ของค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดตลอดวัฏจักรวงจรชีวิต รองลงมาคือ กระบวนการขนส่ง กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ และการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.41675, 0.10926 และ 5.63704×10^{-4} kgCO_2e คิดเป็นร้อยละ16.94, 4.44 และ 0.02 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

จากภาพที่ 3 แสดงผลรวมทั้งหมดของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด โดยแสดงผลแบบคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าและแสดงผลเป็นร้อยละของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

สรุปผลการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แต่ละกระบวนการซึ่งค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง และกระบวนผลิตบรรจุภัณฑ์ มีค่ารวมทั้งหมดเท่ากับ 2.45918 $kgCO_2e$/น้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งกระบวนการของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดมาจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มมีค่า 1.93260 $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 78.58 ของค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดตลอดวัฏจักรวงจรชีวิต รองลงมาคือ กระบวนการขนส่ง กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์และการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.41675, 0.10926 และ 5.63704×10^{-4} $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ16.94, 4.44 และ 0.02 ตามลำดับ

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

การคำนวณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้ตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ เรียกว่า Virtual water content ในกรณีของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มก็เริ่มตั้งแต่ น้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป ไปจนถึงน้ำที่ต้องใช้ในการบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยในกรณีศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมนั้น สามารถแยกประเภทของน้ำออกเป็น 1 ประเภทคือ Blue Water Footprint และใช้วิธีแบบละเอียดในการคำนวณ จากผลการศึกษาพบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม 1 วัน ใช้น้ำในกระบวนการผลิตเท่ากับ 3.85 ลูกบาศก์เมตรต่อผลิตภัณฑ์ดื่มแก้วเจ้าจอม 500 โหล ดังนั้นผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวดเท่ากับ 641.67 มิลลิลิตรต่อผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอม 1 ขวด

ข้อเสนอแนะ

1.ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

1.1 ควรทำความสะอาดภายในโรงน้ำ ระบบกรองกรองน้ำ และเครื่องจ่ายน้ำเป็นประจำเพื่อให้ได้น้ำดื่มที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 เปลี่ยนแปลงวัตถุดิบด้านบรรจุภัณฑ์เป็นพลาสติก PLA เป็นพลาสติกชนิดพอลิแอ็กติค แอซิด ซึ่งเป็นพลาสติกชีวภาพ สามารถย่อยสลายได้ (ธนาวดี ลี้จากภัย, 2549) หรือเปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์เป็นขวดแก้วเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

โดยวัตถุดิบที่กล่าวมาข้างต้นมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังนี้ พลาสติก PET มีค่า 3.7700 $kgCO_2e$,พลาสติก PLA มีค่า 2.900 $kgCO_2e$ และแก้ว(Glass) มีค่า 1.1870 $kgCO_2e$ (Stefano Botto ,2008) โดยจัดลำดับจากมากไปน้อยของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตบรรจุภัณฑ์ คือ พลาสติก PET > พลาสติก PLA > แก้ว (Glass)

2.ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากผลิตภัณฑ์น้ำดื่มแก้วเจ้าจอมควรให้มีการศึกษาเพิ่มเติมของกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ได้ผลจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่แน่นอน

2.2 ควรให้มีการจัดการของเสียภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของกระบวนการน้ำดื่มแก้วเจ้าจอมต่อไปในอนาคตได้

2.3 ควรให้มีการศึกษาเพิ่มเติมตลอดทั้งกระบวนการการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม เพื่อให้ได้ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ถูกต้องตลอดทั้งกระบวนการผลิตน้ำดื่มแก้วเจ้าจอม

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2553). **การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงค์เคราะห์ทหารผ่านศึก.

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2554). **วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนาวดี ลี้จากภัย. (2549). **พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อสิ่งแวดล้อม.** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงวิทยาศาสตร์.

สิริมา จิ๋วสม และคณะ. (2554). **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรมควบคุมมลพิษ.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังคณา สุวรรณกูฏ. (2553). **ทำความรู้จัก Water Footprint**. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2555 จาก http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_4-may/ceaksong.html.

Thancharoenchanapat, K. (2008). **IPCC organization : The role and importance to the problem of global warming.** Received 2011, August 18, from www.agi.nu .ac.th/Webvj/ download/บทความ%20IPCC.doc.

ผู้เขียน

นางสาวธีลฎี หันกลาง นักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300 beam_korat@hotmail.com

ดร.ทัศนาวลัย อุฑารสกุล อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300 pubasten@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300 envi_riss45@hotmail.com

EN1028: การศึกษาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำจากกิจกรรมการท่องเที่ยว ตลาดน้ำ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ

ศรัญญา ช้างสุวรรณ์ หนึ่งฤทัย นิ่มทอง ทัศนาวลัย อุฑารสกุล
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเสื่อมโทรมของคลองบริเวณตลาดน้ำอัมพวาและคลองบริเวณตลาดน้ำท่าคา โดยเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำของคลองบริเวณตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาและได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปกับจำนวนนักท่องเที่ยวที่ตลาดน้ำท่าคา โดยวิเคราะห์ค่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ออกซิเจนละลาย (DO), ของแข็งทั้งหมด (TS), แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB), ไนโตรเจนในรูปไนเตรท (NO3), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP), ความขุ่น (Turbidity), อุณหภูมิของน้ำ (Temp), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)และไขมันน้ำมันและไขข้น (Fat Oil and Grease: FOG) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 ตลาดน้ำ ตั่งแต่เวลา 09.00-13.00 น. จำนวน 6 ครั้ง ผลจากการวิจัยพบว่า

1) ผลการศึกษาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปของดัชนีคุณภาพน้ำ ในแต่ละตลาดน้ำ โดยแบ่งการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามเวลา ซึ่งได้แก่ช่วงเวลา 9.00 - 13.00 น. เมื่อนำค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลามีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมในทุกๆช่วงเวลา

2) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำในบริเวณตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา พบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำของคลองบริเวณตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (sig=0.086)

3) การวิเคราะห์สถิติหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน ระหว่างค่าดัชนีคุณภาพน้ำกับจำนวนนักท่องเที่ยวที่ตลาดน้ำท่าคา พบว่า จำนวนนักท่องเที่ยวจำนวนนักท่องเที่ยวที่ตลาดน้ำท่าคาไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ (sig=0.625, r=-.093)

คำสำคัญ: ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ตลาดน้ำอัมพวา ตลาดน้ำท่าคา

* ศรัญญา ช้างสุวรรณ์ และ หนึ่งฤทัย นิ่มทอง
Tel.: 087-706-9507 และ 091-407-8309
E-mail: parkeunra@hotmail.com และ hunter_gig@hotmail.com

บทนำ

ประดับ เรียนประยูร (2549) ได้อธิบายไว้ว่า ผลจากการท่องเที่ยวตลาดน้ำที่ได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยว จึงมีการพัฒนาทั้งที่พักนักท่องเที่ยว สิ่งอำนวยความสะดวก ถนน สาธารณูปโภคอย่างรวดเร็วทำให้แหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ รวมถึงตลาดน้ำหลายแห่งในจังหวัดสมุทรสงครามได้รับผลกระทบ สภาพเดิมของตลาดน้ำเปลี่ยนแปลงไปการพัฒนาและนำตลาดน้ำมาใช้เพื่อการท่องเที่ยวโดยขาดการดูแลและการบริหาร การจัดการที่ดี ขาดมาตรฐานทำให้เกิดผลกระทบต่างๆตามมา เช่น การท่องเที่ยวนำไปสู่การทำลายทางด้านกายภาพและสภาพแวดล้อมธรรมชาติ เพราะเมื่อมีการวางแผนในการสร้างและพัฒนาโครงสร้างขึ้นและเป็นที่ดึงดูดนักท่องเที่ยว ในบางพื้นที่กิจกรรมที่เกิดขึ้นเป็นการรบกวนพืชและสัตว์ ไม่เพียงจะเป็นการทำลายต้นไม้และรบกวนสัตว์แล้ว แต่กิจกรรมการสร้างถนนและเป็นการทำลายทิวทัศน์ด้วยไม่ว่าจะเป็นการมีสวนสาธารณะ ทำพื้นที่อำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยวและยังเรื่องความสกปรกในคลอง การทิ้งขยะ

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาคุณภาพน้ำจากตลาดน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม เป็นจำนวน 2 แห่ง ประกอบด้วย ตลาดน้ำอัมพวา ตลาดน้ำท่าคา เนื่องจากตลาดน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม เช่น ตลาดน้ำบางน้อย ตลาดน้ำบางนกแขวก อยู่ติดกับแม่น้ำแม่กลอง มีนักท่องเที่ยวและผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวสู่แหล่งน้ำไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาคุณภาพน้ำและผลกระทบทั้ง 2 ตลาดน้ำ เพื่อนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการวางแนวทางเพื่อลดผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวในตลาดน้ำทั้ง 2 แห่ง ที่อาจมีผลกระทบเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เพื่อที่จะทำให้ตลาดน้ำในจังหวัดสมุทรสงครามเป็นตลาดน้ำที่มีการท่องเที่ยวที่สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชนและเป็นแหล่งท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำในรูปของดัชนีคุณภาพน้ำตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา จังหวัดสมุทรสงคราม
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีคุณภาพน้ำในบริเวณตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา จังหวัดสมุทรสงคราม
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวที่มีผลต่อดัชนีคุณภาพน้ำในตลาดน้ำท่าคา

สมมุติฐานของงานวิจัย

1. ดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา จังหวัดสมุทรสงครามมีความแตกต่างกัน
2. ดัชนีคุณภาพน้ำในตลาดน้ำท่าคามีความสัมพันธ์กับจำนวนนักท่องเที่ยว

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้ เพื่อใช้ลดผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวที่บริเวณตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา จังหวัดสมุทรสงคราม
2. ช่วยส่งเสริมในพื้นที่ทราบแนวทางในการจัดการเกี่ยวกับคุณภาพน้ำภายในชุมชนตลาดน้ำได้อย่างเป็นรูปธรรม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์คุณภาพน้ำและผลกระทบจากการท่องเที่ยวตลาดน้ำ ศึกษาวัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำรวมทั้งวิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ตลาดน้ำในจังหวัดสมุทรสงครามเพื่อกำหนดจุดตรวจวัด โดยการศึกษาในเรื่อง ดังต่อไปนี้

- ศึกษาข้อมูลตำแหน่งและที่ตั้งของแต่ละสถานที่ในพื้นที่ตลาดน้ำทั้ง 2 แห่ง คือตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำ ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ตลาดน้ำ แห่งละ 5 จุดเก็บ

2.2 เก็บตัวอย่างน้ำ ทั้งบริเวณตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา ในช่วงเวลา09.00 –13.00 น.

2.3 บันทึกจำนวนนักท่องเที่ยวที่ตลาดน้ำท่าคารายชั่วโมง

2.4 การบันทึกค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง มีทั้งหมดตามดัชนีคุณภาพน้ำ 9 พารามิเตอร์ คือ กรด-ด่าง (pH), ออกซิเจนละลาย (DO), ของแข็งทั้งหมด (Total Solid: TS), แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB), ไนเตรท (NO_3^-), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphate: TP), ความขุ่น (Turbidity), อุณหภูมิ (Temperature), ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD) และไขมันน้ำมันและไขข้น (Fat Oil and Grease: FOG)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณา เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไปของดัชนีคุณภาพน้ำ(WQI) ที่ตลาดน้ำอัมพวากับตลาดน้ำท่าคา ประกอบด้วย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติอ้างอิง เพื่ออธิบายถึงความแตกต่างของคุณภาพน้ำในพื้นที่ ตลาดน้ำที่ทำการศึกษา โดยใช้เปรียบเทียบความแตกต่างสองตัวแปร (t-test) ด้วยวิธี Independent Samples Test

การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างดัชนีคุณภาพน้ำที่ตลาดน้ำอัมพวากับตลาดน้ำท่าคาโดยใช้หลักสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ

H_0 : ดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาไม่มีความแตกต่างกัน

H_1 : ดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคามีความแตกต่างกัน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติอ้างอิง เพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวกับตลาดน้ำท่าคา อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม โดยใช้หลักทางสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient, r) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ

H_0 : จำนวนนักท่องเที่ยวตลาดน้ำท่าคาไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ

H_1 : จำนวนนักท่องเที่ยวตลาดน้ำท่าคามีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ

การศึกษาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำในรูปของดัชนีคุณภาพน้ำในตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา จังหวัดสมุทรสงคราม

1. ดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำอัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปดัชนีคุณภาพน้ำ บริเวณ ตลาดน้ำอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ	9.00น.	10.00น.	11.00น.	12.00น.	13.00น.	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
16/9/2555	47	64	62	62	61	47	64	58.14
30/9/2555	55	56	56	55	57	55	57	55.86
14/10/2555	58	56	63	64	60	56	64	60.14
28/10/2555	60	69	65	65	69	60	69	65.29
18/11/2555	48	53	50	49	51	48	53	50.29
25/11/2555	60	51	55	53	55	51	60	55.00

ผลการวิเคราะห์การประเมินความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปชองดัชนีคุณภาพน้ำในบริเวณตลาดน้ำอัมพวา อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่งเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ในช่วงเวลา 09.00-13.00 น. เมื่อนำค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละวันมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม แต่ในวันที่ 28 ตุลาคม

2555 จะมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 61-70 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ จึงจัดได้ว่าเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำในตลาดน้ำอัมพวาอยู่ในระดับเสื่อมโทรมถึงพอใช้

2. ดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำท่าคา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำท่าคาจังหวัดสมุทรสงคราม

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ	9.00น.	10.00น.	11.00น.	12.00น.	13.00น.	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
16/9/2555	58	59	58	57	59	57	59	58.14
30/9/2555	50	56	51	55	55	50	56	53.29
14/10/2555	55	48	49	52	53	48	55	51.43
28/10/2555	62	64	64	65	66	62	66	64.14
18/11/2555	58	50	52	51	49	49	58	52.43
25/11/2555	55	53	53	55	51	51	55	53.29

ผลการวิเคราะห์การประเมินความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปของดัชนีคุณภาพน้ำ ในบริเวณตลาดน้ำท่าคา อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ในช่วงเวลา 09.00-13.00 น. เมื่อนำค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละวันมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 31-60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม แต่ในวันที่ 28 ตุลาคม 2555 จะมีระดับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วง 61-70 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ จึงจัดได้ว่าเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำในตลาดน้ำท่าคาอยู่ในระดับ เสื่อมโทรมถึงพอใช้

3. สรุปผลการประเมินความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปดัชนีคุณภาพน้ำตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาจังหวัดสมุทรสงคราม

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในรูปดัชนีคุณภาพน้ำตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาจังหวัดสมุทรสงคราม

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ตลาดน้ำอัมพวา				ตลาดน้ำท่าคา			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	การประเมินสภาพน้ำ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	การประเมินสภาพน้ำ
16/9/2555	47	64	58.14	เสื่อมโทรม	57	59	58.14	เสื่อมโทรม
30/9/2555	55	57	55.86	เสื่อมโทรม	50	56	53.29	เสื่อมโทรม
14/10/2555	56	64	60.14	เสื่อมโทรม	48	55	51.43	เสื่อมโทรม
28/10/2555	60	69	65.29	พอใช้	62	66	64.14	พอใช้
18/11/2555	48	53	50.29	เสื่อมโทรม	49	58	52.43	เสื่อมโทรม
25/11/2555	51	60	55.00	เสื่อมโทรม	51	55	53.29	เสื่อมโทรม

การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา จังหวัดสมุทรสงคราม

H_0 : ดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาไม่แตกต่างกัน

H_1 : ดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคาแตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ระหว่างตลาดน้ำอัมพวา กับตลาดน้ำท่าคา

รายชื่อตลาดน้ำ	N	Mean	SD	t	Sig. (2-tailed)
ตลาดน้ำอัมพวา	30	57.63333	6.014255	1.534	.131
ตลาดน้ำท่าคา	30	55.43333	5.049297		

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำอัมพวา กับตลาดน้ำท่าคา พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .131 [Sig. เท่ากับ 0.131 > α (0.05)] จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 อธิบายได้ว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำอัมพวากับตลาดน้ำท่าคาไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนนักท่องเที่ยวที่มีผลต่อดัชนีคุณภาพน้ำของตลาดน้ำท่าคา

H_0 : จำนวนนักท่องเที่ยวไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ

H_1 : จำนวนนักท่องเที่ยวมีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนนักท่องเที่ยวกับดัชนีคุณภาพน้ำของตลาดน้ำท่าคา

วันที่เก็บตัวอย่าง	r	Sig. (2-tailed)	การแปลผล
16/9/2555	.063	.920	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
30/9/2555	-.746	.148	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
14/10/2555	-.351	.563	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
28/10/2555	-.566	.320	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
18/11/2555	-.031	.960	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
25/11/2555	.558	.329	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
ภาพรวม	-0.179	0.540	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (pearson product moment correlation coefficient,r) ระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำท่าคา พบว่าค่า Sig. เท่ากับ 0.540 [Sig. เท่ากับ 0.540 > α (0.05)] จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 อธิบายได้ว่าจำนวนนักท่องเที่ยวไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำบริเวณตลาดน้ำท่าคา

ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานวิจัยเรื่อง ในครั้งนี้ทำให้มีข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1.1 ควรมีการพัฒนางานวิจัยในเรื่องของ การประเมินสภาพดัชนีคุณภาพน้ำของตลาดน้ำในวันที่มีกิจกรรมและในวันที่ไม่มีกิจกรรม

1.2 มีการเพิ่มพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพน้ำ และนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละพารามิเตอร์

1.3 มีการวางแผนการดำเนินงาน ที่มีขั้นตอนและมีระบบในการดำเนินงานวิจัยในครั้งต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปมีดังต่อไปนี้

2.1 ควรมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของตลาดน้ำทั้งสองแห่ง ได้แก่ ตลาดน้ำอัมพวาและตลาดน้ำท่าคา เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำของตลาดน้ำและมีการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำของตลาดน้ำทั้งสองแห่งต่อไป

2.2 ควรให้ภาครัฐและคนในชุมชนตลาดน้ำมีส่วนร่วมในการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อลดปัญหาน้ำเสียในชุมชนตลาดน้ำ

2.3 แนวทางในลดการปนเปื้อนของกิจกรรมการท่องเที่ยวต้องตั้งดักไขมัน ตรวจสอบทุกเดือนบริเวณจุดล้างจานจากตลาดน้ำท่าคา

2.4 การรณรงค์ให้ผู้ประกอบการหลีกเลี่ยงการนำน้ำจาก บริเวณคลองที่ใช้ในการทำกิจกรรมเพื่อการอุปโภค บริโภคและไม่ควรชำระล้างภาชนะในแหล่งน้ำ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2535). **หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ.** สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2555 จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html

_____. (2545). **การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน**. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2555 จาก http://www.pcd.go.th/Info_serv/water_wt.html

_____. (2552). **รายงานประจำปี 2552 เรื่องสถานการณ์คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____.(2553).**คู่มือเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. (2555). **ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป.** สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2555 จาก http://iwis.pcd.go.th/first_page/wqi.php

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2552). **มลพิษทางน้ำ**. สืบค้นวันที่ 25 มิถุนายน2555 จาก http://www2.diw.go.th/PIC/download/info/water.pdf

_____. (2552). **มลพิษทางน้ำ**. สืบค้นวันที่ 21 มิถุนายน 2555 จาก http://www2.diw.go.th/PIC/download/info/water.pdf

กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2549)**. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันราชภัฏจันทรเกษม.

เกษม จันทร์แก้ว. (2541). **การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม** โครงการสหวิทยาบัณฑิตศึกษา. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และคณะ. (2553). **งานวิจัยเรื่องการศึกษาการพัฒนาแนวทางการจัดการน้ำเสียแบบชุมชนมีส่วนร่วมของตลาดน้ำวัดลำพญา อำเภอบาเลน**. จังหวัดนครปฐม:กรุงเทพมหานคร.

ปรารถนา จันทรุพันธุ์. (2546). **โครงการพัฒนาการและผลกระทบการท่องเที่ยวกรณีศึกษาชุมชนตลาดน้ำ**: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มณีวรรณ ผิวนิ่ม. (2545). **การศึกษาแนวทางพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหล่งท่องเที่ยวและส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน ตลาดน้ำตลิ่งชัน:** กลุ่มงานวิจัย กรุงเทพมหาคร.

มณีวรรณ ผิวนิ่ม และ คณะ. (2545). **งานวิจัยเรื่องโครงการพัฒนาการและผลกระทบของการท่องเที่ยว:กรณีศึกษาชุมชนตลาดน้ำ**: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ยาใจ ศรีวิโรจน์. (2545). **ศึกษาระบบมาตรฐานคุณภาพการจัดการท่องเที่ยวตำบลปลายโพงพาง อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม:** ศูนย์ช่วยเหลือทางวิชาการพัฒนาชุมชนเขตที่ 7 เพชรบุรี.

เรวัต ฤกษ์มงคลกุล. (2554). **ตลาดน้ำกับวิถีชีวิตชุมชน กรณีศึกษา ตลาดน้ำท่าคา ตำบลท่าคา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม** : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วนิดา ชูอักษร. (2554). **การพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ**: ภาควิชวิทยาศาสตร์-สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วรรณศิลป์ พีรพันธุ์ และคณะ. (2553).คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.**การอนุรักษ์และฟื้นฟูชุมชนอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2553). **งานวิจัยเรื่องการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองอัมพวาบริเวณตลาดน้ำอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สมร มุตตามระ. (2546). เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย (ขั้นสูง). ปทุมธานี.**ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม**: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.(2550-2553).**สรุปจำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือนและรายได้จังหวัดสมุทรสงคราม**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม

อริสรา เสยานนท. (2552). **การป้องกันการเสื่อมโทรมและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของตลาดน้ำอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**: คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

EN1029: **การศึกษาสมบัติเชิงกลของยางที่บดผสมด้วยเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว**
An investigation of mechanical properties of natural rubber filled with pyrolytic tire char

วริศรา สุวรรณกิจ, ดวงกมล ด่านวานิชกุล, ภาณุ ด่านวานิชกุล*
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่บดผสมด้วยเถ้าไพโรไลซิสจากยางใช้แล้วเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติที่บดผสมด้วยสารตัวเติมที่เป็นเขม่าดำ และยางผงจากล้อรถ การศึกษานี้ใช้ยางที่บดผสมด้วยเถ้าไพโรไลซิสปริมาณ 30, 40 และ 50 phr เปรียบเทียบกับยางธรรมชาติที่ไม่เติมสารตัวเติม ยางธรรมชาติที่เติมเขม่าดำปริมาณ 30 phr และยางธรรมชาติที่เติมผงยางล้อรถใช้แล้วปริมาณ 30 phr โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ ได้แก่ ความแข็งของผิวยาง ความเค้นดึง การยุบตัวเนื่องจากแรงอัด ความทนทานต่อการสึกกร่อนเนื่องจากการสัมผัสเสียดสีกัน ความต้านทานแรงฉีกขาด และการยืดตัว ณ จุดขาด จากผลการศึกษาพบว่าการเติมเถ้าไพโรไลซิสสามารถเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลของยางได้คือ เพิ่มความแข็งของผิวยาง เพิ่มค่าความเค้นดึงเพิ่มความต้านทานแรงฉีกขาด ความทนต่อการขัดสีให้กับยางธรรมชาติแต่ยังน้อยกว่าเขม่าดำ และมากกว่ายางผง นอกจากนี้ยางที่เติมเถ้าไพโรไลซิสปริมาณ 30 phr ยังสามารถเพิ่มความทนต่อแรงยืดจนขาดได้ดีกว่ายางธรรมชาติที่ไม่เติมสารตัวเติม ยางธรรมชาติที่เติมเขม่าดำ ยางธรรมชาติที่เติมยางผง และยางธรรมชาติที่เติมเถ้าไพโรไลซิสในอัตราส่วนอื่นๆ แต่การบดผสมยางด้วยเถ้าไพโรไลซิสทำให้การยุบตัวเนื่องจากแรงอัดมีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับยางธรรมชาติที่เติมเขม่าดำ และยางธรรมชาติที่ไม่เติมสารตัวเติม แต่น้อยกว่ายางธรรมชาติที่เติมยางผง เถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วจึงเป็นที่น่าสนใจในการนำมาเป็นทางเลือกเพื่อลดขยะที่เกิดจากการไพโรไลซิสยาง และลดต้นทุนในการผลิตยางใหม่ได้ต่อไป

คำสำคัญ : เขม่าดำ, เถ้าไพโรไลซิสจากยางใช้แล้ว, ยางธรรมชาติ, คุณสมบัติเชิงกล

Abstract

The mechanical properties of natural rubber filled with pyrolytic tire char were compared with those of natural rubber filled with carbon black and natural rubber filled with crumb. In the experiment, pyrolytic tire char filled in natural rubber was varied to be 30, 40 and 50 phr. The measured mechanical properties are surface hardness, tensile strength, compression set, abrasion resistance, tear strength and elongation at break. The results showed that pyrolytic tire char could improve mechanical properties of natural rubber. Surface hardness, tensile strength, tear strength, abrasion resistance of rubber filled with pyrolytic tire char were higher than those of crumb-filled natural rubber but lower than carbon black –filled natural rubber. Moreover elongation at break of 30 phr - pyrolytic char –filled natural rubber was greater than unfilled-natural rubber, carbon black –filled natural rubber, crumb-filled natural rubber and other ratio of pyrolytic tire char. However, compression set of pyrolytic char–filled natural rubber was higher than those of unfilled-natural rubber and carbon black–filled natural rubber but still lower than crumb-filled rubber. As a result, pyrolytic char could be alternative filler in natural rubber for improving mechanical properties as well as reducing rubber waste and cost of rubber production.

Keywords: Carbon black, Pyrolytic tire char, Natural rubber, Mechanical properties

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)

บทนำ

ยางพาราถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สามารถทำรายได้จากการส่งออกเป็นอันดับสองของประเทศ ยางพาราถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด แต่เนื่องจากยางพาราเป็นพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นสูง จึงไม่สามารถรับแรงกดหรือแรงดึงได้มากนัก ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารตัวเติมให้กับยาง สำหรับสารตัวเติมในยางธรรมชาติมีหลายชนิด สารตัวเติมที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ เขม่าดำและซิลิกา Rattanasom และคณะ (2007) พบว่าในปริมาณสารตัวเติมรวม 50 phr อัตราส่วนของซิลิกาที่ 20 และ 30 phr ให้ผลของคุณสมบัติเชิงกลโดยรวมดีกว่าอัตราส่วนอื่น นอกจากนี้ Rattanasom และคณะ (2009) ยังพบว่า คุณสมบัติเชิงกลรวมของยางธรรมชาติที่เติมเขม่าดำดีกว่าเคลย์ และดีกว่าซิลิกา ตามลำดับ การใช้กระดองปลาหมึกและเถ้าใยชานอ้อยสามารถใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติด้วยเช่นกัน Poompradub และคณะ (2008) พบว่าสารไคตินบนพื้นผิวกระดองปลาหมึกทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอนุภาคกระดองปลาหมึกกับยางธรรมชาติดีขึ้น ส่วนการใช้เถ้าใยชานอ้อยเป็นสารตัวเติมทุติยภูมิในยางธรรมชาติที่เติมซิลิกา หรือเขม่าดำ พบว่าเถ้าใยชานอ้อยสามารถใช้แทนสารตัวเติมซิลิกา/เขม่าดำได้ถึง 75% ของสารตัวเติมทั้งหมด โดยใช้เป็นปริมาณไม่เกิน 15 phr และสารตัวเติมเถ้าใยชานอ้อยนั้นเข้ากันได้ดีกับสารตัวเติมซิลิกามากกว่าเขม่าดำ (Kanking และคณะ, 2012)

ในปัจจุบันผลกระทบของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจนี้คือ “ขยะ” ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อม ยางรถยนต์ก็เป็นหนึ่งในขยะเหล่านั้น ซึ่งเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก และเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากหากกำจัดไม่ถูกวิธี ในประเทศไทย วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นการกำจัดขยะยางรถยนต์เหล่านี้อย่างยั่งยืนและมีประโยชน์ด้วย คือ การนำมาแปรรูปให้พลังงานในรูปของน้ำมันและแก๊สเชื้อเพลิงโดยใช้กระบวนการไพโรไลซิส

กระบวนการไพโรไลซิสเป็น กระบวนการที่ใช้ย่อยสลายสารต่างๆ ให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง ในบรรยากาศที่ปราศจากแก๊สออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยที่สุด ยางรถยนต์มีองค์ประกอบของยางชนิดต่างๆ ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มากและมีเขม่าดำเป็นองค์ประกอบประมาณ 20-38 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในตารางที่ 1 (Moreno และคณะ, 2011) เมื่อผ่านกระบวนการไพโรไลซิส โมเลกุลของยางเหลือจากกระบวนการซึ่งมีองค์ประกอบของเขม่าดำที่เติมลงไปในการผลิตยางรถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ ของเสียประเภทของแข็ง ที่เกิดขึ้นมักเป็นพวกสารประกอบอนินทรีย์ เช่น เถ้า โดยในกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์มักเกิดเถ้าประมาณร้อยละ 3-5 ที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อีก และเถ้าก็มักมีโลหะกลุ่มเหล็กเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจนำเถ้าดังกล่าวไปผ่านกระบวนการคัดแยกโลหะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเถ้าชาร์จากการกระบวนการไพโรไลซิสมีองค์ประกอบของคาร์บอนสูงดังแสดงในตารางที่ 2 (อภิญญา ภูนิคม, 2555) จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของยางผง (Moreno และคณะ, 2011)

องค์ประกอบ	ค่าต่ำสุด (%)	ค่าสูงสุด (%)
สารสกัดอะซิโตน	7.5	17.5
ยางธรรมชาติ	21	42
พอลิเมอร์ (NR/SBR)	50	55
ซัลเฟอร์	-	5
เขม่าดำ	20	38
เถ้า	-	18.5

จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาการใช้สารตัวเติมทางเลือกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและคุณสมบัติเชิงกลให้กับยางธรรมชาติ แต่ยังไม่มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการนำเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วมาใช้เป็นสารตัวเติมในยาง ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการนำเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วมาเป็นสารตัวเติมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลให้กับยางธรรมชาติ เนื่องจาก

เถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วนั้นมีเขม่าดำเป็นองค์ประกอบ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และเป็นการลดขยะที่เกิดจากเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วในอีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการของเถ้าที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้วแบบไม่บดที่สภาวะควบคุมอุณหภูมิ °420-380C และความดัน ปาสคาล ใน 100-30 Horizontal reactor ภายใต้บรรยากาศที่มีไนโตรเจน (อภิญญา ภูนิคม, 2555)

เถ้าที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว		เถ้าที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว	
พารามิเตอร์	แบบไม่บด	พารามิเตอร์	แบบไม่บด
Proximate Analysis		MgO (%)	1.18
เถ้า (%)	15.62	Fe_2O_3 (%)	3.01
สารระเหย (%)	11.27	SiO_2 (%)	36.18
Fixed carbon (%)	71.22	CaO (%)	9.18
ซัสเฟอร์ (%)	3.27	Al_2O_3 (%)	3.18
Elemental Analysis		K_2O (%)	0.68
คาร์บอน %	78.59	Na_2O (%)	0.32
ไฮโดรเจน%	1.12		
ไนโตรเจน %	0.16		
ออกซิเจน %	0.69		

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ยางที่บดผสมเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของยางที่ได้จากการการบดผสมกับเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้วและเขม่าดำและผงยางล้อรถยนต์ใช้แล้ว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุและสารเคมีประกอบไปด้วย *ยางแท่งเอสทีอาร์ 20 (STR20)*, *ซิงค์ออกไซด์* (Zno)กรดสเตียริก (Stearic acid), TMTD (Tetramethylthiuram), ผงเขม่าดำ N330 (Carbon black N330), กำมะถัน (Sulfur) และ 6-ppd จากบริษัท Thai *Bridgestone Co*., Ltd , CBS (N-Cyclohexyl-2benzothiazole), จากบริษัท Sunny World Chemicals Co., Ltd., ยางผงจากยางล้อรถยนต์ใช้แล้ว (crumb rubber) ขนาด 30 mesh (ประมาณ 0.59 มม) และ เถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว (Pyrolytic used tire char) โดยกำหนดสูตรของการบดผสมยางที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 3 โดยสำหรับการเติมสารตัวเติมจะทำการเติมสารตัวเติมเพียงชนิดเดียว ในปริมาณ 30 phr เท่ากัน

2. วิธีการบดผสมยาง

การบดผสมยางนั้นใช้เครื่องบดผสมยางยี่ห้อ Brabender ที่อุณหภูมิ 50°C ความเร็วรอบในการหมุน 40 รอบต่อนาที กระบวนการบดผสมนั้นแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรก ยางจะถูกบดเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นทำการผสมกับสารตัวเติมเป็นเวลา 2 - 4 นาที โดยขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารตัวเติมที่ใช้ หลังจากนั้น ทำการเติม กรดสเตียริก และ *ซิงค์ออกไซด์*ลงไปผสมเป็นเวลา 1 นาที เติม 6-ppd บดผสมต่ออีก 2 นาที จากนั้น ยางที่ผสมแล้วจะถูกรีดด้วยเครื่องรีดยาง (Two-roll mill) แล้วตัดออกเป็นชิ้นเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่สอง เริ่มจากการนำยางที่ได้จากขั้นตอนแรกมาบดที่อุณหภูมิ 55° เป็นเวลา 2 นาที และมาผสมกับ CBS, TMTD และกำมะถันจากนั้นบดต่ออีก 3 นาที นำออกจากเครื่อง Brabender รีดยางด้วยเครื่องรีดยาง (Two-roll

mill) เพื่อระบายความร้อน และตัดแผ่นยางที่ได้เพื่อนำไปทำการทดสอบสมบัติการทำให้ยางคงรูปและขึ้นรูปที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา t_{90} ที่สถาบันวิจัยยาง ในการทดสอบยางนั้นยางที่บดผสมได้จะถูกตัดในรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะกับการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลนั้นๆ

ตารางที่ 3 แสดงสูตรคอมพาวด์ของยางที่เติมสารตัวเติม

ส่วนผสม	ปริมาณ (phr)*
ยางแท่งเอสทีอาร์ 20	100
สารตัวเติม**	30
6-ppd	3
สเตียริก แอซิด	1
ซิงค์ออกไซด์	3
CBS	3.5
TMTD	0.5
กำมะถัน	0.4

* โดย phr ในที่นี้คือ parts per hundred of rubber

**สารตัวเติม ได้แก่ เขม่าดำ, เถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว (Pyrolytic used tire char), ยางผงจากยางล้อรถยนต์ใช้แล้ว (Crumb rubber)

3. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

3.1) การทดสอบความแข็งของผิวยาง (Surface Hardness)

ใช้เครื่องวัดความแข็งของยางชนิด เอ (Type A) ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ความแข็งของยาง โดยการทดสอบที่ใช้เป็นมาตรฐานในปัจจุบันและได้รับการผลิตตามมาตรฐาน ASTM D 2240

3.2) การทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set)

เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง(deformation)ที่เหลืออยู่หลังปล่อยจากความเค้นอัด (compressive stress) หรือแรงอัดที่ทำให้ชิ้นยางทดสอบยุบตัว ซึ่งการทดสอบนี้จะบอกให้ทราบถึงสถานะการคงรูปของยาง แล้วยังสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการคืนสู่รูปเดิมของชิ้นยางนั้นอีกด้วย ในการทดสอบการยุบอยู่ตัว (compression set) มาตรฐาน ASTM D 395

3.3) การทดสอบความทนทานต่อการสึกกร่อนเนื่องจากการสัมผัสเสียดสีกัน (Abrasion Resistance)

การทดสอบความทนทานต่อการสึกกร่อนเนื่องจากการสัมผัสเสียดสีกันทำได้โดยการตัดยางตัวอย่างโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm และความยาว 1.2 cm โดยวิธีการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน DIN 5351

3.4) การทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 34-1:2010 ด้วยเครื่องวัดแรงดึงยืด (Tensile Test machine) ค่าความต้านทานแรงฉีกขาดคือค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ยางเกิดการฉีกขาดต่อความหนาของชิ้นตัวอย่าง (มีหน่วยเป็น N/mm)

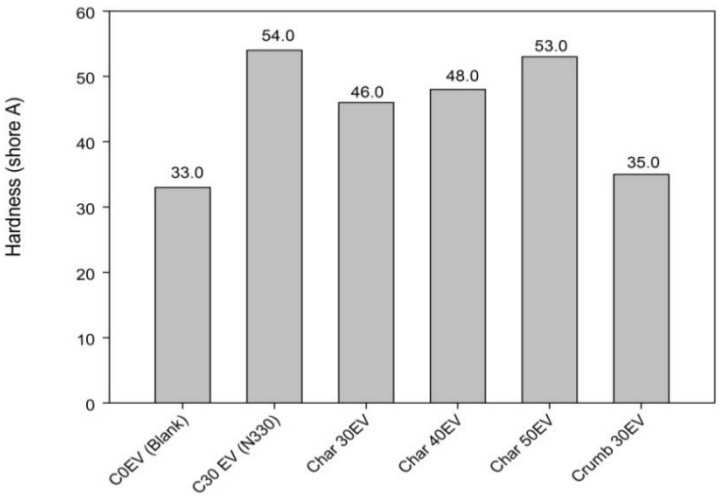
3.5) การทดสอบคุณสมบัติการดึง (Tensile Properties)

การทดสอบการดึงใช้สำหรับการประเมินความแข็งแรงของยางด้วยการใช้ วิธีดึงจนขาดในช่วงเวลาสั้นๆ ด้วยอัตราคงที่ ตามมาตรฐาน ASTM D 2240 โดยทำการทดสอบที่การยืดร้อยละ 300 MPa และ 500 MPa ตามลำดับ รวมไปถึงการทดสอบการต้านการดึง และการทดสอบร้อยละการยืดตัวของชิ้นทดสอบที่จุดขาดเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวเริ่มต้น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D412-06ae2 (Die C)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1) การทดสอบความแข็งของผิวยาง (Surface Hardness)

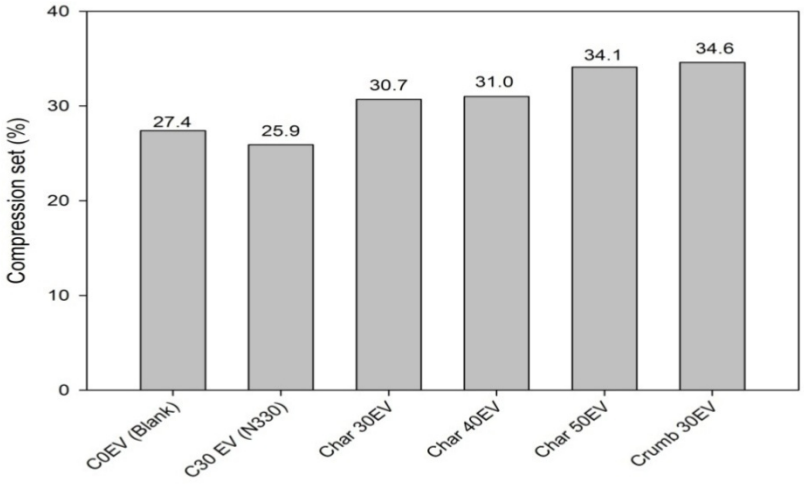
ภาพที่ 1 แสดงค่าความแข็งของยางบดผสมโดยเปรียบเทียบยางที่เติมสารตัวเติมชนิดต่างๆ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ายางธรรมชาติที่มีสารตัวเติมเป็นเขม่าดำมีค่าความแข็งสูงที่สุดคือ 54 shore A รองลงมาคือยางที่มีสารตัวเติมเป็นเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว (46 – 53 Shore A) โดยความแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมสารตัวเติมที่เพิ่มขึ้น ตามด้วยยางที่มีเติมยางผง และ ยางที่ไม่มีสารตัวเติม ตามลำดับ เนื่องจากยางผงมีปริมาณเขม่าดำซึ่งเป็นสารตัวเติมเสริมแรง ต่ำกว่าเถ้าไพโรไลซิสจากยางใช้แล้ว (Moreno และคณะ; 2011, อภิญญา ภูนิคม; 2555)



ภาพที่ 1 แสดงค่าความแข็งของยางบดผสมโดยเปรียบเทียบยางที่มีชนิดของสารตัวเติมต่างๆ

4.2) การทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set)

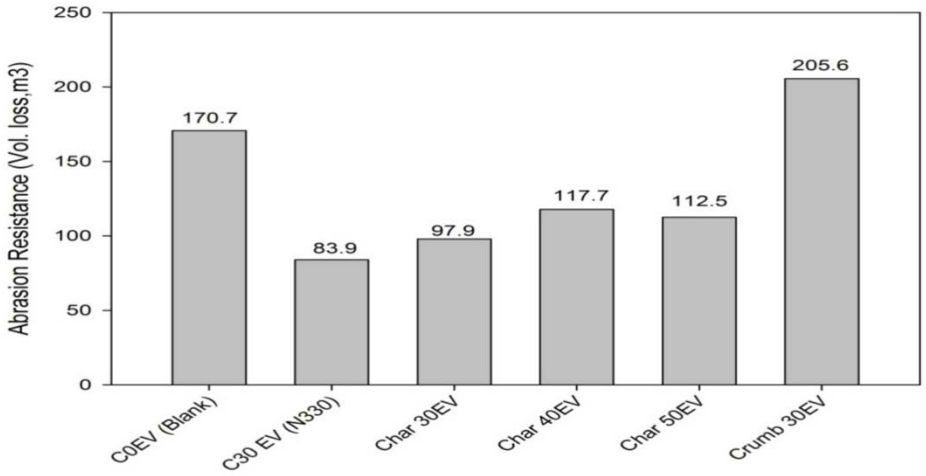
ผลการทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดที่ 100°C, 22 ชม. (%) ของยางบดผสมโดยเปรียบเทียบยางที่มีชนิดของสารตัวเติมต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2 จะให้เห็นว่ายางธรรมชาติที่มีสารตัวเติมเป็นเขม่าดำมีค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดน้อยที่สุด รองลงมาคือยางที่ไม่มีสารตัวเติม ยางที่มีสารตัวเติมเป็นเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว และยางที่มีสารตัวเติมเป็นยางผง ตามลำดับ โดยการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น ที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้เนื่องจากเขม่าดำสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้ยางมากที่สุด ดังที่ได้เห็นจากผลการทดสอบความแข็งของผิวยาง ดังนั้นจึงทำให้ยางยุบตัวเนื่องจากแรงอัดน้อยลง สำหรับยางที่ไม่มีสารตัวเติม ถึงแม้จะไม่แข็งเท่ากับยางที่เติมสารตัวเติมอื่นๆ แต่มีความยืดหยุ่นมากกว่ายางอื่นๆ ดังนั้นเมื่อผ่านแรงอัดแล้ว ยางสามารถคืนตัวได้ดีกว่ายางที่เติมเถ้าและยางผงนั่นเอง



ภาพที่ 2 แสดงผลการทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดที่ 100°C, 22 ชม. (%) ของยางบดผสมโดยเปรียบเทียบยางที่มีชนิดของสารตัวเติมต่างๆ

4.3) การทดสอบความทนทานต่อการสึกกร่อนเนื่องจากการสัมผัสเสียดสีกัน (Abrasion Resistance)

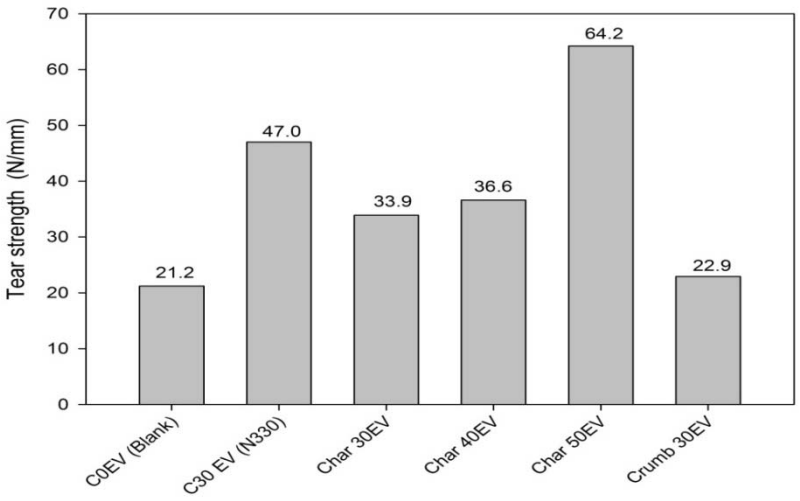
จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่ายางธรรมชาติที่มีสารตัวเติมเป็นเขม่าดำมีค่าปริมาตรที่หายไปจากการเสียดสีน้อยที่สุด รองลงมาคือ ยางที่มีสารตัวเติมเป็นเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว ยางที่มีสารตัวเติมเป็นยางผง และยางที่ไม่มีสารตัวเติม ตามลำดับ



ภาพที่ 3 แสดงผลการทดสอบการการทนต่อการขัดสีของยางบดผสมโดยเปรียบเทียบยางที่มีชนิดของสารตัวเติมต่างๆ

4.4) การทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear strength)

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่ายางธรรมชาติที่มีสารตัวเติมเป็นเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วมีค่าความต้านทานการเสียดสีมากที่สุดอยู่ในช่วง 33.9 – 64.2 N/mm โดยลดลงมาตามปริมาณสารตัวเติมที่อยู่ในยาง รองลงมาเป็นยางที่มีสารตัวเติมเป็นเขม่าดำ ยางที่มีสารตัวเติมเป็นยางผง และยางที่ไม่มีสารตัวเติม ตามลำดับ เนื่องจากยางธรรมชาติที่เติมด้วยเถ้าไพโรซิสมีความแข็งแรงมากกว่ายางธรรมชาติที่เติมยางผง ทำให้สามารถต้านทานแรงฉีกขาดได้มากกว่า



ภาพที่ 4 แสดงผลการทดสอบการการการฉีกขาดของยางบดผสมโดยเปรียบเทียบยางที่มีชนิดของสารตัวเติมต่างๆ

4.5) การทดสอบคุณสมบัติการดึง (Tensile Properties)

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าความเค้นดึงที่การยืดร้อยละ 300 และ 500 และการต้านแรงดึงแสดงผลมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ยางที่มีสารตัวเติมเป็นเขม่าดำให้ผลของความเค้นดึงมากที่สุด รองลงมาคือยางเติมด้วยเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว ซึ่งมากกว่ายางที่เติมด้วยยางผง โดยค่าความเค้นดึงและการต้านการดึงจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณสารตัวเติมเพิ่มขึ้น เนื่องจาก เถ้าไพโรไลซิสมีปริมาณเขม่าดำมากกว่ายางผงและมีขนาดเล็กกว่ายางผง จึงทำให้มีความแข็งแรงของยางมากกว่า จากผลของความทนต่อแรงยืดจนขาดแสดงให้เห็นว่ายางธรรมชาติที่มีสารตัวเติมเป็นเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วมีความทนต่อแรงยืดจนขาดมากที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 645 - 700 โดยแปรผกผันกับปริมาณสารตัวเติมในยาง รองลงมาเป็นยางที่ไม่มีสารตัวเติม ยางที่มีสารตัวเติมเป็นเขม่าดำ ยางที่มีสารตัวเติมเป็นยางผง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติการดึงของยางธรรมชาติที่เติมสารตัวเติมต่างๆ

สมบัติเชิงกล	C0EV (Blank)	C30 EV (N330)	Char 30EV	Char 40EV	Char 50EV	Crumb 30EV
ความเค้นดึงเมื่อมีการยืดร้อยละ 300 (Mpa)	1.2	7.8	2.7	3.8	4.6	1.8
ความเค้นดึงเมื่อมีการยืดร้อยละ 500 (Mpa)	2.4	20.2	8.6	12.1	14.4	5.8
การต้านแรงดึง (Mpa)	9.5	28.8	22.8	24.6	25.3	7.8
การทนต่อแรงยืดจนขาด %	677.0	598.0	700.0	655.0	645.0	553.0

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่บดผสมด้วยเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้วเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติที่บดผสมด้วยสารตัวเติมโดยทั่วไปพบว่าการบดผสมยางด้วยเถ้าไพโรไลซิสสามารถเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลของยางได้คือ เพิ่มความแข็งของผิวยาง เพิ่มค่าความเค้นดึง เพิ่มความต้านทานแรงฉีกขาด ความทนทนต่อการขัดสีให้กับยางธรรมชาติแต่ยังน้อยกว่าเขม่าดำ และมากกว่ายางผง นอกจากนี้ยังเพิ่มความทนต่อแรงยืดจนขาดให้ยางธรรมชาติเมื่อบดผสมด้วยปริมาณ 30 phr ซึ่งดีกว่ายางธรรมชาติ เขม่าดำ ยางผง และเถ้าไพโรไลซิสจากยางที่ใช้แล้ว ในอัตราส่วนอื่นๆ แต่การบดผสมยางด้วยเถ้าไพโรไลซิสทำให้การยุบตัวเนื่องจากแรงอัดมีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับยางธรรมชาติและยางที่บดผสมด้วยเขม่าดำ แต่ก็ดีกว่ายางผง จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าการบดผสมยางด้วยเถ้าไพโรไลซิสสามารถเพิ่ม

คุณสมบัติทางกลให้กับยางธรรมชาติได้หลายคุณสมบัติ ซึ่งสามารถนำมาเป็นสารตัวเติมทางเลือกเพื่อลดขยะที่เกิดจากการไพโรไลซิสยาง และสามารถลดต้นทุนในการผลิตยางใหม่ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

อภิญญา ภูนิคม. (2555) วิทยานิพนธ์ เรื่อง การเตรียมและศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.

ศิริรัตน์ จิตการค้า (2551) จากขยะสู่น้ำมัน เทคโนโลยีผลิตพลังงาน ทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรพรรณ นิธิอุทัย (2528) สารเคมีสำหรับยาง ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ดรพงษ์ธร แซ่อุย.(2528) วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง ฉบับที่ 2 เมษายนมิถุนายน-

สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2555, สืบค้นจาก http://portal.in.th/yang-nktc/pages/1782/

วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2552) ผลิตภัณฑ์ยาง : กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี

N. Rattanasoma,b, T. Saowaparkc, C. Deeprasertkul. (, 2007) Reinforcement of natural rubber with silica/carbon black hybrid filler, Polymer Testing 26, 369–377

Sirilux Poompradub , Yuko Ikeda , Yota Kokubo , Takeshi Shiono (2008) Cuttlebone as reinforcing filler for natural rubber, European Polymer Journal 44, 4157–4164

N. Rattanasom , S. Prasertsri , T. Ruangritnumchai (2009) Comparison of the mechanical properties at similar hardness level of natural rubber filled with various reinforcing-fillers Polymer Testing 28, 8–12

Sirichai Kanking, Piyaporn Niltui, Ekachai Wimolmala , Narongrit Sombatsompop (2012) Use of bagasse fiber ash as secondary filler in silica or carbon black filled natural rubber compound Materials and Design 41 ,74–82

F. Moreno, M.C. Rubio , M.J. Martinez-Echevarria (2011) Analysis of digestion time and the crumb rubber percentage in dry-process crumb rubber modified hot bituminous mixes, Construction and Building Materials 25, 2323–2334

สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.mtec.or.th/laboratory/mecho/index.php/knowlegde/44--durometer-type-a

สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.ptli.com/testlopedia/subs/Tensile-rubber-sample.asp

ผู้เขียน

นางสาววริศรา สุวรรณกิจ นักศึกษาระดับปริญญาโท
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: warissara.s@hotmail.com

รศ.ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: dpanu@engr.tu.ac.th

นาง ดวงกมล ด่านวานิชกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: dduangkamol@gmail.com

EN1031: **การศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติที่เติมด้วยเถ้าจากการไพโรไลซิส**
Electrical Conductivity of Natural Rubber Filled with Pyrolytic Char

ภัทราภรณ์ แย้มขยาย และ ภาณุ ด่านวานิชกุล*
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติที่ผสมด้วยเถ้าไพโรไลซิสจากยางรถยนต์ใช้แล้วเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติที่ผสมด้วยเขม่าดำชนิด N330 ในปริมาณการเติมที่ต่างกัน ได้แก่ 5, 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักยางแห้ง และเปรียบเทียบกับยางที่ไม่ได้ผสมสารตัวเติม ในการทดลองนี้ เถ้าหรือเขม่าดำจะถูกปรับสภาพผิวให้ชอบน้ำด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์หรือเอธานอล จากนั้นจะถูกผสมในน้ำยางธรรมชาติและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม การศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มจะพิจารณาจากค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป จากผลการศึกษาพบว่าแผ่นฟิล์มยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสมีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อผสมเถ้าไพโรไลซิสปริมาณมากขึ้น และพบว่าเมื่อใช้เอธานอลในการปรับสภาพผิวเถ้า เถ้าสามารถกระจายตัวได้ดีกว่าการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งส่งผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นยางที่ลดลงมากกว่า นอกจากนี้เมื่อทดสอบความต้านทานไฟฟ้าของยางธรรมชาติที่ผสมเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิสที่ดูดซับไอระเหยของเฮกเซน พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาทีแรก อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของยางที่ผสมด้วยเขม่าดำมีการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่ชัดเจนเท่ากับยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิส จากงานวิจัยนี้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการนำเถ้าไพโรไลซิสจากยางรถยนต์เก่ามาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นวัสดุตรวจวัดอุปกรณ์ไอระเหย อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าให้แก่เถ้าไพโรไลซิสที่ต้องทำการกำจัดหลังทำการไพโรไลซิส

คำสำคัญ : เขม่าดำ เถ้าจากการไพโรไลซิส ยางธรรมชาติ ความต้านทานไฟฟ้า

Abstract

This research aims to studying conductivity of natural rubber filled with pyrolytic char from used tire and compared to carbon black N330. The filler loading was varied to be 5, 10, 15, 20 and 25% of dry rubber content. The comparison was also made with unfilled natural rubber. The surface treatment of carbon black was performed using 2%wt ammonium hydroxide while that of pyrolytic char was done using 2%wt ammonium hydroxide and 60%wt ethanol. The filled rubber film was prepared from mixing the filler with natural rubber latex and cast the mixture on a plate. The filled and unfilled films were then tested for their resistivity. The result showed that incorporating pyrolytic char to the rubber could decrease its resistivity, i.e. increase its conductivity. In addition, treated the char with ethanol could disperse the filler in the latex better than with ammonium hydroxide which significantly decreased the rubber film resistivity. In a separate experiment where hexane vapor was absorbed in the rubber film, it was found that the difference of resistivity of rubber film filled with pyrolytic char was more clearly seen than that of carbon black-filled and unfilled rubber films. This result implies that this pyrolytic char is suitable for sensing in a vapor detector, which could possibly increase the value and use of the char.

Keywords: Carbon black, Pyrolytic char, Natural rubber, Resistivity

---

*ภัทราภรณ์ แย้มขยาย

บทนำ

ผงเขม่าดำเป็นสารตัวเติมในพอลิเมอร์ที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลและสมบัติด้านการนำไฟฟ้า ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาสมบัติด้านไฟฟ้าของวัสดุที่เติมเขม่าดำเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์

ตรวจวัดแรงกดทับ ยกตัวอย่าง เช่น Job และคณะ (2003) ศึกษาความนำไฟฟ้าของวัสดุผสมของยางธรรมชาติและผงเขม่าดำสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดทับ และพบว่าปริมาณของผงเขม่าดำที่ถูกผสมและแรงกดทับมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุ นอกจากนี้ Wang และคณะ (2010) ยังได้ศึกษาสมบัติของยางซิลิโคนผสมผงเขม่าดำ โดยพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้านไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มแรงกดทับลงบนวัสดุยางผสมผงเขม่าดำเช่นเดียวกัน นอกจากการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดทับแล้ว ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดไอระเหยของสารอินทรีย์อีกด้วย เช่น Dong และคณะ (2004) ได้ศึกษาการต้านทานไฟฟ้าของพอลิเมธาคริเลต (PBMA) ที่ผสมผงเขม่าดำ โดยศึกษาภายใต้สภาวะไอระเหยความเข้มข้นต่ำ พบว่าเมื่อพอลิเมอร์ดูดซับไอระเหยจะเกิดการบวมตัวขึ้นส่งผลให้อนุภาคเขม่าดำกระจายตัวแยกจากกัน ความต้านทานไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับวิภาวรรณ วงศ์ดาวและคณะ (2553) ที่พบว่าการเติมผงเขม่าดำลงในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์โดยขึ้นรูปเป็นเส้นใยนาโนสามารถลดความต้านทานไฟฟ้าของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้ นอกจากนี้เมื่อปรับปรุงการกระจายตัวของอนุภาคผงเขม่าดำโดยการทำให้ผิวของผงเขม่าดำมีหมู่ฟังก์ชัน –COO- ซึ่งช่วยให้อนุภาคกระจายตัวในสารแขวนลอยได้ดี และสามารถคงสภาพการกระจายตัวได้นาน การปรับปรุงการกระจายตัวของผงเขม่าดำด้วยวิธีนี้ ส่งผลให้มีปริมาณอนุภาคเขม่าดำในเส้นใยนาโนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มากขึ้น จึงทำให้ความต้านทานไฟฟ้าลดลง โดยสัมพันธ์กับปริมาณการเติมอนุภาคที่เพิ่มมากขึ้น หากเติมผงเขม่าดำที่ไม่มีการปรับปรุงการกระจายตัวของอนุภาคพบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าโดยรวมมีค่าลดลงแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการเติมผงเขม่าดำที่มากขึ้นเนื่องจากเกิดการรวมกลุ่มที่ใหญ่ขึ้นของอนุภาค และเมื่อนำแผ่นเส้นใยนาโนพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปดูดซับไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์พบว่าค่าความต้านทานลดต่ำลงอย่างฉับพลันเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

และเนื่องจากยางรถยนต์ใช้แล้วมีปริมาณสูงขึ้น และวิธีที่จะกำจัดยางรถยนต์ใช้แล้วที่จะก่อให้เกิดมูลค่าของผลิตภัณฑ์หลังการกำจัดวิธีหนึ่งก็คือ กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) กระบวนการนี้ นอกจะสามารถกำจัดขยะยางรถยนต์ได้แล้ว ยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า คือ น้ำมันและแก๊ส และผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง (Char) ซึ่งมีองค์ประกอบของเขม่าดำหรือคาร์บอนแบล็ค จึงน่าจะนำไปประยุกต์เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดไอระเหยสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสซึ่งยังไม่มีการศึกษาด้านสมบัติการนำไฟฟ้ามาก่อน มาเติมในยางธรรมชาติเพื่อทดสอบสมบัติการนำไฟฟ้าของคอมพอสิตที่ได้โดยเปรียบเทียบกับการเติมผงเขม่าดำ เกรด N330 และยางที่ไม่ได้เติมสารตัวเติมใดๆ

วัตถุประสงค์

1.เพื่อเปรียบเทียบสมบัติการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติที่ถูกเติมด้วยเถ้าจากกระบวนการไพโรไลซิสกับผงเขม่าดำ

2.เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารตัวเติมในยางธรรมชาติต่อสมบัติการนำไฟฟ้า

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัสดุและสารเคมี

น้ำยางข้นชนิดที่มีแอมโมเนียมสูง (High Ammonia Natural Rubber Latex) ซึ่งมีน้ำหนักยางแห้งหรือ %DRC เท่ากับ 60.2%, สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium dioxide) ที่ความเข้มข้น 2% โดยน้ำหนัก เอธานอล (Ethanol) ความเข้มข้น 60% โดยน้ำหนัก
เฮกเซน (Hexane) เขม่าดำ (Carbon black) ชนิด N330 และเถ้าไพโรไลซิสจากยางรถยนต์เก่า (Pyrolytic char)

2. วิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มยางที่เติมเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิส

นำเขม่าดำหรือเถ้าไพโรไลซิสกวนรวมกับสารละลายแอมโมเนียมไฮดร็อกไซด์ที่มีความเข้มข้น **2%** โดยน้ำหนัก ปริมาณ 35.7 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเทสารแขวนลอยของเขม่าดำหรือเถ้าไพโรไลซิสลงในน้ำยางซึ่งเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่มีความเข้มข้น **40%** ของน้ำหนักยางแห้งปริมาณ **14.3** มิลลิลิตร กวนผสมกันเป็นเวลา **10** นาที ด้วย

ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เทของผสมลงในจานเพาะเชื้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 9 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำยางไปทดสอบความต้านทานไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าขณะดูดซับไอระเหยของเฮกเซน

ทำการทดลองซ้ำ สำหรับเถ้าไพโรไลซิส โดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้น **60%** โดยน้ำหนัก แทนสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น **2%** โดยน้ำหนัก

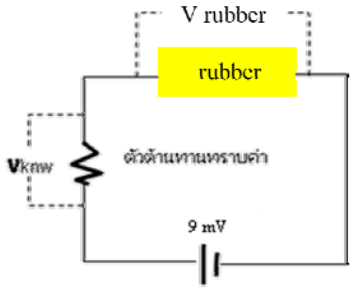
ปรับเปลี่ยนปริมาณเถ้าของสารตัวเติมเพื่อให้ได้ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักยางแห้ง

3. ลักษณะการกระจายตัวของสารตัวเติมในฟิล์มยาง

นำตัวอย่างฟิล์มยางที่เติมด้วยเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิสไปตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

4. การทดสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มยาง

แผ่นฟิล์มยางขนาด 2 x 2 เซนติเมตรจะถูกนำมาตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าโดยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ผ่านวงจรอนุกรมดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรอนุกรมเพื่อตรวจวัดค่าความต้านทาน

5. วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าเมื่อนำไปดูดซับไอระเหยอินทรีย์

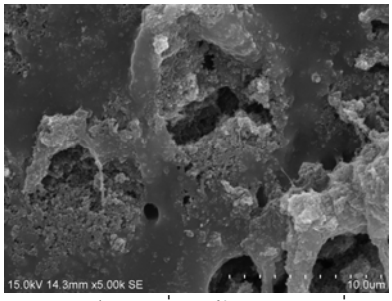
แผ่นฟิล์มยางขนาด 2 x 2 เซนติเมตรจะถูกทดสอบที่สภาวะที่ดูดซับไอระเหยของเฮกเซน ที่ความเข้มข้น 0.306 mol/l เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมด้วยเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิสที่ดูดซับไอระเหยของเฮกเซนที่เวลาต่างๆกัน โดยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ โดยวัดที่ระยะเวลาทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 5 นาที

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

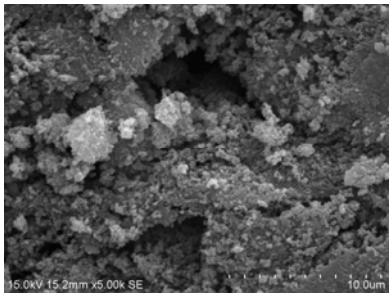
1. ลักษณะการกระจายตัวของสารตัวเติมในฟิล์มยาง

ภาพลักษณะการกระจายตัวของฟิล์มยางที่เติมด้วยเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิสที่ความเข้มข้นของสารตัวเติมที่ 25% ของน้ำหนักยางแห้ง จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า แสดงดังภาพที่ 2 - 4

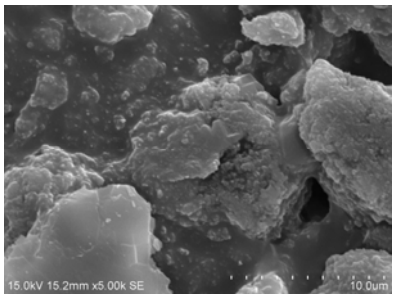
จากภาพจะเห็นว่ายางธรรมชาติสามารถผสมรวมกับเขม่าดำได้ดีที่สุด สำหรับเถ้าไพโรไลซิสนั้น พบว่าเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลผสมเข้ากับยางได้ไม่ดีนัก มีการกระจายตัวของเถ้าในลักษณะเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายตัวเต็มบริเวณผิวยาง แต่ไม่รวมเข้ากับเนื้อยาง สำหรับยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ พบว่ามีเพียงบางส่วนที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อยาง และส่วนที่ไม่เข้ากับเนื้อยางนั้น พบว่าอนุภาคของเถ้าจับตัวกันเองจนมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่



ภาพที่ 2 ภาพลักษณะการกระจายตัวของฟิล์มยางที่เติมด้วยเขม่าดำที่ความเข้มข้น 25% ของน้ำหนักยางแห้ง



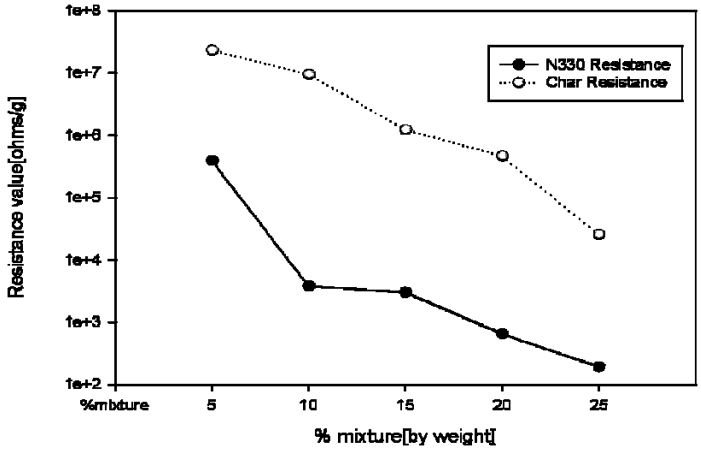
ภาพที่ 3 ภาพลักษณะการกระจายตัวของฟิล์มยางที่เติมด้วยเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลที่ความเข้มข้น 25% ของน้ำหนักยางแห้ง



ภาพที่ 4 ภาพลักษณะการกระจายตัวของฟิล์มยางที่เติมด้วยเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 25% ของน้ำหนักยางแห้ง

2 ความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำและยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอล

ภาพที่ 5 แสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำและยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอล พบว่าสารตัวเติมทั้งสองชนิดช่วยลดค่าความต้านทานไฟฟ้าของยางธรรมชาติได้ โดยค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงตามปริมาณเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณการเติมของสารตัวเติมที่เท่ากัน พบว่าความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลมีค่ามากกว่ายางที่ผสมเขม่าดำ เนื่องจากเถ้าไพโรไลซิสมีองค์ประกอบของคาร์บอนที่น้อยกว่านั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 1 (อภิญญา ภูนิคม, 2555) สำหรับยางที่เติมเถ้าไพโรไลซิสซึ่งปรับผิวด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ พบว่าที่ปริมาณเถ้า 5, 10, 15, 20% โดยน้ำหนัก เมื่อทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ไม่พบแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ดังนั้นจึงสรุปว่ายางที่เติมด้วยเถ้ามี5, 10, 15, 20% โดยน้ำหนัก มีความเป็นฉนวนเช่นเดียวกับยางที่ไม่ใส่สารตัวเติม ซึ่งมีค่าความต้านทานมากกว่า 100,000 เมกะโอห์ม ค่าความต้านทานของยางอ้างอิงจากวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง (2551) แต่ที่ปริมาณการเติมเถ้าไพโรไลซิสที่ 25% โดยน้ำหนัก สามารถทำการวัดค่าความต้านทานของยางที่เติมด้วยเถ้า มีค่าเท่ากับ 204,439.8 โอห์มต่อกรัมยาง



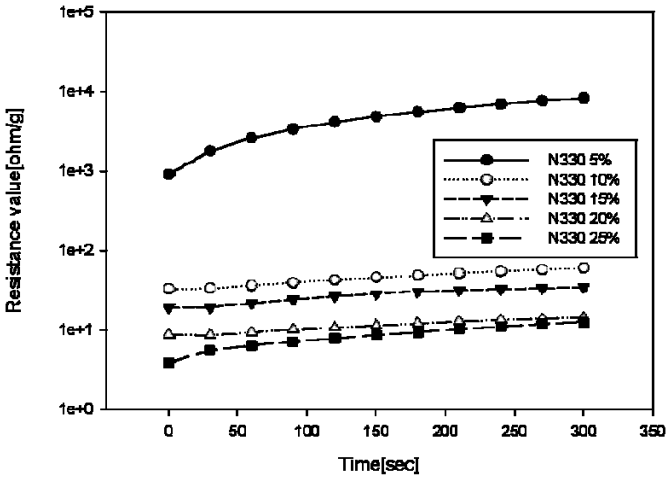
ภาพที่ 5 ความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำและยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิส

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการของเถ้าที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้วแบบไม่บดที่สภาวะควบคุมอุณหภูมิ °420-380C และความดัน ปาสคาล ใน 100-30 Horizontal reactor ภายใต้บรรยากาศที่มีไนโตรเจน (อภิญญา ภูนิคม, 2555)

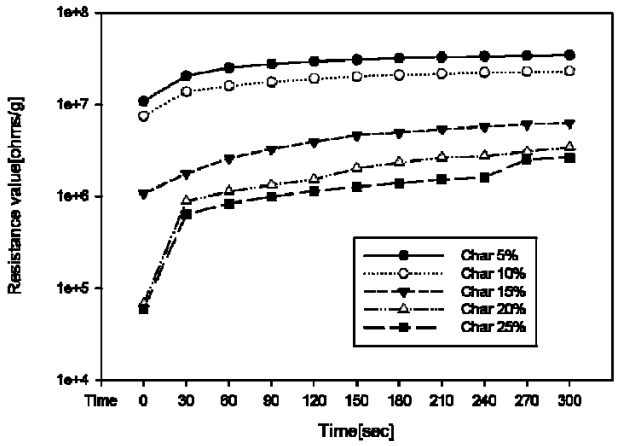
เถ้าที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว		เถ้าที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว	
พารามิเตอร์	แบบไม่บด	พารามิเตอร์	แบบไม่บด
Proximate Analysis			
เถ้า (%)	15.62	MgO (%)	1.18
สารระเหย (%)	11.27	Fe_2O_3 (%)	3.01
Fixed carbon (%)	71.22	SiO_2 (%)	36.18
ซัสเฟอร์ (%)	3.27	CaO (%)	9.18
Elemental Analysis			
คาร์บอน %	78.59	Al_2O_3 (%)	3.18
ไฮโดรเจน%	1.12	K_2O (%)	0.68
ไนโตรเจน %	0.16	Na_2O (%)	0.32
ออกซิเจน %	0.69		

3. ความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำและยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลระหว่างดูดซับไอระเหยเฮกเซนเป็นเวลา 5 นาที

ความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำและยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลระหว่างดูดซับไอระเหยเฮกเซนเป็นเวลา 5 นาที แสดงดังภาพที่ 6 และ 7 ตามลำดับ พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำและยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลเพิ่มขึ้นตามเวลา เนื่องจากยางที่เติมเขม่าดำหรือเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอล เมื่อยางดูดซับไอระเหยของเฮกเซนจะบวมตัว เนื่องจากเฮกเซนเป็นสารที่ไม่มีขั้วเช่นเดียวกับยาง ส่งผลให้อนุภาคเขม่าดำหรือเถ้ากระจายตัวแยกจากกัน ความต้านทานไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้นหรือทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงนั่นเอง ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dong และคณะ (2004) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าของยางที่เติมเถ้าไพโรไลซิสเมื่อใช้ปริมาณมากถึง 20-25% เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 วินาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ



ภาพที่ 6 ความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเขม่าดำระหว่างดูดซับไอระเหยเฮกเซน



ภาพที่ 7 ความต้านทานไฟฟ้าของยางที่ผสมเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับสภาพผิวด้วยเอธานอลระหว่างดูดซับไอระเหยเฮกเซนเป็นเวลา 5 นาที

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าการเติมเขม่าดำและเถ้าไพโรไลซิสที่ปรับผิวด้วยเอธานอลช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำวัสดุทั้งสองมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ตรวจจับไอระเหยของเฮกเซนซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ใช้แพร่หลายมีและมีความเป็นอันตรายได้ โดยวิเคราะห์จากค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปของยางเวลาต่างๆ พบว่าเมื่อเวลานานขึ้นความต้านทานของยางมีค่ามากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง, วารสารเพื่อการพัฒนาของอุตสาหกรรมยางไทย ปีที่2 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2551 หน้าที่11

วิภาวรรณ วงศ์ดาว (2553) วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติทางไฟฟ้าระหว่างเส้นใยนาโนโพลีไวนิลแอลกอฮอล์เติมเขม่าดำ เขม่าดำที่มีการทำให้กระจายอนุภาค และท่อนาโนของคาร์บอน” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อภิญญา ภูนิคม. (2555) วิทยานิพนธ์ เรื่อง การเตรียมและศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเถ้าที่ได้จากการไพโรไลซิสยางใช้แล้ว. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.

Wang, S.L., Wang, P., Ding, T.H. ” Development of wireless compressive/relaxation-stress measurement system integrated with pressure-sensitive carbon black-filled silicone rubber-based sensors”, **Sensors and Actuators A** 157, 36–41 (2010)

Job, A.E., Oliveira, F.A., Alves, N., Giacometti, J.A. Mattoso, L.H.C.,“Conductive composites of natural rubber and carbon black for pressure sensors”, **Synthetic Metals**, 135–136, 99–100 (2003)

Dong, X. M., Fu, R. W., Zhang, M. Q., Zhang, B. Rong, M. Z.,”Electrical resistance response of carbon black filled amorphous polymer composite sensors to organic vapor at low concentrations”, **Carbon** 42, 2551–2559 (2004)

ผู้เขียน

นางสาวภัทราภรณ์ แย้มขยาย นักศึกษาระดับปริญญาโท
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: amiline_cute@hotmail.com

รศ.ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120 e-mail: dpanu@engr.tu.ac.th

EN1032: แบบจำลองมอนติคาร์โลของการใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือนในประเทศไทย
A Monte Carlo Simulation of Household Electricity Consumption in Thailand.

อนุวรรณ ทองหมู่1 และภาณุ ด่านวานิชกุล2*
1สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 99 หมู่ 18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121
2ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
เลขที่ 99 หมู่ 18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

การจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ดี นอกจากจะมองในด้านการจัดหาหรือผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการใช้งานแล้ว ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ควรศึกษา การศึกษาในครั้งนี้ ได้สร้างครัวเรือนจำลองโดยใช้แบบจำลองมอนติคาร์โล โดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากผลการสำรวจของหน่วยงานราชการต่างๆ นำมาศึกษาเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2543 ของภาคครัวเรือนในเขต กรุงเทพมหานคร จ.สมุทรปราการ และ จ.นนทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง จากการศึกษามีผลการศึกษาที่สำคัญพบว่า จำนวนของตัวอย่างที่มีความเหมาะสมในการสร้างครัวเรือนจำลองเพื่อนำพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือขนาด 50,000 ครัวเรือน โดยมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.17 และมีผลการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 1,724,089 ครัวเรือน ซึ่งให้ค่าการประมาณการใช้พลังงานจริงอยู่ในช่วงร้อยละ 99.41 – 273.21 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง โดยอาศัยการปรับค่าการใช้งานให้สอดคล้องกับการทำงานจริงของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจการใช้เวลาของประชากร

คำสำคัญ: การใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือน แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือน เครื่องใช้ไฟฟ้า การจำลองมอนติคาร์โล

Abstract

Better electricity management should consider the supply and demand for production planning. Electricity consumption is one of the important topics deserving consideration. In this study, Monte Carlo simulation was applied to generate samples of households based on secondary data from a survey of various government agencies. The data used to check the validity of this method is the electricity consumption in year 2000 of the households in Bangkok, Samuthprakarn and Nontaburi, which are under the responsibility of the MEA. The results showed that the number of samples that are appropriate to simulate was 50,000 households in order to forecast the demand for electricity in each month with an error percentage of 0.17. The forecast electricity consumption of 1,724,089 households from Monte Carlo simulation was between 99.41% - 273.21% of the actual electricity consumption. This calculation made use of some adjustment which reflected the actual operation of the electrical appliance as well as the data from the time use survey.

Keywords: Household Electricity Consumption Model, Trends in Household Consumption, Electrical appliance, Monte Carlo Simulation

2 ภาณุ ด่านวานิชกุล
Tel. & Fax: 0-2564-3001 ext. 3123E-mail: dpanu@engr.tu.ac.th

บทนำ

การผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละประเทศนั้นเป็นปัญหาหลักที่ผู้รับผิดชอบจะต้องวางแผนในการจัดหาแหล่งพลังงานให้เพียงพอในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพบว่า ร้อยละ 20 ของการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในโลกมาจากเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ และมีหลายประเทศที่กำลังหาทางออกในด้านเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ในมุมของผู้ที่มีส่วนที่จะต้องรับผิดชอบในด้านกำหนดนโยบาย ควรที่จะต้องศึกษาข้อมูลในส่วนของการใช้พลังงาน ซึ่งจะเป็นอีก 1 วิธีที่รัฐบาล หรือหน่วยงานที่รับผิดชอบจะกำหนดเป็นนโยบาย เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะมีผลทำให้ความต้องการการใช้พลังงานลดลง และส่งผลไปถึงการผลิตไฟฟ้าที่จะต้องลดลงตามความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วย ในปัจจุบันการรายงานข้อมูลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานได้นำข้อมูลไปเพื่อวิเคราะห์แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) ซึ่งเป็นแผนที่ใช้กำหนดทิศทางการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ในหลายประเทศได้มีการศึกษาข้อมูลในส่วนของการใช้พลังงานและเน้นที่การพยากรณ์ความต้องการการใช้พลังงาน ส่วนในประเทศไทยด้วยลักษณะสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จึงอาจทำให้มีความแตกต่างกันในเรื่องลักษณะการใช้ไฟฟ้า จากรายงานของกระทรวงพลังงาน พบว่า ในภาคครัวเรือนของประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 21-23 % ของความต้องการใช้พลังงานทั้งประเทศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ กำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษาคือ ครัวเรือนในเขตเทศบาล ในพื้นที่ปริมณฑล (กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี) ซึ่งใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวง และข้อมูลทางสิ่งแวดล้อม ลักษณะของครัวเรือน จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งจะประกอบข้อมูลเป็นแบบจำลองของลักษณะครัวเรือนตัวอย่าง หลังจากนั้นจะคำนวณการใช้พลังงานของในแต่ละครัวเรือน โดยได้ข้อมูลมาจากข้อมูลการครอบครองเครื่องใช้ไฟฟ้าและลักษณะการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ นอกจากนั้นเรายังศึกษาพฤติกรรมการใช้เวลาของประชากรนำมาเปรียบเทียบและอภิปรายผลวิเคราะห์ หรือปรับแก้ และนำมาทำนายแนวโน้มการใช้พลังงานในกรณีที่มีการปรับปรุงข้อมูลเช่น กรณีที่มีครัวเรือนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หรือขนาดเฉลี่ยของครัวเรือนเปลี่ยนแปลงไปเป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนนั่นคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหรือหัวข้องานวิจัย ส่วนที่สองเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิจัย ซึ่งมีผลการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ส่วนแรกการศึกษาครอบคลุมถึงเนื้อหาหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย อาทิ การศึกษาการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า การศึกษาเปรียบเทียบตามกลุ่มผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า การศึกษาสำมะโนประชากรและเคหะ รวมไปถึง การสำรวจการใช้เวลาของประชากร การครอบครองบริภัณฑ์ของประชากร การศึกษาข้อมูลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของพื้นที่ที่ศึกษา ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม มีงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

Tanimoto และคณะ (2008) เสนอแนวคิดในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยใช้พฤติกรรมการใช้เวลาของประชากร ซึ่งเน้นไปที่พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศของชาวญี่ปุ่น การวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือการสร้างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้มาจากการศึกษาการใช้เวลาของประชากร และส่วนที่สองคือการใช้วิธีการ Monte Carlo ในการสร้างแบบจำลองในการใช้พลังงานซึ่งมาจากการร้อยเรียงเหตุการณ์ในส่วนแรก โดยใช้วิธีการสุ่ม และมีความคล้ายคลึงกับเหตุการณ์การใช้เครื่องปรับอากาศภายในที่อยู่อาศัย ส่วน Pao (2006) เสนอแนวคิดเปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของไต้หวัน ระหว่าง วิธีการแบบ Linear และ Nonlinear ซึ่งเลือกใช้วิธีการ Artificial Neural Network (ANN) ในการวิเคราะห์ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีอิทธิพล ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ ค่า รายได้ประชาชาติ (National Income) จำนวนประชากร (Population) ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product) ดัชนีราคาผู้บริโภค (CPI) เพื่อพัฒนาเป็น แบบพยากรณ์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic forecasting model)

Wangpattarapong และคณะ(2008) เสนอแนวคิดในการศึกษาปัจจัยส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือน ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนคือปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และปัจจัยด้านภูมิอากาศ ทำการศึกษาความต้องการการใช้พลังงานภาคครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร โดยนำข้อมูลรายเดือนของปัจจัยในแต่ละด้านมาหาความสัมพันธ์กัน ใช้ข้อมูล

จำนวน 5 ปี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ส่วนในด้านการทดสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ตัวแบบ งานวิจัยชิ้นนี้ใช้เทคนิค Mean Absolute Percent Error (MAPE) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีของ Pao(2006) ซึ่งเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบโดยใช้ค่า Error ทั้ง 3วิธี คือ RMSE MAE และ MAPE นอกจากนี้งานวิจัยชิ้นนี้ยังมีผลการศึกษาที่สำคัญ โดยพบว่า หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะทำให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 6.79% หรือหากมีครัวเรือนเพิ่มขึ้น 1 ครัวเรือนจะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 293 กิโลวัตต์ชั่วโมง และในการเพิ่มจำนวนเครื่องปรับอากาศทุกๆ 1,000 เครื่องจะทำให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 0.12%

Pao(2006) ศึกษาเปรียบเทียบ ความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของไต้หวันโดยพบว่า ผลการพยากรณ์โดยวิธีการ ANN สูงกว่าวิธีการ Linear models เนื่องจากมีความสามารถในการเชื่อมโยงความซับซ้อนของ nonlinear ได้ โดยใช้ learning process และท้ายที่สุด งานวิจัยนี้ยืนยันว่า วิธีการ ANN มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดมากกว่า วิธีการ Linear models ซึ่งสอดคล้องกับ Tso และYau (2007) ที่เปรียบเทียบตัวแบบในการพยากรณ์ 3 วิธีคือ Regression analysis, Decision tree และ Neural networks พบว่าผลการศึกษาตามฤดู คือ ในฤดูร้อน วิธีการ Decision tree เป็นวิธีการที่ดีกว่าวิธีอื่น ส่วนในฤดูหนาว วิธีการ Neural networks เป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่าวิธีอื่น ทำให้ทราบว่าทั้งสองวิธี เป็นวิธีการสำหรับการใช้พยากรณ์ที่เหมาะสมกว่าวิธีการ Regression analysis ซึ่งใช้วิธีการเปรียบเทียบค่า Error โดยใช้ RAS และ Abiyev และคณะ(2005) ซึ่งศึกษาการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้วิธี ANN ซึ่งได้ผลดีที่ Northern Cyprus พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ฤดูกาล ชนิดของผู้ใช้ไฟฟ้า จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ nonlinear ในการวิเคราะห์ข้อมูล และพยากรณ์ค่าในอนาคตโดยใช้วิธี ANN แบบ NFS และ Azadeh และคณะ(2007) ซึ่งศึกษา การประยุกต์ร่วมกันระหว่าง ANN และ time series ในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่จะเทียบความแม่นยำของตัวแบบโดยวัดค่าความคลาดเคลื่อน ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบวิธีการ ANN และการวิเคราะห์การถดถอยแบบดั้งเดิม โดยใช้ข้อมูล 20 ปี หรือ 240 เดือน เพื่อใช้ Train and Test ระบบ ในวิธี ANN นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองวิธีให้ผลตรงกันและสรุปได้ว่า รายได้ประชาชาติและจำนวนประชากรมีผลกระทบต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า มากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ มีผลกระทบน้อยที่สุด นอกจากนั้นยังมีการเปรียบเทียบด้วยวิธี Out of sample forecasting capabilities ซึ่งมีผลการศึกษาที่น่าสนใจคือ 1) ถ้ามีข้อมูลจำนวนมากกว่านี้ วิธีการ ARMAX (Autoregressive Moving Average eXogenous) จะเป็นวิธีที่ใช้พยากรณ์ได้ดีกว่าวิธีการอื่นในกลุ่ม Linear Models 2) วิธีการ Linear models มีจุดอ่อนในการพยากรณ์ความต้องการสูงสุด นั่นอาจเป็นเพราะความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ไม่ขึ้นอยู่กับประวัติข้อมูลที่มีอยู่

สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2000) มีการทำสำมะโนประชากรและเคหะ ซึ่งให้ข้อมูลที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ในการศึกษา เช่น จำนวนครัวเรือน ลักษณะครัวเรือน ขนาดของครัวเรือน ข้อมูลการครอบครองบริภัณฑ์ ประเภทของที่อยู่อาศัย

ส่วนที่สอง การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวิจัย ในการศึกษานี้จำเป็นต้องศึกษารูปแบบหรือวิธีในการนำมาสร้างแบบจำลอง หรือสร้างการพยากรณ์ โดยศึกษางานวิจัยและวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำมาสร้างงานวิจัยในครั้งนี้ ในแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสีย จุดเด่นและจุดด้อย แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีผลการศึกษาสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Lawskool (2002) เสนอแนวคิดในการประมาณราคาค่าก่อสร้างงานอุโมงค์และงานท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินด้วยวิธีแบบจำลองมอนติคาร์โล พบว่ารูปแบบการแจกแจงของค่าใช้จ่ายในแต่ละหมวดหมู่งานของงานอุโมงค์มีหลายลักษณะ คือ การแจกแจงแบบลอกนอร์มอล การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม แต่ผลที่ได้จากตัวแบบจำลองเป็นการแจกแจงแบบปกติ แสดงถึงข้อมูลราคามีการกระจายในลักษณะสมมาตร ซึ่งเป็นตัวแทนของค่ากลางข้อมูลที่ดี ส่วนงานก่อสร้างท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน ราคาค่าก่อสร้างจริงมีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม แต่รูปแบบที่ได้จากการจำลองเป็นแบบลอกนอร์มอล แสดงถึงการกระจายในลักษณะที่ไม่สมมาตร ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่ามัธยฐานเป็นตัวแทนค่ากลางของข้อมูล และการประมาณค่าในปี 2542 และ2545 คลาดเคลื่อน อยู่ที่ +8.51 และ +8.15 ตามลำดับ และผู้วิจัยยังได้ให้ความเห็นว่าวิธีการมอนติคาร์โลสามารถนำไปเป็นพื้นฐานในการประมาณราคางานสำหรับงานก่อสร้างในลักษณะอื่นได้

Tanimoto และคณะ (2008) เสนอแนวคิดในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยใช้พฤติกรรมการใช้เวลาของประชากร ซึ่งพบว่า วิธีการ Monte Carlo เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมสำหรับวิธีการวิจัยมีการสุ่มข้อมูลมาจากข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลตารางการใช้เวลาของประชากรจริง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภาคครัวเรือน

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ เลือกใช้การสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการ Monte Carlo (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 1997) เป็นวิธีการที่ใช้พยากรณ์ ซึ่งอาศัยหลักความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้อย่างแพร่หลายในด้านคณิตศาสตร์ ด้านการเงินหรือการวิเคราะห์หลักทรัพย์ (อัญญา ขันธวิทย์, 2010) ด้านการบริหารความเสี่ยง ด้านการแพทย์ (พิลาสินี ยังศรีพิทักษ์ และปรีชา มนทกานติกุล, 2009) รวมไปถึงด้านการบริหารโครงการ (ศุภมิตร ยุวัฒนะ, 2002)โดยในแบบจำลองจะมีการสุ่มตัวเลขซึ่งสุ่มโดยระบบและเป็นไปตามลักษณะที่กำหนดเงื่อนไขไว้ เช่น ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ขอบเขตของข้อมูล เป็นต้น เริ่มจากการหาตัวแปรสุ่มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และนำมาสร้างกราฟฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่ม (Cumulative Probability Function, CPF) โดยพิจารณาเปรียบเทียบ ทั้งแบบต่อเนื่อง (Cumulative Probability Density Function, CDF) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Cumulative Probability Mass Function, CMF) โดยมีฟังก์ชันนิยามดังต่อไปนี้

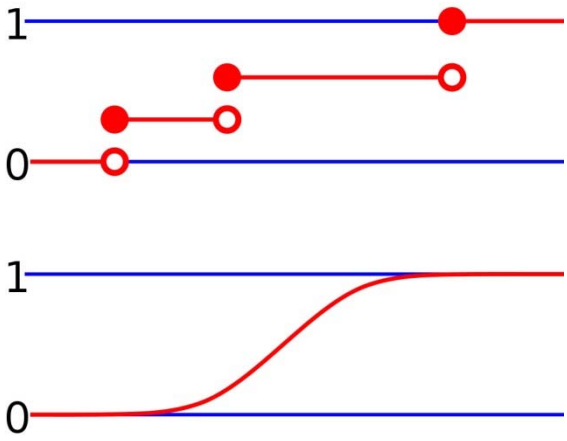
ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง(Cumulative Probability Density Function, CDF)

$$F_x(X) = \int_{-\infty}^{x} f(t)dt \qquad (1)$$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง(Cumulative Probability Mass Function,CMF)

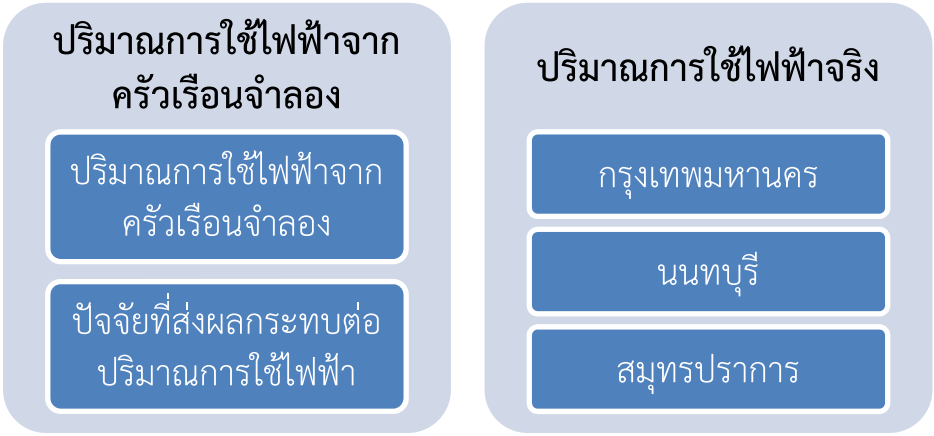
$$F_x(X) = \sum_{t \le x} f(t) \qquad (2)$$

จากสมการที่ 1 อธิบายได้ว่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง จะนับผลรวมจากการอินทิเกรต ส่วนในสมการที่ 2 ซึ่งเป็นแบบไม่ต่อเนื่องจะนับผลรวม และเมื่อนำไปเขียนกราฟจะพบว่าในสมการที่ 2 จะได้กราฟที่ไม่ได้ต่อเนื่องเป็นเส้นเดียวกัน ส่วนในสมการที่ 1 จะเป็นเส้นเดียวกัน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง
ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Cumulative_distribution_function

เมื่อสร้างแบบจำลองของครัวเรือน ซึ่งกำหนดเงื่อนไข ตามข้อมูลทางสถิติของปัจจัยต่างๆ ที่มีอยู่ โดยใช้วิธีการมอนติคาร์โลแล้ว จึงนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้แยกผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของขนาดตัวอย่างในแบบจำลองและการศึกษาตัวแบบจำลองที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคตซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

ส่วนของการศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของขนาดตัวอย่างในแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลในปี 2543 สร้างแบบจำลองและเก็บตัวอย่างจำนวน 1,000, 10,000, 20,000 และ 50,000 ครัวเรือน เพื่อเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีผลดังตารางที่ 1 โดยเป็นตัวอย่างของอัตราส่วนบ้านโดดที่ประมาณจากการจำลองกับข้อมูลสถิติจริง สำหรับตัวแปรอื่นๆ ก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน

ตารางที่ 1 แสดงผลอัตราส่วนระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองและข้อมูลจริง

จำนวนตัวอย่าง	*อัตราส่วนของบ้านโดดจากแบบจำลอง(%)*	*อัตราส่วนของบ้านโดดจากข้อมูลจริง(%)*	*ความคลาดเคลื่อน(%)*
1,000	50.80	52.55	-1.75
10,000	52.22	52.55	-0.33
20,000	52.34	52.55	-0.21
50,000	52.38	52.55	-0.17

จากผลการทดลองพบว่าที่จำนวนตัวอย่าง 50,000 ครัวเรือน จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงน้อยที่สุด คือ 0.17 % และที่จำนวนตัวอย่าง 1,000 ครัวเรือน มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ 1.75 % ซึ่งเป็นไปตามหลักการโดยทั่วไปของการเลือกจำนวนตัวอย่าง หากมีตัวอย่างจำนวนมาก ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองย่อมดียิ่งขึ้น แต่ทำให้การจำลองอาศัยเวลานานขึ้น ดังนั้นในการจำลองจึงมักเลือกจำนวนตัวอย่างที่ให้ผลความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้และไม่ใช้เวลาในการจำลองนานเกินไป ในงานวิจัยนี้ จำนวนตัวอย่าง 50,000ตัวอย่างใช้เวลาในการจำลองไม่นานนัก จึงเลือกใช้ในการจำลองระบบต่อไป

ส่วนของตัวแบบจำลองที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต เริ่มจากการสร้างตัวแบบจำลองมอนติคาร์โลโดยกำหนดเงื่อนไข และสร้างลักษณะครัวเรือนจำลองโดยใช้ข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ โดยนำข้อมูลมาจัดเรียงและแปลงค่าให้ตรงตามเงื่อนไข ได้แก่ การกระจายของครัวเรือนแบ่งตามประเภทที่อยู่อาศัย (บ้านโดด ทาวน์เฮ้าส์ ห้องชุด ห้องแถว และตึกแถว) จำนวนการครอบครองบริภัณฑ์ (ตู้เย็น โทรทัศน์ พัดลม เครื่องปรับอากาศ และเครื่องซักผ้า) ซึ่งแบ่งตามจำนวนคนที่อาศัย (1-7 คน) และประเภทที่อยู่อาศัย ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลของครัวเรือนแบ่งตามประเภทที่อยู่อาศัยเปรียบเทียบกับครัวเรือนจำลอง

ประเภทที่อยู่อาศัย	*อัตราส่วนจากแบบจำลองที่จำนวน 50,000 ครัวเรือน*	*อัตราส่วนจากข้อมูลจริง*	*จำนวนครัวเรือนแยกตามประเภทที่อยู่อาศัย**	*ความคลาดเคลื่อน*
บ้านโดด	52.38	52.55	2,667,008	-0.17
ทาวน์เฮ้าส์	8.51	8.54	422,123	-0.03
ห้องชุด	9.04	8.80	422,436	0.24
ห้องแถว	14.56	14.54	712,355	0.02
ตึกแถว	15.51	15.57	784,791	-0.06
รวม	100	100	5,008,713	

ที่มา: สำมะโนประชากรและเคหะ ปี 2543 สำนักงานสถิติแห่งชาติ

จากตารางที่ 2 พบว่าตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้นมามีความคลาดเคลื่อนจากสัดส่วนข้อมูลจริงเพียงเล็กน้อยและคาดว่าจะเป็นแบบจำลองที่ให้ค่าการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงได้

เมื่อได้แบบจำลองลักษณะครัวเรือนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้พลังงานจากรายงานการใช้เวลาของประชากร ซึ่งได้มาจากการสำรวจการใช้เวลาของประชากรทั่วประเทศในปี 2544 ซึ่งมีข้อมูลที่สามารถนำมาใช้เชื่อมโยงกับการใช้เวลาของแบบจำลองครัวเรือนดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าแยกตามประเภทที่อยู่อาศัย*

ประเภทที่อยู่อาศัย	*ตู้เย็นหรือตู้แช่*	*โทรทัศน์*	*พัดลม*	*เครื่องปรับอากาศ*	*เครื่องซักผ้า*
บ้านโดด	2,319,908	2,541,579	2,547,012	550,843	1,268,453
ทาวน์เฮ้าส์	401,377	414,700	412,496	214,166	288,154
ห้องชุด	329,434	401,584	401,262	112,748	148,703
ห้องแถว	524,752	649,545	689,762	50,541	221,717
ตึกแถว	700,912	757,470	760,819	305,744	430,398
รวม	4,276,383	4,764,878	4,811,351	1,234,042	2,357,425

ที่มา: สำมะโนประชากรและเคหะ ปี 2543 สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตารางที่ 4 แสดงเวลาที่ใช้ทำกิจกรรม*

กิจกรรม	*เวลาที่ใช้ (ชม./วัน)*
ชมโทรทัศน์	3.2
นอนหลับ/พักผ่อน	8
ดูแลเสื้อผ้า/ซักเสื้อผ้า	1.3

ที่มา: การสำรวจการใช้เวลาของประชากร ปี 2544 สำนักงานสถิติแห่งชาติ

จากตารางที่ 4 เราจะใช้เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมดังกล่าว โดยนำเข้าไปปรับค่าการใช้งานให้มีความเหมาะสม ได้ นำเวลาที่ใช้ชมโทรทัศน์ ไปเป็นชั่วโมงการทำงานของโทรทัศน์ นำเวลาที่ใช้นอนหลับ/พักผ่อนไปเป็นชั่วโมงการทำงานของพัดลมและเครื่องปรับอากาศ นำชั่วโมงการดูแลเสื้อผ้า/ซักเสื้อผ้าไปเป็นชั่วโมงการทำงานของเครื่องซักผ้า และมีการปรับปรุงค่าความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ ตู้เย็นหรือตู้แช่ เพราะถึงแม้จะมีการใช้งานตลอดเวลา แต่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากในช่วงที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเท่านั้น (เช่นการปิด-เปิดประตูตู้เย็น) เช่นเดียวกันกับเครื่องปรับอากาศที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศจะทำงานในกรณีที่ต้องปรับอุณหภูมิภายในพื้นที่ให้ตรงตามค่าที่ตั้งไว้เท่านั้น จึงใช้ค่าปรับปรุงที่ 0.5 และ 0.65 ตามลำดับ ส่วนในเครื่องซักผ้าจากพฤติกรรมโดยทั่วไปแล้วคาดว่าจะซักผ้าวันเว้นวันหรืออาทิตย์ละ 3 ครั้ง จึงใช้ค่าปรับปรุงที่ 0.43 ส่วนในพัดลมและโทรทัศน์ ไม่ได้ใช้ค่าปรับปรุงเนื่องจากหากมีการใช้งานแล้วจะใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดเวลาที่เปิดใช้งาน

ตารางที่ 5 แสดงผลการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้จริง

จำนวนตัวอย่าง	*ปริมาณความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด*	*คิดเป็นร้อยละ*	*ปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด*	*คิดเป็นร้อยละ*
1,000	538,107,157	97.36	1,478,993,729	267.60
10,000	544,117,861	98.45	1,495,273,505	270.55
20,000	550,598,594	99.62	1,513,215,515	273.79
50,000	549,424,753	99.41	1,510,008,844	273.21

จากตารางที่ 5 สามารถสรุปได้ว่า ในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าจากข้อมูลการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและการครอบครองบริภัณฑ์ สามารถใช้พยากรณ์ต้องการใช้ไฟฟ้าได้โดยมีอัตราส่วนอยู่ที่ร้อยละ 99.41 – 273.21 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนจริง ในส่วนของการพยากรณ์ที่ต้องมีทั้งค่าปริมาณความต้องการไฟฟ้าต่ำสุดและสูงสุด เนื่องจากขาดข้อมูลในเรื่องขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า (ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า) ทำให้ผู้วิจัยต้องใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละ

เครื่องจากข้อมูลที่รวบรวมไว้เป็นช่วง ได้แก่ ตู้เย็นกำลังไฟฟ้า 70 -145 วัตต์ โทรทัศน์ กำลังไฟฟ้า 80-180 วัตต์ เครื่องปรับอากาศ กำลังไฟฟ้า 1,200-3,300 วัตต์ พัดลม กำลังไฟฟ้า 20-75 วัตต์ และเครื่องซักผ้า กำลังไฟฟ้า 250-2,000 วัตต์ ซึ่งทำให้มีผลการพยากรณ์ออกมาเป็นช่วงตามข้อมูล

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำให้ยืนยันได้ว่า การใช้มอนติคาร์โล ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้พยากรณ์นั้นมีความแม่นยำ และถ้ามีข้อมูลการใช้พลังงานที่ถูกต้องครบถ้วนเช่น ขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า(ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ) ก็จะทำให้ตัวแบบจำลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

A.Azadeh , S. F. G., S.Sohrabkhani. (2007). Forecasting electrical consumption by integration of Neural Network, time series and ANOVA. *Applied Mathematics and Computation,* 186, 1753-1761.

Geoffrey K.F. Tso, K. K. W. Y. (2007). Predicting electricity energy consumption: A comparison of regression analysis, decision tree and neural networks. *Energy,* 32, 1761-1768.

Jun Tanimoto, A. H., Hiroki Sagara. (2008). A methodology for peak energy requirement considering actual variation of occupants' behavior schedules. *Building and Environment,* 43(4), 610-619.

Kiattiporn Wangpattarapong, S. M., Nipon Ketjoy, Wattanapong Rakwichian. (2008). The impacts of climatic and economic factors on residential electricity consumption of Bangkok Metropolis. *Energy and Buildings,* 40(8), 1419-1425.

Lawskool, N. (2002). *Cost Estimation of Tunnel and Underground Ductbank Works Using Montecarlo Simulation Technique.* Master of Engineering, Thammasat University.

Pao, H.-T. (2006). Comparing linear and nonlinear forecasts for Taiwan's electricity consumption. *Energy,* 31, 2129-2141.

Rahib Abiyev, V. H. A., Cemal Ardil. (2005). Electricity Consumption Prediction Model using Neuro-Fuzzy System. *World Academy of Science, Engineering and Technology,* 8, 128-131.

Thongprasert, S. (1997). *Simulation*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.

ผู้เขียน

อนุวรรณ ทองหมู่ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 anuwan.t@tbs.tu.ac.th

ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 dpanu@engr.tu.ac.th

EN1034: **เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้**

The Solar-Powered Knock-Down Seed Drier

***สมบัติย์ มงคลชัยชนะ วิทยา พรหมพฤกษ์ พัชราภรณ์ บัวเปรม**
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่องเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้ ประกอบด้วย ชั้นวางขนาด 2x4x1.3 เมตรจำนวน 4 ชั้นรับน้ำหนักได้ 200 กิโลกรัม โครงเครื่องอบเป็นโครงเหล็กคลุมด้วยพลาสติกขนาด 2.5X4.5x1.6 เมตรส่วนของหน้าจั่วฐานกว้าง 2.5 เมตร สูง 0.18 เมตร พัดลมระบายอากาศตรงกึ่งกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 เมตรสูง 0.30 เมตร ใช้เวลาถอดประกอบมากสุด 20 นาทีต่อแรงงาน 2 คน สามารถอบเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข51 กข 29 และพิษณุโลกได้ 2 วันถ้าปริมาณแดดต่อวันดีมีค่าพลังงานความร้อนตั้งแต่ 500w/m^2 ขึ้ นไป อุณหภูมิอากาศประมาณ 34^{0}C ขึ้นไป ความชื้นอากาศประมาณ 40-60% ความเร็วลมประมาณ 0.06m/s ขึ้นไป อบเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยความหนา 3 ซม.ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่เกิน 30%มาตรฐานเปียก สลับถาดชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 4 และชั้นที่ 2 กับชั้นที่ 3 ทุกวัน ประสิทธิภาพในการอบของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์มากกว่า 10% ความพึงพอใจของเกษตรภาพรวมอยู่ในระดับดี (3.50) อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเจ้าแต่ละพันธุ์ตั่งแต่ 70% ขึ้นไป ขึ้นอยู่ความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ :เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์

Abstract

The solar-powered knock-down seed drier consisted of 4 2x4x1.3m shelves with capacity of 200 kilograms. The drier's frame was made of metal covered with 2.5x4.5x1.6m plastic sheet. The gable's base was 2.5m wide and 0.18m high. The ventilating fan installed at the center of the drier had a diameter of 0.15m and height of 0.30m. Assembly time took about 20 minutes for 2 people. The drier could be used to dry rice seeds of Korkhor 51, Korkhor 25 and Phitsanulok varieties for 2 days with good amount of daily sunlight, heat energy of 500w/m^2 or over, air temperature of 34^{0}C or over, air moisture of 40-60%, and wind speed of 0.06 m/s or over. The drier could dry rice seeds with 3cm thickness and moisture of less than 30% of wet standard. The first tray was switched with the fourth tray and the second tray was switched with the third tray every day. The drying efficiency solar power was more than 10%. Overall farmer's satisfaction was in high level (3.50). Germination rate of each variety of rice seed was 70% or over, depending on seed fertility and harvesting life.

Keywords: seed drier,seed

---

* นาย สมบัติย์ มงคลชัยชนะ Email Batsom@yahoo.co.th
ขอขอบคุณเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่างที่อนุเคราะห์งบประมาณในการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกที่อนุเคราะห์สถานที่ อาจารย์สุรีย์พร ใหญ่สง่าที่อนุเคราะห์การแปลภาษา

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญสำหรับบริโภคภายในประเทศและส่งออกจำหน่ายออกต่างประเทศทำรายได้ปีละนับล้านบาทประชากรส่วนใหญ่ของประเทศมีอาชีพปลูกข้าวในแต่ละปีได้ผลผลิตปีละหลายล้านตันข้าวเปลือก รัฐบาลปัจจุบันมีนโยบายรับจำนำข้าวในราคาที่สูงถึง 15,000 บาทต่อเกวียน นับเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกษตรกรผู้มีอาชีพเพาะปลูกข้าวมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวได้ปีละหลายล้านตันสิ่งสำคัญคือเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก กรณีศึกษา ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ. พิษณุโลก มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2-3 หมื่นไร่ใช้เมล็ดพันธุ์ ในการเพาะปลูกเฉลี่ยประมาณ 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ราคากิโลกรัมละ 20-25 บาทต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเมล็ดพันธุ์ แหล่งจำหน่ายเมล็ดพันธุ์บางแหล่ง เมล็ดพันธุ์ไม่มีคุณภาพ เมล็ดพันธุ์บางชนิดที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกในท้องถิ่นนั้นๆขาดแคลน พันธ์ข้าว

บางชนิดต้องอนุรักษ์ในท้องถิ่น เกษตรจะเก็บข้าวเปลือกเป็นเมล็ดพันธุ์ส่วนหนึ่งจากแปลงเพาะปลูกมาผ่านการตากแห้งโดยแสงแดด เกษตรกรยังประสบปัญหาสถานที่ตาก การงอกของเมล็ดพันธุ์ ต้องมีการดูแลขณะทำการตากข้าว อนุสรณ์ เมืองศรีและคณะฯ(2543) ได้ศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการทำงานของเครื่องจะอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยใช้แผงรวมแสงอาทิตย์ แล้วนำอากาศร้อนที่ไหลผ่านแผงรวมแสงอาทิตย์ มาลดความชื้นในข้าวเปลือกปล่อยอากาศที่ผ่านข้าวลอยออกไปทางด้านบนเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบด้วยสองส่วนใหญ่ๆ คือ แผงรวมแสงอาทิตย์และห้องอบลดความชื้น โดยจะมีพัดลมเป็นอุปกรณ์ส่งถ่ายอากาศร้อน ระหว่างทั้งสองห้อง ใช้เทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ เทอร์โมสตัทไว้ควบคุมการทำงานของพัดลมจากผลการทดลองสรุปได้ว่าสามารถลดความชื้นจาก 24 % เหลือ 16 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกหากต้องการลดความชื้นได้ตามมาตรฐานต้องลดความหนาของชั้นข้าวเปลือกจาก 5เซนติเมตร เป็น 3.5 เซนติเมตรต่อหนึ่งถาด กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2547) ได้สร้าง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 แบบ ประกอบด้วย เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกซึ่งคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ปิดด้านบนด้วยกระจก และเครื่องอบแห้งแบบตู้ซึ่งใช้อากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นหลังคาโรงเรือนใช้วิธีวิจัยโดยการทดลองผลการวิจัยพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสามารถใช้อบแห้งพริก 234 กก.ให้แห้งภายใน 3 วันซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติที่ใช้เวลา 4-5 วันเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์-ลมสามารถใช้อบแห้งกล้วย 50กก.ให้แห้งภายใน 3 วันซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติและเครื่องอบแห้งแบบตู้สามารถใช้อบแห้งดอกกระเจี๊ยบหรือพริกได้ 200กก.ให้แห้งภายใน 3 วันโดยใช้เวลาสั้นกว่าการตากแดดตามธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับความเสียหายหรือถูกรบกวนจากแมลง หรือเปียกฝนระหว่างการอบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีการสร้างเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้ย่อมเป็นทางการศึกษาอีกวิธีหนึ่ง เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้สามารถที่จะถอดประกอบชิ้นส่วนมาเก็บได้เพื่อประหยัดเนื้อที่ในการเก็บรักษา ติดตั้งในสถานที่ต่างๆได้ หลักการทำงานที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการอบลดความชื้นแบบเรือนกระจกโดยไม่ใช้ชุดแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ใช้หลักการของธรรมชาติมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบดังกล่าวข้างต้น

วัตถุประสงค์

1.เพื่อสร้างเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

2.เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

3.เพื่อหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

4.เพื่อหาอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้ มีขั้นตอนดังนี้

ก.เตรียมความพร้อมของเครื่องอบข้าวเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าว เตรียมพันธ์ข้าวเปลือกเจ้าจำนวน 100 กิโลกรัม เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ความเร็วลม เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องวัดความชื้นข้าว เครื่องชั่งน้ำหนัก ไม้เกลี่ย กระสอบ ไม้บรรทัด และมุ้งตาข่ายไนล่อน

ข.ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข51ใส่ลงในถาดที่ได้เตรียมไว้ถาดละ 6.25 กิโลกรัมเกลี่ยระดับความสูงโดยเฉลี่ยไม่เกิน 3cm และยกใส่เข้าชั้นวางของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์

ง.สุ่มตัวอย่างตามจุดต่างๆมา5จุดวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นอากาศภายในและภายนอกเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ภายนอก ค่าความเร็วลมที่ออกเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกเจ้าตามจุดต่างๆจุดละ10 เมล็ดวัดค่าความชื้นข้าวเปลือกเจ้า เก็บข้อมูลทุกๆ 1ชั่วโมง สลับชั้นวางชั้นที่1กับ4 และชั้นที่2กับ3ทุกๆวัน ช่วงเวลาทดสอบ 8.00-16.00 น.ทุกวันจนกว่าข้าวเปลือกเจ้ามีมาตรฐานความชื้นตามมาตรฐานเปียกไม่เกิน%14 นำข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข51 ที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนัก ทดลองซ้ำ5ครั้งและทดลองกับข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข 29 และพันธุ์พิษณุโลก

การทดลองเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับเกษตรกรรายย่อย มีขั้นตอนดังนี้

ก.เชิญเกษตรผู้ประกอบอาชีพเพาะปลูกข้าวใน ต. บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 20ท่าน มาคราวละไม่เกิน3ท่าน แนะนำ ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ วิธีการประเมินจากแบบสอบถาม สาธิตการใช้เครื่องอบข้าว

ข.ให้เกษตรให้ทดลองใช้ ตอบข้อสักถามและประเมินผลจากแบบสอบถาม เก็บแบบสอบถามเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบหาอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับเกษตรกรรายย่อย มีขั้นตอนดังนี้

ก.สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกเจ้าที่ผ่านการอบในแต่ละครั้งๆละ500 เมล็ด ทดลอง5ซ้ำๆละ100เมล็ด นำกระดาษเพาะชุบน้ำให้เปียกวางบนจานเพาะ จำนวน2 ชั้น นำเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเจ้าวางเรียงบนกระดาษเพาะจำนวน100เมล็ด ต่อจานเพาะ ปิดด้วยกระดาษเพาะนำไปวางไว้ในห้องเพาะควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 20-30^{0}C ความชื้นประมาณ 50-60 %

ข.บันทึกการตรวจนับครั้งแรก 5วันหลังการเพาะเฉพาะต้นกล้าปกติ และตรวจนับครั้งที่2 14วันหลังการเพาะ ตรวจนับต้นกล้าปกติและเมล็ดไม่งอก

ผลการทดลอง

ตารางที่1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

รายการ	ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข 51 ครั้งที่ทำการทดลอง(ค่าเฉลี่ย)					ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข 29 ครั้งที่ทำการทดลอง(ค่าเฉลี่ย)					ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ พิษณุโลก ครั้งที่ทำการทดลอง(ค่าเฉลี่ย)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
อุณหภูมิอากาศภายนอก (^{0}C)	33.9	35.0	36.9	36.6	34.5	34.5	34.4	36.7	35.5	35.7	35.6	34.7	37.3	35.9	34.7
อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบ (^{0}C)	36.9	38.8	42.0	42.4	38.6	39.4	38.4	40.4	40.1	39.9	40.7	39.7	41.3	40.6	39.3
ความชื้นอากาศภายนอก (%)	56.8	45.8	62.3	48.8	49.7	49.7	56.0	51.6	45.3	54.8	47.0	57.0	53.7	52.8	56.9
ความชื้นอากาศภายในเครื่องอบ (%)	57.8	59.4	63.7	48.6	56.8	52.7	49.8	57.5	57.2	59.3	50.6	48.6	58.0	54.4	44.7
ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องอบ(m/s)	0.08	0.07	0.09	0.07	0.08	0.07	0.07	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.09
ความชื้นเริ่มต้นในการอบแห้ง(%wb)	29.8	28.9	22.2	19.0	28.8	18.9	26.0	23.2	19.8	20.9	21.2	24.0	26.4	26.8	20.9
ความชื้นสุดท้ายในการอบแห้ง (%wb)	12.9	13.0	12.7	13.0	12.6	13.0	13.0	12.9	12.9	13.1	13.3	13.1	12.9	13	13.1
น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้นก่อนการอบ (kg)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
น้ำหนักข้าวเปลือกสุดท้ายหลังการอบ (kg)	80.2	77.9	79.4	80.6	85.5	89.4	80	81.1	88.2	85.5	85.0	79.8	82.5	85.6	83.5
ระยะเวลาทั้งหมดในการทดลอง (วัน.)	3	2 ½	1 ½	2	2	1 ½	2	2	1 ½	1 ½	2	2	2	1 ½	1 ½
พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (w/m^2)	401.0	494.5	655.7	629.6	575.7	596.5	549.7	601.7	511.1	521.7	564.8	527.7	531.6	646.6	636.7
ประสิทธิภาพของเครื่องอบ (%)	17.1	16.2	21.8	11.8	13.1	12.3	15.2	17.5	14.0	17.8	13.8	17.9	17.2	14.3	18.0

จากตารางที่ 1 เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเจ้านี้ สามารถอบข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์กข 51 ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์กข 29 และข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ พิษณุโลกได้ 2 วัน เมื่อ พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ 500 w/m^2ขึ้นไป ความชื้นในข้าวไม่ต่ำกว่า 30%ตามมาตรฐานเปียกและความชื้นอากาศประมาณ 50-60%ประสิทธิภาพในการอบของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์มากกว่า10% เป็นต้น

ตารางที่ 2 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
1. ความสะดวกในการใช้งาน	3.52	ดี
2. ความปลอดภัยในการใช้งาน	3.55	ดี
3. ความแข็งแรงของเครื่องอบฯ	3.51	ดี
4. ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง	3.54	ดี
5. ความสะดวกในการถอดและประกอบเครื่องอบฯ	3.35	ปานกลาง
6. ระยะเวลาการอบเมล็ดพันธ์ข้าว	3.56	ดี
7. อัตราการงอกของเมล็ดพันธ์ข้าว	3.50	ดี
ภาพรวม	3.50	ดี

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินพบว่าความสะดวกการถอดและประกอบเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนหัวข้ออื่นอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี เกษตรมีข้อเสนอแนะดังนี้คือ เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ชิ้นส่วนประกอบมากชิ้น เครื่องต้องมีขนาดใหญ่ถ้าอบเมล็ดพันธุ์จำนวนมากๆและต้นทุนเครื่องแพงเมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดด

ตารางที่ 3 ผลการทดลองหาอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้

ครั้งที่ทดลอง	อัตราการงอกข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์กข51 (ตัวอย่างการทดลองในครั้ง...(%))					อัตราการงอกข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์กข29 (ตัวอย่างการทดลองในครั้ง...(%))					อัตราการงอกข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์พิษณุโลก (ตัวอย่างการทดลองในครั้ง...(%))				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	75	70	69	71	72	70	74	71	76	65	85	78	80	72	85
2	77	78	77	83	68	75	67	80	70	73	82	80	77	73	77
3	80	79	74	80	69	69	66	79	72	75	77	86	75	80	81
4	72	70	79	78	69	71	74	70	65	67	80	78	76	77	79
5	79	71	72	80	78	80	71	74	70	73	78	81	84	80	82
ค่าเฉลี่ย	75	74	73	78	70	73	70	75	71	71	80	81	78	77	81

จากตารางที่ 3 พบว่าอัตราการงอกของตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์แต่ละพันธุ์ในแต่ละตัวอย่างการทดลองมีอัตราการงอกตั้งแต่ 70% ขึ้นไป

วิจารณ์ผลการทดลอง

เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้ มีส่วนประกอบหลายชิ้นใช้แรงงานอย่างน้อย 2คนเวลาการถอดประกอบ 20นาที ผลการอบเมล็ดพันธุ์แต่ละพันธุ์ ใช้เวลา 2 วัน ถ้าปริมาณแดดต่อวันมีค่าพลังงานความร้อนตั้งแต่ 500 w/m^2 ขึ้นไป ความชื้นอากาศ 50-60 % ความเร็วลม 0.05-0.1 m/s ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกเจ้าไม่เกิน 30%ตามมาตรฐานเปียกประสิทธิภาพของเครื่องอบต่ำเพราะต้องลดความชื้นอย่างช้าๆป้องกันเมล็ดพันธุ์แตกหักเสียหายและควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 50^0C เกษตรกรมีความพึงพอใจในภาพรวมระดับดี แต่ต้องปรับแก้ในส่วนของการมีชิ้นส่วนมากเกินไป อบเมล็ดพันธุ์ได้ไม่มาก ราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดด อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์แต่ละพันธุ์ ตั่งแต่ 70% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยว ความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น เครื่องเมล็ดพันธุ์นี้ไม่สามารถป้องกันหนูมาทำลายได้ และการอบเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเจ้าถ้าอบด้วยความหนามากกว่า 3 ซม.ควรมีการพลิกกลับเมล็ดพันธุ์ทุกๆ4ชั่วโมง

สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบเมล็ดพันธุ์ข้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบได้ ในเกณฑ์ความชื้นตามมาตรฐานเปียกไม่เกิน 14%ความพึงพอใจของเกษตรภาพรวมอยู่ในระดับดี และอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ ตั่งแต่70%

ข้อเสนอแนะ

เครื่องเมล็ดพันธุ์นี้ไม่สามารถป้องกันหนูมาทำลายได้และการอบเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเจ้าถ้าอบด้วยความหนามากกว่า 3ซม.ควรมีการพลิกกลับเมล็ดพันธุ์ทุกๆ4ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.2547. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ .กรุงเทพฯ.กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.226 หน้า.

โกวิท พัววิไล.2525. การศึกษาและจำลองแบบเครื่องอบข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ .กรุงเทพฯ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.108 หน้า

ผู้เขียน

1. นาย สมบัติย์ มงคลชัยชนะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ email batsom@yahoo.co.th
2. นาย วิทยา พรหมพฤกษ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
3. ผ.ศ.พัชราภรณ์ บัวเปรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านา พิษณุโลก 52หมู่ 7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ. พิษณุโลก 65000

EN1035: ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน : โรงไฟฟ้าพลังน้ำระดับชุมชน

Factor Influencing for Success in Community Energy Management : Community Water Power Plant

พงศ์ปีญ์ชา ศรีเรือง*
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพและอิทธิพลของปัจจัยภายในชุมชน ปัจจัยภายนอกชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชน การสร้างพลังอำนาจของชุมชนและความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน ผู้วิจัยใช้การวิจัยแบบผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้แบบสอบถามประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับชุมชนในโครงการแม่กำปอง โครงการห้วยปูลิง จังหวัดเชียงใหม่ และโครงการตะโป๊ะปู่ จังหวัดตาก โดยเก็บจากทุกครัวเรือน ๆ ละ 1 คน ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 360 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการหาค่าสถิติพื้นฐาน และใช้โปรแกรม LISREL ในการสร้างและตรวจสอบแบบจำลองสมการโครงสร้าง การวิจัยเชิงคุณภาพใช้การสัมภาษณ์เจาะลึกผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนพลังงานชุมชน ในฐานะหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 1 คน เจ้าหน้าที่ที่ประสานงานดูแลโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในชุมชนในพื้นที่ เจ้าหน้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ให้การเชื่อมต่อเพื่อจำหน่ายกระแสไฟฟ้า ผู้นำชุมชน รวม 16 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่าการมีทรัพยากรในชุมชน นโยบายด้านการส่งเสริมและการดำเนินการของรัฐ การร่วมค้นหาปัญหาความเชื่อมั่นในพลังชุมชนและความสุขในวิถีชุมชนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยแบบจำลองสมการโครงสร้าง มีค่าดัชนีความกลมกลืนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ดีและสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจาก ค่า Chi-square=85.02, df=76, P-value=0.22421, RMSEA=0.017 นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยภายนอกชุมชนส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการพลังงานชุมชนมากที่สุด รองลงมาคือการเสริมสร้างพลังอำนาจและการมีส่วนร่วมของชุมชน ส่วนปัจจัยภายในชุมชนส่งผลในทางตรงกันข้ามกับความสำเร็จในการบริหารจัดการพลังงานชุมชน

คำสำคัญ : โรงไฟฟ้าพลังน้ำระดับชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชน การเสริมสร้างพลังอำนาจ ความสำเร็จของการบริหารจัดการ

Abstract

The purposes of this research were to study the state and to investigate the influence of inside community, outside community, community participation, empowerment and success in community energy management. This research used mixed analysis method, both quantitative analysis and qualitative analysis. The sample of quantitative research was 360 people in project of Maekampong, Huaypooling in Chiangmai and Tapohpoo in Tak, and a questionnaire was used for collecting data. The data was analyzed by using LISREL program in developing and testing the Structural Equation Modeling (SEM). The sample of qualitative research was 16 leaders and specialists who were responsibility in these projects, and in-depth interviews were used for collecting data. The data was analyzed by content analysis. The result indicated that resources in community, governmental policy, search the problem, trust in community power and happiness in lifestyle were at the highest level. The Structural Equation Modeling fitted well with the empirical data: Chi-square=85.02, df=76, P-value=0.224, RMSEA=0.017. Moreover, it was also found that outside community had the highest direct effect on success in community energy management, followed by community participation, empowerment respectively ; however, inside community had a reverse effect in terms of the Success in Community Energy Management.

Key words : Community Water Power Plant, Community Participation, Empowerment, Success in Community Energy Management

*พงศ์ปีญ์ชา ศรีเรือง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 53 หมู่ 2 ถนนจรัญสนิทวงศ์ ต.บางกรวย อ. บางกรวย จ.นนทบุรี โทรศัพท์ : 081-373-3655 E-mail : pongpeecha_30@hotmail.com

บทนำ

พลงงานเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและการดำเนินชีวิตของประชาชนทั่วโลก ปัจจุบันปัญหาใหญ่ของพลังงานเกิดขึ้นจากการใช้พลังงานเกินกำลัง ส่งผลกระทบรุนแรงต่อมวลมนุษยชาติ ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนเนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้หลายประเทศทั่วโลกให้ความสนใจและเร่งหามาตรการเพื่อควบคุมปัญหานี้ ประกอบกับต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันภายในประเทศ ในขณะที่การใช้ไฟฟ้าจากพลังน้ำมีเพียงร้อยละ 5-6 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วประเทศ ทั้งๆที่พลังน้ำเป็นพลังงานทดแทนถือเป็นพลังงานหมุนเวียนที่เป็ฯพลังงานสะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รัฐบาลจึงมีนโยบายการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำเพื่อลดค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่นำมาสร้างกระแสไฟฟ้า ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตกระแสไฟฟ้า ลดการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งขณะนี้ไม่สามารถสร้างได้เนื่องจากมักจะถูกต่อต้านจากประชาชนในพื้นที่นั้นๆ ลดการสูญเสียในระบบการส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ลดความเสี่ยงจากวิกฤตราคาน้ำมันโดยไม่ต้องจ่ายเงินซื้อน้ำมันที่มีราคาสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการมีส่วนร่วมของชุมชนในการสร้างแผนพลังงานชุมชนอีกด้วย การที่ชุมชนมีโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้พลังงานจากธรรมชาติ ดีกว่าสร้างโรงไฟฟ้าใหญ่ๆ เพราะนอกจากจะมีพลังงานไฟฟ้าในชุมชนแล้ว ยังทำให้ชาวบ้านมีงานทำในชุมชน สามารถพัฒนาให้ชุมชนรักบ้านเกิด ไม่อยากมาทำงานในเมืองใหญ่มากขึ้น ซึ่งเป็นทางออกของการแก้ปัญหาชุมชนแออัดและผู้คนจากถิ่นฐานบ้านเกิดได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสภาพของปัจจัยภายในชุมชน ปัจจัยภายนอกชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชน การสร้างพลังอำนาจของชุมชนและความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยภายในชุมชน ปัจจัยภายนอกชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชน การสร้างพลังอำนาจของชุมชนและความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน
3. ศึกษา ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการการบริหารจัดการพลังงานชุมชนอย่างยั่งยืน

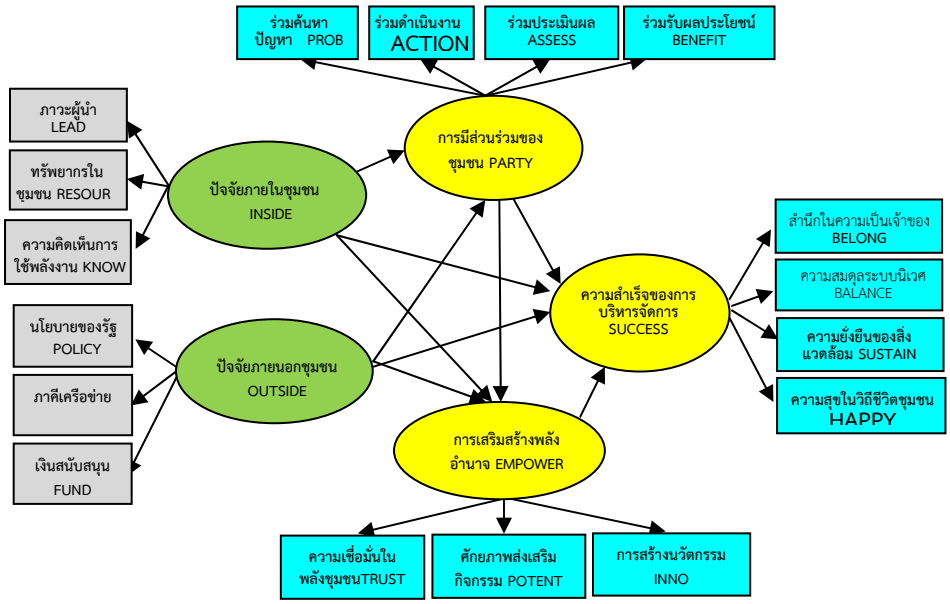
วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แนวทางการวิจัยแบบบูรณาการโดยผสานวิธี (mixed method) ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ(qualitative research) สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ประชากรที่ศึกษาคือประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับชุมชนในโครงการแม่กำปอง โครงการห้วยปูลิง จังหวัดเชียงใหม่ และโครงการตะโป๊ะปู่ จังหวัดตาก โดยเก็บจากทุกครัวเรือน ๆ ละ 1 คน ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 360 คน การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling: SEM) ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การสัมภาษณ์เจาะลึกผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนพลังงานชุมชน กระทรวงพลังงาน ในฐานะหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 1 คน เจ้าหน้าที่ภาครัฐที่ประสานงานดูแล โรงไฟฟ้าขนาดเล็กในชุมชนในพื้นที่ เจ้าหน้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ที่ให้การจ่ายกระแสไฟฟ้าหรือให้การเชื่อมต่อเพื่อจำหน่ายกระแสไฟฟ้า ผู้นำชุมชนหรือผู้นำศาสนาหรือ ผู้ใหญ่บ้านหรือนายกองค์การบริหารส่วนตำบล ผู้จัดการหรือผู้นำชุมชนในการบริหารจัดการไฟฟ้าพลังน้ำในชุมชน และบุคคลในคณะกรรมการจัดการไฟฟ้าพลังน้ำในชุมชนประจำหมู่บ้าน รวม 16 ราย และใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากนั้นนำข้อค้นพบที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพมาบูรณาการกับข้อค้นพบจากงานวิจัยเชิงปริมาณอีกครั้ง ก่อนจะสรุปผลการวิจัยซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัยนี้

ขอบเขตของการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ จาก 3 โครงการ คือ 1) โครงการแม่กำปอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 162 ครัวเรือน 2) โครงการห้วยปูลิง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 138 ครัวเรือน และ 3) โครงการตะโป๊ะปู่ จังหวัดตาก จำนวน 60 ครัวเรือน

กรอบแนวความคิดการวิจัย



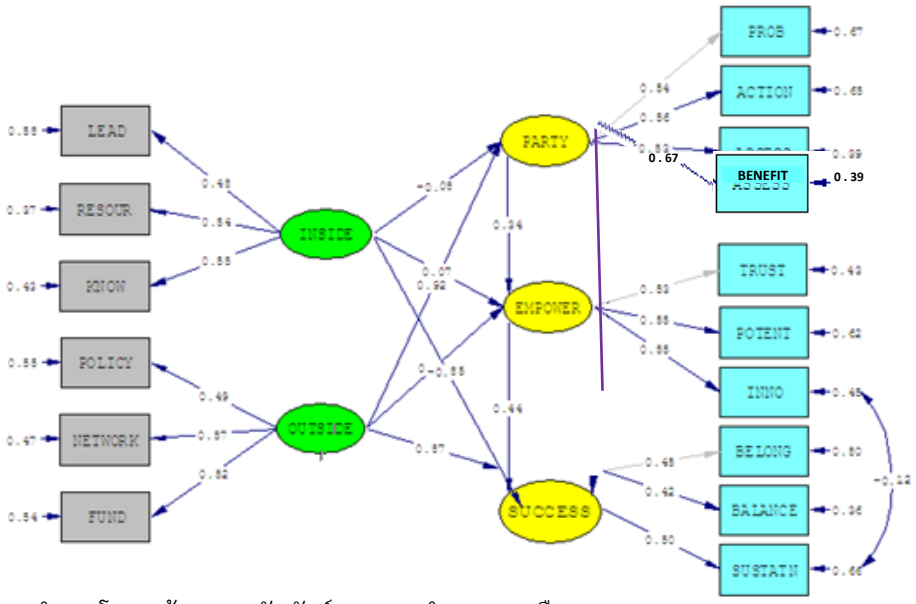
ภาพที่ 1 แบบจำลองโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงร้อยละ 51.1 อายุเฉลี่ย 56 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา อาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร อยู่ในชุมชนเฉลี่ย 50 ปี ส่วนใหญ่เป็นประชาชนที่ศัยอยู่ในโครงการโรงไฟฟ้าทั้ง 3 โครงการ นอกจากนั้นก่อนการนำไฟฟ้าพลังน้ำมาใช้ในชุมชนจะใช้เครื่องปั่นไฟและผลกระทบจากการนำไฟฟ้าพลังน้ำไปใช้มีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการปิดสวิทช์ไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดเมื่อเลิกใช้งาน

นอกจากนี้ พบว่าปัจจัยภายในชุมชนกลุ่มส่วนปัจจัยภายนอกชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชน และการส่งเสริมพลังอำนาจในชุมชน กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญของการมีทรัพยากรในชุมชน นโยบายด้านการส่งเสริมและการดำเนินการของรัฐ การร่วมค้นหาปัญหาและความเชื่อมั่นในพลังชุมชนมากที่สุดตามลำดับ โดยความสำเร็จของการจัดการพลังงานชุมชนนั้น กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในเรื่องของความสุขในวิถีชุมชนมากที่สุด

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสมการโครงสร้าง (LISREL) แล้วพบว่า แบบจำลองโครงสร้างความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานยังมีค่าดัชนีความกลมกลืนที่ไม่สอดคล้องกัน จึงทำการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันได้ดี ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลองทางเลือก

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองตามสมมติฐานการวิจัยกับแบบจำลองทางเลือก

รายการ	ค่าสถิติ(เกณฑ์)	แบบจำลองตามสมมติฐาน	แบบจำลองทางเลือก
1. Chi-Square	*ต่ำใกล้ 0	177.25	85.02
2. GFI	>.90	0.93	0.97
3. AGFI	>.90	0.92	0.96
4. RMR	เข้าใกล้ 0	0.053	0.039
5. RMSEA	<.05	0.054	0.02
6. CFI	* 0-1	0.94	0.96
7. CN	>200	239.22	434.20

สรุปและอภิปรายผล

ผลการทดสอบสมมุติฐานการวิจัยตามกรอบแนวความคิดการวิจัย พบว่าปัจจัยภายในชุมชนมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของชุมชนและการเสริมสร้างพลังอำนาจของชุมชน ปัจจัยภายนอกชุมชนมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของชุมชน การเสริมสร้างพลังอำนาจของชุมชนและความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน ส่วนการมีส่วนร่วมของชุมชนมีความสัมพันธ์กับการเสริมสร้างพลังอำนาจของชุมชนและความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยที่ปัจจัยภายในชุมชนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ผู้นำของชุมชนไม่สามารถเข้าถึงจิตใจของประชาชน ผู้นำไม่ได้ทุ่มเทเพื่อบรรลุเป้าหมายในการทำงาน ไม่มีการมอบนาจให้ประชาชนมีส่วนร่วม ทำให้ความสำเร็จของการบริหารพลังงานชุมชนไม่ประสบความสำเร็จ

ข้อเสนอแนะ

ความสำเร็จของการบริหารจัดการพลังงานชุมชนขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกชุมชน ซึ่งประกอบ ด้วยนโยบายการส่งเสริมและการดำเนินของรัฐ ภาคีเครือข่าย และเงินทุนสนับสนุนย่างต่อเนื่องและเพียงพอ จะทำให้ประชาชนร่วมรับผลประโยชน์จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำของชุมชนทั้งในด้านความสำนึกในความเป็นเจ้าของ ความสมดุลในระบบนิเวศ ความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมและความสุขในวิถีชุมชน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). **ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ**. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

ศรีปริญญา ธูปกระจ่าง. (2529). การมีส่วนร่วมของพัฒนากรในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อมในชนบท. วิทยานิพนธ์สังคมศาสตรมหาบัณฑิต (สิ่งแวดล้อม) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักพัฒนาพลังงานทดแทน.(2553). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนไฟฟ้าพลังน้ำ.** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ,กระทรวงพลังงาน ,

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.**Energy Campaign โรงไฟฟ้าพลังน้ำหมู่บ้านแม่กำปอง**สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน.

สำนักพัฒนาพลังงาน. (2550). **องค์ความรู้โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก**, สำนักพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์. (2550). **คู่มืออบรมพลังงาน รวมเทคโนโลยีพลังงานชุมชน**, สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์, สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน, กระทรวงพลังงาน.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2552). **โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับชุมชน โครงการห้วยปูลิง และโครงการตะโป๊ะปู่** ,มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม

EN1036: **การศึกษาการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม**
Study of Low Temperature Operability of Palm-Biodiesel Blends

วิภาวรรณ น้อยฉ่ำ และ มาลี สันติคุณาภรณ์*
สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12120

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ประเทศไทยใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญ ในอนาคต ประเทศไทยมีนโยบายในการเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตามน้ำมันปาล์มซึ่งมีคุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำได้ไม่ดีกลายเป็นปัญหาที่สำคัญ ดังนั้นการศึกษาการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสมซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการใช้งาน โดยเฉพาะสำหรับพื้นที่ทางภาคเหนือที่มีอากาศหนาวเย็นจึงได้รับการสนใจ การศึกษาเน้นการทดสอบคุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำและการทดสอบ Cold soak filtration ซึ่งตะกอนที่ได้จะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) ผลจากการศึกษาพบว่า ค่า Cold filter plugging point (CFPP) สามารถแสดงถึงแนวโน้มการเกิดตะกอนได้ ตะกอนที่เกิดจากน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสมนี้ คือ กลีเซอรีน โมโนกลีเซอไรด์ และสเตริลกลูโคไซด์ ซึ่งยังพบว่าสภาพขั้วที่เกิดจากการผสมน้ำมันเข้าด้วยกันส่งผลต่อการเกิดตะกอนด้วย นอกจากนี้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสมบี 5 (B5) ถึงบี 20 (B20) สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสมสำหรับสภาพอากาศของประเทศไทย

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล น้ำมันปาล์ม การใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ

Abstract

At present Thailand has used palm oil biodiesel as a major alternative fuel. In the future, Thailand's government policies plan to increase the proportion of esters in diesel. However, poor cold flow properties become a serious issue. Therefore, a study of low temperature operability of palm-biodiesel blends which is useful for handle fuels in cold weather especially, in cold areas in the North of Thailand. In this research, the biodiesel blends is measured cold flow properties and cold soak filtration test. Then, the precipitates were analyzed by gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID). From the results, cold filter plugging point (CFPP) would indicate the potential of biodiesel precipitate formation. These precipitates were due to glycerine, mono-glycerides and steryl glucosides. Moreover, the solvency effect of biodiesel blends could lead to precipitate formation. B5 to B20 of palm-biodiesel blends could be used in the areas where the minimum temperature is 4 ° C. Therefore, these blends were suitable for the weather in Thailand.

Keywords: Biodiesel, Palm oil, Low temperature operability
* smalee@engr.tu.ac.th

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นหลัก และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีก อีกทั้งปัญหาภาวะโลกร้อนเนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจและเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม จึงเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ น้ำมันดีเซลมีสัดส่วนการใช้งานมากกว่าน้ำมันเบนซินในภาคขนส่งของประเทศไทย จึงทำให้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญ ประเทศไทยมีนโยบายจะเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลเป็นร้อยละ 7 10 และ 20 สำหรับรถยนต์ทั่วไป รถบรรทุก และเรือประมง ตามลำดับ รัฐบาลมีนโยบายการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่เหมาะสมโดยไม่แย่งพื้นที่พืชอาหาร [1] ปัจจุบันประเทศไทยใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มซึ่งมีคุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำได้ไม่ดีนัก

จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา เดือน มกราคม 2555 แสดงถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ที่ 20 – 28 °C แต่ก็มีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 7.7 °C และ 1.1°C ของพื้นที่อากาศเย็นและพื้นที่หนาวจัดบนยอดดอย ตามลำดับ [2] ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการใช้งานของน้ำมันไบโอดีเซลผสมที่อุณหภูมิต่ำด้วย โดยคุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำนี้ขึ้นกับองค์ประกอบของกรดไขมัน ซึ่งกรดไขมันที่มีความยาวของสายที่มากและมีความอิ่มตัวสูง จะทำให้คุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำได้ไม่ดี [3-5] การเก็บรักษาน้ำมันไบโอดีเซลที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้น้ำมันไบโอดีเซลมีตะกอนเกิดขึ้นเอง ซึ่งปัจจัยที่เกิดตะกอนดังกล่าว ได้แก่ สเตริลกลูโคไซด์ [6,7] โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ของกลีเซอไรด์ทั้งหมด [8] ไดเมอร์ ไตรเมอร์ และเตตระเมอร์ของผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน [9] และอิทธิพลจากสภาพขั้ว (Solvency effect) ในการผสมกับน้ำมันดีเซล [10] น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากจากน้ำมันปาล์มซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้จากพืช และมีสเตริลกลูโคไซด์อยู่ในองค์ประกอบ [11] จึงมีผลต่อการเกิดตะกอนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิดังกล่าวจะสูงกว่าจุดเกิดฝ้า (Cloud point) และน้ำมันไบโอดีเซลผสมจะส่งผลให้เกิดตะกอนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีปริมาณตะกอนมากกว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่มีการผสมน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจาก อิทธิพลจากสภาพขั้ว Haiying Tang และคณะ [12] ได้ทำการทดลองในการเก็บน้ำมันไบโอดีเซลไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C และศึกษาตะกอนที่เกิดขึ้นด้วยการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการกรอง (Time to filter: TTF) และวิเคราะห์ตะกอนด้วยเทคนิค Fourier transform infrared (FTIR) spectra และ Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) chromatograms พบว่าในน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม มีตะกอนเกิดจากปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ที่พบ ส่วนตะกอนที่พบในน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันถั่วเหลืองมาจากปริมาณสเตริลกลูโคไซด์ในน้ำมันไบโอดีเซล

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาองค์ประกอบในน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ส่งผลต่อการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ โดยเน้นคุณสมบัติการไหลและความมีเสถียรภาพในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สารตั้งต้น

น้ำมันที่ใช้เป็นสารตั้งต้นนี้มี 2 ชนิด คือ น้ำมันไบโอดีเซล (B100) และน้ำมันดีเซล (B0) โดยน้ำมันไบโอดีเซลนี้ผลิตจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์ม

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณ (%wt.)
12:0	0.26
14:0	1.22
16:0	44.3
16:1	0.18
18:0	4.60
18:1	38.02
18:2	9.43
18:3	0.20
20:0	0.36
อื่นๆ	1.43

น้ำมันไบโอดีเซลนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพน้ำมันตามข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลของประเทศไทยในหัวข้อการทดสอบที่ส่งผลต่อการเกิดตะกอนในน้ำมัน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชัน (Oxidation stability) สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total contaminate) กลีเซอรีนอิสระและกลีเซอรีนทั้งหมด ส่วนน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว หรือน้ำมันดีเซลเกรด No. 2-D S500 ตามมาตรฐานของ ASTM D975 ซึ่งต้องมีคุณภาพผ่านตามข้อกำหนดมาตรฐานของประเทศไทยเช่นเดียวกัน

ตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลผสม

ไบโอดีเซลผสม (Bx) เกิดจากการผสมน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกับน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ไบโอดีเซลผสม

ตัวอย่าง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยปริมาตร)	
	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	น้ำมันไบโอดีเซล
B0	100	0
B5	95	5
B10	90	10
B20	80	20
B50	50	50
B100	0	100

การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมัน

1. คุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำ

ตัวอย่างน้ำมันทั้งหมดจะถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ จุดเกิดฝ้า (Cloud point) จุดไหลเท (Pour point) และ Cold filter plugging point ซึ่งเป็นไปตามวิธีของ ASTM D5771 ASTM D5950 และ ASTM D6371 ตามลำดับ ด้วยเครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ ISL รุ่น FPP 5Gs

2. การทดสอบ Cold Soak Filtration

การทดสอบนี้เป็นการจับเวลาที่ใช้ในการกรองน้ำมันไบโอดีเซลปริมาตร 300 มิลลิลิตรที่ผ่านการแช่เย็น (Cold soak) โดยเก็บตัวอย่างน้ำมันไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมงแล้วนำไปละลายตะกอนที่เกิดขึ้นโดยใส่อ่างทำความเย็นที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนนำมากรอง กระดาษกรองที่ใช้เป็นไปตามวิธีของ ASTM D7501 ซึ่งเป็นกระดาษกรองชนิด Glass Fiber ที่มีรูพรุนขนาด 0.7 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 47 มิลลิเมตร สำหรับการศึกษาการเกิดตะกอนนั้น ได้ศึกษาที่อุณหภูมิการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 18°C ซึ่งใช้เปรียบเทียบการเกิดตะกอนที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเกิดฝ้าของน้ำมันไบโอดีเซล

3. การวิเคราะห์ตะกอน

ตะกอนที่ได้จากการทดสอบ Cold soak filtration ซึ่งเป็นตะกอนที่ติดอยู่บนกระดาษกรองนั้นถูกนำไปวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 การชั่งน้ำหนักตะกอน

น้ำหนักตะกอนที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ต้องทราบค่าน้ำหนักของกระดาษกรองทั้งก่อนและหลังในการทดสอบ Cold soak filtration ดังนี้ นำกระดาษกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 30 นาทีแล้วนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปทดสอบ Cold soak filtration เมื่อทำการทดสอบเสร็จให้ล้างน้ำมันออกจากตะกอนด้วยเฮปเทน จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบและชั่งน้ำหนักที่สภาวะเช่นเดียวกับในครั้งแรกซึ่งเป็นน้ำหนักกระดาษกรองและตะกอนที่เกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อนำน้ำหนักกระดาษกรองก่อนการทดสอบไปลบออกจากน้ำหนักกระดาษกรองหลังการทดสอบจะได้น้ำหนักตะกอนของแต่ละตัวอย่าง

3.2. การวิเคราะห์คุณลักษณะของตะกอน

ตะกอนที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้คือ Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6890N สารมาตรฐานที่ใช้คือ สเตริลกลูโคไซด์ กลีเซอรอลเพื่อใช้หาปริมาณกลีเซอรีนอิสระ และกลีเซอริล โมโนเดคาโนเอท (Mono C19) กลีเซอริล ไดโนนาเดคาโนเอท (Di C38) กลีเซอริล ไตรโนนาเดคาโนเอท (Tri C57) เพื่อใช้หาปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณภาพของสารตั้งต้น

น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซลที่นำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการศึกษา พบว่าน้ำมันทั้งสองชนิดมีคุณภาพผ่านตามข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลและดีเซลของประเทศไทย ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย
ค่าความเป็นกรด	0.31	mg.KOH/g
เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	18.5	hours
สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด	0.0003	%wt
กลีเซอรีนอิสระ	0.01	%wt
โมโนกลีเซอไรด์	0.37	%wt
ไดกลีเซอไรด์	0.13	%wt
ไตรกลีเซอไรด์	0.14	%wt
กลีเซอรีนทั้งหมด	0.14	%wt
ปริมาณน้ำ	159	ppm

ตารางที่ 4 ผลการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันดีเซล

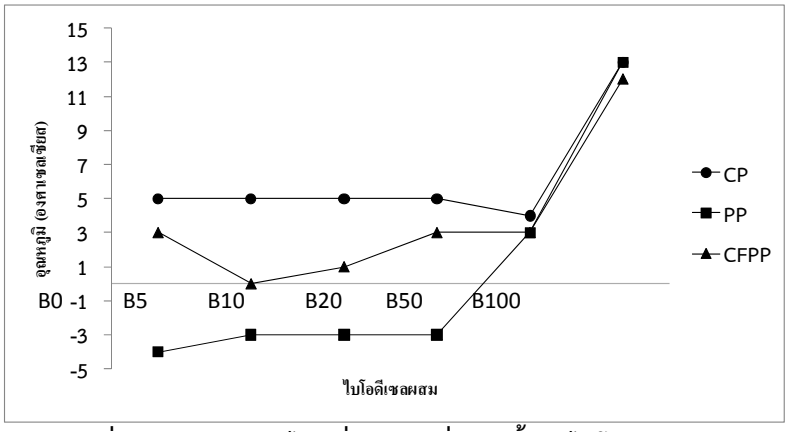
หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย
ค่าความเป็นกรด	0.00	mg.KOH/g
เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	4.29	g/m^3
การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	1a	-
ปริมาณน้ำ	61	ppm

คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลผสมและคุณลักษณะของตะกอนที่เกิดขึ้น

1. คุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำ

เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันลดต่ำลงจนทำให้โมเลกุลไข (wax) ในน้ำมันเริ่มตกตะกอนออกมาและรวมตัวกันเป็นผลึกที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าจะเรียกว่า จุดเกิดฝ้า(CP)หลังจากนั้นผลึกที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วไปอุดตันที่สายส่งเชื้อเพลิงและระบบการกรองเชื้อเพลิง [13] ส่วนจุดไหลเท (PP) คือจุดที่อุณหภูมิสูงสุดของน้ำมันที่ไม่สามารถไหลได้ ส่วนใหญ่มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่า CP และสำหรับ Cold filter plugging point (CFPP) นั้นสามารถหาได้จากชุดการทดลองที่ให้ความเย็นแก่น้ำมันตัวอย่างแล้วปั๊มน้ำมันให้ไหลผ่านตะแกรง จนถึงอุณหภูมิที่น้ำมันไม่สามารถไหลผ่านตะแกรงได้ โดยทั่วไปค่า CFPP มีค่าอยู่ระหว่างค่า CP และค่า PP น้ำมันดีเซลโดยทั่วไปจะมีค่า CP ค่า CFPP และ ค่า PP ที่สูงขึ้นเมื่อมีการผสมน้ำมันไบโอดีเซลเข้าไปในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 1 จะเห็นว่า B0 จนถึง B20 มีค่า CP คงที่ (5 °C) และมีค่าสูงกว่าค่า PP ที่มีค่าคงที่เช่นกัน (-3 °C) ส่วน B50 และ B100 มีค่า CP ที่ใกล้เคียงกันกับค่า PP และค่า CFPP

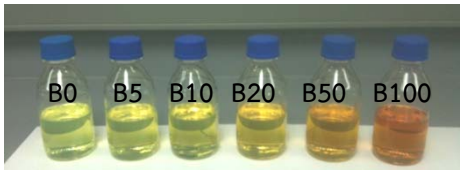
จะมีค่าอยู่ระหว่างค่า CP และค่า PP โดย B5 มีค่าต่ำที่สุดที่ 0°C ค่า CFPP นี้มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณสัดส่วนน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นในน้ำมันผสม ดังนั้นค่า CFPP สามารถบ่งชี้ถึงความแตกต่างในการเพิ่มสัดส่วนน้ำมันไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าค่า CP และค่า PP



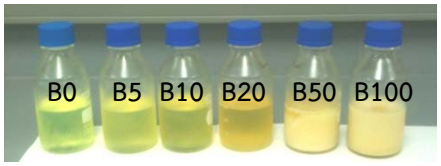
ภาพที่ 1 คุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำของน้ำมันไบโอดีเซลผสม

2. เวลาที่ใช้ในการกรองและมวลของตะกอน

เมื่อทำให้น้ำมันอิ่มตัวด้วยความเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่าและสูงกว่าค่า CP ของน้ำมันไบโอดีเซล คือที่อุณหภูมิ 4 °C และ 18 °C ตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทดลองดังภาพที่ 2 และ 3 จากผลการทดลอง พบว่าเวลาที่ใช้ในการกรองและปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น ปริมาณของตะกอนที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่ว่าจะเก็บน้ำมันตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C หรือ 18 °C และเมื่อพิจารณาการกรอง B20 และ B50 ที่อุณหภูมิ 18 °C ใช้เวลา 151 และ 867 นาที ซึ่งน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 4 °C ซึ่งใช้เวลา 298 และ 2030 นาที แต่ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นกลับมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นแสดงถึงความเป็นไปได้ที่ตะกอนที่เกิดขึ้นมีคุณลักษณะแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันไบโอดีเซลผสม พบว่าเวลาที่ใช้ในการกรองของ B50 ที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่ามากที่สุด และมีค่าสูงเกือบเท่ากับค่าเวลาที่ใช้ในการกรองของ B100

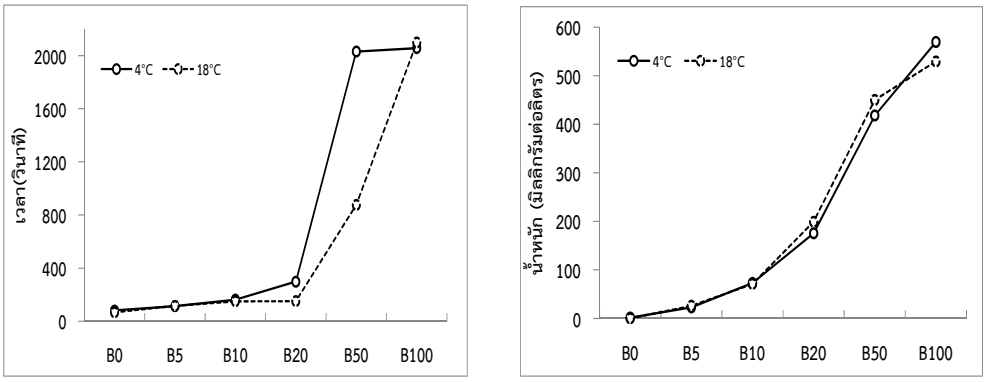


ก) ก่อนการทดลอง



ข) หลังการทดลอง

ภาพที่ 2 ตัวอย่างน้ำมันในการทดสอบ Cold soak filtration



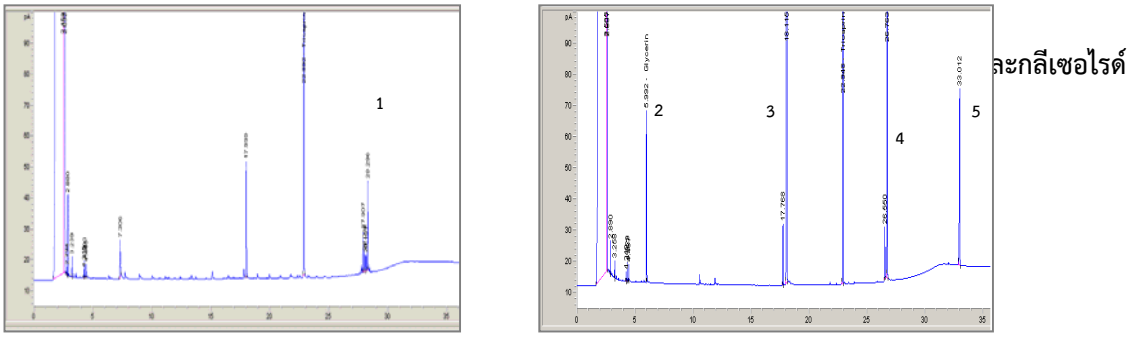
ก) เวลาที่ใช้ในการกรอง ข) ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น

ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกรองและปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ Cold soak filtration

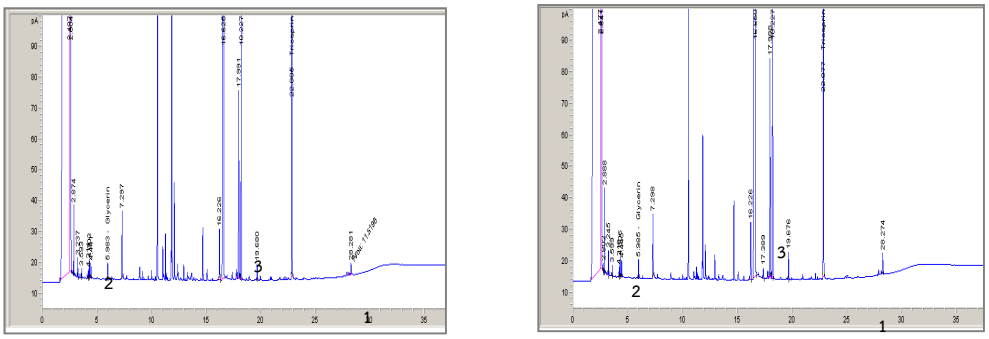
ในการทดสอบ Cold soak filtration ตามมาตรฐาน ASTM D7501 เวลาที่ใช้ในการกรองต้องไม่เกิน 720 วินาที หากใช้เวลาในการกรองมากกว่า 720 วินาที จะหยุดการทดสอบแล้วบันทึกปริมาตรตัวอย่างที่กรองได้แทน ดังนั้นอาจบ่งชี้ได้ว่า B50 และ B100 เป็นน้ำมันที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของการทดสอบ

3.คุณลักษณะของตะกอน

ตะกอนที่เกิดขึ้นถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่อง GC-FID ดังแสดงในภาพที่ 5 โครมาโตรแกรมที่เกิดขึ้นนี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของสารมาตรฐานซึ่งแสดงในภาพที่ 4 จากการศึกษาพบว่า ตะกอน B100 และ B20 ที่อุณหภูมิ 4 °C มีองค์ประกอบเป็นกลีเซอรีน โมโนกลีเซอไรด์ และสเตริลกลูโคไซด์ ส่วนตะกอน B100 ที่อุณหภูมิ 18 °C มีเพียงองค์ประกอบของโมโนกลีเซอไรด์ จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า น้ำมันไบโอดีเซลที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ของปริมาณกลีเซอรีนและกลีเซอไรด์สามารถเกิดตะกอนขึ้นได้ ถ้าหากน้ำมันดังกล่าวถูกนำไปแช่เย็นเป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยแม้ว่าอุณหภูมินั้นจะสูงกว่าจุด CP ก็ตาม สำหรับตะกอน B50 ของทั้งสองอุณหภูมิพบว่ามีปริมาณกลีเซอรีนและสเตริลกลูโคไซด์เช่นเดียวกัน ส่วน B100 จะพบสารเหล่านี้ในกรณีที่แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เท่านั้น เนื่องจากอิทธิพลสภาพขั้วที่แตกต่างกันระหว่างน้ำมันดีเซลที่ไม่มีขั้วและน้ำมันไบโอดีเซลที่มีขั้ว ทำให้กลีเซอรีนและสเตริลกลูโคไซด์ซึ่งมีขั้วสามารถละลายอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลได้และไม่ตกตะกอนออกมา แต่เมื่อมีการผสมน้ำมันไบโอดีเซลลงไปน้ำมันดีเซลทำให้สารเหล่านี้ละลายได้ไม่ดี ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณที่น้อยมากก็ตาม ที่อุณหภูมิที่สูงกว่าค่า CP ของน้ำมันไบโอดีเซลผสม สารเหล่านี้ก็จะตกตะกอนออกมาจนมีค่าการทดสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



ภาพที่ 4 GC- FID โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน (1: พีคสเตริลกลูโคไซด์ 2: พีคกลีเซอรีน 3: พีคโมโนกลีเซอไรด์ 4: พีคไดกลีเซอไรด์ 5: พีคไตรกลีเซอไรด์)



ก) ตะกอน B50 ที่อุณหภูมิ 18°C **ข) ตะกอน B50 ที่อุณหภูมิ 4°C**

ภาพที่ 5 GC- FID โครมาโตแกรมของตะกอนที่ได้จากการทดสอบ Cold soak filtration
(1: พีคสเตริลกลูโคไซด์ 2: พีคกลีเซอรีน 3: พีคโมโนกลีเซอไรด์)

สรุปผลการทดลอง

1. ค่า CFPP สามารถบ่งชี้ถึงความแตกต่างในการเพิ่มสัดส่วนน้ำมันไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลได้ดีกว่าค่า CP และค่า PP

2. การทดสอบ Cold soak filtration ที่สามารถนำมาใช้คัดเลือกน้ำมันที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการใช้งานจริงในอากาศที่หนาวเย็น

3. น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลผสม B5 ถึง B20 สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 18 ° C และ 4 ° C ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับสภาพอากาศของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

การประเมินประสิทธิภาพน้ำมันไบดีเซลในการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้ว ยังต้องมีการวิ่งรถทดสอบภาคสนามเพื่อความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในสภาพอากาศที่หนาวเย็น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. ที่เอื้อเฟื้อในเรื่องตัวอย่างน้ำมัน เครื่องมือวิเคราะห์และสถานที่ในการค้นคว้าและดำเนินงานวิจัย รวมไปถึงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากพี่ๆ พนักงานที่มีต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2555). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564). สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25. pdf.

[2] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2555). สภาวะอากาศประเทศไทย เดือน มกราคม 2555. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.tmd.go.th/programs/uploads/monthly Summary /Jan-55.pdf.

[3] Soriano, N., Migo, V.P., & Matsumura, M. (2006). Ozonized vegetable oil as pour point depressant for neat biodiesel. *Fuel,* 85(1), 25–31.

[4] Soriano, N., Migo, V.P., & Matsumura, M. (2005). Crystallization behavior of neat biodiesel and biodiesel treated with ozonized vegetable oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107(9), 689–96.

[5] Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., & Knothe, G. (2004). Biodiesel production technology. *National Renewable Energy Laboratory*, NREL/SR-510-36244.

[6] Greyt, W. D., Zyaykina, N., Maes, J., Kemper, T., & Kellens, M. (2007).Identification and removal of haze in soy and palm biodiesel. In *the 98th AOCS annual meeting, Quebec City, Canada,* 13–16 May 2007.

[7] Pfalzgraf, L., Lee, I., Haines, T., Powers, E., Harmmer, J., & Fenwick, S. (2007). Identification of sterol glucosides in biodiesel and their effect on filterability. in *the 98th AOCS annual meeting*, *Quebec City, Canada,* May 13–16, 2007.

[8] Humburg, D.S., Hansen, T.J., Schumacher, L.G., Mahapatra, A.K., Taylor, G.L., & Adams, B.T. (2006). Biodiesel use and experience among state dot agencies. *Applied Engineering in Agriculture*, 22(2), 177–84.

[9] Waynick, J.A. (2005). Characterization of biodiesel oxidation and oxidation products. *National Renewable Energy Laboratory*, NREL/TP-540-39096

[10] Westbrook, S.R. (2005). An evaluation and comparison of test methods to measure the oxidation stability of neat biodiesel. *National Renewable Energy Laboratory*, NREL/SR-540-38983.

[11] Dunn, R.O. (2009). Effects of minor constituents on cold flow properties and performance of biodiesel. In *Proceedings of Energy and Combustion Science*, 35, 481–489.

[12] Tang, H.Y., De Guzman, R.C., & Salley, S.O. (2008) Formation of insolubles in palm oil-, yellow grease-, and soybean oil-based biodiesel blends after cold soaking at 4 °C. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 85(12), 1173–82.

[13] The National Biodiesel Board. (2012, December) *Biodiesel Cold Flow Basics*. Retrieved from http://www.biodiesel.org /docs/ffs-performace_usage/cold-flow-basics---ppt.ppt

ผู้เขียน

นางสาววิภาวรรณ น้อยฉ่ำ สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12120

ผศ.ดร.มาลี สันติคุณาภรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12120 smalee@engr.tu.ac.th

EN2008: การประเมินศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะชุมชนกรณีศึกษาชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข พื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

Participatory Potential Evaluation of Community in Solid Waste Management Case Study of Santisuk-Borisut Community, Chachoengsao Municipality

พรปวีณ์ ตันศิริ[1] และสุชาติ นวกวงษ์[2]

[1]สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170

[2]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170

Abstract

is obviously seen that the waste chronic is not only the environmental difficulty of which sustainably solved to being green but also the community understanding. By all means the researcher is trying out on participatory potential of community as Santisuk-Borisut in the area of Chachoengsao Municipality case study which could do in respond to the need of solid waste managing, using CBM type. which a view to enabling participatory potential of community, in solid waste management and also the study of factors to which affect participatory potential of community, concerned with questionairs of collecting data from 190 families of sampling group. The findings of result are of potential in solid waste management in community which is less than 80% including the factors affect participatory potential of community as for the level of education, receiving information of waste management, family waste management, occupation, income and sex. The results of study as well as suggestion to concrete solutions will definitely be the path for preparing in on-going stages of solid waste management which will thus be integrated to move toward the success of subsequence implementation in other area.

Keywords: Participatory potential evaluation, Participatory of community and Solid waste management in community

บทคัดย่อ

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ยังหาทางแก้ไขอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาถึงศักยภาพของการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข เขตพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา ที่จะสามารถตอบสนองต่อการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอย และศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยใช้แบบสอบถามรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 190 ครัวเรือน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีศักยภาพในการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนน้อยกว่าร้อยละ 80 และปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชน ได้แก่ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การจัดการขยะภายในบ้าน อาชีพ รายได้ต่อเดือน และเพศ ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะจากการศึกษาจะเป็นแนวทางในการเตรียมดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนให้เป็นไปอย่างเต็มประสิทธิภาพ และสามารถดำเนินการปรับใช้ได้จริงในพื้นที่อื่นต่อไป

คำสำคัญ: การประเมินศักยภาพการมีส่วนร่วม การมีส่วนร่วมของชุมชน และการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชน

บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมายาวนาน ทั้งยังเป็นปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความแตกแยกภายในชุมชนเป็นอย่างมากโดยเฉพาะเมื่อมีการก่อสร้างบ่อฝังกลบขยะ ในขณะที่ขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกๆปี โดยพบว่าในแต่ละวันประเทศไทยจะมีขยะเกิดขึ้นกว่า 38,000 ตัน โดยที่แต่ละคนจะผลิตขยะได้ 0.5-1 กิโลกรัม

ต่อวัน ซึ่งอัตราการผลิตขยะนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การจัดการขยะทำได้เพียงร้อยละ 50 และในขณะเดียวกันก็มีขยะถึงร้อยละ 70 ที่มีการกำจัดอย่างไม่ถูกหลักสุขาภิบาล นอกจากนี้การนำขยะกลับมาใช้ใหม่มีเพียงร้อยละ 15 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเท่านั้นซึ่งถือเป็นปริมาณที่น้อยมาก (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547 : 13) ซึ่งในปัจจุบันการจัดการขยะมูลฝอยของหน่วยงานเทศบาลในหลายพื้นที่ยังไม่เป็นไปตามหลักสุขาภิบาลที่ถูกต้องและยังไม่มีมาตรฐานที่เพียงพอ เนื่องจากการขาดองค์ความรู้ในการจัดการขยะมูลฝอยทำให้องค์ประกอบและลักษณะของขยะมูลฝอยยากต่อการกำจัดให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ได้ (สากล ฐินะกุล และคณะ, ม.ป.ป. : 7)

การจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชน หรือ Community Based Solid Waste Management (CBM) เป็นการพัฒนาแนวคิดเพื่อให้สอดคล้องตามนโยบายการปรับปรุงระบบการจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลที่เริ่มตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยอันได้แก่ครัวเรือนจนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่บ่อฝังกลบ และเนื่องจากการจัดการขยะแบบ CBM เริ่มต้นที่ครัวเรือน ทำให้ความสำเร็จของการจัดการขยะแบบ CBM นั้นต้องอาศัยความร่วมมือของชุมชนเป็นอย่างมาก รวมถึงเจ้าหน้าที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนั้นการจัดการขยะแบบ CBM นอกจากจะสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และลดต้นทุนในการจัดการขยะมูลฝอยแล้ว ยังส่งผลให้ชุมชนมีความเข้มแข็งและเกิดความสามัคคีกันภายในชุมชน เพราะระบบการจัดการขยะแบบ CBM จะให้ชุมชนในพื้นที่เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ตั้งแต่หน่วยเล็กที่สุดคือครัวเรือนร่วมมือกันขยายกว้างจนเป็นชุมชนขนาดใหญ่ จึงสรุปได้ว่าการจัดการขยะแบบ CBM จะสำเร็จได้จะต้องเกิดจากความร่วมมือกันของทุกภาคส่วนในชุมชน ตลอดจนมาตรการติดตามของเจ้าหน้าที่ในการติดตามตรวจสอบการดำเนินงานในทุกระยะของโครงการ

จังหวัดฉะเชิงเทราเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมหลายแห่ง อีกทั้งในปี 2554-2555 จังหวัดฉะเชิงเทราได้กำหนดให้เป็นปีส่งเสริมการท่องเที่ยวของจังหวัด (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดฉะเชิงเทรา, 2554 : ออนไลน์) จึงมีความเป็นไปได้ที่อนาคตจังหวัดฉะเชิงเทราจะมีรายได้จำนวนมากกระจายสู่ชุมชน เกิดปัญหาขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นทางอ้อมอันเนื่องมาจากการบริโภคอุปโภคที่เพิ่มมากขึ้นของประชาชน และในปัจจุบันเทศบาลเมืองฉะเชิงเทราได้ริเริ่มมีการจัดการขยะมูลฝอยโดยเทคโนโลยีสะอาดโดยใช้เงินงบประมาณปี 2553 แต่ด้วยโครงการจัดการขยะดังกล่าวอยู่ในช่วงเริ่มต้นทำให้ยังไม่สามารถประเมินประสิทธิภาพของการจัดการขยะได้ว่าจะสามารถรองรับและจัดการกับขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในอนาคตภายในชุมชนได้หรือไม่ ซึ่งนั้นย่อมส่งผลให้การจัดการขยะมูลฝอยกลายเป็นประเด็นที่สำคัญ ทั้งยังอาจกลายเป็นปัญหาใหญ่ของหน่วยงานเทศบาลได้ ดังนั้นเพื่อรองรับปัญหาปริมาณขยะมูลฝอยที่อาจเพิ่มขึ้น และเพื่อให้เกิดการจัดการขยะมูลฝอยที่เพียงพอและถูกสุขาภิบาล การนำระบบการจัดการขยะแบบ CBM เข้ามาใช้ในพื้นที่จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมาก เพราะจะเป็นวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดจากความร่วมมือกันของชุมชนและเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดการจัดการขยะมูลฝอยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข เป็นชุมชนหนึ่งที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา และยังไม่มีการดำเนินการจัดการขยะแบบ CBM และอยู่ในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก มีจำนวนครัวเรือน 680 ครัวเรือน มากเป็นอันดับหนึ่งจากทั้งหมด 19 ชุมชน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงศักยภาพของการมีส่วนร่วมของชุมชนที่จะสามารถตอบสนองต่อการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้น โดยใช้หลักการการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM และศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อศักยภาพของการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยมีชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข ในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา เป็นกรณีศึกษาเพื่อเป็นชุมชนนำร่องในการเตรียมดำเนินการจัดการขยะชุมชนให้เป็นไปอย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งยังระบุปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้การจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนสามารถดำเนินการได้จริงในพื้นที่ดังกล่าว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะชุมชนในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะชุมชนในเขตเทศบาลฉะเชิงเทรา

วิธีการศึกษา

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้แบบสังเกต สังเกตพื้นที่ในชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข เกี่ยวกับวิธีการจัดการขยะของสมาชิกในชุมชน จากแบบสอบถาม สอบถามสมาชิกในครัวเรือนชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข เพื่อวัดความรู้และความต้องการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะแบบ CBM โดยใช้เกณฑ์ในการวัดระดับของบุญธรรม (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2549: 100-101) และจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เจ้าหน้าที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทราและผู้นำชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข เกี่ยวกับทัศนคติต่อการจัดการขยะแบบ CBM

ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม สำนักงานเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา, กองช่างสุขาภิบาล สำนักงานเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา และค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่างๆ เช่น ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล, สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และอินเตอร์เน็ต

2. ประชากรกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรในชุมชนบริสุทธิ์–สันติสุข ในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 190 ครัวเรือน สูตรคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของ Yamane (ประคอง กรรณสูต, 2542 : 10)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามจะเป็นการอธิบายลักษณะทั่วไปและองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะแบบ CBM ของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะชุมชน อธิบายโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก และจากแบบสังเกตจะใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการศึกษา

อธิบายผลการศึกษาโดยแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา

เพศ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 68.90 เป็นเพศหญิง และร้อยละ 31.10 เป็นเพศชาย

อายุ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 47.90 มีอายุระหว่าง 41-60 ปีรองลงมาร้อยละ 30.00 มีอายุต่ำกว่า 41 ปี และร้อยละ 22.10 มีอายุสูงกว่า 60 ปี โดยกลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 50 ปี มีอายุสูงสุด 88 ปี และมีอายุต่ำสุด 20 ปี

สถานภาพสมรส กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 80.50 มีสถานภาพสมรส รองลงมาร้อยละ 11.60 มีสถานภาพโสด และร้อยละ 7.90 หย่าร้าง

อาชีพ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 50.50 ประกอบอาชีพค้าขาย รองลงมาร้อยละ 18.40 ประกอบอาชีพรับจ้าง ร้อยละ 16.90 เป็นแม่บ้าน ร้อยละ 10.00 รับราชการ และร้อยละ 4.20 ประกอบอาชีพอื่นๆ ได้แก่ ช่างตัดผม ช่างตัดเสื้อ เจ้าของห้องเช่า

จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 35.30 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน รองลงมา 32.60 มีสมาชิกมากกว่า 4 คน และร้อยละ 32.10 มีสมาชิก 1-2 คน โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ยประมาณ 4 คน มีจำนวนสมาชิกสูงสุด 15 คน และมีจำนวนสมาชิกต่ำสุด 1 คน
รายได้ต่อเดือน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 42.10 มีรายได้ต่อเดือนระหว่าง 5,001-10,000 บาท รองลงมาร้อยละ 25.80 มีรายได้ระหว่าง 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 12.60 มีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 12.10 ไม่มีรายได้ ร้อยละ 4.70 มีรายได้สูงกว่า 20,000 บาท และร้อยละ 2.70 มีรายได้ระหว่าง 15,001-20,000 บาท

ระดับการศึกษาสูงสุด จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 21.10 มีการศึกษาในระดับมัธยมต้น รองลงมาร้อยละ 20.50 มีการศึกษาระดับมัธยมปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ ร้อยละ 17.90 มีการศึกษาระดับอนุปริญญาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ร้อยละ 13.20 มีการศึกษาระดับประถมปลาย ร้อยละ 8.40 มีการศึกษาในระดับประถมต้นและระดับปริญญาตรีเท่ากัน ร้อยละ 6.80 มีการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี และร้อยละ 3.70 ไม่ได้ศึกษา

วิธีการจัดการขยะภายในบ้าน จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 86.80 มีการจัดการขยะภายในบ้าน และร้อยละ 13.20 ไม่มีการจัดการขยะเลย โดยส่วนใหญ่มีวิธีการจัดการขยะด้วยการแยกขยะบางประเภทไปจำหน่าย ร้อยละ 81.10 แยกขยะแต่ละประเภทอย่างชัดเจน ร้อยละ 22.60 และนำขยะสดไปทำเป็นปุ๋ยหมักสำหรับต้นไม้ ร้อยละ 14.70

การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 55.80 ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ และร้อยละ 44.20 ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะเลย การศึกษาแบ่งการรับข้อมูลข่าวสารตามแหล่งข่าวที่ได้รับ 6 แหล่งข่าวดังนี้ รับข้อมูลจากโทรทัศน์ ร้อยละ 48.90 จากเจ้าหน้าที่ทางราชการ ร้อยละ 21.60 หนังสือพิมพ์ ร้อยละ 8.40 จากการประชุมชุมชน ร้อยละ 4.20 และจากวิทยุ ร้อยละ 1.50

สถานภาพทางสังคม แบ่งเป็นการเป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชน และตำแหน่งทางสังคมในชุมชน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 98.90 ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มใด และร้อยละ 1.10 เป็นสมาชิกกลุ่ม ได้แก่ ประธานชมรมผู้สูงอายุ สมาชิกชมรมแอโรบิค ในขณะที่ร้อยละ 95.80 ไม่ได้ดำรงตำแหน่งใดในชุมชน และร้อยละ 4.20 ดำรงตำแหน่ง ได้แก่ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เลขาประธานชุมชน

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 55.30 มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนในระดับสูง รองลงมา ร้อยละ 33.10 มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนในระดับปานกลาง และร้อยละ 11.60 มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนในระดับต่ำ โดยมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนเฉลี่ย 16.24 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.75 คะแนนสูงสุด 19 คะแนนและคะแนนต่ำสุด 9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 19 คะแนน

3. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 58.40 มีความต้องการมีส่วนร่วมระดับต่ำ รองลงมา ร้อยละ 24.80 มีความต้องการมีส่วนร่วมระดับปานกลางและร้อยละ 16.80 มีความต้องการมีส่วนร่วมระดับสูง โดยมีคะแนนความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนเฉลี่ย 77.53 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 26.65 คะแนนสูงสุด 120 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 120 คะแนน

4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชน ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชน รวมทั้งหมด 12 ตัวแปร โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอย และนำ

ปัจจัยส่วนบุคคลเฉพาะที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยเข้าสู่การวิเคราะห์ถดถอยแบบขั้นตอน เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

ในการทดสอบไคสแควร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความต้องการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM โดยปัจจัยส่วนบุคคลที่ทำการศึกษา ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส อาชีพ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา การจัดการขยะภายในบ้าน การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การเป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชน และตำแหน่งทางสังคม ผลการทดสอบไคสแควร์ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลดังต่อไปนี้ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส การจัดการขยะภายในบ้าน การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การเป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชน มีผลต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยดังต่อไปนี้ ได้แก่ อาชีพ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา มีผลต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ส่วนปัจจัยตำแหน่งทางสังคมในชุมชนไม่มีผลต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชนที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส การจัดการขยะภายในบ้าน การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การเป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชน อาชีพ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้ต่อเดือน และระดับการศึกษา และปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย เข้าสู่การวิเคราะห์ถดถอยแบบขั้นตอน เพื่อหาความสำคัญของตัวแปร ดังตารางที่ 1 พบว่า ปัจจัยระดับการศึกษาเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การจัดการขยะภายในบ้าน อาชีพ รายได้ต่อเดือน และเพศ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวทำนายกับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM โดยวิธีวิเคราะห์ถดถอยแบบขั้นตอน

Model	ตัวทำนาย	R	B	Adjusted R^2	p-value
1	ระดับการศึกษา	0.263	7.931	0.259	0.012*
2	ระดับการศึกษา+การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ	0.321	4.857	0.314	<0.001*
3	ระดับการศึกษา+การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ+การจัดการขยะภายในบ้าน	0.366	0.498	0.356	<0.001*
4	ระดับการศึกษา+การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ+การจัดการขยะภายในบ้าน+อาชีพ	0.410	-4.621	0.398	0.001*
5	ระดับการศึกษา+การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ+การจัดการขยะภายในบ้าน+อาชีพ+รายได้ต่อเดือน	0.440	0.238	0.425	0.002*
6	ระดับการศึกษา+การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ+การจัดการขยะภายในบ้าน+อาชีพ+รายได้ต่อเดือน+เพศ Constant = -50.309	0.456	2.128	0.438	0.022*

*p-value < 0.05

วิจารณ์ผลการศึกษาและสรุปผล

แบ่งตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 ประชากรในเขตชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุข มีศักยภาพในการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนมากกว่าร้อยละ 80

6 ปัจจัย ที่มีความสำคัญต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การจัดการขยะภายในบ้าน อาชีพ รายได้ต่อเดือน และเพศ โดยพบว่า ระดับการศึกษา มีความสำคัญมากที่สุด ในการศึกษากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 21.10 มีการศึกษาในระดับมัธยมต้น รองลงมาร้อยละ 20.50 มีการศึกษาระดับมัธยมปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ ร้อยละ 17.90 มีการศึกษาระดับอนุปริญญาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ร้อยละ 13.20 มีการศึกษาระดับประถมปลาย ร้อยละ 8.40 มีการศึกษาในระดับประถมต้นและระดับปริญญาตรีเท่ากัน ร้อยละ 6.80 มีการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี และร้อยละ 3.70 ไม่ได้ศึกษา จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรีและสูงกว่าระดับปริญญาตรี เพียงร้อยละ 15.20 และจากการศึกษาพบว่าชุมชนมีระดับความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 58.40 ดังนั้นศักยภาพในการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนบริสุทธิ์-สันติสุขจึงน้อยกว่าร้อยละ 80 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน

งานวิจัยนี้สอดคล้องกับวิษณุ สถานนท์ชัย (2539 : 125) ซึ่งศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอยของผู้ประกอบการธุรกิจร้านค้า กรณีศึกษาเขตเทศบาลเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรีและสูงกว่ามีพฤติกรรมการรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอยถูกต้องกว่ากลุ่มอื่น และยังสอดคล้องกับกวีนา จงฐิตินนท์ (2547 : 78) ศึกษาเรื่อง ความรู้ ทัศนคติ และการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยของคนในเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ระดับการศึกษาแตกต่างกันมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยพบว่าเมื่อมีระดับการศึกษาที่สูงขึ้นจะส่งผลให้การมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นด้วย

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะชุมชนที่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีไม่น้อยกว่า 5 ตัวแปร

จากการศึกษาเมื่อนำปัจจัยส่วนบุคคลจากการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ที่มีผลต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปัจจัยด้านความรู้ในการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM มาหาความสำคัญของปัจจัยโดยใช้วิธีวิเคราะห์ถดถอยแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) แล้ว พบว่า ปัจจัย 6 ตัวแปร ได้แก่ ระดับการศึกษา การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ การจัดการขยะภายในบ้าน อาชีพ รายได้ต่อเดือน และเพศ มีความสำคัญต่อระดับความต้องการมีส่วนร่วมมากที่สุดตามลำดับ ดังนั้น จึงสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ชุมชนมีการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM บรรลุเป้าหมาย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรีและสูงกว่าปริญญาตรีมีความต้องการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยระดับสูง ดังนั้นเจ้าหน้าที่หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาจให้ความสำคัญกับผู้ที่มีระดับการศึกษาในระดับต่ำกว่าปริญญาตรี โดยอาจจัดให้มีการอบรมหลักสูตรการจัดการขยะมูลฝอยทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2. เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าแหล่งข่าวที่ชุมชนได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะโดยส่วนใหญ่คือโทรทัศน์ ดังนั้นผู้นำชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐอาจเพิ่มช่องทางการให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะทางอื่นด้วย เช่น วิทยุชุมชน หนังสือพิมพ์ท้องถิ่น การจัดอบรม การแจกเอกสาร หรือการให้ความรู้ผ่านเสียงตามสายของชุมชน

3. เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าตาม 6 ขั้นตอนในการจัดการขยะมูลฝอยแบบ CBM ได้แก่ การจัดการของขายได้ การทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ การจัดการขยะของตนเอง ถนนปลอดถัง ความถี่ในการจัดเก็บขยะ และการชำระ

ค่าธรรมเนียม ตามลำดับ พบว่า ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ ถนนปลอดถัง และความถี่ในการจัดเก็บขยะ เป็น 3 ขั้นตอนที่ชุมชนมีความต้องการมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ดังนั้นเจ้าหน้าที่หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับ 3 ขั้นตอนนี้ โดยให้ความรู้และทำความเข้าใจกับผู้นำชุมชน จากนั้นจัดการอบรมโดยอาจให้ผู้นำชุมชนเป็นผู้ทำความเข้าใจกับคนในชุนชน

4. เนื่องจากระดับการศึกษามีความสำคัญมากที่สุดต่อศักยภาพในการจัดการขยะมูลฝอย ดังนั้นชุมชนควรส่งเสริมให้เด็กในชุมชนมีการศึกษาสูงกว่าภาคบังคับ เพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดการขยะมูลฝอยในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2547). **ความรู้สิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กองส่งเสริมและเผยแพร่ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

กวีนา จงฐิตินนท์. (2547). **ความรู้ ทัศนคติ และการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยของคนในเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2549). **เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศรีอนันต์.

ประคอง กรรณสูต. (2542). **สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิษณุ สถานนท์ชัย. (2539). **พฤติกรรมการรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอยของผู้ประกอบการธุรกิจการค้า: กรณีศึกษาเขตเทศบาลเมือง จ.ฉะเชิงเทรา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาสังคมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

สากล ฐินะกุล และคณะ. (ม.ป.ป). **การจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชน Community Based Solid Waste Management : CBM.** กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดฉะเชิงเทรา. (2554). **ฉะเชิงเทรา จัดทำแผนปฏิบัติการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวระดับอำเภอ รองรับปีท่องเที่ยว 2554 – 2555.** สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2554, สืบค้นจากhttp://www.chachoengsao.go.th/th/index.php?option=com_content&view=article&id=1644:---2554-2555&catid=2:2009-11-17-01-43-18&Itemid=703

พรปวีณ์ ตันศิริ นักศึกษาปริญญาโท คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170
Tel: 08-6649-6554 E-mail: td_kade@hotmail.com

EN2009: การบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยกระบวนการโอโซน
Treatment of Canteen Wastewater by Ozonation Process

ศุภวรรณ นุ่มพูล* **กรรณิการ์ ดิษยวงศ์ และบุญส่ง ศิลปเจริญกุล**

*สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดซีโอดี บีโอดี ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำเสียโรงอาหาร ด้วยกระบวนการโอโซน โดยน้ำเสียที่นำมาวิเคราะห์มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.56-6.49 ค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 936-3,200 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 605-1,980 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 1,110-2,560 มิลลิกรัม/ลิตร ในการทดลองกำหนดปัจจัยที่ทำการทดลองคือ พีเอชเริ่มต้นที่ 4 7 และ 10 ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง และ 10 กรัม/ชั่วโมง มีระยะเวลาในการเก็บกักที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า ทุกปัจจัยล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โรงอาหาร ระยะเวลาเก็บกักนานขึ้น สามารถบำบัดได้ดีที่สุด โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดซีโอดี บีโอดี ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีประสิทธิภาพการกำจัด 51.49±3.08% 25.53±3.39% และ 28.43±0.55% ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำเสียโรงอาหาร , กระบวนการโอโซน , กระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง , ระยะเวลาเก็บกัก

Abstract

This research aims to investigate an efficient and optimum conditions to removal COD BOD and Total solids from canteen wastewater with Ozonation process. The sample of wastewater used to analyze contains pH range of 5.56-6.49 COD range of 936-3,200 mg/L. BOD range of 605-1,980 mg/L. Total Solids range of 1,110-2,560 mg/L. This experiment determines initial pH at 4 7 and 10 respectively and also has ozone concentration at 5 g/hr. and 10 g/hr. In addition, the research adopts detention time are at 30 minutes 1 hours 2 hours 3 hours and 4 hours. The finding that all factors are efficient for canteen wastewater treatment. Moreover, detention time longer is able for better treatment. Furthermore, the optimum conditions at pH 10 with ozone concentration 10 g/hr. detention time of 4 hours and the efficiency of removal COD BOD and Total solids are 51.49±3.08% 25.53±3.39% and 28.43±0.55% respectively.

Keywords : canteen wastewater , Ozonation process , Advanced Oxidation Process, detention time

---

* ศุภวรรณ นุ่มพูล

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาน้ำเสียตามแหล่งน้ำต่างๆ ได้รุนแรงมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนอย่างรวดเร็ว และการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร จึงมีการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคและประกอบกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันมากขึ้น น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่างๆแล้ว คุณภาพของน้ำย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยมีสิ่งสกปรกต่างๆ ปนเปื้อนมา

และจะระบายสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณของเสียที่ปนเปื้อนมากับน้ำทั้งในรูปแบบของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารแขวนลอย เชื้อโรค มีจำนวนมากขึ้นเกินขีดจำกัดความสามารถที่แหล่งน้ำจะปรับตัวได้ทัน ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพในที่สุด ก็กลายเป็นน้ำเน่าเสีย

โรงอาหารของมหาวิทยาลัยและสถานศึกษา เป็นสถานที่ที่มีการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคมาก ถือว่าเป็นแหล่งหนึ่งที่ก่อให้เกิดความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ได้อย่างมาก หากเป็นสถานศึกษาขนาดใหญ่ การใช้น้ำก็จะมีปริมาณแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของสถานศึกษา เพราะเนื่องจากมีจำนวนประชากรมาก น้ำเสียและของเสียที่เกิดจากการใช้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การประกอบอาหาร การชำระล้างภาชนะฯ ก็จะมีปริมาณมากขึ้นในแต่ละวัน ระบบในการจัดการกับน้ำเสียที่ออกจากโรงอาหารต้องมีการดูแลเป็นอย่างดี เพราะถ้าหากระบบในการจัดการกับน้ำเสียของโรงอาหารไม่มีคุณภาพ ก็จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ ผลกระทบที่อาจจะเกิดทั้งทางด้านทัศนียภาพและด้านสุขภาพกายและสุขภาพจิต ที่มีผลโดยตรงต่อประชาชนหรือนักศึกษาที่ใช้บริการ การให้ความสำคัญในการจัดการน้ำเสียที่เกิดจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัยและสถานศึกษาหรือสถานที่ต่างๆ นั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็น ควรมีการบำบัดน้ำเสียก่อน กระบวนการบำบัดที่น่าสนใจ ได้แก่ กระบวนการ Advanced Oxidation Process (AOP) ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมี โดยจะทำการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนด้วยตัวออกซิแดนซ์ที่รุนแรง เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide; H_2O_2) เปอร์แมงกาเนต (Permanganate; MnO_4^-) และโอโซน (Ozone; O_3) เป็นต้น (เนทิยา, 2544)

การบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้และใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะโอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง (เพ็ญจิตร, 2542) จึงทำให้มีงานวิจัยนี้ขึ้นมา โดยศึกษาการใช้กระบวนการ โอโซน (O_3) ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

วัตถุประสงค์

ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยใช้กระบวนการโอโซน (O_3)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำเสียจากโรงอาหาร อาคาร 40 ปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยจะทำการเก็บน้ำเสียเวลา 10.00 น. – 13.00 น. เก็บน้ำเสียปริมาตร 50 ลิตร ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ผ่านตะแกรงดักเศษอาหารก่อนไหลเข้าสู่ถังพักน้ำเสีย นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง เมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีคราบไขมันลอยอยู่เหนือผิวน้ำ นำน้ำส่วนใสมาทำการทดลองปรับพีเอชเริ่มต้น 4 7 และ 10 แล้วเปิดเครื่องโอโซน โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง และ 10 กรัม/ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละช่วงเวลาและทำการวิเคราะห์ หาพารามิเตอร์ คือ ซีโอดี ด้วยวิธี Closed Reflux, Titrimetric Method บีโอดี ด้วยวิธี 5-Day BOD TEST และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ด้วยวิธี Total Solids Dried at 103-105 $^{\circ}C$ (APHA, 1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากโรงอาหาร

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย น้ำเสียโรงอาหารมีสีขาวขุ่น มีตะกอน กลิ่นเหม็น จากการวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของน้ำเสียโรงอาหารก่อนนำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า สีและกลิ่นของน้ำเป็นที่น่ารังเกียจ ค่าพีเอชมีสภาพเป็นกรดช่วง 5.56-6.49 และการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าน้ำก่อนเข้าระบบบำบัด น้ำเสียมีค่าซีโอดีอยู่

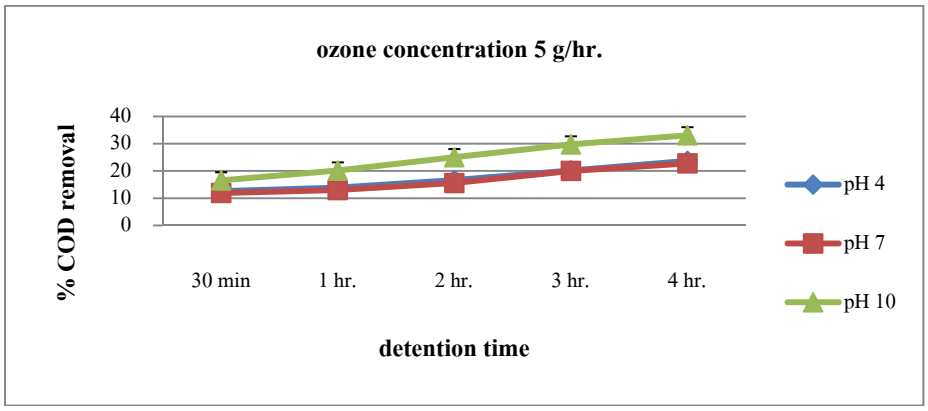
ในช่วง 936-3,200 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 605-1,980 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 1,110-2,560 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
พีเอช (pH)		5.56	6.49	6.10±0.66
ซีโอดี (COD)	mg/L.	936	3,200	1,688±564.34
บีโอดี (BOD)	mg/L.	605	1,980	1,080±355.78
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	mg/L.	1,110	2,560	1,647.39±469.95

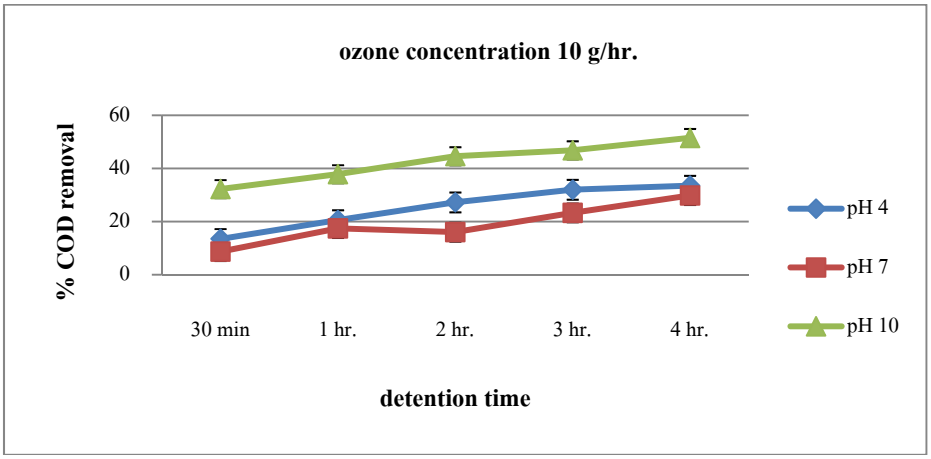
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ของน้ำเสียโรงอาหาร อาคาร 40 ปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การทดลองกระบวนการโอโซน ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง และ 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้น 4 7 และ 10 มีระยะเวลาในการเก็บกักที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสรุปผลแสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ pH เริ่มต้นของน้ำเสียและเวลาต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง

จากภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้น เท่ากับ 4 เมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดซีโอดี ได้ 12.61±3.76% 13.89±6.48% 16.62±6.22% 20.17±5.42% 23.67±7.01% ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดซีโอดี ได้ 11.91±0.63% 12.98±2.35% 15.56±6.68% 20.01±1.97% 22.77±5.78% ตามลำดับ และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดซีโอดี ได้ 16.54±2.40% 20.14±1.05 % 25.05±1.51% 29.71±1.49% 33.08±2.79% ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า ในค่าพีเอชต่างๆ เมื่อระยะเวลาเก็บกักมากขึ้น จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่สูงขึ้นด้วย สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดซีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง คือ ที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดซีโอดี ได้ 33.08±2.79%



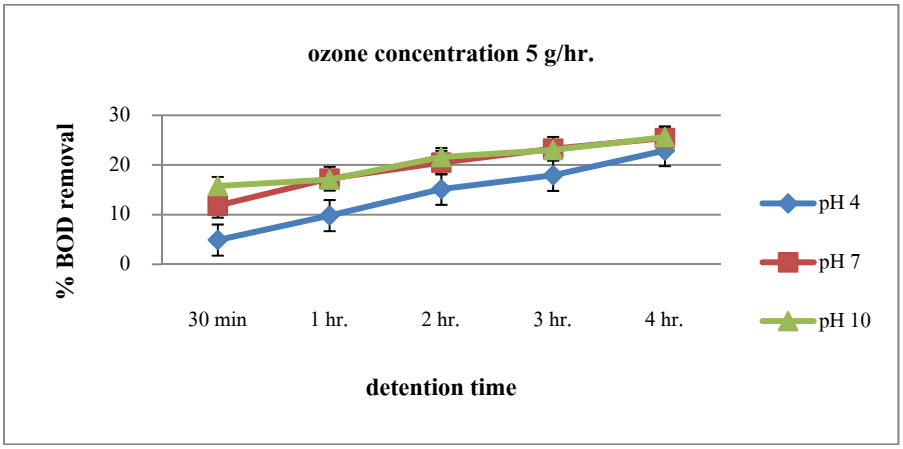
ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ pH เริ่มต้นของน้ำเสียและเวลาต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง

จากภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดซีโอดี ได้ 13.48±0.74% 20.56±0.25% 27.24±1.06% 32.00±1.24% 33.50±0.66% ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดซีโอดี ได้ 8.71±4.23% 17.43±0.78% 16.04±1.44% 23.29±0.85% 29.81±2.76% ตามลำดับ และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดซีโอดี ได้ 32.23±1.26% 37.84±1.38% 44.62±2.98% 46.83±5.31% 51.49±3.05% ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า ในค่าพีเอชต่างๆ เมื่อระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่สูงขึ้นด้วย สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดซีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง คือ ที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดซีโอดีได้ 51.49±3.05%

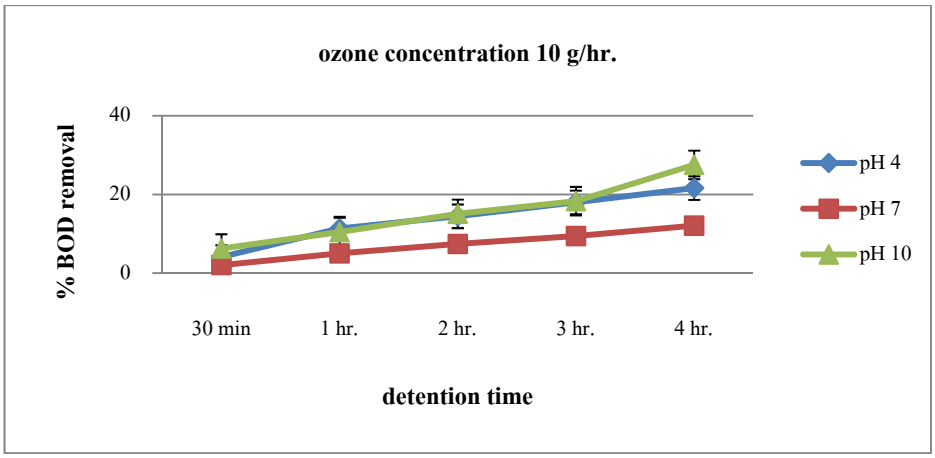
จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสีย ความเข้มข้นของโอโซน และระยะเวลาเก็บกัก ทุกปัจจัยมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งสิ้น จากการทดลองพบว่า ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ (ภาณุมาศ, 2548) อ้างถึง (Langlais et al., 1991 และ Gottchalk et al., 2000) การสลายตัวของโอโซนจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ความเป็นด่าง (Alkalinity) เพิ่มขึ้นทำให้โอโซนสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและ hydroxide ion (OH^-) ได้ hydroxyl radicals ในปริมาณมากขึ้น สภาวะที่ค่าพีเอชต่ำ (pH<7) จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Direct attack โมเลกุลจะเข้าทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ได้ช้า ในขณะที่เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น (pH>8) จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Indirect attack ซึ่งโมเลกุลโอโซนสลายตัวอย่างรวดเร็วเข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ในน้ำ กลายเป็น Hydroxyl free radical ซึ่งมีอำนาจสูงในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ดังนั้นพีเอช 8-10 จึงเหมาะสมในการใช้ในกระบวนการโอโซนเนชันเพื่อออกซิไดซ์สารอินทรีย์

ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ของน้ำเสียโรงอาหาร อาคาร 40 ปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การทดลองกระบวนการโอโซน ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง และ 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้น 4 7 และ 10 มีระยะเวลาในการเก็บกักที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสรุปผลแสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ที่ pH เริ่มต้นของน้ำเสียและเวลาต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ที่ pH เริ่มต้นของน้ำเสียและเวลาต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง

ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 เมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดบีโอดี ได้ 4.89±5.81% 9.82±2.16% 15.12±1.45% 17.92±2.52% 22.90±4.82% ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 ที่ระยะเวลา เก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดบีโอดี ได้ 11.81±3.20% 17.25±2.09% 20.48±2.28% 23.27±1.86% 25.40±4.26% ตามลำดับ และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดบีโอดี ได้ 15.77±1.73% 17.06±4.77% 21.59±2.72% 23.00±4.38% 25.59±3.08% ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า ในค่าพีเอชต่างๆ เมื่อระยะเวลาเก็บกักมากขึ้น จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ที่สูงขึ้นด้วย สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดบีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง คือ ที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดบีโอดีได้ 25.59±3.08%

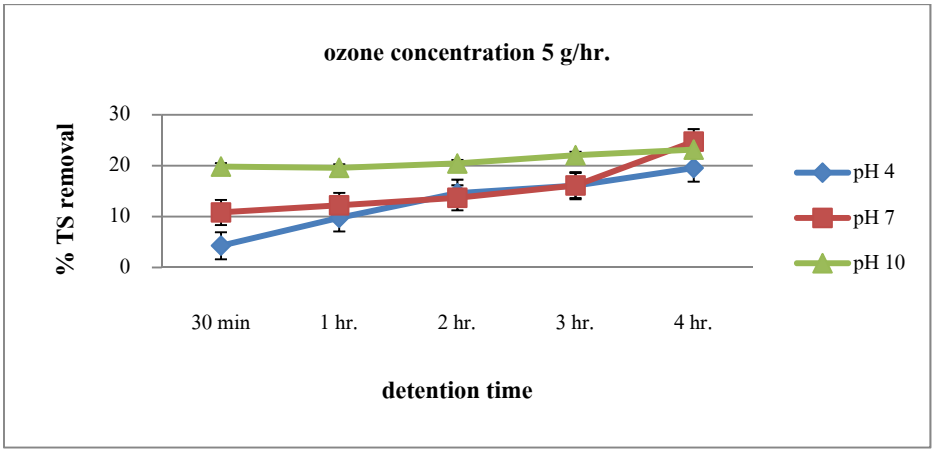
ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดบีโอดี ได้ 4.10±4.02% 11.34±3.60% 14.47±2.80% 18.00±2.95% 21.63±3.48% ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 ที่ระยะเวลาเก็บกัก

30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดบีโอดี ได้ 2.05±1.90% 5.02±2.14% 7.42±1.40% 9.44±4.17% 12.07±3.81% ตามลำดับ และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดบีโอดี ได้ 6.27±2.52% 10.44±1.96% 15.08±6.46% 18.31±3.13% 27.53±3.39% ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า ในค่าพีเอชต่างๆ เมื่อระยะเวลาเก็บกักมากขึ้น จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่สูงขึ้นด้วย สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดบีโอดี ที่ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง คือ ที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดบีโอดีได้ 27.53±3.39%

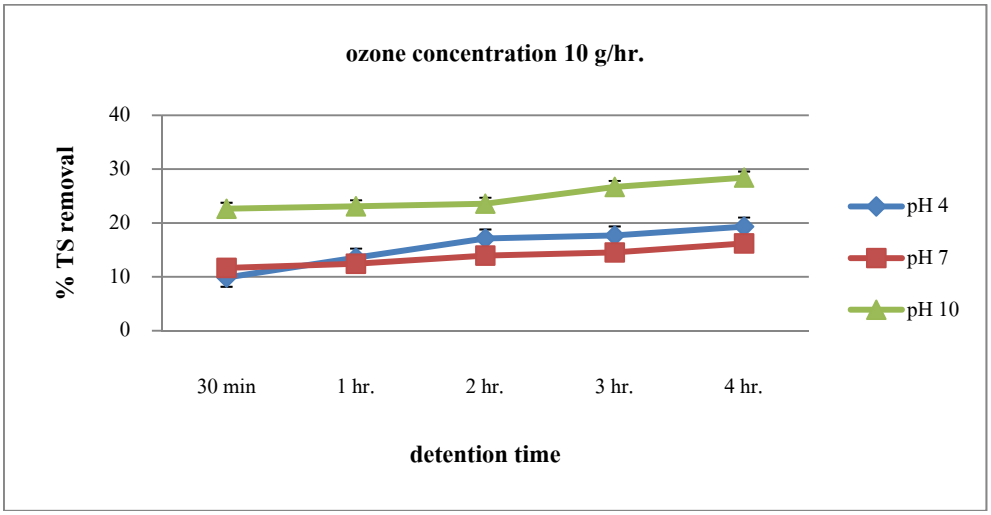
จากผลการทดลองพบว่า ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง จะให้ประสิทธิภาพใน การกำจัดบีโอดีได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ (อานอบ, 2543) อ้างถึง (สุรพล, 2543) ก๊าซโอโซน (O_3) ไปทำปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) สารที่เกิดขึ้นคือ ก๊าซออกซิเจน (O_2) ออกซิเจนอะตอม และได้น้ำกลับมาดังเดิม จึงเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำเสีย

ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ของน้ำเสียโรงอาหาร อาคาร 40 ปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การทดลองกระบวนการโอโซน ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง และ 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้น 4 7 และ 10 มีระยะเวลาในการเก็บกักที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด สรุปผลแสดงดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ pH เริ่มต้นของน้ำเสียและเวลาต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ pH เริ่มต้นของน้ำเสียและเวลาต่างๆ โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง

ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 เมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ได้ 4.28±0.25% 9.75±0.80% 14.60±2.98% 16.08±5.45% 19.53±1.98% ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ได้ 10.82±0.19% 12.21±1.15% 13.70±0.70% 16.12±2.33% 24.72±1.40% ตามลำดับ และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ได้ 19.83±0.54% 19.58±0.78% 20.44±3.84% 22.05±0.45% 23.16±1.39% ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง คือ ที่ค่าพีเอช 7 ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 24.72±1.40%

ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 เมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 9.88±0.11% 13.57±2.35% 17.12±1.05% 17.68±1.67% 19.34±0.42% ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 11.66±1.50% 12.43±2.30% 13.95±0.41% 14.53±1.05% 16.20±1.00% ตามลำดับ และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 22.64±0.32% 23.10±2.81% 23.58±3.60% 26.70±1.68% 28.43±0.55% ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง คือ ที่ค่าพีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 28.43±0.55%

จากผลการทดลองพบว่า ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ดีที่สุด

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ของน้ำเสียโรงอาหาร ด้วยกระบวนการโอโซน โดยใช้ความเข้มข้นโอโซน 5 กรัม/ชั่วโมง และ 10 กรัม/ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้น 4 7 และ 10 มีระยะเวลาในการเก็บกักที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดซีโอดี คือ ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง และระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถบำบัดซีโอดีได้สูงสุด 51.49±3.05%

สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดบีโอดี คือ ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง และระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถบำบัดบีโอดีได้สูงสุด 27.53±3.39%

สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด คือ ที่ค่าพีเอช 10 ความเข้มข้นโอโซน 10 กรัม/ชั่วโมง และระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง สามารถบำบัดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้สูงสุด 28.43±0.55%

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมที่สภาวะอื่นๆ โดยที่พีเอชอื่น และการเพิ่มเวลาสัมผัส ที่ทำให้การกำจัดสารอินทรีย์สูงที่สุดและอัตราในการกำจัดเริ่มที่จะคงที่

2. ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการโอโซนร่วมกับสารออกซิไดซ์อื่นๆ เช่น Permanganate Hydrogen peroxide ในการกำจัดสารอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

APHA . (1995). *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, 19th edition. American Public Health Association, Washington, D.C.

Department of Industrial Works. (2005). *Textbook treatment of water pollution.* Bangkok: Ministry of Industry Thailand.

E. Lee, H. Lee, Y. K. Kim, K. Sohn, K. Lee. (2011). Hydrogen peroxide interference in chemical oxygen demand during ozone based advanced oxidation of anaerobically digested livestock wastewater. *Int. J. Environ. Sci. Tech,* 8 (2), 381-388.

H. Liu, M.Y. Liang, C.S. Liu, Y.X. Gao, J.M. Zhou. (2009). Catalytic degradation of phenol in sonolysis by coal ash and H_2O_2/O_3. *Chemical Engineering Journal,* 153, 131-137.

Hung-Yee Shu, Ming-Chin Chang. (2005). Decolorization effects of six azo dyes by O_3, UV/O_3 and UV/H_2O_2 processes. *Dyes and Pigments*, 65, 25-31.

Kantacha, A. (2000). *Wastewater Treatment by Using Ozone : A Case Study of Wastewater from Samrong Canal*. A Research Report submitted to the Thaksis University. (in Thai).

Marco S. Lucas, Jose A. Peres, Gianluca Li Puma. (2010). Treatment of winery wastewater by ozone-based advanced oxidation processes (O_3 , O_3/UV and $O_3/UV/H_2O_2$) in a pilot-scale bubble column reactor and process economics. *Separation and Purification Technology*, 72, 235-241.

Odomsinrot, K. (1999). Wastewater Treatment. Bangkok: Siam Stationery supply Co.,Ltd. (in Thai).

Puangkeaw, P. (2005). *Ozonation for Phenol Treatment*. Thesis Environment Engineering Department Environment Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai).

Roberto Rosal, Antonio Rodrguez, Jose Antonio Perdigon-Melon, Alice Petre, Eloy Garcia-Calvo. (2009). Oxidation of dissolved organic matter in the effluent of a sewage treatment plant using ozone combined with hydrogen peroxide (O_3/H_2O_2). *Chemical Engineering Journal,* 149, 311–318.

Srinoppakun, P. (1999). *Treatment of wastewater from pulp and paper industry by ozonization with hydrogen peroxide*. A Research Report submitted to the Kasetsart University Research and Development Institute. (in Thai).

Tuntoolavest, M. (1997). *Manual Water Quality Analysis*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai).

Xueming Chen, Guohua Chen, Po Lock Yue. (2000). Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. *Separation and Purification Technology*, 19, 65–76.

ผู้เขียน

ศุภวรรณ นุ่มพูล สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 minicuper_23@hotmail.com

รศ.กรรณิการ์ ดิษยวงศ์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

อาจารย์บุญส่ง ศิลปเจริญกุล ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

EN2010: การใช้แบบจำลองใต้ดินและแบบจำลองการไหลเพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์, แหล่งก๊าซน้ำพอง, แอ่งโคราช, ประเทศไทย

Subsurface and Flow Models for Geological Carbon and Storage Assessment, Nam Phong Gas Field, Khorat Basin, Thailand

***อภิชาติ ชุมคงและคณะ**
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ครั้งแรกของการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในเชิงธรณีวิทยาของในประเทศไทย ซึ่งทำการศึกษาในแหล่งก๊าซน้ำพองภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งก๊าซที่ใกล้จะหมดลงอีกไม่กี่ปีข้างหน้านี้ การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อศึกษาการอัดคาร์บอนลงไปในชั้นกักเก็บที่มีก๊าซมีเทนอยู่ โดยใช้ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ ธรณีวิทยาและทางศิลาวรรณา ซึ่งในแหล่งกักเก็บจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงหรือตัวแปรอยู่หลายค่าด้วยกันที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งของแข็งและของเหลวภายในชั้นกักเก็บ ซึ่งถ้าไม่ตัดตัวแปรบางอย่างออกไปหรือกำหนดควบคุมเอาเฉพาะตัวแปรที่จำเป็นก็จะยุ่งยากมากเกินไป จึงให้ความสำคัญโดยกำหนดเงื่อนไขของสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเฉพาะเรื่องของความดันและอุณหภูมิเป็นหลัก เพื่อเป็นการประเมินศักยภาพของแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้

งานวิจัยนี้จึงใช้แบบจำลองที่เป็นเชิงธรณีใต้ผิวดิน และแบบจำลองการไหลใต้ผิวดินทั้งก่อนและระหว่างการอัดคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในชั้นกักเก็บ และกำหนดเงื่อนไขที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อม จะทำให้ผลที่ออกมามีค่าถูกต้องและเป็นค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งผลจากการศึกษานี้เมื่อนำไปประเมินศักยภาพในเชิงธรณีวิทยาแล้ว แหล่งก๊าซน้ำพองสามารถเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตได้

คำสำคัญ : การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เชิงธรณีวิทยา, แบบจำลองใต้พื้นดิน, แบบจำลองการไหล

ABSTRACT

The first initiation for a Geological Carbon and Storage (GCS) study in Thailand is conducted at the Nam Phong Field in the northeastern Thailand where CO_2 is injected into a depleted gas reservoir. The numerical modeling of the injection of CO_2 into the CH_4 depleted reservoir integrating with geophysical, petrophysical and geological data is conducted in order to study very subtle changes in elastic properties of the reservoir rock which is very difficult for a real world experiment. In this coupled model for simulating subsurface and flows, boundary conditions could be eliminated through mathematic transformations of the governing equations of subsurface flows. The solution of subsurface flows could be simultaneous. In addition, the subsurface domain could be considered as a fully integrated domain. This approach naturally provides pressure and temperature continuity along subsurface. In order to assess this modeling approach, several classical validations, verifications and application test cases are presented.

This paper will share challenges prior to and during construction of the 3D subsurface model, as well as various modeling approaches that have been generated with multi-scenarios and multi-realizations tasks. The result of this study will be used for flow performance evaluation and further dynamic modeling of the reservoir.

KEYWORDS: Geological Carbon and Storage, Subsurface model, Flows model

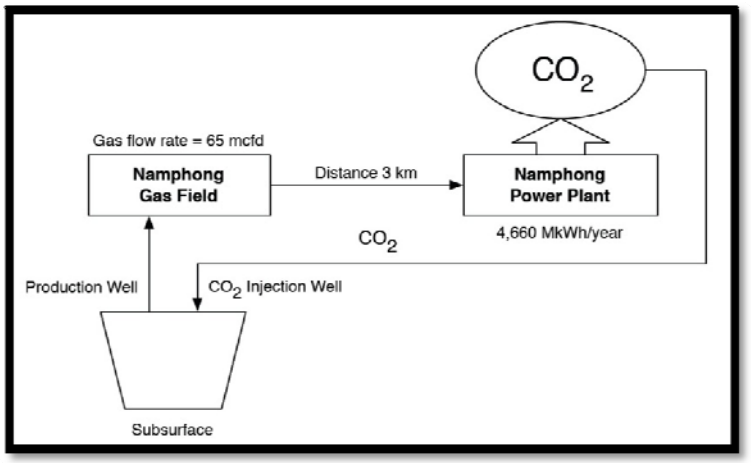
*** Apichat Choomkong[a], Passakorn Pananont[a,]*, Pornsawat Wathanakul[a], Wattanon Kullasit[c], Songrit Tiya[a], Nattawut Plumjaia[a], Somchai Pumim[b], and Trin Intraprasong[b]**
a Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand
b Department of Mineral Fuels, Ministry of Energy, Bangkok, Thailand
c Schlumberger Overseas, S.A.., Thailand
*** Corresponding author, e-mail: fscipkp@ku.ac.th, akeithaca@gmail.com**

Introduction

The CO_2 is one of Greenhouse Gases (GHG) that has the highest proportion occurring from anthropogenic activities into atmospheric which affective the global warming. Although Thailand is CO_2 emissions rate is 285 MT/year at the present time, in the future it can increase to 4.1% per year. This study use a case study of possibility of using the Nam Phong Gas Field for CO_2 storage for a pilot project to storage CO_2 for Thailand.

The Nam Phong Gas Field in the Northeastern Thailand is suitable for the study because their deplete gas field is located about 26 km north of Khon Kaen province the estimated gas for reservoir is 1.5 TSCF and can store CO_2 in place for 5.326 GT. In addition this field can be used for CO_2 for storage for industrial source from region growth of the Northeastern of Thailand that will promote sustainable development of petroleum together with environment through the clean development mechanism (CDM) and emission reduction of greenhouse gases in to atmospheric.

Figure 1. A schematic diagram of the GCS process for a gas-fired power plant.



OBJECTIVES

1. To simulated the subsurface model of reservoir.
2. To simulate the CO_2 injection and flow into depleted reservoir.
3. To evaluate the possibility of reservoir for CO_2 storage.

Methodology

Figure 2: Schematic diagram of the Pilot GCS Project.

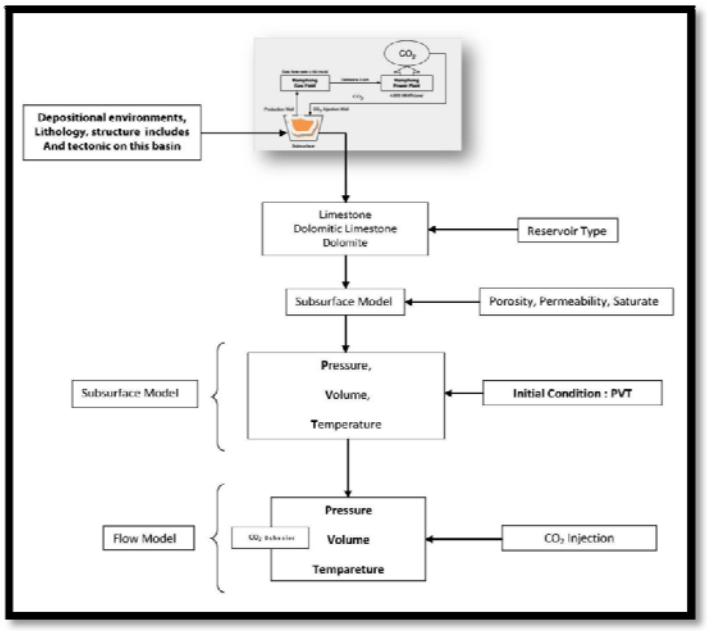


Figure 2 is the methodology following the first is to study platform carbonate for depositional environments, lithology, structure includes and tectonic on this basin. The second is to analysis lithology by petro physics limestone, dolomitic limestone and Dolomite. The third is 3D subsurface model by using logs and seismic data control to grid pixel for reservoir modeling. The forth step is to run initial condition of reservoir parameter (PVT : Pressure, Volume and Temperature) by dynamic model . Run the calculation of the CO_2 injection into the reservoir is conducted. In the part of model is conclude Static Mode (Modeling by using petrel Ver. 2011.1) and Dynamic Model (modeling by using Eclipse Ver 2011.1). This paper has run dynamic modeling (simulation) without static model so that run dynamic modeling have to following the first, we need Petrel for built 3D structure model (horizons, fault), facies modeling, properties modeling (porosity, permeability, saturate), upscaling model for simulation and export model. The second, we import (static model from Petrel) to eclipse and then run simulation, and so the result of simulation modeling is also depend on static model (Geostastics model) from petrel.

Hypothesis

The recent Nam Phong Gas Field is the deplete gas field so may be to CO_2 storage which structural trap and a lot of volume metric for reservoir estimate gas for reservoir to 1.5 TSCF and can be estimate CO_2 in place to carbonate reservoir approximate to 5.326 GT. and so must have study to assessment by using Subsurface and flow models for geological method.

Materials and Equipments

1. The Nam Phong Gas Field dataset From ExxonMobil Khorat INC.
2. Computer Programs in Petrel Ver. 2010 and Eclipse Ver. 2010

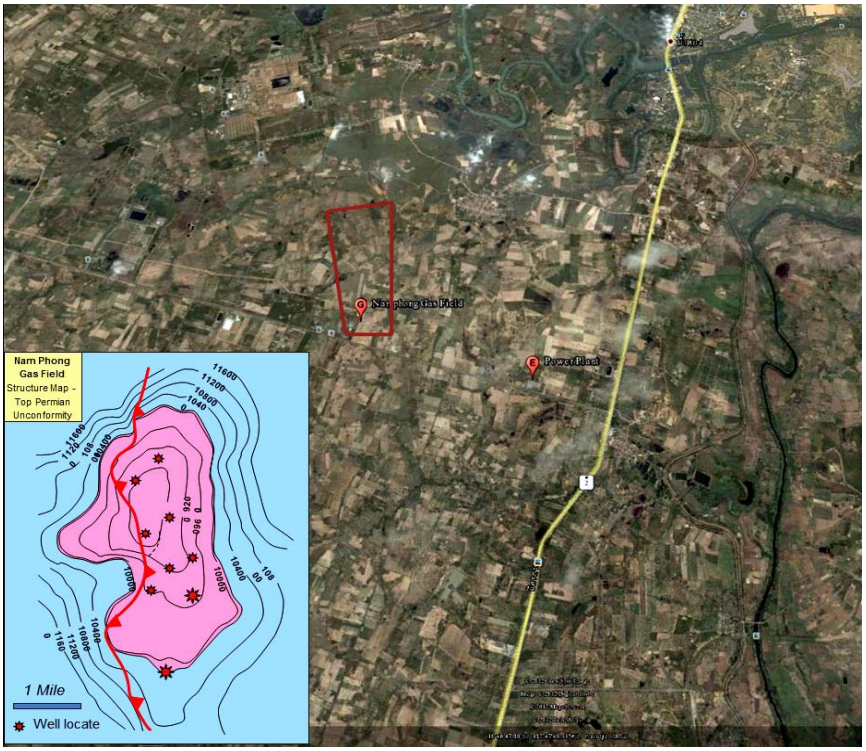
Places for Study

- Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kasetsart University.
- PTT Exploration and Production Public Company Limited, Thailand.

Study area and data set

Nam Phong Gas field is located in the Khorat Basin, 26 km north of Khon Kaen province, Northeastern Thailand.

Figure 3: Nam Phong gas field area of the Northeastern Thailand.

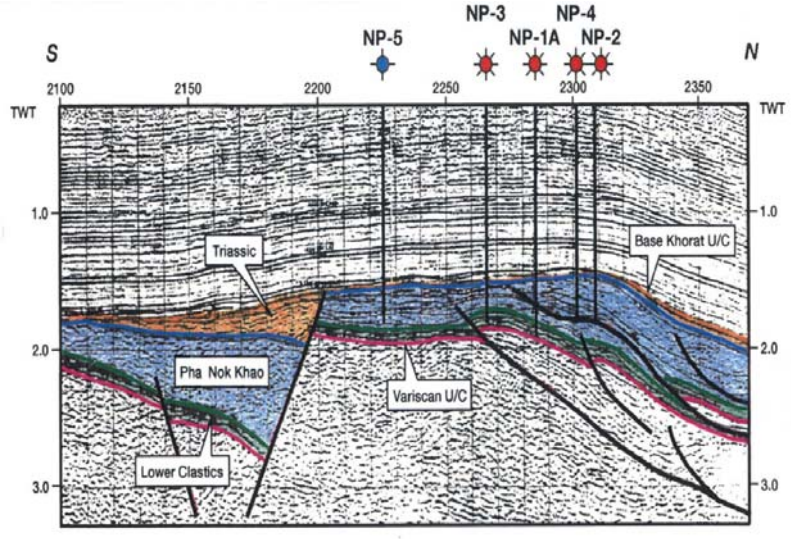


Source: Department of Mineral Fuels (2002)

Geology Setting of Nam Phong Field

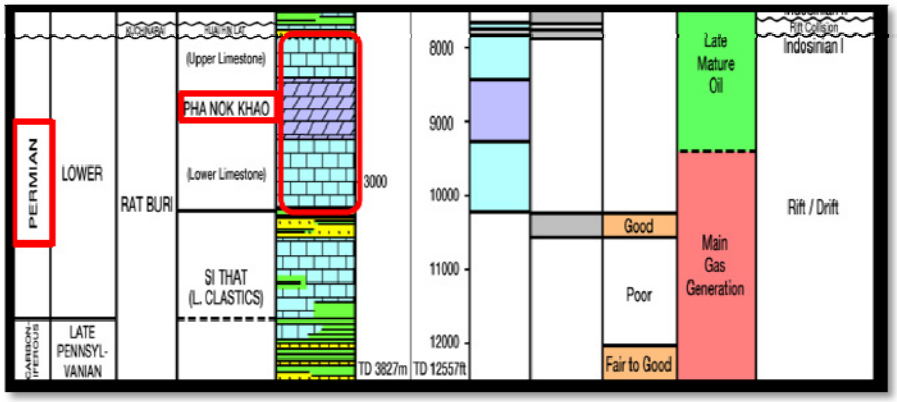
Structure trend have feature of Nam Phong Field consists of a north-south trending anticline with a horst structure at depth. Deposition environments have the Permian Pha Nok Kao carbonates consist of high energy platform and shelf margin buildups and prograding carbonate sands; lower energy platform/shelf lime muds and sands; lower energy platform tidal flat deposits environment generate to thick-bedded gray limestone and dolomite, and thin-bedded gray shale and black, nodular or thin-bedded chert may occur locally. The Permian Facies and Depositional environments that have a lot of carbonate facies and have assigned these facies to three carbonate depositional environments.

Figure 4: Geoseismic Cross section of Pha Nok Kao Formation.



Source: Department of Mineral Fuels (2002)

Figure 5: Stratigraphy Pha Nok Kao Formation



Source: Department of Mineral Fuels (2002)

Results

Table 1 CO_2 - EGR for simulation model properties.

Reservoir	Length	Grid Blocks
Radius	4500 feet	125000
Thickness	198 feet	100
Theta	45º	45º
Initial Pressure	2000 psi	
Original gas in place	65 BCF	
Base Recovery	15 BCF	
Base Production Life	15 years	
Economic Limit	500 MCFPD	
Depth	10,700 feet	
Permeability	100 md	
Porosity	17%	
Aquifer	Pha Nok Kao FM	
Encroachable CO_2	100 MMBbl	
Productivity	0.5 BPD/psi	

Figure7: 3D Static Model of Reservoir

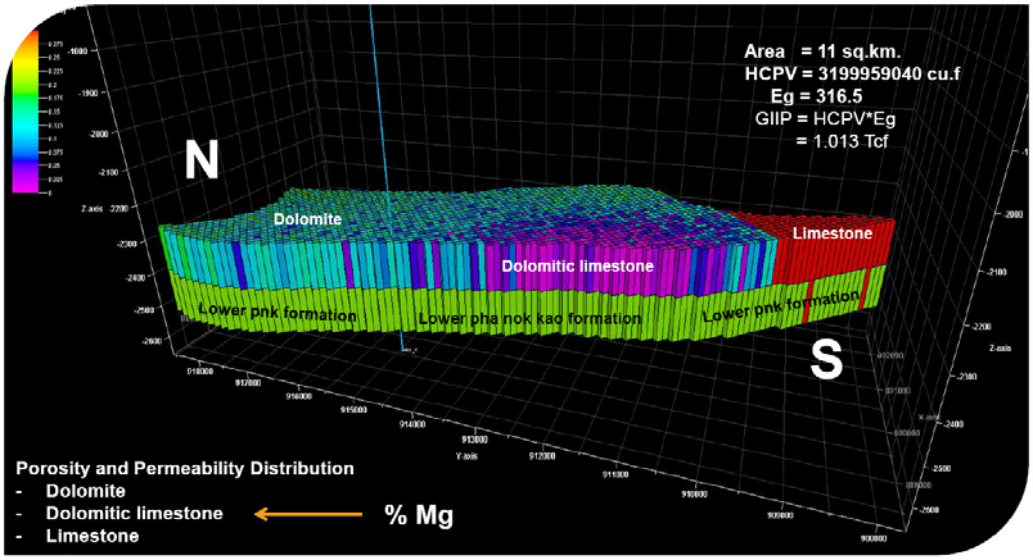


Figure 8: 3D Dynamic Model of Reservoir (Injection CO_2 in Well 3)

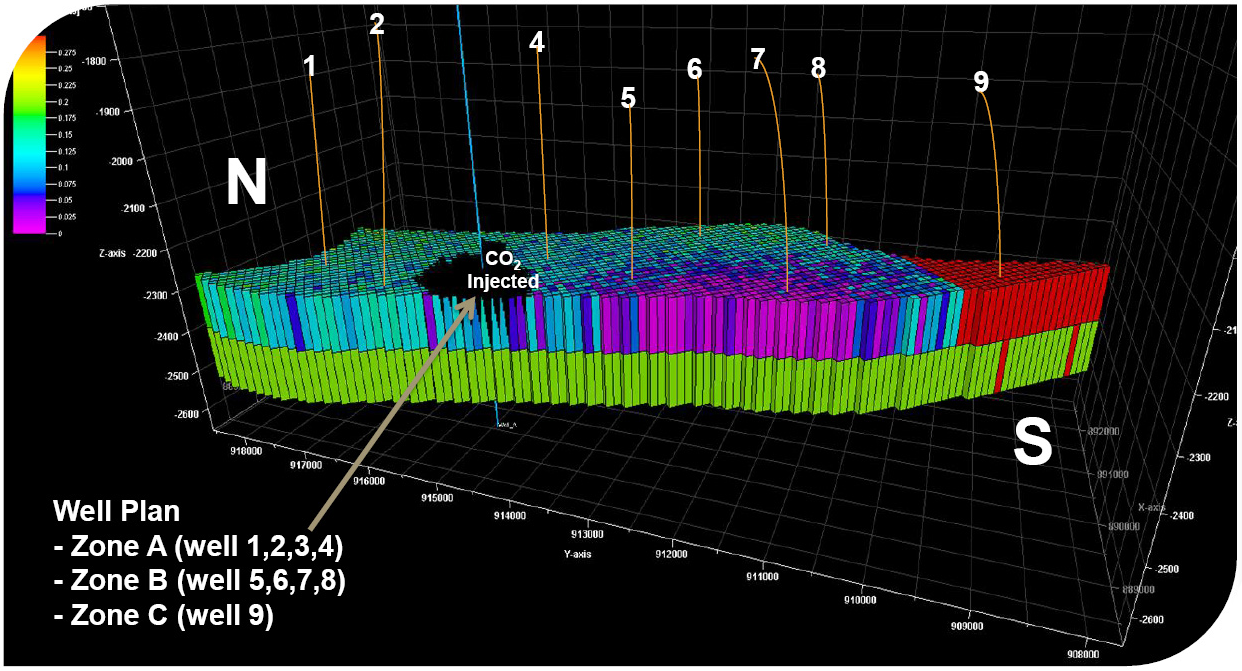
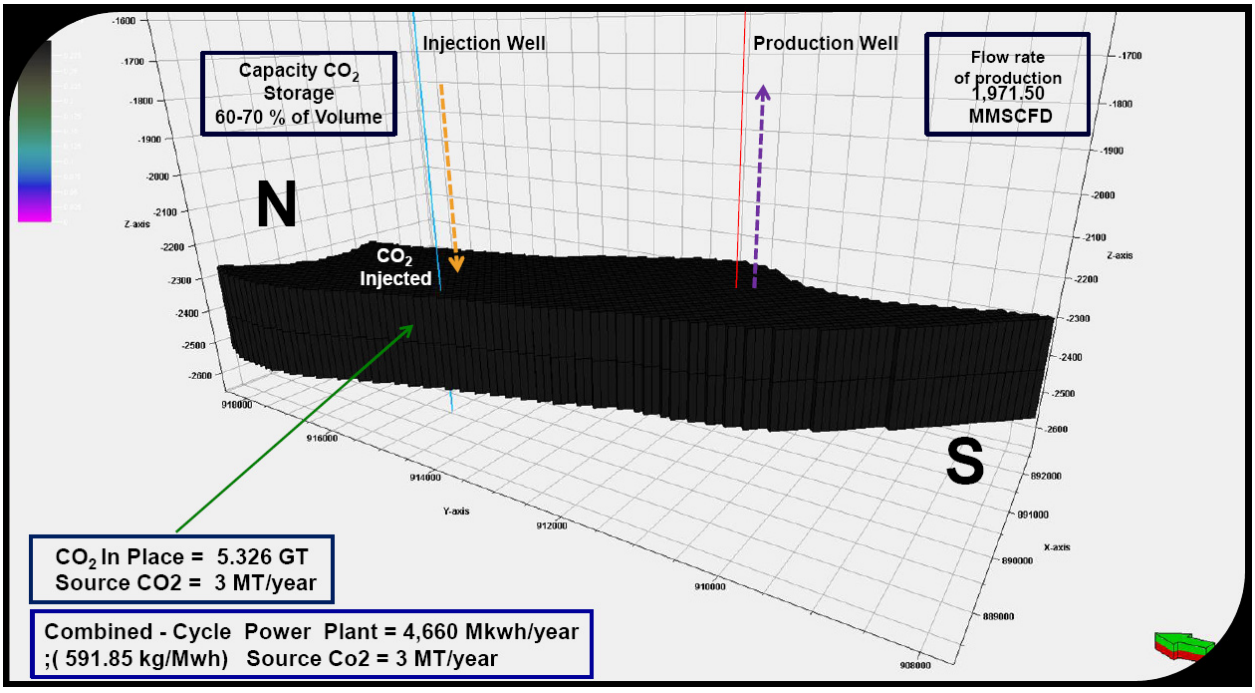


Figure 9: Capacity storage for 3D Dynamic Model of Reservoir (Injection CO_2 in Well 3)



A simulation studies were conducted, using Eclipse, to investigate recovery optimization by coproduction and CO_2 enhance gas recovery, In the case of the CO_2-flooding study it was concluded that the injection rate necessary to obtain a given recovery factor in a given amount of time, with a limited injection volume goes up significantly over time, and that beginning CO_2 injection early in the life of a reservoir can have several advantages to performing a CO_2-flood near abandonment.The Pha Nok khao formation is a deep carbonate reservoir located onshore the northeastern of Thailand. The reservoir is a candidate site for large scale handling of CO_2 emissions from future gas combine power plants. This paper describes a dataset for the geological model. The dataset can be process by simulation with fluid properties. The geological model has

been described in detail, and some simulation results have been show for injection of CO_2. These simulations have been performed using the standard simulator Eclipse 300, and can be used as a basis for comparisons.

The geological model has been used to perform various simulations of CO_2 flow and transport base on realistic injection scenarios. We show that the choice of lateral boundary conditions may significantly change the simulation results. Furthermore, we show that vertical grid refinement is need to properly resolve the CO_2 plume. The numerical example calculations illustrate important trapping mechanisms. In particular residual gas saturation and stratigraphic traps are considered. The spreading of CO_2 is highly dependent on the relative permeability models that are used. Local domes in combinations with cap-rock and scaled faults may provide significant practical storage volumes, provided that the integrity of the cap-rock and faults can be vertical. The impact of permeability has been discussed and is shown to have significant effect on the simulated saturated distributions.

Discussion and Conclusion

The Nam Phong gas field is carbonate platform of Northeastern Thailand. The reservoir can be divide a limestone, dolomitic limestone and dolomite zones which estimate gas for reservoir to 1.013 TSCF and can be estimate CO_2 in place to carbonate reservoir approximate to 5.326 GT. In addition CH4 flow rate to 15% of volume so the Nam Phong Gas Field can produce CH_4 to power plant for produce electric to continue. In analyzing to well plane for CO_2 injection that can be consider well position wherewith porosity permeability because this reservoir classifieds to 3 facies (tidal flat sediment. Moderated and high energy prograding shelf-edge sediment and should be use ponder about invests budget for CO_2 projects. And the importance in the future this field can be CO_2 sink for a lot of for reserves from industrial and so on for regional growth of northeastern of Thailand that promote sustainable development of petroleum together with environment through the clean development mechanism (CDM) and emission reduction of greenhouse gases in to atmospheric.

And the results of this study will provide the important information for the truth of CO_2 Storage in Nam Phong Gas Field. Further, this study will make the reliability for the apply CCS (Carbon Capture and Storage) researches, that can be used by researchers can take this parameter from this study to apply with their works.

Reference

Brigaud, B., C. Durlet, J. Deconinck, B. Vincent, E. Pucéat, and J. Thierry. 2009. Facies and climate/environmental changes recorded on a carbonate ramp: sedimentological and geochemical approach on Middle Jurassic carbonates(Paris Basin, France). **Sedimentary Geology.** 222: 181–206.

Chapuis, F., H. Bauer, A. Leynet, B. Bourgine, C. Castagnac, S. Fillacier, et al., 2011. Geological investigations for CO_2 storage: from seismic and well data to 3D modeling**. Energy Procedia.** 201:4591-4598.

Chan, D. Y.C., B.D. Hughes, L. Paterson, and C. Sirakoff. 1988. Simulating flow in porous medid. **Physical review.** 1- 15.

Dake, L.P. 1977. Fundamentals of Reservoir Engineering. **Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.** 227.

Dongfang, T. and L. Defu. 2011. A new integrated surface and subsurface flows model and its verification. **Applied Mathematical Modelling**. 35:3574–3586.

Ehrenberg, S. N., G. Eberli and G. Baechle. 2006. Porosity–permeability relationshipps in Miocene carbonate platforms and slopes seaward of the Great Barrier Reef,Australia (ODP Leg 194, Marion Plateau). **Sedimentology.** 53:1289–1318. doi: 10.1111/j.1365-3091.2006.00817.x.

Hagoort, J. 1974. Displacement Stability of Water Drives in Water Wet Connate Water Bearing Reservoirs. **Soc. Pet. Eng. J**. 14: 63 – 74.

Harbert, W., C. Purcell and A. Mur. 2011. Seismic reflection data processing of 3D surveys over an EOR CO_2 injection. **Energy Procedia**. 4. 3684–3690.

Hovorka, S.D. 2011. Making capacity estimates for geologic storage of CO_2. **GCCC**

Liu, J., B. Bodvarsson and Y.Wu. 2003. Analysis of flow behavior in fractured lithophysal reservoirs. **Contaminant Hydrology.** 62. 189-211.

Lucia, F.J. 2007. Carbonate reservoir characterization. **Springer – Verlag**.2: 226.

Lüth, S., P. Bergmann, C. Cosma, N. Enescu, R. Giese, J. Götz,et al.2011. Time- lapse seismic surface and down-hole measurements for monitoring CO_2 storage in the CO_2SINK project (Ketzin, Germany**). Energy Procedia.** 4: 3435–3442.

Mur, A., C. Purcell, Y. Soong,D. Crandall, T.R. McLendon, V. Haljasma, et al. 2011. Integration of core sample velocity measurements into a 4D seismic survey and analysis of SEM and CT images to obtain pore scale properties. **Energy Procedia**. 4: 3676–3683.

Omambia1, A. N. and Y. Li1. 2010. Numeric modeling of carbon dioxide sequestration in deep saline aquifers in Wangchang Oilfield-Jianghan Basin, China. **American Science.** 6(8): 178-187.

Pereira, E. L. and A.C. Vidal. 2010. 3D porosity prediction from seismic inversion and neural Networks. **Computers & Geosciences.** 37: 1174–1180

Urosevic, M., R. Pevzner, V. Shulakova, A. Kepic, E. Caspari, and S. Sharma. 2011. Seismic monitoring of CO_2 injection into a depleted gas reservoir –Otway Basin Pilot Project, Australia. **Energy Procedia.**4: 3550–3557.

Urosevic, M., A.J. Campbell, L. Dahlhaus, A. Gendrin, W.S. Leaney, S. Tcherkashnev, et al. 2009. Seismic Monitoring and Verification for the CO_2CRC Otway Basin Project, Part 2: acquisition and analysis of borehole seismic data. **Energy Procedia.** 1: 3135–3140.

PH1007: ผลของมุมในการเข้าเคลือบต่อโครงสร้างและสมบัติไฟฟ้าของผิวเคลือบทองแดงที่เคลือบโดยกระบวนการดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง

EFFECTS OF DEPOSITION ANGLE ON STRUCTURAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF CU THIN FILMS PREPARED BY DC MAGNETRON SPUTTERING

จุฑารัตน์ เชี่ยววัฒนากุล[1*] และ นคร ศรีสุขมบวรชัย[1]

[1]สาขาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.ประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทดลองเคลือบฟิล์มบางทองแดงบนกระจกสไลด์ด้วยกระบวนการดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง โดยจัดวางกระจกสไลด์ทำมุมกับเป้าสารเคลือบ 30 องศา ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับกระจกไลด์ 8 เซนติเมตร ฟิล์มบางทองแดงเคลือบภายใต้สภาวะเดียวกันด้วยความดันรวม 5×10^{-3} มิลลิบาร์ กระแสไฟฟ้า 200 มิลลิแอมป์ โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ต้องการศึกษาผลของมุมในการเข้าเคลือบต่อโครงสร้างและสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบด้วยกระบวนการดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง ตรวจสอบการจัดเรียงโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) ซึ่งพบการจัดเรียงอะตอมในระนาบผลึก (111) (200) และ (220) ศึกษาสภาพต้านทานไฟฟ้าด้วยเทคนิคโฟร์พอยท์โพรบ (Four point probe) และวัดความหนาฟิล์มบางทองแดงด้วยเครื่องวัดความหนา (Surface profiler) ผลการศึกษาพบว่าฟิล์มบางทองแดงเคลือบแบบมุม 30 องศา มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบระดับอ้างอิงในระนาบปกติ

คำสำคัญ : ดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง ฟิล์มบางทองแดง มุมการเคลือบ

Abstract

Copper thin films were deposited on glass slide substrate by DC magnetron sputtering. The copper thin film was deposited onto a glass slide substrate at the angle of 30 degree. The substrate-target distance was fixed at 8 cm. These films were deposited by constant working pressure of 5×10^{-3} mbar with a target current of 200 mA. The purpose of this research is to study the effect of deposition angle on structural and electrical properties of Cu thin films prepared by DC magnetron sputtering. Characterization of the crystalline of the copper thin films was conducted using X-ray diffraction. All deposited copper thin films showed preferred orientations of (111) (200) and (220) in the film growth. The electrical resistivity of copper films were measured by 4-point-probe.The film thickness was measured by surface profiler, which was shown to be effected from the deposition angle and target-substrate distance. The results showed 30 degree deposited Cu thin film has more resistivity than reference Cu thin film.

Keywords: DC Magnetron Sputtering, Cu Thin Film, Angle Deposition

---

* ผู้ประสานงาน : E-mail juhtarat.chiew@gmail.com

กิตติกรรมประกาศ ขอขอบพระคุณ รศ.สุรสิงห์ ไชยคุณที่เอื้อเฟื้อให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทนำ

ทองแดงเป็นธาตุที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าและนำความร้อนสูง ต้านทานต่อการกัดกร่อน สามารถขึ้นรูปได้ง่าย หรือมีสีสันสวยงาม เป็นต้น จากสมบัติที่โดดเด่นของทองแดงซึ่งเป็นธาตุจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มเหล็ก (Nonferrous Metals) และมีสมบัติเฉพาะที่ดีกว่าเหล็ก (ดวงฤดี ศุภติมัสโร, 2553) โดยสมบัติข้างต้นทำให้มีการวิจัยและพัฒนางานวิจัยในกลุ่มทองแดงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุดในการนำทองแดงไปใช้งาน ปัจจุบันทองแดงถูกนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ซึ่งงานในอุตสาหกรรมบางส่วนมีการเติมทองแดงเป็นสารเจือเพื่อต้องการใช้งานจากสมบัติที่โดดเด่นจากทองแดงที่ไม่พบในธาตุอื่นยกตัวอย่างเช่น แผงกำเนิดไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

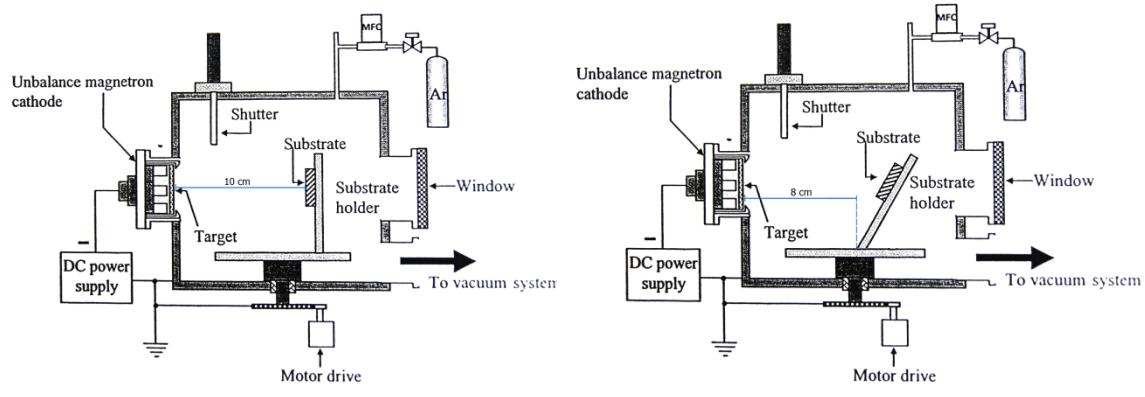
การเตรียมฟิล์มทองแดงสามารถแบ่งกระบวนการเคลือบดังนี้ การเคลือบด้วยกระบวนการทางเคมี (Chemical vapor deposition; CVD) เช่น เทคนิคชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า และการเคลือบด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์ (Physical vapor deposition; PVD) เช่นเทคนิคไอระเหย เทคนิคสปัตเตอริ่ง โดยกระบวนการสปัตเตอริ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการเคลือบฟิล์มบางในสุญญากาศ (อดิศร บูรณวงศ์, 2549) สำหรับการเคลือบด้วยเทคนิคสปัตเตอริ่งสามารถควบคุมอัตราการเคลือบให้สม่ำเสมอได้จากการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเคลือบ ยกตัวอย่างตัวแปรในการเคลือบเช่น ความดันรวมขณะเคลือบ อัตราการป้อนแก๊ส ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับฐานรองเคลือบ ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลือบ เป็นต้น (Hong, Q. et al., 2002) ตัวแปรที่ใช้เคลือบมีความสำคัญส่งผลต่อสมบัติของฟิล์มบางทองแดงอย่างยิ่ง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงศึกษาเน้นตั้งแต่พื้นฐานกระบวนการการเกิดฟิล์มเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่มีปัจจัยส่งผลต่อสมบัติของฟิล์มทองแดง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเตรียมฟิล์มบางทองแดงด้วยเทคนิคดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่งตามการทดลองที่ออกแบบ
2. เพื่อศึกษาผลของมุมการเข้าเคลือบที่ส่งผลต่อโครงสร้างและสมบัติการนำไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ฟิล์มบางทองแดงที่ใช้ในการศึกษาเคลือบภายใต้สภาวะสุญญากาศด้วยกระบวนการดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่ง โดยใช้เป้าสารเคลือบทองแดง (ความบริสุทธิ์ 99.97%) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 75.0 มิลลิเมตร เคลือบบนกระจกสไลด์ขนาดกว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 12.6 เซนติเมตร โดยวางกระจกสไลด์บนแท่นรองทำด้วยแผ่นสแตนเลสเกรด 304 ขนาดกว้าง 8 เซนติมเตร ยาว 13 เซนติเมตร ซึ่งแท่นรองสแตนเลสออกแบบให้สามารถปรับทำมุมตามต้องการ แก๊สที่ใช้ในการสปัตเตอร์เป็นแก๊สอาร์กอนความบริสุทธิ์สูง (99.997%) เคลือบภายใต้ระบบสุญญากาศซึ่งประกอบด้วยเครื่องสูบกลโรตารีและเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ลำดับขั้นตอนในการเคลือบฟิล์มบางทองแดงเริ่มจากการทำความสะอาดกระจกสไลด์ตามขั้นตอนมาตรฐานจากนั้นนำกระจกสไลด์ที่ผ่านการทำความสะอาดวางบนแท่นรองโดยมีการจัดวาง 2 ชุดการทดลองในภาชนะเคลือบสุญญากาศ การเคลือบรอบแรกวางกระจกสไลด์บนแท่นรองสแตนเลสในแนวขนานปกติกับเป้าสารเคลือบเป็นระยะห่าง 10 เซนติเมตรแสดงในภาพที่ 1(ก) การเคลือบครั้งที่สองวางกระจกสไลด์บนแท่นรองสเตนเลสที่ทำมุม 30 องศากับเป้าสารเคลือบเป็นระยะห่าง 8 เซนติเมตรแสดงในภาพที่ 1(ข) (Buranawong, A., 2010)



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 แผนภาพการจัดวางกระจกสไลด์ในภาชนะเคลือบสุญญากาศ (ก) จัดวางกระจกสไลด์ในแนวขนานกับเป้าสารเคลือบทองแดง (ข) จัดวางกระจกสไลด์ทำมุม 30 องศากับเป้าสารเคลือบทองแดง

โดยการเคลือบทั้งสองชุดเคลือบภายใต้สภาวะบรรยากาศเดียวกันด้วยความดันก่อนเคลือบ 5×10^{-5} มิลลิบาร์ ป้อนแก๊สอาร์กอนเข้าสู่ภาชนะเคลือบสุญญากาศด้วยอัตราการป้อนแก๊ส 3 sccm ความดันรวมตลอดการเคลือบฟิล์มบางทองแดงหลังการป้อนแก๊สอาร์กอนมีค่า 5×10^{-3} มิลลิบาร์ จากนั้นจ่ายกระแสไฟฟ้า 200 มิลลิ

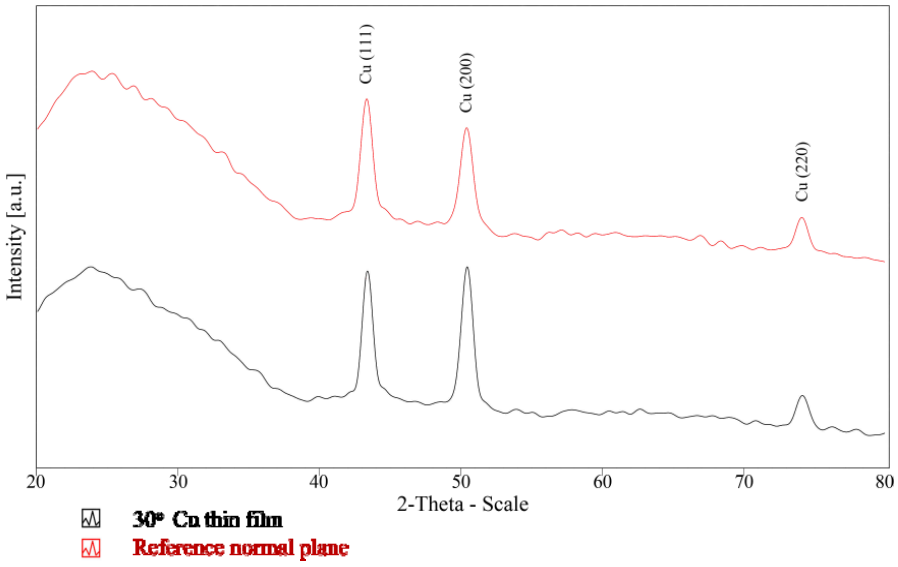
แอมป์ให้กับขั้วคาโทดที่ติดตั้งเป้าสารเคลือบทองแดง ก่อนเริ่มกระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานจริงแผ่นบัง (shutter) ที่กั้นระหว่างกระจกสไลด์และเป้าสารเคลือบทองแดงถูกกั้นเนื่องจากต้องทำการสปัตเตอร์หน้าเป้าสารเคลือบทองแดง (pre-sputtering) เป็นระยะเวลา 5 นาทีทั้งนี้เพื่อเป็นการทำความสะอาดหน้าเป้าสารเคลือบทองแดงก่อนเคลือบบนชิ้นงานจริง จากนั้นเปิดแผ่นบัง (shutter) ที่กั้นระหว่างกระจกสไลด์และเป้าสารเคลือบทองแดงเพื่อเคลือบจริงเวลาที่ใช้เคลือบ 9 นาที

ฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบได้นำไปตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) ด้วยเครื่อง Bruker ใช้ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์จากทองแดงเท่ากับ 1.5406 Å โดยรูปแบบมุมเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ถูกบันทึกมุมในช่วง 20-80 องศา วิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณผลการทดลองที่บันทึกรูปแบบมุมเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เพื่อทราบความหนาแน่นสูงสุดของอะตอมที่จัดเรียงตัวในแต่ละระนาบผลึก สำหรับค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงคำนวนจากผลการวัดค่าความต้านทานด้วยเทคนิคโฟร์พอยท์โพรบโดยจ่ายกระแสไฟฟ้า 10 มิลลิแอมป์ ทำการวัดค่าความต้านทาน 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย และวัดความหนาของฟิล์มบางทองแดงด้วยเครื่อง Surface profiler Dektak50 จากนั้นวิเคราะห์ผลความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างผลึกและสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1) ผลของมุมเคลือบต่อโครงสร้างฟิล์มบางทองแดง

จากภาพที่ 2 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของฟิล์มบางทองแดงที่มุมเคลือบ 30 องศาและฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบเป็นระดับอ้างอิงในระนาบปกติ จากกราฟพบพีคฐานกว้างที่มุม 2θ ในช่วง 20-80 องศาซึ่งเป็นส่วนแสดงโครงสร้างผลึกที่ไม่เป็นระเบียบของกระจกสไลด์ (ฐานรองเคลือบ) และพบพีคฐานแคบซึ่งเป็นส่วนแสดงโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางทองแดงโดยพบพีคที่มุม 2θ เท่ากับ 43 50 และ 74 องศาตรงกับระนาบ (111) (200) และ (220) ตามลำดับ



ภาพที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบด้วยมุม 30 องศา และเคลือบในระนาบปกติกับเป้าเคลือบสารทองแดง

พิจารณารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ฟิล์มบางทองแดงเพื่อวิเคราะห์คำนวนหาปริมาณความหนาแน่นการจัดเรียงของอะตอมในแต่ละระนาบ (Texture Coefficient: TC) ตามสมการที่ 1 (Tucic, A. et al., 2003) โดยคำนวณเทียบกับมาตรฐานทองแดง JCPDS-ICDD4-836 จากผลการคำนวณพบว่าฟิล์มบางทองแดงทั้งหมดมีปริมาณความหนาแน่นการจัดเรียงของอะตอมในระนาบ (200) มากที่สุด ผลการคำนวณปริมาณความหนาแน่นการจัดเรียงอะตอมในแต่ละระนาบ แสดงในตารางที่ 1

$$TC_{(hkl)} = \frac{\frac{I_{(hkl)}}{I_{0(hkl)}}}{\frac{1}{N}\left[\sum_{i=1}^{N}\frac{I_{(hkl)}}{I_{0(hkl)}}\right]} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณปริมาณความหนาแน่นการจัดเรียงอะตอมในแต่ละระนาบ (Texture Coefficient: TC)

ฟิล์มบางทองแดง	ระนาบผลึก	(111)	(200)	(220)
	มาตรฐานทองแดง JCPDS-ICDD 4-836 $I_{0\,(hkl)}$	100	46	20
30°	$I_{(hkl)}$	219	149	54
	TC	6.76	10.0	8.34
ระนาบปกติ	$I_{(hkl)}$	256	227	63
	TC	5.19	10.0	6.38

จากผลวิเคราะห์ปริมาณความหนาแน่นการจัดเรียงอะตอมจัดในแต่ละระนาบแสดงให้เห็นว่าการเคลือบฟิล์มบางทองแดงที่มุมเคลือบ 30 องศาและการเคลือบฟิล์มบางทองแดงในแนวระนาบปกติมีปริมาณความหนาแน่นการจัดเรียงอะตอมในระนาบ (200) มากที่สุด ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบฟิล์มบางทองแดงที่มุมเคลือบ 30 องศาไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความหนาแน่นของอะตอมที่จัดเรียงในระนาบ (200)

2) ผลของมุมเคลือบต่อสมบัติทางไฟฟ้าฟิล์มบางทองแดง

ผลการวัดความต้านทานของฟิล์มบางทองแดงด้วยเครื่องโฟร์พอยท์โพรบ (Four point probe) และวัดค่าความหนาฟิล์มด้วยเครื่องวัดความหนา (Surface Profiler) แสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณเพื่อหาสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงตามสมการที่ 2 (Valdes, L.B., 1954) พบว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงที่มุมเคลือบ 30 องศามีค่ามากกว่าฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบในระนาบปกติ

$$\rho = \frac{\pi}{ln\,(2)} t\left(\frac{V}{I}\right) = 4.523t\left(\frac{V}{I}\right) \quad (2)$$

ตารางที่ 2 ผลตรวจสอบสมบัติไฟฟ้า

ฟิล์มบางทองแดง	ความหนา(nm)	ความต้านทาน(Ω)	สภาพต้านทานไฟฟ้า ($\times 10^{-5}$ Ω.cm)
30 องศา	892	0.041	1.65
ระนาบปกติ	358	0.052	0.84

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของฟิล์มบางทองแดงเตรียมด้วยเทคนิคดีซี แมกเนตรอน สปัตเตอริ่งที่มุมเคลือบ 30 องศา และเคลือบในระนาบปกติภายใต้สภาวะการเคลือบเดียวกันพบว่าฟิล์มบางทองแดงมุมเคลือบ 30 องศา มีความหนา 892 นาโนเมตรและฟิล์มบางในระนาบปกติหนา 358 นาโนเมตร จากความหนาของฟิล์มบางทองแดงมีความแตกต่างกันทั้งนี้เป็นเพราะมุมเคลือบที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปและความหนาของฟิล์มบาง (Ohring, M., 2002) ผลโครงสร้างการจัดเรียงตัวของผลึกและสภาพต้านทานการนำไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงพบว่ามีปริมาณความหนาแน่นของอะตอมมีการจัดเรียงในระนาบ (200) มากที่สุดและค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าฟิล์มบางทองแดงที่มุมเคลือบ 30 องศามีค่าสูงกว่าฟิล์มบางทองแดงที่เคลือบในระนาบปกติ จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าฟิล์มบางทองแดงที่เตรียมฟิล์มด้วยมุมเคลือบ 30 องศาไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกแต่ส่งผลต่อสมบัติไฟฟ้าซึ่งค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงเตรียมด้วยมุมเคลือบ 30 องศา มีค่ามากกว่าฟิล์มบางทองแดงที่เตรียมด้วยการเคลือบในระนาบปกติ ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบางทองแดงซึ่งผู้วิจัยมีการดำเนินงานวิจัยศึกษาขนาดเกรนของฟิล์มบางทองแดงที่อาจส่งผลต่อสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อนำมาประกอบกับผลโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางทองแดงที่ทำการศึกษาวิเคราะห์ไปแล้วในเบื้องต้น

เอกสารอ้างอิง

ดวงฤดี ศุภติมัสโร. (2553). โลหะวิทยาฟิสิกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด, 2553.

อดิศร บูรณวงศ์. (2549). ผลของความดันรวมต่อโครงสร้างและสมบัติไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง. รายงานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิต.

Hong, Q., Fengping, W., Ping, W., Liqing, P., & Yue, T.(2002). Structure and Electrical Properties of Cu Films Deposited on Glass by DC Magnetron Sputtering. *Surface Engineering,Surface Instrumentation & Vacuum Technology*, 66, 447-452.

Buranawong, A.(2010).Deposition of Titanium Aluminium Nitride Thin Film by Reactive Unbalanced Magnetron Sputtering Method. *A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Physics)*. Faculty of Science, KMUTT, Bangkok.

Tucic, A., Marinkovic, Z. V., Mancic, L., Cilense, M., & Milosevic, O. (2003). Pyrosol Preparation and Structural Characterization of SnO_2 Thin Films. *Journal of Materials Processing Technology*, 143-144, 41-45.

Valdes, L. B. (1954). Resistivity Measurements on Germanium for Transistors. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, 42, 420-427.

Ohring, M. (2002). *Materials Science of Thin Film*., United States of America: **Academic Press.**

ผู้เขียน

จุฑารัตน์ เชี่ยววัฒนากุล นักศึกษากลุ่มวิจัยการประยุกต์และเทคโนโลยีวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140 jutharat.chiew@gmail.com

PH2001: การสืบสวนรอยจากที่วางแบบแผ่นโลหะบางบนลูกธนูที่ยิงโดยคันธนูทดกำลัง

Investigation of rest mark from blade launcher rest on the arrow shot by compound bow

ฐาปน จงรักษ์, รัชภาคย์ จิตต์อารี, ทศพร บุญยฤทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Abstract

Nowadays, the usage of arrow and bow has been greatly deviated from its normal functions like hunting and sporting tools. They are increasingly found to be misused as killing weapons and drug delivery tools in many places around the world including Thailand. In such cases, an arrow found in a crime scene is expected to contain a vital clue for an investigator to match the evidence with the launching bow or even the shooter. The investigation conducted for the matching arrow and bow is based on the tool mark analysis similar to what is normally conducted in the ballistic investigation. In this study, rest marks left on a shot arrow by a blade launcher from a compound bow is studied. Carefully examination on the patterns of rest marks by different methods such as naked eyes, stereomicroscope and comparison microscope are performed. Although the observation obtained hardly reveals the link of an arrow with its origin, the unique impression on an arrow can certainly be used to eliminate unrelated evidences found in the investigation.

KEY WORDS: Archery, Bow, Arrow, Characteristic, Mark

*Thapana Chongraks
Tel. 08-9110-5965
E-mail : movingbox@me.com

Introduction

Nowadays, most crimes are committed with weapons such as knife, bat or firearms. Criminals use weapons to threaten a victim to follow their commands. The worst case of using the weapon to commit crimes is to kill the victim. Sometimes this happens accidentally but mostly occurs intentionally. Forensic scientists have many ways to prove whether the weapons was used in the crime. Each type of weapons has its own characteristics that can lead the scientist or investigator to the circumstance that really happened. If the weapon is an arrow shot by a bow, the wound characteristic on a person inflicted by the arrow is normally similar to the ones made by a knife. This is not hard to imagine that the equipment has a capability to be used as a weapon to kill people. If so, what forensic scientist can do? Do they have any method to prove the origin or the owner of the suspected arrow?

In this study, a compound bow () is used. A normal procedure before shooting is to place the shaft of an arrow on the blade launcher rest (). When shooting, the arrow is quickly released and pushed forward by the bow string. As the arrow slides past the launch rest, the contact between them causes characteristic scars called rest mark on the arrow shaft. The impressions on the arrow shaft are expected to provide an important link between the shot arrow and the launch rest attached to a compound bow



Figure1: The image of compound bow



Figure2: The image of arrow on the blade launcher rest

Objectives of this study include

1. Study the proper ways to search mark on the arrow.
2. Study a proper method to enhance rest marks on the arrow for higher clarity.
3. Study the dimension of the arrow rest for comparison with the rest marks.

Material and Method used in this study are composed of

1. A new dozen of arrow
2. Compound bow
3. Stereo Microscope with image capture unit
4. Computer with image enhancing software (Adobe Photoshop CS3)
5. New and used arrow blade launcher rests
6. Used arrows from various archer for comparison

Procedures

First of all, rest marks were generated on new arrows by shooting with a compound bow. Shot arrows were divided into 5 groups based on different shooting times that (0, 1, 5, 10, 15, and 45). Secondly, the rest marks on the shot were examined with naked eyes and their picture were taken. After that, the oblique light technique was applied and again their picture were taken. Photos from both steps were compared. In addition, am image enhancing software was applied. The parameter that uses to enhance includes the light correction for photography. Comparison was made between enhanced and non enhanced images. A quantitative investigation was also performed by comparing the dimension of the arrow rest to the rest marks on the arrow shaft. In the last step, the questioned arrow was presented to the professional toolmark examiner for comments and suggestions.

Results

1. Rest mark Generation and Search

One arrow was taken out from a collection of arrow with the same brand and catch and kept as a control sample without being used. The rest marks can be seen by naked eyes on the arrow shafts at least 15 shooting times. A clearer observation can be achieved when the oblique light technique was applied.

Table1 shows the group of arrows divided by shooting times

Arrow Number	Shot time(s)	Group
Control	0	Control
1	1	1
2	5	x 2
3	5	
4	10	x 3
5	10	
6	15	x x 4
7	15	
8	15	
9	45	x x 5
10	45	
11	45	

2. Rest mark enhancing

Apart from examing the rest marks by naked eyes, a stereo microscope with image capture unit was used. The digital photos of rest marks were taken in this step. The photos were digitally enhanced by computer software (Adobe Photoshop CS3). Figure 3 shows a higher clarity of the rest mark on the arrow shaft obtained from enhanced image,

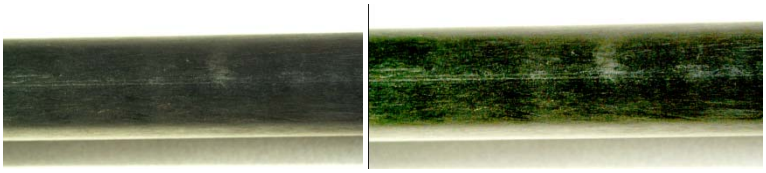


Figure 3 : The comparison of non-enhanced and enhanced image. The rest mark on the arrow shaft can be observed cleary from enhanced image.

3. Origin of rest mark confirmation

After examing the rest marks on arrow shafts by imaging, Dimensions including angle and length of the blade launcher rest was measured and compared to the marks on the arrow shaft. Note that contact area on the arrow rest can the size of the arrow that is mostly used with a particular bow.

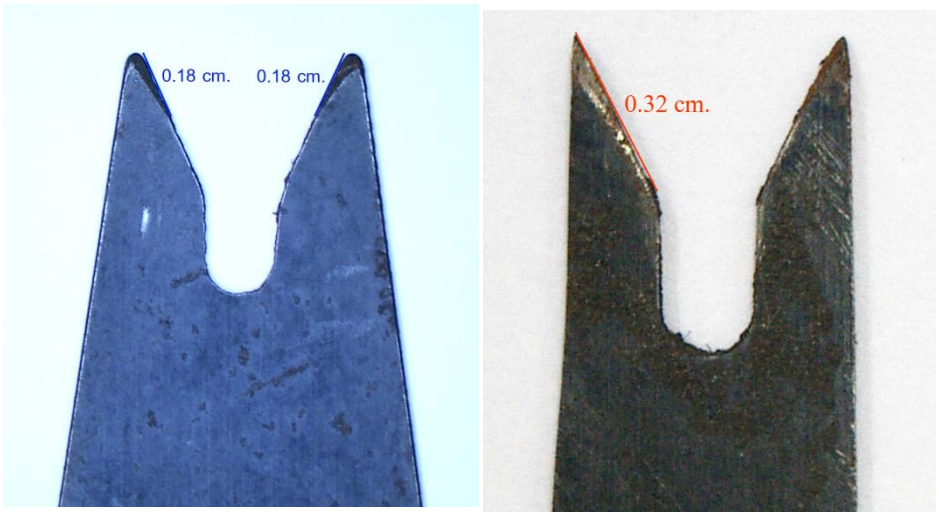


Figure 4 : Images of unknown and known arrow rest show the different sizes of damage areas that can impress on an arrow.

Conclusion

Rest marks on arrow shafts can be seen by naked eyes after being shot at least 15 times. More details of rest marks can be observed with an image enhancing software. Experimental results indicate that such unique patterns of rest mark on the arrow shaft can link to a particular origin which in this case, is a compound bow with a blade launcher rest. Tn addition, the contact area of the rest can reveal the size of the arrows used with that bow. This also helps to confine the suspect too.

The professional toolmark examiner comment on this work is “Rest marks on the arrow may not provide the individual characteristic to link with the origin. By the way, the restmark can provide class characteristic that can eliminate unrelated evidence that shown in the investigation” This comment indicates that rest marks on the arrow shafts are essential in the forensic investigation.

Discussion

The rest marks on the arrow shafts can be seen but can not completely distinguish each bow characteristic. The investigation still required other source of information such as customer record from place of purchasing and eye witnesses at the time of incident. The arrow size obtained from the rest marks is only an approximation. Agian, other source of information are still required.

Suggestion

This research is the preliminary study for bow and arrow investigation in the field of forensic science. This suggests that more details on the protocol for bow and arrow matching are required so as to obtain more conclusive results.

References

Petraco, N. (2011). Color atlas of Forensic Toolmark Identification, CRC Press.

Reis, G. (2007). Photoshop CS3 for Forensic Professionals: A complete Digital Imaging Course for Investigators, Wiley Publishing.

Hideharu Onuma, D. a. J. D. (1993). Kyudo; The essence and practice of Japanese Archery, Koddansha International Ltd.

Weapon: A visual history of arms and armor (2010)., Dorling Kindersley Limited.

Deinet, W. (1981). Studies of Models of Striated Marks Generated by Ramdom Processes. Journal of Forensic science, 26(1), 35-50.

Zeno Geradts, J. K., and Isaac Keereweer. (1994). A New Approach to Automatic Comparison of Striation Marks. Journal of Forensic Sciences, 39(4), 974-980.

W. Grellner, D. B., A. Giese, G. Gehrke, E. Koops, K. Puschel. (2004). Fatal and non-fatal injuries caused by crossbows. Forensic Science International, 142, 17-23.

N.Demoli, K. S., Z. Stanic, V. Mastruko and O. Milat. (2004). Toolmarks identification using SEM images in an optoelectronic correlator devide. International Journal for Light and Electron Optics, 115(11), 487-492.

Tashi Tenzin, S. M. C., Lotay Tshering, Johannes Meixner. (2011). Wilhelm Tell's failure: Surgical management and follow up of a transcranial compound bow injury in a two year old child. Clinical Neurology and Neurosurgery, 113, 515-517.

George Gerules, S. K. B., Daniel E. Jackson. (2012). A survey of image processing techniques and statistics for ballistic specimens in forensic science. Science and Justice, Article in press.

Archery, L. (2012-2013). Lancastter Archery supply: "Leading the world in 3D&Target archery".

Easton. (2012). Easton Catalog 2012.

Impact, C. (2010). Carbon Impact; Devastating Technologies.

CBS NEWS (2012). Man killed father in Wyoming bow-and-arrow attack. Retrieved from http://www.cbsnews.com/8301-201_162-57556630/man-killed-father-in-wyoming-bow-and-arrow-attack/

Wired NEWS (2012). Konstantine Myakush Shot Through Neck With Arrow Survives. Retrived from http://www.huffingtonpost.com/2012/05/08/man-gets-shot-in-neck-with-arrow_n_1499463.html

The Governmernt Public Relation Department Ratchaburi (2011) จังหวดั ราชบรุขี ขานรับนโยบายแกป้ญัหายาเสพติด ของรัฐบาล จัด BIG CLEANING DAY ตรวจค้นเรือนจำ ได้ของกลางยาเสพติดและอุปกรณ์ พร้อมเร่งบรูณาการทกุหน่วยงานเพื่อเร่งแก้ปัญหา
Retrieved from http://pr.prd.go.th/ratchaburi/ewt_news.php?nid=974

Vocie TV (2011) หนุ่มบราซิลวางแผนยิงธนูส่งมือถือให้นักโทษ
Retrieved from http://news.voicetv.co.th/global/2830.html

Author

Thapana Chongraks Forensic Science Graduate Program, Faculty of Science, Mahidol University Rama VI Road, Payathai Rajathevee Bangkok 10400, E-mail: movingbox@me.com

BO1004: การพัฒนาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
Development of low cost organics fertilizer pellet production from agricultural waste

***สาคร บัวทิพย์[1] และ สุดาพร ตังควนิช[2]**
[1]สาขาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสบดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดต้นทุน เพิ่มค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลไก่และเปลือกยูคาลิปตัสเพื่อให้ได้ธาตุอาหารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แปรเปลี่ยนอัตราส่วนของวัตถุดิบหลัก เปลือกไม้ยูคาลิปตัสบด:มูลไก่:มูลโค เป็น 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 (2:4:3) สูตรที่ 2 (3:3:3) สูตรที่ 3 (4:2:3) และสูตรที่ 4 (5:1:3) ผลการวิจัยพบว่าจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นทั้ง 4 สูตร ปุ๋ยสูตรที่ 2 (3:3:3) มีคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ดีที่สุดคือ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.0299% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 0.7% โพแทสเซียมที่สกัดได้ 2.3433% ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) 6.54 ความเค็ม (EC) 5.55 เดซิซีเมน/เมตร ความชื้น 19.33 % ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) 150 cmol/kg ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM) 34.80 % ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานและมีต้นทุนเพียง 1.80 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เปลือกไม้ยูคาลิปตัส แกลบดำ สารปรับปรุงดิน

Abstract

This research is to develop a low cost organic fertilizer pellets from agricultural residues. Eucalyptus bark was used as a raw material in the production of organic fertilizers to reduce costs and increase the organic matter (OM). The optimum ratio of Eucalyptus bark: chicken manure were investigated to find the nutrient to standards. The appropriate ratio of Eucalyptus bark : chicken manure : cow dung were varying into 4 formulas, including formula 1 (2:4:3) formula 2 (3:3:3) formula 3 (4:2:3) and formula 4 (5:1:3). The result of organic fertilizer produced from all 4 fertilizer formula reflected that formula 2 (3:3:3) has the best quality organic fertilizer formulas as: total nitrogen 1.0299%, phosphorus content 0.7%, extractable K 2.3433%, pH 6.54 Salinity (EC) 5.55 dS Cement/m, moisture 19.33%, the cation ion exchange capacity (CEC) 150 cmol/kg and organic matter (OM) 34.80% which meets the standards and costs just £ 1.80 per kg.

Keywords : organic fertilizer pellet, eucalyptus bark, husk, soil additive

---

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมการใช้วัสดุบำรุงดินและพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตรพบว่าส่วนใหญ่จะมีปัจจัยด้านราคาปุ๋ย ราคาผลผลิต พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณผลผลิตและผลการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและสิ่งเอื้ออำนวยที่เกื้อกูลต่อการใช้ปุ๋ยในการผลิตพืชเป็นตัวกำหนด และจากข้อมูลความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชโดยรวมนับตั้งแต่ปี 2546-2550 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กล่าวคือ เพิ่มขึ้นจาก 3.88-3.89 ล้านตัน ในปี 2546 เป็น 4.32-4.40 ล้านตันในปี 2550 หรือมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยประมาณร้อยละ 2.73-3.14 ซึ่งเมื่อพิจารณาความต้องการใช้ปุ๋ยของพืชแต่ละกลุ่มปรากฏว่า พืชที่มีความต้องการใช้ปุ๋ยมากที่สุด คือ ข้าวนาปี รองลงมาคือ ไม้ผลและไม้ยืนต้น พืชไร่ ข้าวนาปรัง และผัก ไม้ดอกและไม้ประดับ ตามลำดับ (พรรณพิมล, 2551) ในขณะที่ความต้องการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรมีมากแต่ประเทศไทยยังไม่มีแหล่งวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตปุ๋ยเคมีในเชิงพาณิชย์ได้จึงทำให้ต้องนำเข้าปุ๋ยจากต่างประเทศเป็นหลัก จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี 2550 พบว่าประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมี4,350,516 ตัน คิดเป็นมูลค่า 45,140 ล้านบาท ปี 2551 นำเข้าปุ๋ยเคมี3,797,749ตัน คิดเป็นมูลค่า 75,610 ล้านบาทและปี 2552 นำเข้าปุ๋ยเคมี3,867,187ตัน คิดเป็น

มูลค่า 42,413 ล้านบาท (ฝ่ายปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร, 2553) ซึ่งเป็นการเสียดุลการค้าอย่างมหาศาลและเป็นต้นทุนที่สูงมากสำหรับเกษตรกร

ในขณะเดียวกันปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเสริมสร้างระดับอินทรียวัตถุในดินทำให้ดินมีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าวมากยิ่งขึ้น ประกอบกับเกษตรกรในภาคอีสานนิยมปลูกไม้ยูคาลิปตัสเป็นจำนวนมากเพื่อจำหน่ายให้แก่โรงงานรับซื้อไม้ยูคาลิบตัสเพื่อสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วส่งจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิง หรือเพื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษต่อไป ไม้ยูคาลิบตัสก่อนสับเป็นชิ้นเล็กๆ จะผ่านเครื่องกระเทาะเปลือกไม้ออกก่อนแล้วจึงบดเปลือกไม้เหล่านั้นแยกออกเป็นวัสดุเหลือใช้ที่โรงงานไม่ได้ใช้ประโยชน์จำนวนมาก เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ จะส่งกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้โรงงาน และสร้างความรำคาญแก่ผู้ที่สัญจรไปมา นอกจากนี้ในเขตจังหวัดอุบลราชธานีมีมูลไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่เนื้อ แต่ละปีจะมีปริมาณมูลไก่จำนวนมากเกษตรกรมักนำมูลไก่ไปใช้โดยตรงโดยไม่มีการหมักแปรสภาพก่อนนำไปใช้จึงทำให้ไม่ได้รับประโยชน์เท่าที่ควร ผู้วิจัยได้พบปัญหาในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากการสัมภาษณ์ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ไร้สารบ้านบัวเทียม ตำบลกลาง อำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี (สัมภาษณ์วันที่ 20 มกราคม 2554) ทำให้ทราบปัญหาราคาวัตถุดิบมีการปรับตัวสูงขึ้นโดยเฉพาะมูลไก่ มูลวัว แกลบดำ และรำข้าวและมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการผลิตปุ๋ยจำหน่ายให้กับเกษตรกร นอกจากนี้เมื่อนำปุ๋ยอัดเม็ดไปใช้ในนาข้าว พบว่าปุ๋ยจะละลายได้ช้าและเห็นผลช้า ผู้ทำวิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดจะนำเอาเปลือกไม้ยูคาลิปตัสบด (ราคาตันละ 160 บาท) มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดต้นทุน เพิ่มค่าอินทรียวัตถุ (OM) และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลไก่และเปลือกยูคาลิปตัสเพื่อให้ได้ธาตุอาหารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและมีต้นทุนต่ำ นอกจากนี้ยังมีแนวคิดเติมโดโลไมต์และหินฟอสเฟตเข้าไปในสูตรปุ๋ยด้วยเพื่อแก้ปัญหาการละลายช้าและเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช (สุดาพรและคณะ, 2554)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรศึกษาต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อแก้ปัญหาทางด้านการผลิตปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูง ลดปริมาณการสูญเสียและลดต้นทุนในกระบวนการผลิตให้กับผู้ประกอบการ เกษตรกรมีความมั่นใจในคุณภาพและราคา ลดปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการทำเกษตรกรรมแบบยั่งยืนอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาอัตราส่วนของมูลไก่และเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้ได้มาตรฐานและมีต้นทุนต่ำ

2) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตขึ้น

วิธีการทดลอง

1. การวิเคราะห์วัตถุดิบและผลิตปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ

1.1 วิเคราะห์หาคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากโรงปุ๋ยอินทรีย์ผู้ประกอบการโดยวิเคราะห์ทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ (1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย (2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (3) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (4) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) (5) ความเค็ม (EC) (6) ความชื้น (7) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) (8) ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM) โดยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ด้วยวิธี Kjeldahl Method ฟอสฟอรัส (P) วิเคราะห์ด้วยวิธี Bray II and Blue) และ โพแทสเซียม (K) วิเคราะห์ด้วยวิธี Flame photometer ตามมาตรฐาน OMAF

1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ หลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ มูลไก่ มูลโค แกลบดำ เปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ

วัตถุดิบ	**สูตรที่ 1** (กิโลกรัม)	**สูตรที่ 2** (กิโลกรัม)	**สูตรที่ 3** (กิโลกรัม)	**สูตรที่ 4** (กิโลกรัม)
มูลไก่	4	3	2	1
มูลโค	3	3	3	3
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	2	3	4	5
แกลบดำ	0.5	0.5	0.5	0.5
รำอ่อน	0.5	0.5	0.5	0.5
โดโลไมท์	0.5	0.5	0.5	0.5
ฟอสเฟต	1.5	1.5	1.5	1.5
สารปรับปรุงดิน	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	0.1	0.1	0.1	0.1

1.3 ผลิตปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ โดยแปรเปลี่ยนอัตราส่วนของมูลไก่และเปลือกยูคาลิปตัส (ตารางที่ 1) ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อให้ได้มาตรฐานและมีต้นทุนต่ำ ทำการหมักปุ๋ยสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 30 วัน

1.4 วิเคราะห์หาคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่สูตรต่างๆ โดยวิเคราะห์ทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ (1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย (2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (3) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (4) ค่าความเป็นกรม-เบส (pH) (5) ความเค็ม (EC) (6) ความชื้น (7) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) (8) ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM) โดยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ด้วยวิธี Kjeldahl Method ฟอสฟอรัส (P) วิเคราะห์ด้วยวิธี Bray II and Blue) และ โพแทสเซียม (K) วิเคราะห์ด้วยวิธี Flame photometer ตามมาตรฐาน OMAF

1.5 วิเคราะห์ความคุ้มทุนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบหลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

วัตถุดิบ	**ร้อยละ (%)**				
	ไนโตรเจน	**ฟอสฟอรัส**	**โพแทสเซียม**	**ค่าความชื้น**	**อินทรียวัตถุ**
มูลไก่	2.6136	2.6136	5.1635	16.3185	46.2910
มูลโค	0.8348	0. 0426	3.4380	15.8211	27.3502
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	0.4810	0.1235	0. 0630	26.0732	34.7734

จากตารางที่ 2 พบว่ามูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม(K) เท่ากับ 2.6136, 2.6136 และ 5.1635 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ามูลโคและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ความชื้นในเปลือกไม้ยูคาลิปตัสสูงกว่ามูลไก่และมูลโค ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสสูงกว่ามูลโคแต่ต่ำกว่ามูลไก่

ตารางที่ 3 คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ ที่ผลิตขึ้นกับปุ๋ยอินทรีย์ของผู้ประกอบการ

รายการวิเคราะห์	มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรผู้ประกอบการ
ความเป็นกรด-ด่าง	5.5-8.5	6.44	6.54	6.63	6.37	8.54
ความชื้น (%)	ไม่เกิน 35 %	18.75	19.33	23.33	28.32	13.77
ไนโตรเจน (%)	ไม่น้อยกว่า 1.0	2.0150	1.0299	0.9781	0.7986	1.02
ฟอสฟอรัส (%)	ไม่น้อยกว่า 0.5	0.9	0.7	0.7	0.8	2.16
โพแทสเซียม (%)	ไม่น้อยกว่า 0.5	2.2740	2.3433	1.0253	3.0227	1.72
อินทรียวัตถุ (OM) (%)	ไม่น้อยกว่า 30 %	35.94	34.80	24.47	20.68	19.10
ความเค็ม (EC)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร	5.38	5.55	5.47	5.49	1.58
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)	-	94.50	150.50	102.50	88.50	83.0

จากตารางที่ 3 พบว่าตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากโรงปุ๋ยอินทรีย์ของผู้ประกอบการมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.54 ความชื้น 13.77 % ไนโตรเจน 1.02 % ฟอสฟอรัส 2.16 % โพแทสเซียม 1.72 % ความเค็ม (EC) 1.58 เดซิซีเมน/เมตร ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) 83.0 cmol/kg ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 19.10 % ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ ที่ผลิตขึ้น พบว่าสูตรที่ 2 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย 1.0299 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 0.7% โพแทสเซียมที่สกัดได้ 2.3433 % ค่าความเป็นกรม-เบส (pH) 6.54 ความเค็ม (EC) 5.55 เดซิซีเมน/เมตรความชื้น 19.33% ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) 150 cmol/kg ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM) 34.80 % ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานแต่สูตรของผู้ประกอบการมีปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM) 19.10 % ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) 83.0 c mol/kg ซึ่งต่ำกว่าสูตรที่ 2 สูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ดีที่สุด จึงเลือกเป็นสูตรในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

เมื่อนำสูตรปุ๋ยสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุด มาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แล้ววิเคราะห์ต้นทุน (ตารางที่ 4) ต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เปรียบเทียบกับสูตรผู้ประกอบการ พบว่าเมื่อนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสบด:มูลไก่ :มูลโค มาเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 3:3:3 จะทำได้น้ำหนักปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มขึ้นและมีต้นทุนเพียง 1.80 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ปุ๋ยสูตรของผู้ประกอบการมีต้นทุน 2.05 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผลการทดลอง

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นทั้ง 4 สูตร ปุ๋ยสูตรที่ 2 (เปลือกไม้ยูคาลิปตัสบด : มูลไก่ : มูลโค อัตราส่วน 1:1:1) มีคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ดีกว่าสูตรอื่น คือมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.0299 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 0.7% โพแทสเซียมที่สกัดได้ 2.3433% ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) 6.54 ความเค็ม (EC) 5.55 เดซิซีเมน/เมตร ความชื้น 19.33 % ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ย (CEC) 150 c mol/kg ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ย (OM) 34.80 % ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานและมีต้นทุนเพียง 1.80 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มค่าอินทรียวัตถุ (OM) ให้สูงขึ้น

ตารางที่ 4 ต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต้นทุนต่ำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเปรียบเทียบกับสูตรผู้ประกอบการ

วัตถุดิบ	**ราคา (บาท/กิโลกรัม)**	**สูตร 2 (กิโลกรัม)**	**สูตรผู้ประกอบการ (กิโลกรัม)**
มูลไก่	1.56	3	4
มูลโค	0.83	3	4
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	0.35	3	-
แกลบดำ	2.00	0.5	0.5
รำอ่อน	6.00	0.5	0.5
โดโลไมท์	2.80	0.5	0.5
ฟอสเฟต	2.80	1.5	1.5
สารปรับปรุงดิน	5.60	0.5	0.5
เกลือ	5.00	0.1	0.1
ต้นทุนการผลิต	**-**	**1.80 บาท/กิโลกรัม**	**2.05 บาท/กิโลกรัม**

ข้อเสนอแนะ

1) ควรหมักโดโลไมต์ร่วมกับวัตถุดิบอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของธาตุอาหารฟอสฟอรัส

2) ควรศึกษาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นเพิ่มเติม เช่น เปลือกมันสำปะหลัง กากชานอ้อยจากโรงงาน ฟางข้าว ขี้เลื่อย หรือแม้แต่เศษใบไม้ต่าง ๆ และควรพิจารณาถึงปริมาณของวัสดุแต่ละชนิดและความคุ้มทุนในค่าขนส่งคือควรเลือกวัสดุที่มีปริมาณมากพอและราคาถูก

เอกสารอ้างอิง

มงคล ต๊ะอุ่น. (2547). *เทคนิคและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการดิน พืช น้ำและปุ๋ย.* ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรรณพิมล. (2551). *ความต้องการใช้ปุ๋ยในการเกษตรของประเทศไทย*. ส่วนวิจัยครัวเรือนเกษตรการจัดการฟาร์มและปัจจัยการผลิตสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.

ฝ่ายปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร. (2553). *ปริมาณและมูลค่า*การนำเข้าปุ๋ยเคมี*สูตรที่สำคัญ ปี 2549-2554*. . สืบค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2553. สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value49-54.html.

สุดาพร ตังควนิช สุนทร วรหาร พิริยาภรณ์ แก้วศรี และศิราพันธ์ ฐานทอง. (2554). *การวิจัยและ . พัฒนาคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการเกษตรกรรมแบบยั่งยืน*. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณแผ่นดิน 2553.

AOAC, (1990). Official Methods of Analysis,15th ed. *Association of Analysis Chemistry*, Inc., . Washington, D.C.

Wu, L, Liu, M and Liang, R. (2008). Preparation and properties of chitosan-coated slow release . NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention**.** *Bioresource Technology*. 99, 547-554.

ผู้เขียน

สาคร บัวทิพย์. (2556). คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมือง อุบลราชธานี 34000 tutortone@gmail.com

สำเภา นันตะเสน. (2554). ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ไร้สารบ้านบัวเทียม เลขที่114/1 หมู่ที่ 9 ต.กลาง อ. เดชอุดม จ.อุบลราชธานี. สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2554

BO1005: การพัฒนาแหล่งพลังงานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเตาเผาแกลบ

Energy Source Development of Paddy Dryer with Rise Husk Furnace

เรวิช บุตรพรม[1] และคณะ

[1] สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 41 ม.5 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แหล่งพลังงานจากเตาเผาแกลบ เลือกใช้เตาเผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนและเครื่องอบแห้งแบบหมุนเวียน ทดสอบอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณภูมิลมลมร้อน 120, 140 และ 160 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 20, 30 และ 40 นาที เวลาพักข้าว 8 เท่าของเวลาอบ พบว่า ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 20 นาที เวลาพักข้าว 160 นาที มีอัตราการลดความชื้นมากที่สุด คือ 0.4 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที และเมื่อนำข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้ง ข้าวนาปี และข้าวนาปรัง ไปสีเป็นข้าวกล้องและข้าวขาว แล้วนำไปคัดข้าวต้น (ข้าวเต็มเมล็ด) พบว่า ข้าวเปลือกที่อบจนมีความชื้น 14-15 เปอร์เซ็นต์ จะได้ข้าวต้นทั้งข้าวกล้องและข้าวขาวสูงสุดคือ 83.8 และ 73.4 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ข้าว, การอบแห้ง, แกลบ, พลังงาน

Abstract

The aim of this research was development of paddy dryer with rise husk furnace. The combination of cyclone and grate type burner furnace and cycling dryer were choosing for this research. Three level of hot air temperature (120, 140 and 160 °C), drying time (20, 30 and 40 min.) resting period 8 time of drying time. The result show the highest moisture reducing rate was 0.4 %/min. at 160 °C temperature and 20 min. drying time. The drying paddy, in-season paddy and double-crop paddy were milling to brown rice and rice and sizing them. The result show the 14-15 % moisture content paddy was 83.8 % full grain brown rice and 73.3 % full grain rice

Keywords: rice, drying, rice husk, energy

* เรวิช บุตรพรม Tel: 08-6832-9727 E-mail: rawich77@hotmail.com

บทนำ

จากสถานการณ์ด้านพลังงานภายในประเทศที่มีความต้องการใช้พลังงานมากขึ้น ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่มีรายได้ส่วนใหญ่จากสินค้าด้านอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ทำให้ภาครัฐและเอกชนพยายามหาวิธีการในการจัดการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยกำหนดมาตรการต่าง ๆ ทั้งในด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร การลดการสูญเสียพลังงานของระบบ การใช้พลังงานรูปแบบอื่นมาทดแทน ขณะเดียวกันวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรบางประเภทสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงานได้ แต่ต้องมีการศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสมคือต้องมีทั้งประสิทธิภาพในการผลิตพลังงาน ราคาเชื้อเพลิงต่ำ หาได้ตามท้องที่ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

แกลบ (Rice husk) เป็นวัสดุเหลือทิ้งชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวในโรงสี โดยหลังจากสีข้าวเปลือกแล้วจะได้แกลบประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักข้าวเปลือก โดยมีค่าความร้อน (Overall gross calorific value of rice husk) 3,300 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าน้ำมันเตาที่มีค่าความร้อนระหว่าง 9,100-9,900 กิโลแคลอรีต่อลิตร (ทวีวัฒน์ สุภารส, เอกชัย รัตนบรรลือ และ อนุรักษ์ ตรีเพชร, ม.ป.ป.) จะเห็นได้

ว่ามีค่าทางความร้อนประมาณหนึ่งในสาม แต่มีราคาถูกกว่ามาก ดังนั้นแกลบจึงเป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจในการนำมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานด้านความร้อนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

เทคโนโลยีในการเปลี่ยนรูปชีวมวลเป็นพลังงานในปัจจุบันจำแนกได้เป็น 2 เทคโนโลยีหลัก ๆ คือ กระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีโดยชีวเคมี (Biochemical Conversion Process) และกระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้พลังงานความร้อน (Thermo chemical Conversion Process) แบ่งเป็น 3 กระบวนการย่อย ๆ ดังนี้คือ กระบวนการเผาไหม้(Combustion) กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น(Gasification) ทั้งนี้แต่ละกระบวนการจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะที่ดำเนินการและวัตถุประสงค์หรือผลิตภัณฑ์หลักที่ต้องการ

การเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงแกลบจะมีลักษณะการเผาไหม้แบบ Diffusion คือ ก้อนเชื้อเพลิงจะติดไฟที่ผิวนอกก่อนแล้วจึงค่อย ๆ ลามเข้าไปข้างในก้อนเชื้อเพลิง ในส่วนของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ก่อนก็จะกลายเป็นขี้เถ้าโดยจะไปขัดขวางการลามเข้าไปในก้อนเชื้อเพลิงของเปลวไฟ ทำให้เชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ถ้าหากใช้วิธีการเผาไหม้แบบเตาเปิดก็จะทำให้ได้ปริมาณความร้อนน้อยกว่าที่ควรได้ เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเถ้า และแก๊สเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ จากการศึกษามีรายงานจำนวนมากของเตาเผาหลายชนิดที่มีการใช้วัสดุชีวมวลหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในจำนวนเหล่านั้นเทคโนโลยีของเตาเผาไหม้แบบไซโคลนก็เป็นเทคโนโลยีแบบหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งเป็นพลังงานในรูปแบบของความร้อนไปใช้ประโยชน์ โดยประยุกต์เอาลักษณะของไซโคลนดักฝุ่นเป็นห้องเผาไหม้ของเตาเผาจึงทำให้เชื้อเพลิงเกิดการลอยตัวภายในห้องเผาไหม้ขณะเกิดการเผาไหม้ ซึ่งการลอยตัวของเชื้อเพลิงจะทำให้มีเวลาอยู่ในห้องเผาไหม้นานเพียงพอที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และการหมุนวนของอากาศนั้นยังช่วยให้อากาศกับเชื้อเพลิงผสมกันมากขึ้น และช่วยให้ขี้เถ้าจากการเผาไหม้ตกลงด้านล่างของเตาเผาโดยที่ไม่ปนไปกับแก๊สร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ซึ่งจะทำให้ได้แก๊สร้อนสะอาดมากขึ้น แต่ทั้งนี้ในการเลือกเทคโนโลยีมาใช้นั้นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือเรื่องการเผาไหม้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางด้านพลังงานมากที่สุดและการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากการไหม้สู่สิ่งแวดล้อม

พิมล วุฒิสินธ์ และ สุภัทร หนูสวัสดิ์ (2542) ศึกษาออกแบบสร้างเตาเผาแกลบแบบไซโคลนลักษณะของเตาเป็นรูปทรงกระบอก ประกอบด้วย ห้องเผาไหม้ ชุดป้อนแกลบ ชุดถ่านเถ้าแกลบและชุดพัดลม ทำการทดสอบที่อัตราการป้อนแกลบ 127.9 105.7 และ 95.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของเตาเผาแกลบแบบไซโคลนอยู่ที่ร้อยละ 70.47 77.6 และ 83.1 ปริมาณเถ้าแกลบโดยน้ำหนักอยู่ที่ร้อยละ 21.97 23.27 และ 35.25 ตามลำดับ

วิบูลย์ เทเพนทร์ เวียง อากรชี และ พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์ (2547) ได้พัฒนาเตาเผาแกลบสำหรับเครื่องลดความชื้นลำไยทั้งเปลือก 2 แบบ คือ เตาแบบเกษตรกร และเตาแบบผู้ประกอบการ เตาแบบเกษตรกรเป็นแบบให้ความร้อนกึ่งทางอ้อม เป็นแบบผสมของเตาเผาแกลบไซโคลนกับแบบตะกรับ ใช้สำหรับเครื่องลดความชื้นลำไยทั้งเปลือกแบบกระบะขนาด 2 ตัน ได้ 1-2 เครื่อง ส่วนล่างของเตาจะเป็นเตาแบบตะกรับมีพื้นที่ตะแกรงขนาด 0.4ม^2 ส่วนด้านบนของเตาจะเป็นแบบไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. สูง 1.2 ม. มีท่อลมอยู่ภายในทำหน้าที่ทั้งเป็นท่อลมและท่อแลกเปลี่ยนความร้อน มีชุดดักฝุ่นเถ้าอยู่ด้านบนตัวเตา ในการใช้งานจะมีท่อลมร้อนที่ออกจากเตาซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับพัดลมของเครื่องลดความชื้นแบบกระบะต่อท่อเข้าทางด้านดูดของพัดลม ผลการทดสอบพบว่าปริมาณความร้อนที่ได้ 50-100 กิโลวัตต์ ปริมาณขี้เถ้าแกลบที่ผสมกับลมร้อนมีปริมาณน้อยมาก เตาแบบผู้ประกอบการเป็นแบบเตาไซโคลนมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ลมร้อนที่ได้สะอาดไม่มีกลิ่นควันไฟ เตาที่พัฒนาขึ้นมีค่าภาระเตา 1,500 เมกกะจูล/ชม.ต่อ ปริมาตรเตา 1 ลูกบาศก์เมตร ตัวเตาเป็นรูปทรงกระบอก ด้านล่างเป็นรูปกรวยช่วงที่เป็นทรงกระบอกจะมีความสูงเป็น 1.5 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลาง การป้อนแกลบจะป้อนที่ด้านบนของเตาในแนวเส้นสัมผัส เพื่อให้แกลบหมุนวนในเตา อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะใช้พัดลมเป่าเข้าภายในเตาโดยจะใช้มากกว่าอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริงตามทฤษฎี 110% อากาศร้อนจะออกจากเตาทางด้านบนผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and tube ลมสะอาดจะไหลผ่านนอกท่อไฟ ผลการทดสอบเตาต้นแบบขนาด 450 กิโลวัตต์ พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมมีค่า 45%

A. Iguaz , M. Rodriguez, and P. Virseda (2006) ศึกษาคุณภาพข้าวเปลือกหลังการอบแห้งต่อเนื่อง การอบแห้งแบบไม่ต่อเนื่อง แบ่งเป็น 2 ช่วงโดยทำการ tempering ระหว่างช่วงการอบแห้งด้วยอุณหภูมิอากาศแวดล้อม

และการอบแห้งแบบต่อเนื่อง ที่ต่อด้วยการ tempering ด้วยอุณหภูมิ 60°C โดยงานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลา tempering เท่ากับ 8 เท่าระยะเวลาอบแห้ง ใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 53, 60 และ 80°C ลดความชื้นจากข้าวเปลือกความชื้นเริ่มต้น 16-18% w.b. ถึงความชื้นสุดท้าย 11-13% w.b. ผลการทดลองแสดงว่าการอบแห้งแบบต่อเนื่องด้วยอากาศอบแห้งที่มีอุณหภูมิและความจุความชื้นสูง ทำให้อบแห้งได้อย่างรวดเร็วประหยัดเวลา แต่เป็นผลเสียกับปริมาณข้าวต้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการ tempering ที่อุณหภูมิ 60°C หลังการอบแห้ง หรืออีกวิธีหนึ่งคือการอบแห้งแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งสามารถลดความเค้นในเมล็ดข้าว ทำให้เปอร์เซ็นต์รอยร้าวลดลงได้

Aquerreta *et al.*, (2007) ทำการศึกษาจำนวนรอบการอบแห้งข้าวเปลือกที่สอดคล้องกับการอุณหภูมิ tempering ที่แตกต่างกัน โดยทดลองอบแห้งแบบชั้นบางด้วยอากาศอุณหภูมิ 60°C, ความชื้นสัมพัทธ์ 4% ซึ่งแบ่งออกเป็น 1, 2 และ 3 ช่วงการอบแห้ง สลับกับการ tempering ที่อุณหภูมิแวดล้อม, อุณหภูมิ 40°C หรือ 60°C ด้วยระยะเวลา tempering 8 เท่าของระยะเวลาอบแห้ง พบว่ากรณีลดความชื้นในปริมาณที่เท่ากัน (จาก18 ถึง 12% w.b.) การอบแห้งที่แบ่งออกเป็น 2 และ 3 ช่วงสามารถลดจำนวนเมล็ดที่มีรอยร้าวได้ แต่อุณหภูมิ tempering ที่สูงจะมีผลดีต่อปริมาณข้าวต้นและลดจำนวนรอยร้าวของข้าวได้มากกว่า และพบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดคือการอบแห้งแบบ 2 ช่วงที่มีการ tempering ด้วยอุณหภูมิ 60°C หลังการอบแห้งแต่ละช่วง ซึ่งจะทำให้คุณภาพข้าวที่ได้ดีและประหยัดพลังงาน

จังหวัดจันทบุรีเป็นพื้นที่ทางการเกษตรบางพื้นที่มีการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น รวมทั้งข้าว ผัก มันสำปะหลัง พืชอื่นๆ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวชุมชน ตำบลเกวียนหัก อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ยังประสบปัญหาในเรื่องการลดความชื้นข้าวเปลือก โดยทางกลุ่มมีลานดินเพื่อใช้ตากข้าวเปลือกพื้นที่ประมาณ 100 ตารางเมตร แต่เนื่องจากจังหวัดจันทบุรีมีฝนตกชุก และกินระยะเวลานาน การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยวิธีการตากบนลานดินนั้นทำได้เป็นบางช่วง ทำให้บ่อยครั้งประสบปัญหาผลิตข้าวได้ไม่ทันความต้องการ ทำให้ต้องสีข้าวเปลือกที่ความชื้นสูงเกินกว่า 14-15 % ทำให้ข้าวสารหรือข้าวกล้องที่ผลิตได้มีการแตกหักของเมล็ดข้าวสูง

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แหล่งพลังงานจากเตาผาแกลบ เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนด้านเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตแก่เกษตรกร

วัตถุประสงค์

พัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แหล่งพลังงานจากเตาเผาแกลบ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. **เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าว ยี่ห้อ** kett **รุ่น** M-999 **และ** PM-499
2. **เครื่องคัดข้าว ยี่ห้อ เจ็กเซ่งฮวด รุ่น** I-1
3. **ตาชั่งดิจิทัล ยี่ห้อ** TANITA **รุ่น** KD-200 **พิกัด** 1000 g

วิธีการทดลอง

1. สร้างเตาเผาแกลบตามแบบของ วิบูลย์ เทเพนทร์ เวียง อากรชี และ พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์ (**2547**) กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2. ออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียนโดยมีกำลังการผลิต **200** กิโลกรัมข้าวเปลือก

3. ทดสอบเตาเผาแกลบ

   1) ชั่งน้ำหนักแกลบที่จะใช้ในการทดสอบ
   2) เทแกลบลงในถังป้อนของเตาแกลบ
   3) หมุนลูกกลิ้งป้อนแกลบเพื่อป้อนแกลบสู่ห้องเผาไหม้
   4) จุดไฟใต้ห้องเผาไหม้
   5) จับเวลาที่เริ่มจุดไฟและวัดอุณหภูมิลมร้อนทุก ๆ **5** นาที จนได้อุณหภูมิสูงสุด

6) เมื่อไฟดับแล้วหมุนลูกกลิ้งนำขี้เถ้าแกลบออก

7) ชั่งน้ำหนักขี้เถาแกลบ

4. การทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

1) ชั่งน้ำหนักแกลบและข้าวที่จะใช้ในการทดสอบ จดมิเตอร์ไฟฟ้า

2) สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อวัดความชื้นก่อนอบ

3) เทแกลบลงในถังป้อนของเตาแกลบ

4) หมุนลูกกลิ้งป้อนแกลบเพื่อป้อนแกลบสู่ห้องเผาไหม้

5) เปิดสวิทช์หลักของตู้ควบคุมและเปิดสวิทช์ให้พัดลมดูดลมร้อนทำงาน โดยพัดลมดูดความร้อนจะหยุดทำงานเมื่อถึงอุณภูมิที่ตั้งไว้ และเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ 2 องศาเซลเซียส

6) จุดไฟใต้ห้องเผาไหม้ รอจนได้อุณหภูมิที่กำหนด ใส่ข้าวเปลือกลงถังอบ เปิดสวิทช์ควบคุมเกลียวหมุนเวียนข้าวเปลือก โดยเกลียวหมุนเวียนข้าวเปลือกจะทำงาน 5 นาทีและหยุด 1 นาที สลับกันจนเสร็จสิ้นการทดสอบ

7) กำหนดอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการอบ 120 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 20 นาที เวลาในการพักข้าว 160 นาที

8) สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกหลังอบ ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกหลังอบ จดมิเตอร์ไฟฟ้า

9) นำข้าวเปลือกที่อบและพักแล้ว เข้าเครื่องสีข้าว

10) สุ่มตัวอย่างข้าวกล้องและข้าวขาวเพื่อนำไปคัดคุณภาพ

11) คัดคัดคุณภาพข้าวด้วยเครื่องคัดข้าว

12) ทำซ้ำ ข้อ 1) ถึง ข้อ 11) แต่เปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้อบเป็น 140 และ 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

13) ทำซ้ำ ข้อ 1) ถึง ข้อ 11) แต่เปลี่ยนเวลาที่ใช้อบเป็น 30 และ 40 นาที ตามลำดับ

14) ทำซ้ำ ข้อ 1) ถึง ข้อ 11) แต่เปลี่ยนเวลาพักข้าวเป็น 240 และ 320 นาที ตามลำดับ

15) จัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เตาเผาแกลบ

5. อบรมบุคลากรในชุมชนและผู้สนใจ

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสร้างเตาเผาแกลบ

เพื่อลดต้นทุนของเตาลมร้อนให้เหมาะกับเกษตรกร ในการออกแบบเตาจึงได้เลือกเตาแบบตะกรับให้ความร้อนทางตรง ซึ่งมีข้อดีคือสร้างง่ายราคาถูก แต่มีข้อเสียคือเชื้อเพลิงที่นำมาใช้จะต้องมีความชื้นต่ำ และมีขี้เถ้าแกลบปนไปกับอากาศร้อน เพื่อแก้ปัญหาเรื่องขี้เถ้าแกลบรวมทั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา จึงได้ออกแบบให้ห้องเผาไหม้ที่อยู่ด้านบนของเตาตะกรับเป็นห้องเผาไหม้แบบไซโคลน โดยทำหน้าที่ทั้งเป็นชุดดักฝุ่นละอองและเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ในการออกแบบได้ตั้งสมมุติฐานว่าเตาเผาแกลบที่ออกแบบซึ่งเป็นแบบตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนจะสามารถลดพื้นที่ตะกรับเตาลงได้ 50 % เนื่องจากมีห้องเผาไหม้แบบไซโคลนซึ่งอยู่ด้านบนจะช่วยให้การเผาไหม้แกลบให้สมบูรณ์ดีขึ้น ดังนั้น พื้นที่ตะกรับเตาจะเท่ากับ 0.4 ม^2 ห้องเผาไหม้ด้านบนแบบไซโคลนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. สูง 1.2 ม. ทำ ด้วยเหล็กแผ่นหนา 3.2 ม.ม. ที่แกนกลางมีท่อลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ม. และครีบบังคับลมจำนวน 4 ใบ เพื่อให้ลมหมุนวนภายในห้องเผาไหม้ เหวี่ยงฝุ่นเถ้าให้ติดผนังห้องเผาไหม้และออกไปทางชุดดักฝุ่นที่อยู่ด้านบน ลมร้อนที่สะอาดจะไหลย้อนลงด้านล่างภายในท่อลมร้อน เพื่อต่อไปยังเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกต่อไป (วิบูลย์ เทเพนทร์, เวียง อากรชี และ พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์, 2547)



ภาพที่ 1 เตาเผาแกลบแบบตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลน

การออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน มีส่วนประกอบคือ ถังบรรจุข้าวเปลือกทำด้วยเหล็กแผ่นขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ส่วนบนเป็นฝาเปิด-ปิด ส่วนล่างเป็นทรงปิรามิดคว่ำ มีท่อเพื่อนำข้าวออกจากถัง ส่วนกลางถังมีพัดลมและท่อลมทำด้วยตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกวางซ้อนอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกเป่าออกจากรูตะแกรงผ่านเมล็ดข้าวเปลือกออกสู่ภายนอก เมล็ดข้าวเปลือกจะหมุนเวียนผ่านลมร้อน โดยเกลียวขนถ่ายจะทำหน้าที่ลำเลียงข้าวเปลือกจากก้นถังสู่ด้านบนของถัง และไหลผ่านลมร้อนกลับสู่ก้นถังหลาย ๆ เที่ยวจนกว่าจะได้ความชื้นที่ต้องการ



ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

การทดสอบเตาเผาแกลบ

ผลการทดสอบเตาผาแกลบพบว่าต้องใช้เวลาจุดเตาประมาณ 30 นาที จึงจะให้อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 160 $^{\circ}$C ส่วนอุณภูมิในห้องอบประมาณ 100 $^{\circ}$C และการจุดเตาจะใช้เศษวัสดุเหลือใช้ เช่น กระดาษ ไปไม้ กิ่งไม้ แกลบ ฟางข้าวเป็นต้น ใส่ลงในช่องใต้ตะแกรง แล้วจุดไฟ เริ่มป้อนแกลบลงห้องเผาไหม้ เปลวไฟจะลุกไหม้และลามไปทั่วเตา ในช่วงแรกจะมีควันไฟสีขาวเนื่องจากความชื้นในแกลบ ต่อมาเมื่อแกลบลุกไหม้ดีแล้วจะไม่มีควัน

การทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

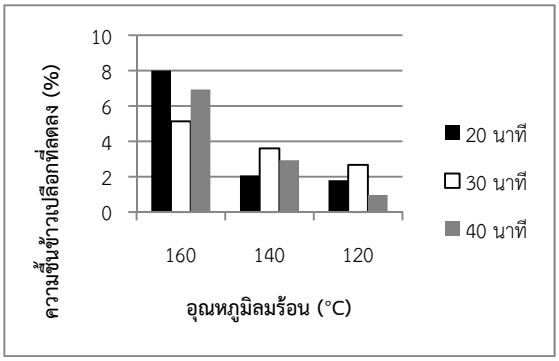
จากภาพที่ 3 ที่เวลาอบแห้ง 20 นาที พบว่า อุณหภูมิสูงจะสามารถความชื้นได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 8 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 2.1 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 1.8 เปอร์เซ็นต์

ที่เวลาอบแห้ง 30 นาที พบว่า อุณหภูมิสูงจะสามารถความชื้นได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 5.1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 3.6 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 2.7 เปอร์เซ็นต์

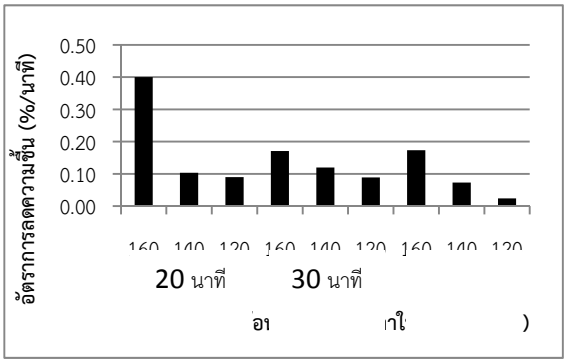
ที่เวลาอบแห้ง 40 นาที พบว่า อุณหภูมิสูงจะสามารถความชื้นได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 6.9 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 2.9 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 1.0 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีอัตราการลดความชื้นสูงที่สุด 0.4 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที

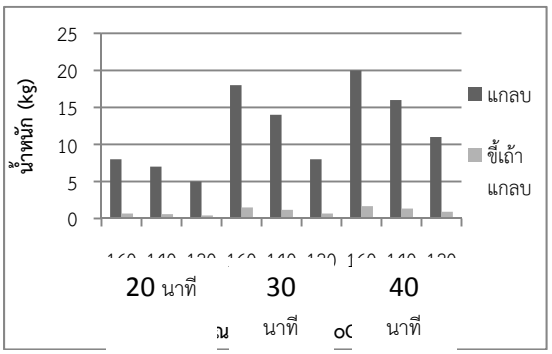
ภาพที่ 3 ความชื้นข้าวเปลือกที่ลดลงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ



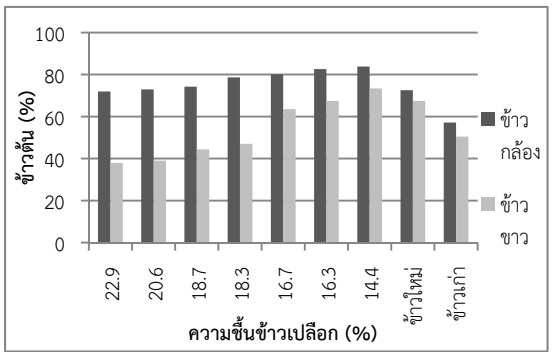
ภาพที่ 4 อัตราการลดความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 5 น้ำหนักแกลบที่ใช้และขี้เถ้าแกลบที่ได้ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเมื่อสีข้าวเปลือกที่ความชื้นต่าง ๆ



หมายเหตุ ข้าวใหม่ คือ ข้าวนาปี เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม 2555 แล้วนำมาตากเป็นเวลา 7 วัน
ข้าวเก่า คือ ข้าวนาปรัง เก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม 2555 แล้วนำมาตากเป็นเวลา 7 วัน แล้วเก็บไว้ในกระสอบ

จากภาพที่ 5 จะเห็นว่าถ้าใช้อุณหภูมิสูงและเวลามากจะใช้แกลบมากกว่าใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาน้อย และน้ำหนักขี้เถ้าแกลบที่ได้ก็จะแปรผันตรงกับน้ำหนักแกลบที่ใช้

ที่เวลาอบแห้ง 20 นาที พบว่า ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 8 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.67 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 7 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.58 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 5 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.42 กิโลกรัม

ที่เวลาอบแห้ง 30 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 18 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 14 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.17 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 8 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.67 กิโลกรัม

ที่เวลาอบแห้ง 40 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 20 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.67 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 16 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.33 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 11กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.92 กิโลกรัม

ซึ่งปริมาณแกลบที่ใช้จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบ คือ ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาน้อยจะใช้แกลบน้อย ใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลามากจะใช้แกลบมาก ปริมาณขี้เถ้าแกลบที่ได้จะขึ้นกับปริมาณแกลบที่ป้อนเข้าไป โดยแกลบ 12 กิโลกรัมจะได้ขี้เถาแกลบประมาณ 1 กิโลกรัม

จากภาพที่ 6 เมื่อนำข้าวกล้องและข้าวขาวที่สีด้วยเครื่องสีข้าวไปคัดเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น พบว่า ข้าวเปลือกมีความชื้นสูงที่ 22.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปสีเป็นข้าวกล้องและข้าวขาว จะได้ข้าวต้นข้าวกล้อง 71.9 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาวเพียง 37.9 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเหมาะสมที่ 14.4 เปอรเซ็นต์ จะสีแล้วได้ข้าวต้นข้าวกล้องสูงถึง 83.8 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 73.4 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อนำไปสี จะเกิดความร้อน ความเค้นและความเครียดในเมล็ดข้าว ทำให้เกิดการร้าวและแตกหักในเมล็ดข้าว และถ้านำมาขัดขาวจะยิ่งทำให้เมล็ดข้าวแตกหักมากขึ้น ส่วนข้าวที่ผ่านการอบแห้ง ความร้อนในการอบแห้งและเวลาในการพักข้าวจำทำให้รอยร้าวที่เกิดในเมล็ดข้าวผสานกันเมื่อนำไปสีจึงเกิดการแตกหักน้อยกว่า

ส่วนข้าวเปลือกนาปีที่ตากแดดไว้ 7 วัน เมื่อสีแล้วได้ข้าวต้นข้าวกล้อง 72.6 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 67.5 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเปลือกนาปรัง เมื่อสีแล้วได้ข้าวต้นข้าวกล้อง 57.2 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 50.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากข้าวนาปรังเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนทำให้มีความชื้นสูง และการเก็บข้าวเปลือกไว้เป็นเวลานานอาจทำให้ข้าวเปลือกดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้

ค่าใช้จ่ายในการอบข้าวเปลือก

ในการอบข้าวเปลือกแต่ละครั้งจะใช้แกลบไม่เกิน 20 กิโลกรัม ราคาขายแกลบของกลุ่มฯ กิโลกรัมละ 2 บาท คิดเป็นเงิน 40 บาท ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 1 หน่วยต่อการอบหนึ่งครั้ง ใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท คิดเป็นเงิน 4 บาท รวมเป็นเงิน 44 บาท

สรุปผลการทดลอง

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกวียนหักมีโรงสีชุมชนซึ่งมีกำลังการผลิต 1,500 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อสัปดาห์มีแกลบ 300 กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อการใช้เป็นแหล่งพลังงานในการอบแห้งข้าวเปลือก และทำการต่อเติมโรงเรือนเพื่อติดตั้งเตาเผาแกลบและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

ใช้เตาผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนเพื่อให้ง่ายต่อการสร้างและมีประสิทธิภาพสูง ใช้เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน มีส่วนประกอบคือ ถังบรรจุข้าวเปลือก มีท่อเพื่อนำข้าวออกจากถัง ส่วนกลางถังมีพัดลมและท่อลม ลมร้อนจะถูกเป่าออกจากรูตะแกรงผ่านเมล็ดข้าวเปลือกออกสู่ภายนอก เมล็ดข้าวเปลือกจะหมุนเวียนผ่านลมร้อน โดยเกลียวขนถ่าย การจุดเตาจะใช้เศษวัสดุเหลือใช้ ใส่ลงในช่องใต้ตะแกรง แล้วจุดไฟ เริ่มป้อนแกลบลงห้องเผาไหม้ เปลวไฟจะลุกไหม้และลามไปทั่วเตาใช้เวลาประมาณ 30 นาที

จากการทดสอบพบว่า ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีอัตราการลดความชื้นสูงที่สุด 0.4 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที และเมื่อนำข้าวเปลือกที่อบแห้งแล้วไปสีและนำข้าวกล้องและข้าวขาวที่ได้ไปคัดเปอร์เซ็นต์ พบว่า ข้าวเปลือกที่ความชื้น 14.4 เปอร์เซ็นต์ ได้ข้าวต้นทั้งข้าวกล้องและข้าวขาวสูงที่สุดคือ 83.8 และ 73.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ถ้ามีระบบป้อนแกลบแบบต่อเนื่องจะช่วยให้ใช้งานง่าย อุณหภูมิสม่ำเสมอ และสามารถปรับปรุงให้ระบบป้อนแกลบให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ต้องการได้

เอกสารอ้างอิง

ทวีวัฒน์ สุภารส, เอกชัย รัตนบรรลือ และ อนุรักษ์ ตรีเพชร. (2555) **บทเรียนบทเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เรื่องการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม**. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2555, สืบค้นจาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/table/table5.html.

พิมล วุฒิสินธิ์ และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. (2544). **เตาเผาแกลบแบบไซโคลน.** รายงานการวิจัย กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

A. Iguaz , M. Rodriguez, and P. Virseda. (2006). Influence of handling and processing of rough rice on fissures and head rice yields. **Journal of Food Engineering.** 77(4): 803-809

Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C. and Vírseda P. (2007). Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. **Journal of Food Engineering**. 80(2): 611-618

คณะผู้เขียน

เรวิช บุตรพรม นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 41 ม.5 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000
E-mail: rawich77@hotmail.com

รศ.พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 41 ม.5 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000

ผศ.ดร.โอภาส อินทรวงศ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 41 ม.5 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000

ดร.ทรงธรรม ไชยพงษ์ ผู้จัดการไชยพงษ์ฟาร์ม 34/5 ม. 6 ต.พลวง อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี 22210

BO1006: การศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตด้านการเกษตร และข้อมูลเชิงเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการและสระแก้ว

The Comparative Study on Agricultural Natural Resources and other Economical Data in Chachoengsao, Chonburi, Nakhonnayok, Prachinburi, Samutprakan and Sakaeo Province

พิชัย สราญรมย์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตด้านการเกษตรและข้อมูลเชิงเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการและสระแก้ว มีวัตถุประสงค์ คือ รวบรวมและเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ สภาพธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ ทรัพยากรดิน สภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม ทรัพยากรป่าไม้และสภาพเศรษฐกิจสังคมของ 6 จังหวัด เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา ใช้ประโยชน์ แก่ผู้สนใจ และ ผู้เกี่ยวข้อง รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกในข้อมูลท้องถิ่นและการอ้างอิงเชิงวิชาการ โดยได้ดำเนินการในช่วงปี 2554-2555 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการวิจัยพบว่า

ด้านลักษณะภูมิประเทศ จังหวัดที่มีเนื้อที่จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรี นครนายก และสมุทรปราการ ตามลำดับ

ด้านสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศของจังหวัดฉะเชิงเทราและปราจีนบุรี มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเขตศูนย์สูตร ชลบุรีมีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน นครนายก มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น สมุทรปราการ มีสภาพอากาศแบบชายทะเล มีอากาศเย็นสบาย สระแก้วสภาพภูมิอากาศเป็นแบบฝนเมืองร้อน

ด้านสภาพทางธรณีวิทยา จังหวัดที่มีแร่จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ปราจีนบุรี นครนายก สระแก้ว ฉะเชิงเทรา และชลบุรี (จังหวัดสมุทรปราการ ไม่ปรากฏข้อมูล)

ด้านสมุทรศาสตร์ จังหวัดที่มีความยาวชายฝั่งทะเลจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ ชลบุรี สมุทรปราการ และฉะเชิงเทรา ตามลำดับ จังหวัดที่มีพื้นที่ป่าชายเลนจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา และชลบุรี ตามลำดับ (นครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว ไม่มีพื้นที่ติดทะเล)

ด้านทรัพยากรดิน จังหวัดที่พบกลุ่มชุดดินจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือนครนายก ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และสมุทรปราการ ตามลำดับ ซึ่งจังหวัดสระแก้ว และปราจีนบุรี ไม่ปรากฏข้อมูล

ด้านสภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม จังหวัดที่มีการแบ่งเป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตรจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปราจีนบุรี นครนายก และสมุทรปราการ ตามลำดับ

ด้านทรัพยากรป่าไม้ จังหวัดที่มีเนื้อที่ป่าไม้จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สระแก้ว ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรานครนายก ชลบุรี และสมุทรปราการ ตามลำดับ

ด้านเศรษฐกิจและสังคม จังหวัดที่มีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ จังหวัดที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวต่อปีจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือสมุทรปราการ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก และสระแก้ว ตามลำดับ จังหวัดที่มีจำนวนประชากรจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ ชลบุรี สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ว่างงานจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ฉะเชิงเทราสระแก้ว ชลบุรี ปราจีนบุรี และนครนายก ตามลำดับ

จังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ จังหวัดที่มีเงินลงทุนจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ชลบุรี ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทราสระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ

คำสำคัญ : ศักยภาพการผลิตด้านการเกษตร จ.ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, นครนายก, ปราจีนบุรี, สมุทรปราการ, สระแก้ว
ข้อมูลเชิงเศรษฐกิจฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, นครนายก, ปราจีนบุรี, สมุทรปราการ, สระแก้ว

ABSTRACT

The Comparative Study on Agricultural Natural Resources and other Economical Data in Chachoengsao, Chonburi, Nakhonnayok, Prachinburi, Samutprakan and Sakaeo Province was set the objective for collect the concern data for comparative study about topography, climate, geology, oceanography, soil classification, agriculture and land utilization, forest and economical status at Chachoengsao, Chonburi, Nakhonnayok, Prachinburi, Samutprakan and Sakaeo Province in the period of 2011-2012. The Project was done at Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University aiming to graduate classroom utilization, concern person, enhance the local people to realize the local data and citation for academic journal.

The result was revealed that

- Topography: The size of the provincial area was arrange from largest to smallest as following; Sakaeo, Chachoengsao, Prachinburi, Chonburi, Nakhonnayok and Samutprakan Province respectively.
- Climate : Most of the provincial climate were under tropical monsoon.
- Geology : The provincial geology of the six provinces was varied among them from Loam, Sandy Loam, Sandy Clay Loam, Sandy Clay, Clay Loam, Silty Clay Loam and Silt Loam.
- Oceanography : The provincial oceanography of the connecting seashore Provinces were the same to gulf of Thailand. The longest seashore were varied from Chonburi, Samutprakan and Chachoengsao respectively.
- Soil classification : The provincial Great Soil Group were varied the from highest to lowest as following; Nakhonnayok, Chachoengsao, Chonburi and Samutprakan.
- Agriculture and land utilization: The land utilization for agricultural purpose were varied from largest to smallest as following; Sakaeo, Chachoengsao, Chonburi, Prachinburi, Nakhonnayok and Samutprakan Province respectively.
- Forest : The provincial forest were varied from largest to smallest as following; Sakaeo, Prachinburi, Chachoengsao, Nakhonnayok, Chonburi and Samutprakan Province respectively.
- Economical status : The provincial gross production were varied from highest to lowest as following; Samutprakan, Chonburi, Chachoengsao, Prachinburi, Sakaeo and Nakhonnayok Province respectively. The provincial net income per head yearly were varied from highest to lowest as following; Samutprakan, Chonburi, Chachoengsao, Prachinburi, Nakhonnayok and Sakaeo Province respectively. The provincial population were varied highest to lowest as following; Chonburi, Samutprakan, Chachoengsao, Prachinburi, Sakaeo and Nakhonnayok Province respectively. The provincial jobless people were varied from highest to lowest as following; Samutprakan, Chachoengsao, Sakaeo, Chonburi, Prachinburi, and Nakhonnayok Province respectively. The provincial factory were varied from highest to lowest as following; Samutprakan, Chonburi, Chachoengsao, Prachinburi, Sakaeo and Nakhonnayok Province respectively. The provincial budget investment were varied from highest to lowest as following; Samutprakan, Chonburi, Prachinburi, Chachoengsao, Sakaeo and Nakhonnayok Province respectively.

Keywor : Agricultural Natural Resources in Chachoengsao *Chonburi* Nakhonnayok Prachinburi Samutprakan Sakaeo Economical Data in Chachoengsao *Chonburi* Nakhonnayok Prachinburi Samutprakan Sakaeo

---

รศ.ดร.พิชัย สราญรมย์
Tel.: 081-865-1735; Fax: 039-471-073
E-mail: pichaisaram@hotmail.com

บทนำ

ภาคตะวันออกอยู่ติดชายฝั่งอ่าวไทยด้านตะวันออก นับเป็นอีกภูมิภาคหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แต่ในปัจจุบันได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในหลายด้าน เช่น พื้นที่ป่าชายเลนลดลงอย่างรวดเร็ว การบุกรุกทำลายป่าไม้จนกลายเป็นป่าเสื่อมโทรม ส่งผลให้สมดุลทางธรรมชาติถูกทำลาย ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร และสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก จากปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมในทุก ๆ ด้าน เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญเร่งด่วน เพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ประชาชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติดังกล่าว จึงจำเป็นอย่าง

ยิ่งที่ต้องมีการศึกษารวบรวมข้อมูล เปรียบเทียบศักยภาพการผลิตด้านการเกษตรและข้อมูลเชิงเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว เพื่อให้ประชาชนสามารถดำรงชีวิตจากทรัพยากรธรรมชาติ อย่างรู้เท่าทัน และยั่งยืนต่อไป (พิชัย สราญรมย์, 2554 สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ สระแก้ว, 2555 สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553) รวมทั้งประกอบการเรียนการสอนระดับ ปริญญาตรีวิชา เกษตรธรรมชาติ ปฐพีวิทยา การอนุรักษ์ทรัพยากรการเกษตร และเกษตรในชีวิตประจำวัน และระดับปริญญาโท วิชา การจัดการทรัพยากรการเกษตร หัวข้อเฉพาะทาง เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบการทำฟาร์ม ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ สภาพธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ ทรัพยากรดิน สภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม ทรัพยากรป่าไม้และสภาพเศรษฐกิจสังคม ของจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการและสระแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยโครงการการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตด้านการเกษตรและข้อมูลเชิงเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการและสระแก้ว ได้แบ่งขั้นตอนต่างๆ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ประชุม วางแผนในการวิจัย สรุป
2. รวบรวมข้อมูล ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, กรมทรัพยากรธรณี, สำนักงานคณะกรรมการลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

2.2 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้แก่ สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว

2.3 กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, สำนักงานสถิติแห่งชาติ

2.4 กระทรวงมหาดไทย ได้แก่ สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, กรมการปกครอง

2.5 กระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ สำนักงานสาธารณสุขทั้ง 6 จังหวัดดังกล่าว

2.6 กระทรวงพลังงาน

2.7 กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

3. แบ่งหมวดหมู่
4. สังเคราะห์/เปรียบเทียบทางด้าน ลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ สภาพธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ ทรัพยากรดิน สภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม ทรัพยากรป่าไม้และสภาพเศรษฐกิจสังคม
5. สรุปผลการวิจัย
6. วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ สภาพธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ ทรัพยากรดิน สภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม ทรัพยากรป่าไม้และสภาพเศรษฐกิจสังคม ของ 6 จังหวัด

1.1 ด้านลักษณะภูมิประเทศของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 1 : แสดงลักษณะภูมิประเทศ ระยะห่างจากกรุงเทพ และเนื้อที่ของ 6 จังหวัด

จังหวัด	ลักษณะภูมิประเทศ	ระยะห่างจากกรุงเทพ	เนื้อที่
ฉะเชิงเทรา	เส้นรุ้งที่ 13 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก ลักษณะสภาพพื้นที่สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ	ทางทิศตะวันออกประมาณ 75 กม.	5,351 ตร.กม. หรือ 3,344,375 ไร่
ชลบุรี	เส้นรุ้งที่ 12 องศา 30 ลิปดา-13 องศา 43 ลิปดา เหนือ และเส้นแวง 100 องศา 45 ลิปดา-101 องศา 45 ลิปดาตะวันออก ลักษณะสภาพพื้นที่สามารถแบ่งออกได้ 5 ลักษณะ	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 ระยะทางประมาณ 81 กม. และทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 หรือ Motorway (กรุงเทพฯ-ชลบุรี) ระยะทาง 79 กม.	4,363 ตร.กม.หรือ 2,726,875 ไร่
นครนายก	เส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 101 องศาตะวันออก	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 305 เลียบคลองรังสิตผ่านอำเภอองครักษ์ถึงจังหวัดนครนายกระยะทาง105 กม.	2,122 ตร.กม. หรือ 1,326,250 ไร่
ปราจีนบุรี	ละติจูดที่ 13 องศา 39 ลิปดา ถึง 14 องศา 27 ลิปดาเหนือ และเส้นลองกิจูดที่ 101 องศา 09 ลิปดา และลองติจูดที่ 102 องศา 07 ลิปดาตะวันออก	ห่างจากกรุงเทพมหานคร 136 กม. ตามทางหลวงหมายเลข 33 , 305	4,762.362 ตร.กม. หรือ 2,976,475 ไร่
สมุทรปราการ	เส้นรุ้งที่ 13 – 14 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 100 – 101 องศาตะวันออกตั้งอยู่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามีพื้นที่ครอบคลุมทั้งสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาลักษณะสภาพพื้นที่สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ	ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ระยะทางประมาณ 30 กม.	1,004.092 ตร.กม. 627,557.50 ไร่
สระแก้ว	เส้นรุ้งที่ 13 องศา 15 ลิปดา ถึง 14 องศา 15 ลิปดาเหนือกับประมาณเส้นแวงที่ 101 องศา 45 ลิปดา ถึง 103 องศาตะวันออก เป็นพื้นที่ราบถึงที่ราบสูงและมีภูเขาสูงสลับซับซ้อน มีระดับความสูงจากน้ำทะเล 74 ม.	อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 256 กม.	7,195.436 ตร.กม.หรือ 4,496,962 ไร่

ที่มา : สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, 2555

1.2 ด้านสภาพภูมิอากาศของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 2 : แสดงสภาพภูมิอากาศ และฤดูกาลของ 6 จังหวัด

จังหวัด	สภาพภูมิอากาศ	ฤดูกาล
ฉะเชิงเทรา	มีลักษณะอากาศร้อนชื้นเขตศูนย์สูตร โดยมีลมมรสุมพัดปกคลุมเกือบตลอดปี	3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว
ชลบุรี	มีลักษณะอากาศแบบมรสุมเขตร้อน	3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว
นครนายก	มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น	3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว
ปราจีนบุรี	มีภูมิอากาศร้อนชื้นเขตศูนย์สูตร มีร้อนจัดในฤดูร้อน เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และฤดูหนาวจะมีอากาศค่อนข้างหนาวเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว
สมุทรปราการ	อากาศแบบชายทะเล มีอากาศเย็นสบาย ไม่ร้อนจัดในช่วงฤดูร้อนมีความชื้นในอากาศสูงเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมทะเลของอ่าวไทยและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว
สระแก้ว	เป็นแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อน คือ ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีอากาศชุ่มชื่นและฝนตกตลอดฤดู แต่ในมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาวจะมีอากาศแห้งแล้ง	3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

ที่มา : สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, 2555

1.3 ด้านสภาพธรณีวิทยาของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 3 : แสดงสภาพธรณีวิทยา และแร่ที่สำคัญของ 6 จังหวัด

จังหวัด	สภาพธรณีวิทยา	แร่ที่สำคัญ
ฉะเชิงเทรา	เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล มีลักษณะเป็นที่ดอนแผ่นดินด้านตะวันออก เฉียงเหนือมีสภาพพื้นที่ราบ ประมาณครึ่งหนึ่งของจังหวัดจะมีสภาพเป็นลูกคลื่นและสูงชัน เป็นพื้นที่ภูเขา ชายฝั่งทะเลมีพื้นที่ถูกกัดเซาะชายฝั่ง ขั้นรุนแรงมากที่สุด บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง บางพื้นที่มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งมากกว่า 25 เมตรต่อปี	แร่เหล็ก แร่ทองคำ แร่ทองแดง แร่พลวง และศิลาแดง
ชลบุรี	ผสมผสานกัน ถึง 5 แบบ ทั้งที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา ที่ราบชายฝั่งทะเล ที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง พื้นที่สูงชันและภูเขา รวมถึงเกาะน้อยใหญ่อีกมากมายบริเวณชายฝั่งทะเล มีการกัดเซาะระดับปานกลางอัตราเฉลี่ย 1.0-5.0 เมตรต่อปี	ทองคำ แร่เหล็ก และ แร่พลวง
นครนายก	สภาพโดยทั่วไปเป็นที่ราบ ทางตอนเหนือและตะวันออกเป็นภูเขาสูงชัน ทางตอนกลางและตอนใต้ เป็นที่ราบลักษณะดินเป็นดินปนทรายและดินเหนียว	แร่หินประดับ แร่ดินขาว แร่บอลเคลย์ แร่เหล็ก แร่ตะกั่ว แร่ดิกไกด์ และแร่หินโรโอไลท์
ปราจีนบุรี	ตอนบนเป็นที่ราบสูง และป่าทึบทิศเหนือเต็มไปด้วยเทือกเขา และตอนล่างเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ	ทองแดง นิกเกิล โครไมท์ บอลเคลย์ ดินขาว หินปูน เหล็ก และทองคำ
สมุทรปราการ	พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำมีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ไม่มีภูเขา มีพื้นที่บางส่วนติดชายฝั่งทะเลสภาพแวดล้อมด้านป่าชายเลนเสื่อมโทรมไปมีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งรุนแรงเฉลี่ยมากกว่า 5.0 เมตรต่อปี	ไม่พบทรัพยากรทางธรณีจำพวกแร่ธาตุ น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ
สระแก้ว	สภาพโดยรวมเป็นพื้นที่ราบถึงที่ราบสูงและมีภูเขาสูงสลับซับซ้อน	แมกนีไซต์ แมงกานีสโครไมต์ ทองคำ หินอ่อนเหล็กและแคลไซต์ ฟลูออไรท์

ที่มา : สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, 2555
มูลนิธิสภาเตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, 2555

1.4 ด้านสมุทรศาสตร์ของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 4 : แสดงสภาพสมุทรศาสตร์ และความยาวชายฝั่งทะเลของ 6 จังหวัด

จังหวัด	สมุทรศาสตร์	ความยาวชายฝั่งทะเล
ฉะเชิงเทรา	มีพื้นที่ติดทะเล โดยมีพื้นที่เกี่ยวเนื่องบางส่วนอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีความยาวตามลำน้ำบางปะกง 23.4 กิโลเมตร ห่างจากตัวจังหวัดฉะเชิงเทรา 22 กิโลเมตร	15 กิโลเมตร
ชลบุรี	มีพื้นที่ติดทะเล จำนวน 4,363 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนเกาะทั้งหมด 45 แห่ง	160 กิโลเมตร
สมุทรปราการ	จังหวัดสมุทรปราการ เดิมชายฝั่งทะเลมีป่าชายเลนกว้างขวาง แต่ปัจจุบันมีการบุกรุกป่าชายเลน ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งเป็นบริเวณกว้าง	47.5 กิโลเมตร

หมายเหตุ สระแก้ว ปราจีนบุรี และนครนายก ไม่มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2555

1.5 ด้านทรัพยากรดินของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 5 : แสดงทรัพยากรดิน และปัญหาดินที่พบของ 6 จังหวัด

จังหวัด	ทรัพยากรดิน	ปัญหาดินที่พบ
ฉะเชิงเทรา	กลุ่มชุดดินที่พบมี 25 ชุดดิน	มากที่สุดคือ ดินตื้น รองลงมาคือดินเปรี้ยวจัดปานกลาง
ชลบุรี	กลุ่มชุดดินที่พบมี 11 ชุดดิน	มากที่สุดคือดินทรายจัด รองลงมาคือดินตื้น
นครนายก	กลุ่มชุดดินที่พบมี 28 ชุดดิน	มากที่สุดดินเปรี้ยวจัดมาก รองลงมาคือดินตื้น
ปราจีนบุรี	ลักษณะเนื้อดินแบ่งเป็น 3 กลุ่ม	มากที่สุดคือ ดินตื้นรองลงมาคือ ดินภูเขา
สมุทรปราการ	กลุ่มชุดดินที่พบมี 8 ชุดดิน	ดินเค็มและดินเปรี้ยว
สระแก้ว	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่ม จะเป็นดินเหนียวสีดำที่ลึกมาก	มีรอยแตกระแหงกว้างและลึก การระบายน้ำค่อนข้างเลว

ที่มา : สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, 2555

1.6 ด้านสภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรมของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 6 : แสดงพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้ เนื้อที่ถือครองทางการเกษตร และพื้นที่นอกการเกษตรของ 6 จังหวัด

หน่วย : ไร่

จังหวัด	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	นครนายก	ปราจีนบุรี	สมุทรปราการ	สระแก้ว
พื้นที่ทั้งหมด	**3,344,375**	**2,726,875**	**1,326,250**	**2,976,475**	**627,5578**	**4,496,962**
ลำดับที่ของพื้นที่	2	4	5	3	6	1
พื้นที่ป่าไม้	**484,056**	**300,386**	**399,976**	**866,425**	**6,995**	**989,702**
เนื้อที่ถือครองทางการเกษตร	**2,257,925**	**1,662,388**	**681,819**	**1,495,809**	**223,155**	**2,438,532**
- ที่อยู่อาศัย	63,225	39,758	36,756	60,138	10,808	41,575
- ที่นา	765,413	105,627	439,691	657,003	31,431	851,158
- พืชไร่	563,216	561,391	750	351,229	-	1,140,888
- ไม้ผลและไม้ยืนต้น	509,935	697,958	96,953	226,288	14,018	191,831
- สวนผักและไม้ดอก	22,206	23,323	10,433	31,004	286	16,836
- ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	6,757	5,435	2,258	-	334	11,391
- ที่รกร้าง	48,173	7,399	2,030	37,191	776	49,212
- เนื้อที่ทำการเกษตรอื่นๆ	279,000	221,496	92,948	132,956	165,501	135,641
พื้นที่นอกการเกษตร	**602,394**	**764,101**	**244,455**	**614,242**	**397,408**	**1,068,728**

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สมุทรปราการ และสระแก้ว, 2555

1.7 ด้านทรัพยากรป่าไม้ของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 7 : แสดงเนื้อที่ป่า และป่าสงวนของ 6 จังหวัด

จังหวัด	เนื้อที่ป่า(ตร.กม.)	ป่าสงวน
ฉะเชิงเทรา	774.49	1 แห่ง คือป่าแควระบม และป่าสียัด พื้นที่ประมาณ 2,362.91 ตร.กม.
ชลบุรี	480.62	มีป่าสงวนแห่งชาติอยู่ 9 ป่า พื้นที่ประมาณ 1,476.51 ตร.กม.
ปราจีนบุรี	1,386.28	มีป่าสงวนแห่งชาติอยู่ 13 ป่า เป็นพื้นที่ประมาณ 5,623.03 ตร.กม.
สมุทรปราการ	11.19	ส่วนใหญ่ราบลุ่มปากแม่น้ำ ดังนั้น ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดจึงทำให้ไม่มีพื้นที่ ป่าไม้ (ป่าบก)

หมายเหตุ นครนายก และสระแก้ว ไม่ปรากฏข้อมูล

ที่มา : กรมป่าไม้, 2555

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ สภาพธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ ทรัพยากรดิน สภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม ทรัพยากรป่าไม้และสภาพเศรษฐกิจสังคม ของกลุ่ม 6 จังหวัด

1.1 ลักษณะภูมิประเทศ จังหวัดที่มีเนื้อที่จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรี นครนายก และสมุทรปราการ ตามลำดับ

1.2 ด้านสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศของจังหวัดฉะเชิงเทราและปราจีนบุรี มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเขตศูนย์สูตร ชลบุรีมีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน นครนายก มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น สมุทรปราการ มีสภาพอากาศแบบชายทะเล สระแก้วสภาพภูมิอากาศเป็นแบบฝนเมืองร้อน

1.3 **ด้านสภาพทางธรณีวิทยา** จังหวัดที่มีแร่จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ปราจีนบุรี นครนายก สระแก้ว ฉะเชิงเทรา และชลบุรี (จังหวัดสมุทรปราการ ไม่ปรากฏข้อมูล)

1.4 ด้านสมุทรศาสตร์ จังหวัดที่มีความยาวชายฝั่งทะเลจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ ชลบุรี สมุทรปราการ และฉะเชิงเทรา ตามลำดับ จังหวัดที่มีพื้นที่ป่าชายเลนจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา และชลบุรี ตามลำดับ (นครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว ไม่มีพื้นที่ติดทะเล)

1.5 ด้านทรัพยากรดิน จังหวัดที่พบกลุ่มชุดดินจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือนครนายก ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และสมุทรปราการ ตามลำดับ ซึ่งจังหวัดสระแก้ว และปราจีนบุรี ไม่ปรากฏข้อมูล

1.6 ด้านสภาพการใช้ที่ดินและการเกษตรกรรม จังหวัดที่มีการแบ่งเป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตรมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปราจีนบุรี นครนายก และสมุทรปราการ ตามลำดับ

1.7 ด้านทรัพยากรป่าไม้ จังหวัดที่มีเนื้อที่ป่าไม้จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สระแก้ว ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา นครนายก ชลบุรี และสมุทรปราการ ตามลำดับ

1.8 ด้านเศรษฐกิจและสังคม จังหวัดที่มีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ จังหวัดที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวต่อปีจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือสมุทรปราการ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก และสระแก้ว ตามลำดับ จังหวัดที่มีจำนวนประชากรจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ ชลบุรี สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ว่างงานจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ฉะเชิงเทราสระแก้ว ชลบุรี ปราจีนบุรี และนครนายก ตามลำดับ

จังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ จังหวัดที่มีเงินลงทุนจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ สมุทรปราการ ชลบุรี ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทราสระแก้ว และนครนายก ตามลำดับ

1.8 ด้านเศรษฐกิจและสังคมของ 6 จังหวัด

ตารางที่ 8 : แสดงมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม สาขาทำมูลค่าผลิตภัณฑ์มากที่สุด รายได้เฉลี่ยต่อหัวต่อปี จำนวนประชากร ผู้ว่างงาน จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม เงินทุนรวม จำนวนนิคม ของ 6 จังหวัด

จังหวัด	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	นครนายก	ปราจีนบุรี	สมุทรปราการ	สระแก้ว
มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม (ล้านบาท)	259,688	453,886	17,160	75,676	698,022	37,989
ลำดับที่ผลิตภัณฑ์มวลรวม	3	2	6	4	1	5
สาขาทำมูลค่าผลิตภัณฑ์มากที่สุด	อุตสาหกรรม	อุตสาหกรรม	สาขาการขายส่ง-ปลีก	อุตสาหกรรม	อุตสาหกรรม	เกษตรกรรม การขายส่ง-ปลีก
รายได้เฉลี่ยต่อหัวต่อปี(บาท)	361,569	441,062	80,041	165,892	528,899	69,091
ลำดับที่ของพื้นที่ของรายได้เฉลี่ยต่อหัวต่อปี	3	2	5	4	1	6
จำนวนประชากร(คน)	677,434	1,284,588	251,672	468,342	1,203,223	459,965
ผู้ว่างงาน(คน)	3,695	2,997	256	1,579	6,645	3,298
โรงงานอุตสาหกรรม(แห่ง)	1,814	4,030	294	765	7,606	489
เงินทุนรวม(ล้านบาท)	189,255	447,929	5,961	204,019	518,227	11,817
นิคมอุตสาหกรรม(แห่ง)	2	5	-	2	2	-

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในภาคตะวันออกทั้ง 6 จังหวัดนั้น จังหวัดที่มีผลิตภัณฑ์มวลรวมสูงสุด 3 อันดับแรก คือ สมุทรปราการ ชลบุรี และฉะเชิงเทราตามลำดับ ซึ่งใน 3 จังหวัดนี้ได้รับอิทธิพลการขยายตัวของสังคมเมือง และการเปลี่ยนแปลงจากการผลิตภาคเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรม จะเห็นได้จากมีการลงทุนตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นทุกปีและเป็นจังหวัดที่มีอาณาเขตติดกับทะเล ทำให้มีการติดต่อค้าขายกับชาวต่างชาติได้อย่างสะดวกสบาย โดยเฉพาะในด้านการคมนาคม ซึ่งจะเห็นได้จากมีท่าเทียบเรือใหญ่ๆ หลายท่า ทำให้สะดวกในการส่งออกสินค้าไปต่างประเทศ ในส่วนจังหวัดนครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว จะมีบทบาทในด้านอื่นๆ เช่น การเกษตร การท่องเที่ยว ด้านอุตสาหกรรมก็มีเช่นกัน แต่จะน้อยกว่า 3 จังหวัดแรก แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ต้องคำนึงถึงการกำจัดมลภาวะที่เป็นพิษควบคู่กันไป เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

ในด้านภูมิประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติ และทรัพยากรการเกษตรนั้น จะเห็นได้ว่า จังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือสระแก้ว ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรีนครนายก และสมุทรปราการ ตามลำดับ

แต่ในด้านรายได้ของประชากรเฉลี่ยต่อหัวต่อปีจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือสมุทรปราการชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก และสระแก้ว ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจังหวัดที่มีพื้นที่น้อยที่สุดกลับมีรายได้ของประชากรเฉลี่ยต่อหัวต่อปีมากที่สุด ก็คือจังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดที่มีรายได้ของประชากรเฉลี่ยต่อหัวต่อปีน้อยที่สุด ก็คือจังหวัดสระแก้ว หรือแม้แต่จังหวัดที่มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดมากที่สุด ก็คือจังหวัดสมุทรปราการเช่นกัน จึงทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ขนาดของพื้นที่ รายได้ของประชากรเฉลี่ยต่อหัวต่อปี และมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดจะสวนทางกัน ใน 6 จังหวัด

การที่มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการมากที่สุดนั้น เป็นเพราะเน้นในด้านอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ซึ่งเมื่อรวมกับจังหวัดระยองเข้าไปด้วยทำให้ประเทศไทยกลายเป็นผู้ผลิตรถยนต์อันดับ 1 ของโลกในปี 2555 ทันที ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายรถยนต์คันแรกของรัฐบาลด้วย นับได้ว่าเป็นการพัฒนาที่ถูกทาง ขณะเดียวกันจังหวัด ที่มีศักยภาพทางด้านทรัพยากรธรรมชาติ และทรัพยากรการเกษตรที่มีขนาดใหญ่ ก็ไปเน้นรายได้ที่เกี่ยวกับการท่องเที่ยว และการเกษตรเป็นหลัก นับได้ว่าเป็นการพัฒนาที่ถูกต้องแล้ว แต่จุดที่ควรคำนึงถึงใน 3 จังหวัดแรกคือ สมุทรปราการ ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ที่เน้นอุตสาหกรรมเป็นหลักนั้น ควรจะคำนึงถึงมลภาวะที่เกิดขึ้น และหาทางถนอมทรัพยากรธรรมชาติ หรือใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และให้ยั่งยืนต่อไป ซึ่งจะสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของทั้ง 6 จังหวัดด้วย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตด้านการเกษตรและข้อมูลเชิงเศรษฐกิจให้ครบทั้ง 9 จังหวัดภาคตะวันออก ซึ่งประกอบไปด้วย จังหวัดจันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี ระยอง สมุทรปราการ และสระแก้ว

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2555. ข้อมูลสารสนเทศกรมป่าไม้. สืบค้นวันที่ 9 ก.ย. 2555 จาก http://forestinfo.forest.go.th

พิชัย สราญรมย์. 2554. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา การจัดการทรัพยากรการเกษตร. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2555. ด้านสมุทรศาสตร์จังหวัดฉะเชิงเทรา. สืบค้นวันที่ 22 ต.ค. 2555 จาก: http://www.mcrc-upper.go.

สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา. 2555. สภาพทรัพยากรแร่ธาตุ ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินจังหวัดฉะเชิงเทรา. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: http://r02.ldd.go.th/Website_stati

สถานีพัฒนาที่ดินชลบุรี. 2555. สภาพทรัพยากรแร่ธาตุ ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินจังหวัดชลบุรี. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: r02.ldd.go.th/Website_station/cbi01/ind

สถานีพัฒนาที่ดินนครนายก. 2555. สภาพทรัพยากรแร่ธาตุ ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินจังหวัดนครนายก. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: r01.ldd.go.th/NYK/home1.htm

สถานีพัฒนาที่ดินปราจีนบุรี. 2555.สภาพทรัพยากรแร่ธาตุ ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินจังหวัดปราจีนบุรี. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.ldd.go.th/Lddwebsite/WEB_r

สถานีพัฒนาที่ดินสมุทรปราการ. 2555. สภาพทรัพยากรแร่ธาตุ ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินจังหวัดสมุทรปราการ. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.ldd.go.th/Lddwebsite/W

สถานีพัฒนาที่ดินสระแก้ว. 2555. สภาพทรัพยากรแร่ธาตุ ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินจังหวัดสระแก้ว. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: r02.ldd.go.th/Website_station/sko01/index

สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา. 2555. สภาพทรัพยากรน้ำจังหวัดฉะเชิงเทรา. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.chachoengsao.doae.go.th/home

สำนักงานเกษตรจังหวัดชลบุรี. 2555. สภาพทรัพยากรน้ำจังหวัดชลบุรี. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.chonburi.doae.go.th/index2.html

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครนายก. 2555. สภาพทรัพยากรน้ำจังหวัดนครนายก. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.nakhonnayok.doae.go.th/index
สำนักงานเกษตรจังหวัดปราจีนบุรี. สภาพทรัพยากรน้ำจังหวัดปราจีนบุรี. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.prachinburi.doae.go.th/index1
สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการ. 2555. สภาพทรัพยากรน้ำจังหวัดสมุทรปราการ. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.samutprakan.doae.go.th/index
สำนักงานเกษตรจังหวัดสระแก้ว. 2555. สภาพทรัพยากรน้ำจังหวัดสระแก้ว. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: www.sakaeo.doae.go.th
สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา. 2555.ข้อมูล จ.ฉะเชิงเทรา. สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. 2555 จาก: ww.chachoengsao.go.th
สำนักงานจังหวัดชลบุรี. 2555. ข้อมูล จ.ชลบุรี. สืบค้นวันที่ 2 ต.ค. 2555 จาก: www.chonburi.go.th
สำนักงานจังหวัดนครนายก. 2555. ข้อมูล จ.นครนายก. สืบค้นวันที่ 2 ต.ค. 2555 จาก: www.nakhonnayok
สำนักงานจังหวัดปราจีนบุรี. 2555.ข้อมูล จ.ปราจีนบุรี. สืบค้นวันที่ 2 ต.ค. 2555 จาก: www.prachinburi.go.th/.
สำนักงานจังหวัดสมุทรปราการ. 2555. ข้อมูล จ.สมุทรปราการ. สืบค้นวันที่ 2 ต.ค. 2555 จาก: www.samutprakan
สำนักงานจังหวัดสระแก้ว. 2540. เอกสารบรรยายสรุป จ.สระแก้วปี 2540. สืบค้นวันที่ 2 ต.ค. 2555 จาก: www.sakaeo.go.th
สำนักงานจังหวัดสระแก้ว. 2555. ข้อมูล จ.สระแก้ว. สืบค้นวันที่ 2 ต.ค. 2555 จาก: www.sakaeo.go.th
สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2553. ผลิตภัณฑ์มวลรวมตามราคาประจำปี จำแนกเป็นรายภาคและจังหวัด พ.ศ. 2553. สืบค้นวันที่ 12 ต.ค. 2555 จาก: surat.nso.go.th/surat/Gpp.xls

---

รศ.ดร.พิชัย สราญรมย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000
pichaisaram@hotmail.com

TI1005: **Production of Recombinant Vpu Protein of HIV-1**

Thitiporn Mooksombat[1], Nitaya Indrawatana[2], Wanpen Chaicumpa[3] and Nitat Sookrung[4*]

[1]Department of Immunology, [3]Department of Parasitology, [4]Office for Research and Development, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand
[2]Department of Microbiology and Immunology, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok, Thailand

Abstract

The Viral protein U (Vpu) protein, which encoded by HIV-1, is an oligomeric, 81 amino acids type-I membrane protein. Vpu is a multifunctional protein which is pivotal for HIV growth and spread and also the progression of the infection to AIDS. Thus, this study aimed to produce recombinant Vpu protein of HIV-1 for the research purposes. RNA genome of HIV belonging to CRF_AE was extracted from culture supernatant of infected T-cells and reverse-transcribed to cDNA. The cDNA was used as a template for PCR amplification of DNA sequence coding for Vpu. The amplified *vpu* sequences were inserted into a protein expression plasmids, pET23b^{+}, and the recombinant plasmids were introduced into competent BL21 (DE3) *Escherichia coli* (*E.coli*). Recombinant Vpu protein was expressed and purified from the transformed *E. coli* lysate. The recombinant Vpu protein was successfully produced for HIV-1 research.

Key words: Human Immunodeficiency Virus-1 (HIV-1), Viral protein U (Vpu), Genetic engineering
*Corresponding author.
E-mail address: nitat.soo@mahidol.ac.th

Introduction

Human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1) infect target cells by transfer its genome across both viral and host cell membranes. HIV-1 virus accomplishes this process by encoding and expressing of their surface integral membrane proteins, *i.e.* gp120 and gp41 that upon binding to host cell receptors, *i.e.* CD4 molecules and chemokine receptors (CXCR4 or CCR5), cause the viral and host cell membranes to fuse with one another, providing a portal of viral genome entry (Hernandez LD *et al*., 1996). Once delivered inside the host cell, the HIV genome is reversed transcribed and transported to the host cell nucleus, where it integrates in the host cell chromosome as a provirus. Viral gene expression then proceeds in two stages; first, yielding the regulatory proteins Tat, Rev and Nef, and secondly producing the late gene products, *i.e.* Gag, Env, Vif, Vpr and Vpu all involve in some aspects of new virion formation.

Among the HIV regulatory proteins, Vpu is a protein which found in the late gene product in viral replication and found only in infected cells (Nomaguchi M *et al*., 2008). This protein is an oligomeric, 81 amino acids membrane protein (Strebel K *et al*., 1988) and consists of a 23-27 amino acid residues hydrophobic transmembrane domain that form an ion channel which plays a role in virion release enhancement (Dube M *et al*., 2010), and 54 amino acid residues cytosolic domain consist of two α-helices that linked with a conserved sequence (DSGNES) carry a pair of serine residues at positions 52 and 56. Phosphorylation of two serine residues (S52 and S56) by casein kinase II plays a role in CD4 degradation (Dube M *et al*., 2010). Two major functions of Vpu in HIV pathogenesis on virion release enhancement and mediated CD4 degradation consequences in higher viral and accelerated disease progression (Nomaguchi M *et al*., 2008).

Understanding the structure and function of Vpu are necessary for HIV pathogenesis in HIV research. However, purification of native Vpu from infected cells is difficult and more hazardous. Recently bacterially expressed recombinant protein is widely applied for study the structure and function of interested protein in many researches (Maneewatch S *et al*., 2009; Thueng-in K *et al*., 2012). Here we produced recombinant Vpu protein of HIV-1 by genetic engineering techniques via cloning, expression and purification. This recombinant Vpu protein may contribute in further HIV researches.

Materials and Methods

1. **Cloning of *vpu* gene**

HIV-1 virus, DA5 strain; CRF01_AE (CXCR4 tropic) was obtained from the Department of Microbiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital. Plus-stand genomic viral RNA was extracted by TRIzol Reagent (Invitrogen, Life Technologies, USA) following to the manufacturer's instruction. The isolated HIV-1 genomic RNA was used as a template for the first stand cDNA synthesis by using RevertAid™ First Strand cDNA Synthesis Kit (Fermentas, Thermo Scientific, USA). The full-length HIV-1 *vpu* was amplified by using these first stand cDNA via Polymerase chain reaction by subjected in GenAmp PCR system 2400. Oligonucleotide primers were used for PCR amplification of HIV-1 *vpu* cDNA were

designed from the *vpu* sequence of the database (GenBank accession No. AF164485). Primers were engineered to contain the *Eco*RV and *Xho*I restriction sites for facilitating the cloning procedure. The *vpu* amplicons with 3'-dA overhangs were generated during the PCR amplification with *Taq* DNA polymerase. PCR products were ligated into pTZ57R/T vector by using InsTAclone™ PCR Cloning Kit (Fermentas). The construction of pTZ57R-*vpu* clones were introduced into JM109 *E. coli* for propagation by chemical transformation method which was performed by using TransformAid™ Bacterial Transformation Kit (Fermentas) according to the manufacturer's instruction. Bacterial colony on LB-A plate were used directly as DNA template for checking the presence of the inserted *vpu* fragment by colony PCR using the same primer pair for cloning and the thermocycles as the *vpu* amplification. The inserted *vpu* plasmids were verified by nucleotide sequencing according to the DNA sequencing, the M13 forward (-20) and reverse (-24) primers. The DNA-coding sequence from the cloning vector was aligned with *vpu* sequence from the GenBank database. Computational deduced amino acids were compared with amino acid sequence from the GenBank Vpu.

2. Expression of recombinant vpu in *E. coli*

The recombinant *vpu* gene was constructed in the pET expression system to produce the recombinant Vpu protein. The selected JM 109 *E. coli* transformant containing pTZ57R-*vpu* was extracted from the selected transformed *E. coli* culture with High-Speed Plasmid Mini Kit (Geneaid Biotech, Taiwan). The *vpu* sequence was amplified by PCR using the pTZ57R-*vpu* as a template. Primers were engineered to contain the *BamH*I and *Xho*I restriction sites for forward and reverse primer, respectively. The amplified *vpu* sequences were subjected to double digestion by using FastDigest *BamH*I and *Xho*I restriction endonucleases (Fermentas). The protein expression plasmids pET-23b$^+$ were also subjected for double digestion by the same restriction endonucleases. The digested *vpu* fragment and the linearized pET23b$^+$ were ligated together by using T4 DNA Ligase (Fermentas) and introduced into JM109 *E. coli*.

The purified plasmid of pET23b-*vpu* was introduced into BL21 (DE3) *E. coli*. Positive *E. coli* clones carrying the recombinant plasmids were tested for their ability to express the Vpu protein. Bacterial starter cultures were prepared from individual colonies picked from the replica plate and incubated at 37°C for 16 hours. One percent of each starter bacterial culture was added into LB-A broth and incubated at 37°C with shaking at 250 rpm until the OD_{600nm} reached 0.5-0.6. The bacterial cells was induced for protein expression with 0.4 mM isopropyl-b-D-1-thiogalactopyranoside (IPTG) and further incubated at 37°C for 5 hours. The hexa-histidine (6x His)-tagged Vpu fusion protein was purified by metal-ligand (Ni-NTA^{TM}) agarose beads (Invitrogen, USA). The recombinant Vpu bound to the agarose beads was eluted by concentrations of 250 mM imidazole washing buffer. Concentration of the purified recombinant Vpu protein was determined by Bradford's assay.

3. Determination of recombinant Vpu protein

The recombinant Vpu was analyzed by 12% SDS-PAGE and electrotransfered to nitrocellulose membrane (Biorad, USA). Western blot analysis was performed to detect the presence of His-tagged-Vpu on nitrocellulose membrane by using mouse monoclonal antibody to His-tag (Abcam, UK) (diluted 1:1,000 with PBS-T). Goat anti-mouse IgG (H+L)-AP conjugate (Southern Biotech, USA) (diluted 1:1,000 with PBS-T) and BCIP/NBT phosphatase substrate (KPL, USA) were used as the revelation reagents of the His-tagged-Vpu.

The recombinant Vpu was determined by liquid chromatography/tandem mass spectrometry (LC/MS-MS) according to the method described previously (Kulkeaw K *et al*., 2009). Approximately 2.5 µg of purified recombinant Vpu was saperated on SDS-PAGE and stained by Coomassie Brilliant Blue G-250 dye. The stained protein was excised from the SDS-PAGE gel and subjected to LC/MS-MS for protein identification (Proteomics services, First Base Laboratories).

Result

1. Cloning and bioinformatics analysis of vpu gene

RNA was extracted from HIV-1 viral particles (CRF01_AE) by TRIzol Reagent. The isolated HIV-1 genomic RNA was used as a template for the first stand cDNA synthesis by reverse-transcriptase PCR (RT-PCR). The generated minus-stand cDNA was used for amplification of vpu coding sequence. The fragment of vpu coding sequence was seen as band ~250 bp (Figure 1). The *vpu* gene fragment was ligated into pTZ57R/T vector. The inserted *vpu* in the recombinant plasmid was verified by nucleotide sequencing and aligned with *vpu* sequence of the GenBank database. The nucleotide sequence and computational deduced amino acids of *vpu* in this study was showed in Figure 2. The recombinant plasmid was verified deduced amino acids and aligned with *vpu* sequence from the GenBank database, they showed 91, 91, 93, 93, 94 and 95% identity to amino acid sequence of amino acid sequence of HIV-1 Vpu in Thailand subtype: CRF01_AE, accession no. AAW57719, ABI15773, AAF85786, AAL96768, AAF24325 and BAH97556, respectively (Figure 3).

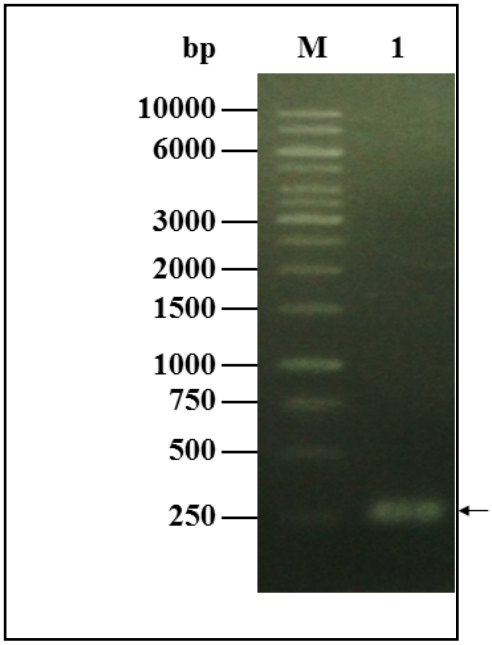


Figure 1: PCR product of Vpu coding sequence (lane 1) (~250 bp) was amplified using cDNA prepared from genomic RNA of HIV-1 CRF01_AE (arrow); Lane M, GeneRuler™ 1 kb DNA ladder. Numbers at the left are DNA sizes in bp.

2. Bacterially expressed recombinant Vpu protein

The recombinant *vpu* gene was constructed in the pET expression system (pET23b$^+$ plasmid) to produce the recombinant Vpu protein. Positive BL21(DE3) *E. coli* clones carrying the recombinant plasmids was induced for protein expression with 0.4 mM isopropyl-ß-D-1-thiogalactopyranoside (IPTG) and further incubated at 37°C for 5 hours. The soluble and insoluble portion of BL21(DE3) *E. coli* containing recombinant Vpu protein were separated by SDS-PAGE and determined His-tag Vpu by Western blot analysis. The result showed expected band at ~18-20 kDa on Western blot pattern of the SDS-PAGE separated Vpu (Figure 4). The production of insoluble fraction of Vpu protein was high productivity.



Figure 2: The nucleotide sequence and deduced amino acid sequence of *vpu* in this study. The sequence contained N-terminal transmembrane domain, two α-helices of cytoplasmic domain and conserved sequences (highlight box containing phosphorylated serine residues (S52) and (S56) sites.

3. Purification of recombinant Vpu protein

The insoluble recombinant Vpu protein was purified by using Ni-NTA™ affinity agarose beads under denaturing condition. The recombinant Vpu bound to the agarose beads was eluted by concentrations

of 250 mM imidazole washing buffer. The purified recombinant Vpu was separated on SDS-PAGE and showed pattern of CBB stained-SDS-PAGE (Figure 5A). The Western blot pattern was shown after probed with mouse monoclonal antibody to His-tag (Figure 5B).

```
AAF85786        MTPLEISAIVGLIVALILAIVVWTIVAIEFKKILRQRKIDRLVKRIRERAEDSGNESEGD 60
AAW57719        MTPLEISAIVGLIVALILAIVVWTIVAIEFKKLLRQRKIDRLVKRIRERAEDSGNESEGD 60
ABI15773        MTPLEISAIVGLIVALILAIVVWTIVAIEFKKILRQRKIDRLIKRIRERAEDSGNESEGD 60
AAF24325        MSPLEISAIVGLIVALILAIVVWTIVAIEFKKILRQRKIDRLVKRIRERAEDSGNESEGD 60
AAL96768        MSPLEISAIVGLIVALILAIVVWTIVAIEYRKILRQRKIDRLVKRIRERAEDSGNESEGD 60
BAH97556        MTPLEISAIVGLIVALILAIVVWTIVALECKKILRQRKIDRLVKRIRERAEDSGNESEGD 60
rVpu            MSPLEISVIVGLIVALILAIVVWTIVALECKKILRQRKIDRLVKRIREKAENSGNESEGD 60
                *:*****.******************:* :*:*********:*****:**:********

AAF85786        TDELAKLVEMGDFDPWVGDN- 80
AAW57719        TDELAKLVEMGDFDPWVGDN- 80
ABI15773        TDELAKLVEMGDFDPWVGDN- 80
AAF24325        TDELAKLVEMGDFDPWVGDN- 80
AAL96768        TDELAKLVEMGDFDPWVGDN- 80
BAH97556        TDELAKLVEMGDFDPWVGDN- 80
rVpu            TDELAKLVEMGDFDPWVGDNL 81
                ********************
```

Figure 3: The deduced amino acids sequence of *vpu* in this study was multiply aligned with the HIV-1 Vpu in Thailand subtype: CRF01_AE GenBank database accession no. AAW57719, ABI15773, AAF85786, AAL96768, AAF24325 and BAH97556 using ClustalW2 - Multiple Sequence Alignment EMBL EBI

4. Determination of recombinant Vpu protein by LC/MS-MS

The recombinant Vpu was determined by liquid chromatography/tandem mass spectrometry (LC/MS-MS). Orthologous proteins of the database which their peptides matched with the peptide sequences generated from recombinant Vpu are shown in Table 1.

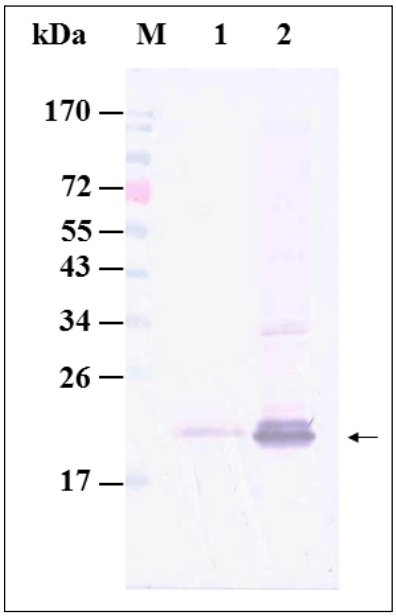


Figure 4: Western blot patterns of the SDS-PAGE separated Vpu probed with mouse monoclonal antibody to His-tag. The soluble portion (Lane 1) and insoluble portion (Lane 2) of BL21(DE3) *E. coli* containing recombinant Vpu protein lysate were showed expected band at ~18-20 kDa (arrow); Lane M: Pre-stained standard protein ladder. Numbers at the left are molecular masses of proteins in kDa.

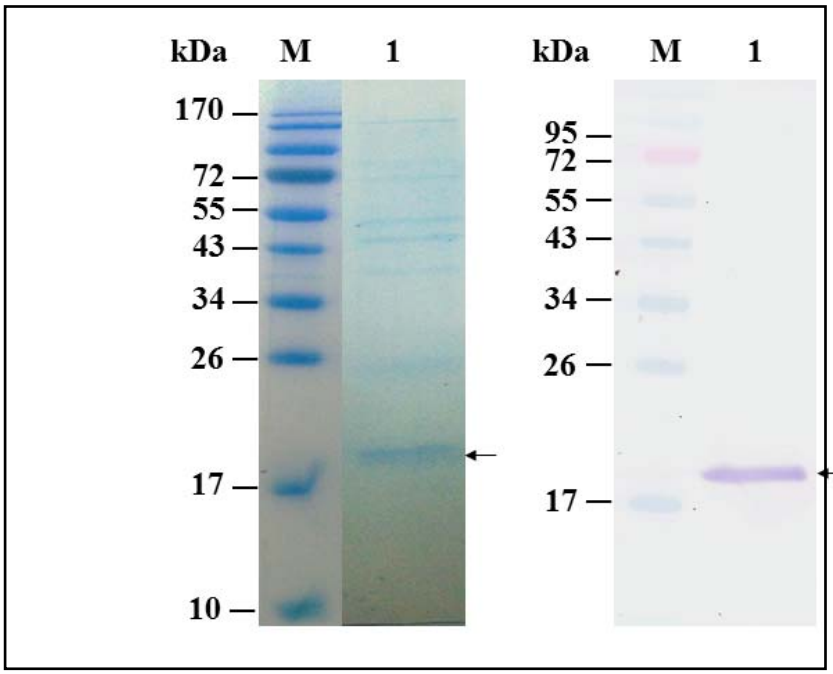


Figure 5: Purified recombinant Vpu protein A.) SDS-PAGE pattern of separated purified Vpu stained with CBB G250 dye, B.)Western blot pattern of the SDS-PAGE separated-purified Vpu probed with mouse monoclonal antibody to His-tag; Lane M: Pre-stained standard protein ladder, Lane 1: Purified recombinant Vpu (arrow). Numbers at the left are molecular masses of proteins in kDa.

Table 1: Peptide sequences generated from the recombinant HIV-1 Vpu by LC/MS-MS that matched with the peptides of a Vpu in database (Human immunodeficiency virus 1Vpu protein, accession no. A6Y986)

	Accession no.	Score
Orthologous protein		
Human immunodeficiency virus 1 Vpu protein	A6Y986	103
Matched peptides		
R.IQERAEDSGNESEGDTDELAK.L		58
R.AEDSGNESEGDTDELAK.L		81
R.AEDSGNESEGDTDELAK.L		32

Discussion

HIV-1 Vpu is multifunctional proteins which play a crucial role in HIV replication and also the progression of the infection to AIDS. Main biological functions of Vpu are involve in CD4 degradation (Tanaka M *et al*., 2003), promote HIV-1 release and transmission (Neil SJ et al., 2008), induced cell apoptosis (Akari H *et al*., 2001) and down regulated MHC class I and class II expression (Nomaguchi M *et al*., 2008). In order to know the structure and biological activities of Vpu, purified Vpu protein is necessary for using as a key reagent in the experiment. However, native Vpu purification from infected cells is difficult and more hazardous.

In this report recombinant Vpu protein was produced from bacteria by genetic engineering techniques. RNA was extracted from HIV-1 viral particles and cDNA was synthesized from viral RNA template by RT-PCR. The *vpu* gene was amplified using specific primers designed from *vpu* sequences in database. The recombinant Vpu was constructed in the pET expression system to produce the recombinant Vpu protein in *E. coli*. Production recombinant viral proteins by using pET expression system are successfully produced in influenza virus, hepatitis C virus even in HIV virus (Maneewatch S *et al*., 2009; Thueng-in K *et al*., 2010, 2012). The 250 bp vpu amplicon was produced and deduced amino acids sequences was aligned with *vpu* sequence from the GenBank database, they showed 91- 95% identity to amino acid sequence of amino acid sequence of HIV-1 Vpu in Thailand subtype: CRF01_AE (Ramos A *et al*., 2003). These results may imply that the recombinant Vpu in this study is identity to the native Vpu sequences from the HIV-1 isolated from the patient.

The SDS-PAGE and CBB staining shows expected band at18-20 kDa of Vpu protein different from the previous report by Ma C *et al*., 2001, which produce 16 kDa of Vpu protein (Ma C *et al*., 2001). The

size of Vpu protein in this study slightly bigger than the previous study since this study the Vpu protein was tagged with 6xhistidine for revealing Vpu protein in *E. coli* lysate and used for purification process. The peptide sequence was generated from recombinant Vpu by LC/MS-MS analysis matched with peptide sequences of Vpu in the MASCOT database, suggested this recombinant protein is Vpu protein of HIV-1.

Conclusions

Full-length *vpu* of HIV-1 was successfully cloned and expressed in *E. coli*. A computational deduced amino acid sequence of Vpu in this study was 91-95% identity to available Vpu sequences in GenBank database. Data from LC/MS-MS analysis shows peptide sequences from recombinant Vpu matched with the orthologous proteins in database. Bacterially expressed Vpu may contribute in further HIV researches

Acknowledgements

The work was supported by the National Research University (NRU) project of the Office of Commission on Higher Education (CHE). Nitat Sookrung and Nitaya Indrawattana are TRF new scholars of the mrg2554 and the mrg2555, respectively.

References

Akari H, Bour S, Kao S, *et al*. The human immunodeficiency virus type 1 accessory protein Vpu induces apoptosis by suppressing the nuclear factor kappa B-dependent expression of antiapoptotic factors. (2001). **J Exp Med**. 194: 1299-311.

Dubé M, Bego MG, Paquay C, *et al*. (2010). Modulation of HIV-1-host interaction: role of the Vpu accessory protein. **Retrovirology**. 7: 114.

Hernandez LD, Hoffman LR, Wolfsberg TG, *et al*. (1996). Virus-cell and cell-cell fusion. **Annu Rev Dev Cell Biol**. 12: 627-661.

Kulkeaw K, Sakolvaree Y, Srimanote P, *et al*. (2009). Human monoclonal ScFv neutralize lethal Thai cobra, Naja kaouthia, neurotoxin. **J Prot**. 72: 270-282.

Ma C, Marassi FM, Jones DH, *et al*. (2002). Expression, purification, and activities of full-length and truncated versions of the integral membrane protein Vpu from HIV-1. **Protein Sci**. 11: 546-257.

Maneewatch S, Thanongsaksrikul J, Songserm T, *et al*. (2009). Human single-chain antibodies that neutralize homologous and heterologous strains and clades of influenza A virus subtype H5N1. **Antivir Ther**. 14: 221-230.

Neil SJ, Zang T, Bieniasz PD. (2008). Tetherin inhibits retrovirus release and is antagonized by HIV-1 Vpu. **Nature**. 451: 425-230.

Nomaguchi M, Fujita M, Adachi A. (2008). Role of HIV-1 Vpu protein for virus spread and pathogenesis. **Microbes Infect**. 10: 960-967.

Ramos A, Nguyen L, Hu DJ, *et al*. (2003). New HIV type 1 CRF01_AE/B recombinants displaying unique distribution of breakpoints from incident infections among injecting drug users in Thailand. **AIDS Res Hum Retroviruses**. 19: 667-674

Strebel K, Klimkait T, Martin MA. (1988). A novel gene of HIV-1, vpu, and its 16-kilodalton product. **Science**. 241: 1221-1223.

Tanaka M, Ueno T, Nakahara T, *et al*. (2003). Downregulation of CD4 is required for maintenance of viral infectivity of HIV-1. **Virology**. 311: 316-325.

Thueng-in K, Maneewatch S, Srimanote P, *et al*. (2010). Heterosubtypic immunity to influenza mediated by liposome adjuvanted H5N1 recombinant protein vaccines. **Vaccine**. 28: 6765-6777.

Thueng-in K, Thanongsaksrikul J, Srimanote P, *et al*. (2012). Cell penetrable humanized-VH/V(H)H that inhibit RNA dependent RNA polymerase (NS5B) of HCV. **PLoS One**. 7: e49254.

TI1006: การโคลนนิ่งและการแสดงออกของสารก่อภูมิแพ้แมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันชนิดอาร์จินิน ไคเนส

Molecular cloning and expression of American cockroach arginine kinase allergen

ทันยธร เขตต์สุพรรณและคณะ*
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

เอนไซม์อาร์จินิน ไคเนสหรือ Per a 9 ของแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันเป็นสารก่อภูมิแพ้หลักที่มีความสำคัญในผู้ป่วยโรคภูมิแพ้แมลงสาบคนไทยปัจจุบันน้ำยาสกัดสารก่อภูมิแพ้ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยภาวะแพ้แมลงสาบและใช้เป็นวัคซีนสำหรับรักษาโรคภูมิแพ้นั้นสกัดมาจากตัวแมลงสาบ ซึ่งมีความหลากหลายและมีปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ไม่เท่ากันในแต่ละรุ่นของการผลิตดังนั้นการผลิตสารก่อภูมิแพ้ให้ได้มาตรฐานในทุกรุ่นของการผลิตจึงมีความจำเป็นการผลิตโปรตีนสารก่อภูมิแพ้จากแบคทีเรียหรือรีคอมบิแนนท์โปรตีนสามารถนำมาทดแทนสารก่อภูมิแพ้ที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติได้ เนื่องจากสามารถควบคุมมาตรฐานให้โปรตีนในทุกรอบของการผลิตมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน และมีปริมาณที่เท่ากัน

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีนของสารก่อภูมิแพ้แมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันชนิดเอนไซม์อาร์จินิน ไคเนสหรือ Per a 9 ด้วยเทคนิคทางพันธุวิศวกรรม โดยการใส่ลำดับนิวคลีโอไทด์ของ อาร์จินิน ไคเนสยีนเข้าไปในพลาสมิด pET 23-b+ แล้วถ่ายทอดเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียเจ้าบ้าน เพื่อให้เกิดการแสดงออกของโปรตีน โดยพบว่าอาร์จินิน ไคเนสยีนที่เพิ่มจำนวนได้มีขนาด1,068bpเมื่อวิเคราะห์ชิ้นส่วนอาร์จินิน ไคเนสยีนที่โคลนได้พบว่าลำดับนิว คลีโอไทด์มีความเหมือนกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของอาร์จินิน ไคเนสยีนจากแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันในฐานข้อมูลNCBI 96.9-99.6% โดยพบว่าลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนอาร์จินิน ไคเนสที่โคลนมีความเหมือนกับโปรตีน อาร์จินิน ไคเนสของแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันในฐานข้อมูล NCBI 98.6-99.7%และเมื่อวิเคราะห์โดยการแยกโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่ารีคอมบิแนนท์ อาร์จินิน ไคเนสโปรตีนมีขนาดประมาณ 43 กิโลดัลตัน ซึ่งโปรตีนนี้ถูกทำให้บริสุทธ์โดยการผ่านคอลัมน์ (Ni-NTAagarose affinity column) รีคอมบิแนนท์อาร์จินิน ไคเนสโปรตีนหรือ Per a 9ของสารก่อภูมิแพ้แมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันที่ผลิตขึ้นสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้เป็นน้ำยาวินิจฉัยในการตรวจภาวะแพ้และใช้เป็นวัคซีนสำหรับรักษาโรคภูมิแพ้แมลงสาบ

คำสำคัญ :แมลงสาบสายพันธุ์อเมริกัน,สารก่อภูมิแพ้แมลงสาบ,อาร์จินีนไคเนส,รีคอมบิแนนท์โปรตีน

Abstract

Arginine kinase, designated as Per a 9, is a major American cockroach (CR) allergen for CR allergic Thai patients. Nowadays, CR allergenic extracts using for CR allergic diagnosis and immunotherapy are derived from whole body extract of natural CR. Hence, the extracts are complex mixtures and their allergenic composition and content usually vary from batch-to-batch. Therefore, it is essential to produce standardized allergen for each lot. The recombinant protein or allergen is expected to substitute the native allergen as it has tremendous advantages in terms of quality control and standardization. Moreover, it can be produced on demand in large quantity with a high degree of purity.

In this study, the recombinant Per a 9 (rPer a 9) of American CR allergen was attempted to produce by genetic engineering technique. A cDNA encoding Per a 9 CR allergen from American CR *(Periplaneta americana)* caught in Thailand was cloned into pET 23 b+ plasmid vector then transformed into *Escherichia coli* (BL21). The recombinant protein was expressed in bacterial host cells and purified by Ni-Nickel agarose affinity column. The amplified arginine kinase gene has 1,068 bp. The nucleotide sequences of arginine kinase in this study share 96.9-99.6% identity with available arginine kinase sequences in NCBI database. Amino acid sequence deduced from the nucleotide sequence encoding *P. americana* arginine kinase had 96.9-99.6% identity with the reference (in NCBI database).The rPer a 9 was ~43kDa when analyzed by SDS-PAGE. Recombinant Per a 9 protein was successfully produced and further study should

be performed to apply this rPer a 9 as diagnostic materials for allergic patient screening and as therapeutic vaccines.
Keywords: *Periplaneta americana*, cockroach allergen, arginine kinase, recombinant protein

---

ผู้ประสานงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิทัศน์ สุขรุ่ง
กิตติกรรมประกาศงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

Introduction:

At present, approximately 25 to 40% of the global population is affected with allergic diseases which their prevalence have increased significantly. Cockroach (CR) allergies occur all over the world in at least 40-60% of those allergic patients. In Thailand, the prevalence of CR allergy is increasing like elsewhere, and ranged from 44-61% (Choovivathanvanich *et al*., 1964; Kongpanichkul *et al*., 1997). From our survey in homes of CR allergic Thai patients revealed that the predominant species causing allergic diseases in Thailand was *Periplaneta americana;* American CR (Tungtrongchitr *et al*., 2004). In contrast, German CR namely *Blatella germanica* is the major type related to CR allergy in western countries.

CR allergens are considered to be the second most important indoor allergen, prior to house dust mite allergens (Chapman *et al*., 1996) They are antigenic proteins which derived from all parts of CR bodies, including their saliva, fecal material, secretions, cast skins, debris, and dead bodies. Their molecular weight range from 6 to >120 kDa (Wu *et al*., 1996). To date, six different kinds of the American CR allergens were characterized as Per a 1, Per a 3 (aryl phosphorin-hemocyanin), Per a 6 (troponin-C), Per a 7 (tropomyosin), Per a 9 (arginine kinase) and Per a 10 (serine protease) (Sookrung and Chaicumpa, 2010). Among American CR allergen, Per a 1 and Per a 9 are the major CR allergens of CR allergic Thais. In 2006, arginine kinase was first purified from crude extract of American CR by using monoclonal antibody based-affinity chromatography. The molecular mass of arginine kinase is around 40-45 kDa. Per a 9 is established as a major American CR allergen as natural Per a 9 (nPer a 9) was 100% reacted to IgE in the CR allergic Thai patients using IgE immunoblot assay (Sookrung *et al*., 2006) The peptide sequence was found an 83-100% identity with other insect proteins such as *Anopheles gambiae*, sheep blow flies (*Lucilia cuprina*), *Drosophila melanogaster*, *Drosophila pseudoobscura*, and the delta protein of the honey bee (*Apis mellifera*) thus it is a pan-insect protein and a major American CR allergen (Binder *et al*., 2001).

Allergen specific immunotherapy has been used over 100 years for treatment of allergic patients to achieve clinical tolerance of those allergen. The outcome of immunotherapy relies on the use of high quality allergenic products. Normally, allergenic extracts from both in house preparation and commercial products using in clinical practice; are derived from natural source materials. Hence, their allergic components are highly variable and may vary from batch-to-batch especially in case of CR extract. It may contain unrefined minor allergens including endotoxin. Other than the quality of materials, it may have difficulty to collect them in large amount for each lot of vaccine production. Moreover, crude extract of allergens has lots of shortcomings which might arouse unexpected outcomes. Over the past decades, recombinant DNA is used as important system to approach and identify molecule of many allergens including CR allergen. Recombinant allergen has advantages in term of quality control, standardization and its capability of production on demand in large quantities with a high degree of purity. Therefore, the genetic engineering of allergens and recombinant allergens are thought to be one of the alternative approach to overcome the limitations of natural allergenic extracts. In this study, the recombinant Per a 9 (rPer a 9) of American CR allergen was attempted to produce by genetic engineering technique.

Objective:
To produce the recombinant arginine kinase (rPer a 9) of American CR allergen by genetic engineering technique

Materials and methods

RNA extraction, cDNA synthesis and arginine kinase (AK) gene amplification

Total RNA was extracted from American cockroach *(P. americana)* which obtained from Department of Parasitology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University by using TRIzol® Regent (Invitrogen, USA). The extracted RNA was analyzed by agarose gel electrophoresis and converted

into cDNA by Revert Aid™ H Minus First Strand cDNA synthesis (Fermentas, USA). Specific oligonucleotide primers for arginine kinase encoding gene of American cockroach was designed according to gene sequence available in GenBank database (accession number AY563004.1). The nucleotide sequences of primers were: AK forward 5' CGGGATCCGATGGTGGACGCCGCA 3' and AK reverse 5'GCAAGCTTGAGCGAGCTCTCCAG 3'. The endonuclease restriction sequences *Bam*HI and *Hind*III were added to the 5′ ends of the forward and the reverse primers, respectively, for facilitating the cloning process. The cDNA and nucleotide primers were used for AK amplification by PCR. The PCR condition composed of 30 cycles of denaturing step at 95 ºC for 30 second, annealing step at 50 ºC for 30 second and extension step at 72 ºC for 60 second.

Cloning of arginine kinase

Arginine kinase amplicon was cloned into cloning vector (pTZ57R/T) by TA cloning. Recombinant plasmid (pTZ57R/T-AK) was transformed into competent *E. coli* (JM 109) by heat-shock transformation, Transformants was spread on selective agar plates and incubated at 37°C for 16 hours. Recombinant plasmid were extracted by alkaline lysis and nucleotide sequence were analyzed by DNA sequencing for confirmation of arginine kinase (Per a 9) by pairwaise alignment with gene sequence available in GenBank database (accession number AY563004.1, EU429466.1 and GU301882.1). DNA sequence of arginine kinase was translated into amino acid (deduced amino acid) by translation tool EXPASY. Deduced amino acid sequence was aligned with arginine kinase of American cockroach *(P. americana)* in NCBI database by EMBOSS Needle alignment with Needleman-Wunsch algorithm. Recombinant plasmid (pTZ57R/T-AK) was digested by restriction endonucleases, *BamH*I and *Hind*III. AK gene fragment was sub-cloned into pET23 expression plasmid. The recombinant plasmid (pET23-AK) was transformed into *E. coli* BL21 (DE3) for recombinant protein expression.

Recombinant arginine kinase expression

Single colony of transformant which contained (pET23- AK) was grown in Luria-Bertani (LB) broth containing 50 µg/ml of amplicillin at 37°C with shaking at 250 rpm. Cell suspension was induced by 0.4 mM IPTG for protein expression and further incubated at 37°C for 3 hours. After induction bacterial cells (pellet) were collected by centrifugation at 4,000x *g* for 20 min

Purification of recombinant arginine kinase

The hexa-histidine (6x His)–tagged arginine kinase fusion protein was purified by metal-ligand (Ni-NTA™) affinity chromatography. The IPTG induced bacterial cells were collected by centrifugation at 4000× *g*, 25°C for 15 minutes and homogenized by sonication (VC750; Vibra Cell Sonics and Materials Inc., Newtown, CT, USA) at 30 % amplitude, 0.5 cycles for 5 minutes in lysis buffer. The bacterial homogenate was centrifuged at 12,000× *g*, 4°C for 15 minutes. Soluble part (supernatant) and insoluble part (pellet) were analyzed for recombinant arginine kinase expression by SDS-PAGE and Western blot analysis. The lysate containing recombinant arginine kinase was transferred to a new plastic tube containing Ni-NTA™ agarose beads (Invitrogen, USA). The recombinant arginine kinase bound to the agarose beads was eluted by imidazole. The purify arginine kinase was revealed by SDS-PAGE and Western blot analysis.

SDS-PAGE analysis

Protein profiles of recombinant arginine kinase were analyzed by SDS-PAGE (4% stacking gel and 12.5% resolving gel). Protein were separated by Mini-PROTEAN® Tetra Cell (Biorad, USA) and stained with coomassie brilliant blue G250.

Western blot analysis

Separated proteins were transfer onto nitrocellulose membrane (NC) by Mini Trans-Blot® Cell (Biorad, USA). NC was block with 3% Bovine serum albumin in PBS pH 7.4 for 1 hour at 25°C. After washing three times with washing buffer, the NC blot was probed with diluted 1:3,000 mouse monoclonal anti-His_6-tag at 25°C with gentle rocking for 1 h. The arginine kinase-anti-His6 reactive band was revealed by adding diluted 1:5,000 goat anti-mouse immunoglobulin-alkaline phosphatase (AP) conjugate and BCIP/NBT phosphatase substrate (KPL, USA). The reaction was stopped by rinsing the NC with distilled water.

Results

The purified RNA of American cockroach was used as a template for the first stand cDNA synthesis. The cDNA was subjected to PCR for amplification of *arginine kinase*-coding sequence. Size of *arginine kinase* amplicon was 1,068 bp as shown in Figure 1. The *arginine kinase*-expected DNA fragment

was ligated into pTZ57R/T. The correct *arginine kinase* insert in the recombinant plasmid was determined by DNA sequencing. The *arginine kinase* sequence and the deduced amino acid sequence were aligned with the *arginine kinase* and arginine kinase amino acid sequences of American cockroach in GenBank database (accession no. AY563004.1, EU429466.1 and GU301882.1). Nucleotide sequence of *arginine kinase* showed 99.6, 99.6 and 96.9% identity with *arginine kinase* sequences in GenBank database, respectively as shown in Figure 2. The deduced amino acid of arginine kinase showed 99.7, 99.2 and 98.6% identity with arginine kinase protein in NCBI database, respectively (Figure 3).

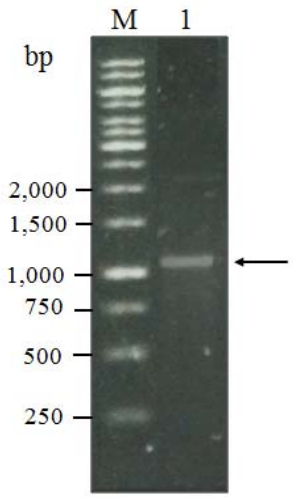


Figure 1 PCR product of arginine kinase coding sequence (lane 1) at ~1,068 bp as indicated by arrow. Lane M, GeneRuler^{TM} 1 kb DNA ladder, Numbers at the left are DNA sizes in bp.


Arginine Kinase ATGGTGGACGCCGCAGTTCTGGAGAAGCTGGAGGCCGGCTTCGCCAAATT 50
AY563004.1 50
EU429466.1 50
GU301882.1 50
Arginine Kinase GGCCGCCTCCGACAGCAAGTCCCTGCTCAAGAAGTATCTGACCAAGGAAG 100
AY563004.1 100
EU429466.1 100
GU301882.1 100
Arginine Kinase TGTTCGACAATCTCAAGACCAAGAAGACTCCTTCATTTGGCTCTACACTT 150
AY563004.1 150
EU429466.1 150
GU301882.1 150
Arginine Kinase CTTGATGTAATCCAGTCTGGTCTCGAGAACCACGACTCCGGCGTGGGCAT 200
AY563004.1 200
EU429466.1 200
GU301882.1 200
Arginine Kinase CTACGCCCCAGGTGCAGAGGCTTATGCCGTGTTCGCTGACCTGTTCGACC 250
AY563004.1 250
EU429466.1 250
GU301882.1 250
Arginine Kinase CCATCATTGAGGACTACCATGGTGGCTTCAAGAAGACCGACAAGCACCCT 300
AY563004.1 300
EU429466.1 300
GU301882.1 300
Arginine Kinase CCCAAGGACTGGGGTGATGTGGACACCCTGGGCAACCTGGACCCTGCTGG 350
AY563004.1 350
EU429466.1 350
GU301882.1 350
Arginine Kinase CGAGTACATCATCTCCACACGAGTGAGGTGCGGTCGCTCCATGCAGGGCT 400
AY563004.1 400
EU429466.1 400
GU301882.1 400
Arginine Kinase ACCCCTTCAACCCCTGCTTGACTGAGGCCCAGTACAAGGAGATGGAGGAC 450
AY563004.1 450
EU429466.1 450
GU301882.1 450
Arginine Kinase AAGGTGTCCAGCACGCTGTCCGGCTTGGAGGCTGAGCTGAAGGGCCAGTT 500
AY563004.1 500
EU429466.1 500
GU301882.1 500
Arginine Kinase CTACCCCCTCACCGGCATGACCAAGGAGGTCCAGCAGAAGCTCATTGACG 550
AY563004.1 550
EU429466.1 550
GU301882.1 550
Arginine Kinase ACCACTTCCTCTTCAAGGAGGGCGATCGCTTCTTGCAGGCTGCCAACGCA 600
AY563004.1 600
EU429466.1 600
GU301882.1 600
Arginine Kinase TGCCGCTTCTGGCCCACTGGACGAGGCATCTACCACAACGACGCCAAGAC 650
AY563004.1 650
EU429466.1 650
GU301882.1 650
Arginine Kinase GTTCCTGGTCTGGTGCAATGAGGAGGATCACTTGCGAATCATCTCTATGC 700
AY563004.1 700
EU429466.1 700
GU301882.1 700



Figure 2 Pairwaise alignment of nucleotide sequence of *arginine kinase* in this study and available *arginine kinase* sequences (accession no AY563004.1, EU429466.1 and GU301882.1) in GenBank database

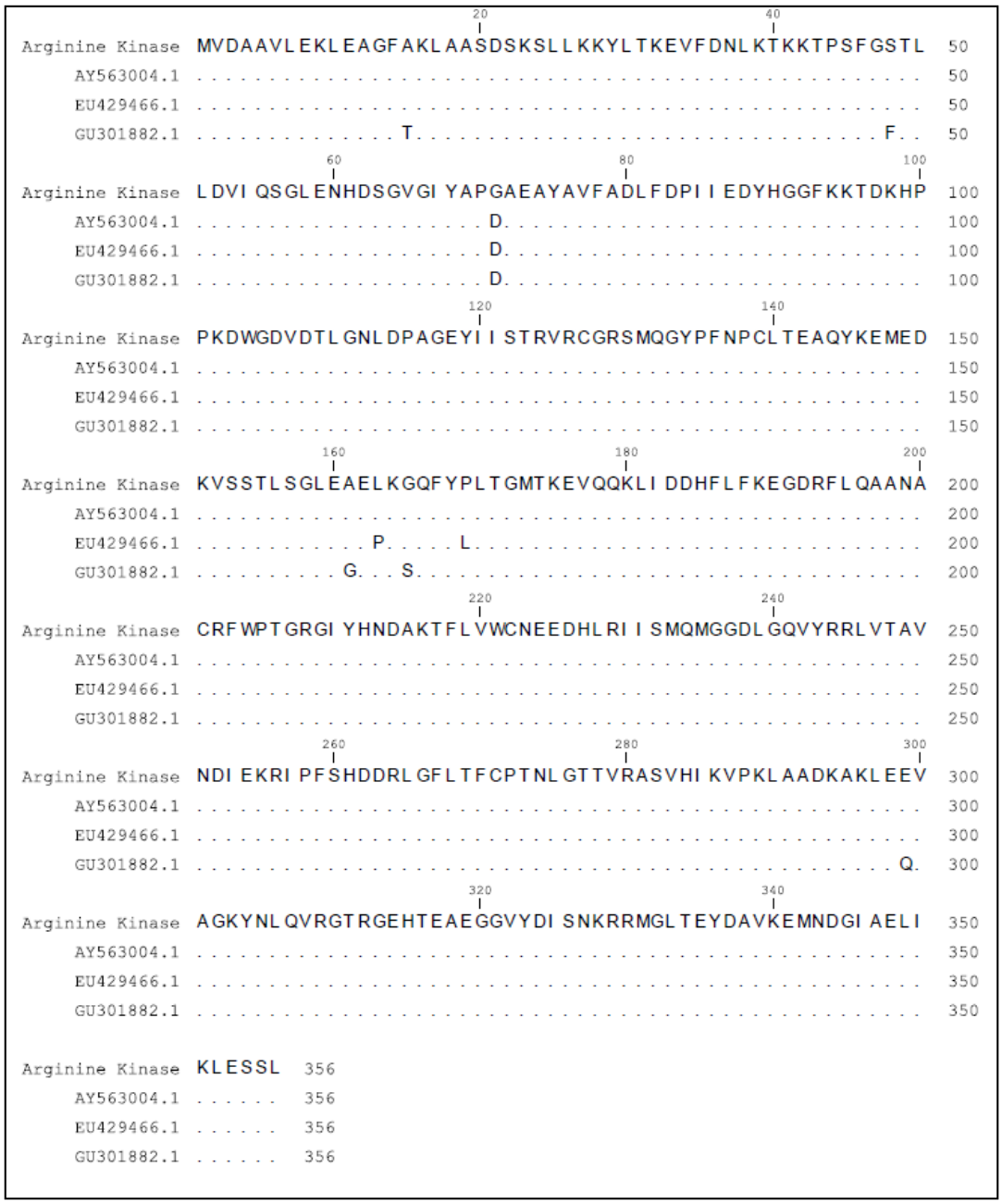


Figure 3 Amino acid sequence alignment between deduced amino acids of arginine kinase in this study with the amino acid sequences of the American cockroach arginine kinase (accession number AY563004.1, EU429466.1 and GU301882.1) in the GenBank database using EMBOSS Needle alignment with Needleman-Wunsch algorithm.

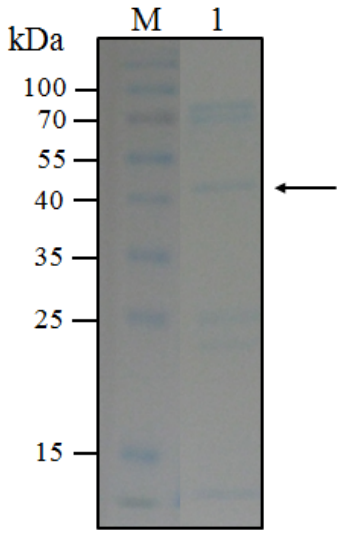


Figure 4 Pattern of CBB stained-SDS-PAGE separated purified recombinant arginine kinase (lane 1; arrow). Lane M, Pre-stained standard protein ladder, Numbers at the left are molecular masses of proteins in kDa

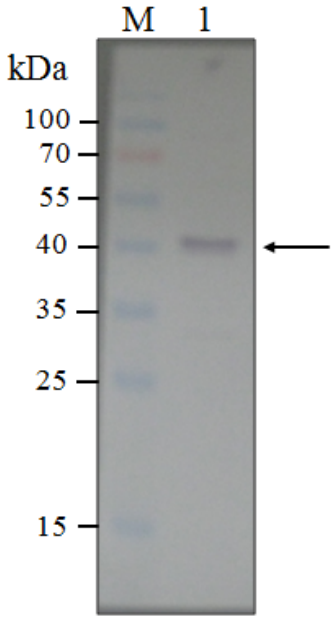


Figure 5 Western blot pattern of the SDS-PAGE separated-purified recombinant arginine kinase probed with mouse anti-6x His monoclonal antibody. Lane M, Pre-stained standard protein ladder Lane 1, Band of purified recombinant arginine kinase reacted with the anti-His antibody (arrow). Numbers at the left are molecular masses of proteins in kDa

The arginine kinase fragment was cloned into pET23 expression plasmid. Recombinant plasmid was transformed into *E. coli* BL21 (DE3). The transform *E. coli* was induced by IPTG for recombinant protein expression. Recombinant protein from soluble portion and insoluble portion were verified by SDS-PAGE and Western blot analysis. The results showed both portions containing recombinant arginine kinase (data not shown). However in this study the soluble portion was selected for purification, because of structure and conformation of protein in this part is the most similar to protein in native form.

The hexa-histidine (6x His)–tagged arginine kinase fusion protein was purified by metal-ligand (Ni-NTA™) affinity chromatography. Purify recombinant arginine kinase was revealed by SDS-PAGE and stained by coomassie brilliant blue G250. This protein showed approximately 43 kDa as shown in Figure 4.

Western blot pattern of the SDS-PAGE separated-purified recombinant arginine kinase probed with mouse anti-6x His monoclonal antibody was showed in Figure 5. Reactive band of recombinant arginine kinase was visualized at approximately 43 kDa.

Discussion

CR allergy is an important public health problem in Thailand. Its prevalence is approximately 40-60% in allergic Thai patients. American CR is predominant species (Tawatsin *et al.,* 2000 and Chompoosri *et al.,* 2004) as well as the major cause of CR allergy in Thailand (Tungtrongchitr *et al*., 2004). The most important measure for prevention is allergen avoidance, but it is quite difficult and ineffective for some allergens especially aeroallergen including cockroach allergen. In the step wise of management, medication has to be used for symptomatic treatment then immunotherapy should be considered in the case of not well response to pharmacological treatment or uncontrolled symptoms. Hence, standardized allergen is essential for diagnosis and treatment. Molecular cloning is the important tool for the production of recombinant allergen. The recombinant protein or allergen is expected to substitute the native allergen as well as for the exploration host immune responses especially on B cell and T cell epitopes.

Arginine kinase is one of the important American CR (*P. americana*) allergen for CR allergic Thai patients. IgE binding peptides of arginine kinase are LTPCRNK (Sookrung *et al.,* 2006). It had been stated that arginine kinase was also the allergens of Indian meal moth allergen *(Plodia interpunctella)* (Valent *et. al*, 2001) and shrimp allergen (*Litopenaeus vannamei)* (Garcia-Orozco *et. al*, 2007). The full-length of recombinant arginine kinase was amplified from cDNA of laboratory rearing American CR (*P. americana*). Amplified arginine kinase (Per a 9) is approximately 1,068 bp (Figure 1) which was relatively similar to the pervious report (Sookrung *et al.,* 2006). In this study, pET 23 plasmid was selected as expression vector as it was a strong promoter which could produce protein in high yield. The expressed protein had more tendency to be in the soluble part of preparation which was convenient to separate this protein from bacterial lysate by centrifugation. Moreover, the structure and conformation of the expressed protein would not be changed. The expression vector pET 23 b + was designed to work with strains of *E.coli* BL21(DE3). DE3 is a lambda derivative part which carries a DNA fragment containing the *lacUV5* promoter and the gene for T7 RNA polymerase. pET 23 b + contained T7 expression region which could be transcribed by T7 RNA polymerase in *E.coli* BL21(DE3). Expressed protein from pET 23 b + contain C-terminal His-Tag sequence was recognized by when rected with anti histidine. Therefore, we can estimate the molecular weight of produced protein. The expressed rPer a 9 was observed in SDS-PAGE and showed approximately 43 kDa whereas the reactive band was also detected at 43 kDa in Western blot analysis using anti His-Tag. Our outcomes were correlated with the previous published data (Sookrung *et al,* 2006).

The produced arginine kinase was confirmed as it had 96.9-99.6% identity when compared with arginine kinase of American cockroach in NCBI database (Figure 2). The deduced amino acid of rPer a 9 also showed 98.6-99.7% identity with arginine kinase of American cockroach in NCBI database (as shown in Figure 3). From these outcomes, it could be concluded that the generated rPer a 9 was arginine kinase. Further study should be performed to apply to use the produced recombinant Per a 9 as standard allergen in diagnosis and immunotherapy for American CR allergy.

Conclusions

The recombinant arginine kinase or Per a 9 was successfully produced in bacteria host. The *arginine kinase* sequence was 1,068 bp and showed 96.9-99.6% identity with *arginine kinase* gene in GenBank database. Deduced amino acid sequence which derived from *arginine kinase* gene was 98.6-99.7% identity when compared with arginine kinase amino acid sequences in database. Recombinant arginine kinase was successfully purified from expression host by Ni-NTA™ affinity chromatography. The recombinant arginine kinase showed expected band at 43 kDa when analyzed by SDS-PAGE and Western blot analysis. Therefore the produced recombinant arginine kinase has the potential to use as the standard reagent in diagnostic kit and recombinant vaccine for treatment of cockroach allergic patient in the future.

Acknowledgements

The work was supported by the National Research University (NRU) project of the Office of Commission on Higher Education (CHE). Nitat Sookrung and Nitaya Indrawattana are TRF new scholars of the mrg 2554 and the mrg 2555, respectively.

References:

Chen, K.W., Blatt, K., Thomas, W.R., Swoboda, I., Valent, P., Valenta, R., & Vrtala, S. (2012). Hypoallergenic Der p 1/Der p 2 combination vaccines for immunotherapy of house dust mite allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 130, 435-443.

Chen, K.W., Focke-Tejkl, M., Blatt, K., Kneidinger, M., Gieras, A., Dall'Antonia, F., Fae, I., Fischer, G., Keller W.,Valent,P.,Valenta, R.,Vrtala, S. (2012). Carrier-bound nonallergenic Der p 2 peptides induce IgG antibodies blocking allergen-induced basophil activation in allergic patients. *European journal of allergy and clinical immunology*, 67, 609–621.

Hales, B.J., Martin, A.C., Pearce, L.J., Laing, I.A., Hayden, C.M., Goldblatt, J., Le Souëf, P.N., Thomas, W.R. (2006). IgE and IgG anti-house dust mite specificities in allergic disease. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 118, 361-367.

Sookrung, N., Chaicumpa, W., Tungtrongchitr, A., Vichyanond, P., Bunnag, C., Ramasoota, P., Tongtawe, P., Sakolvaree, Y., Tapchaisri, P. (2006). *Periplaneta americana* arginine kinase as a major cockroach allergen among Thai patients with major cockroach allergies. *Environmental Health Perspectives*, 114, 875-880.

Garcia-Orozco, K.D., Aispuro-Hernandez, E., Yepiz-Plascencia, G., Calderon-de-la-Barca, A.M., & Sotelo-Mundo, R.R. (2007). Molecular characterization of arginine kinase, an allergen from the shrimp *Litopenaeus vannamei*. *International Archives of Allergy and Immunology*, 144, 23-28.

Binder, M., Mahler, V., Hayek, B., Sperr, W.R., Schöller, M., Prozell, S., Wiedermann, G., Valent, P., Valenta, R., Duchêne, M. (2001). Molecular and immunological characterization of arginine kinase from the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*, a novel cross-reactive invertebrate pan-allergen. *The Journal of Immunology*, 167, 5470-5477.

Jeong, K.Y., Hongb, C.S., & Yong, T.S. (2006). Recombinant Allergens for Diagnosis and Immunotherapy of Allergic Dis-orders, with Emphasis on Cockroach Allergy. *Current Protein and Peptide Science*, 7, 57-71.

Call, R.S., Smith, T.F., Morris, E., Chapman, M.D., & Platts-Mills, TAE. (1992). Risk factors for asthma in inner city children. *The Journal of Pediatrics*, 121, 862–866.

Chompoosri**,** J., Thavara**,** U., Tawatsin**,** A., Sathantriphop**,** S., & Yi**,** T**.** (2004). Cockroach surveys in the Northern region of Thailand and Guangxi Province of China. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health***,** 35, 46-49.

Choovivathanavanich, P., Suwanprateep, P., & Kanthawichitra, N. (1970). Cockroach sensitivity in allergic Thais. *The Lancet*, 26, 1362-1363.

Gelber, L.E., Seltzer, L.H., Bouzoukis, J.K., Pollart, S.M., Chapman, M.D., & Platts-Mills, TAE. (1993). Sensitization and exposure to indoor allergens as risk factors for asthma among patients presenting to hospital. *The American review of respiratory disease*, 147, 573–578.

Kongpanichkul, A., Vichyanond, P., & Tuchinda, M. (1997). Allergen skin test reactivities among asthmatic Thai children. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 80, 69-75.

Sookrung, N., & Chaicumpa, W. (2010). A revisit to cockroach allergens. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 28, 95-106.

Tawatsin, A., Thavara, U., Chompoosri, J., Kong-ngamsuk, W., Chansang, C., & Paosriwong, S., (2001). Cockroach surveys in 14 provinces of Thailand. *Journal of Vector Ecology*, 26, 232-238.

Tungtrongchitr, A., Sookrung, N., Munkong, N., Mahakittikun, V., Chinabut, P., Chaicumpa, W., Bunnag, C., Vichyanond, P. (2004). The levels of cockroach allergen in relation to cockroach species and allergic diseases in Thai patients. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 22, 115-121.

Wu, C.H., Hsieh, M.J., Huang, J.H., & Luo, S.F. (1996). Identification of low molecular weight allergens of American cockroach and production of monoclonal antibodies. *Annals of Allergy Asthma and Immunology*, 76, 195–203.

Chapman, M.D., Vailes, L.D., Hayden, M.L., Platts-Mills, T.A.E., & Arruda, L.K.. (1996). Cockroach allergens and their role in asthma, AB Kay (Ed.), *Allergy and allergic diseases* (pp. 942–951). Oxford (UK): Blackwell Science

คณะผู้เขียน

น..ส. ทันยธร เขตต์สุพรรณ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 2 ถนพรานนก แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร10700 phan_prang@hotmail.com

ผศ.ดร. นิทัศน์ สุขรุ่ง หน่วยเครื่องมือพิเศษเพื่อการวิจัย สถานส่งเสริมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 2 ถนนพรานนก เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
nitat.soo@mahidol.ac.th

ผศ. ดร. นิตยา อินทราวัฒนา ภาควิชาจุลชีววิทยาและอิมมิวโนโลยี คณะเวชศาสตร์เขตร้อนหาวิทยาลัยมหิดล 420/6
ถนนราชวิถีเขตราชเทวีกรุงเทพมหานคร 10400nitaya.ind@mahidol.ac.th

รศ.พญ.อัญชลี ตั้งตรงจิตร ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 2 ถนน
พรานนก แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700 anchalee@mahidol.ac.th

ศ. ดร. วันเพ็ญ ชัยคำภา ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 2 ถนน พรานนก เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700wanpen.cha@mahidol.ac.th

TI1007: การพัฒนาวิธีการจับโปรตีนบนผิวอนุภาค
OPTIMIZING CONDITIONS FOR CO-VALENT PROTEIN CONJUGATION ONTO MAGNETIC NANOPARTICLES

Peeranad Panaddaporn[1], Wichuda Payuhakrit[1] , Shahid Waseem[1], Rachanee Udomsangpetch[1], Sebastian C. Bhakdi [1,2]

[1] Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama VI Road, Ratchathewi District, Bangkok 10400, Thailand

[2] X-Zell Biotech Co. Ltd., Na Nakorn Bldg. 4th Fl 99/349 Moo2 Chaeng Wattana Road, Laksi Bangkok 10210 Thailand

บทคัดย่อ

การแยกเซลล์ด้วยแม่เหล็กเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างรวดเร็วและนำไปประยุกต์ใช้ในการแยกเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยที่ผิวของอนุภาคแม่เหล็กจะถูกติดกับ ligand ที่จำเพาะเจาะจงที่สามารถจับกับ โมเลกุลเป้าหมายได้ เมื่ออนุภาคจับกับเป้าหมายแล้วก็จะรวมกัน และสามารถที่จะแยกโมเลกุลเป้าหมายได้ โดยใช้สนามแม่เหล็กในการแยก ในการศึกษานี้ ใช้ Bovine Serum Albumin (BSA) เป็นแบบในการที่จะติดโปรตีนลงบนอนุภาคขนาด 50 นาโนเมตร โดยได้พัฒนาวิธีการติดโดยทำการหาค่าที่เหมาะสมในการที่จะติดซึ่งประกอบไปด้วย ชนิดของสารที่จะใช้ในการติด ค่าความเป็นกรด เป็นเบส ระยะเวลาในการติด ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมในการติดลงบนอนุภาค เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้ว ได้นำวิธีการติดนี้ไปใช้ในการติด anti-human CD14 monoclonal antibody บนอนุภาค และนำไปใช้ในการแยกเซลล์ ซึ่งสามารถแยกเซลล์ที่ต้องการได้มากกว่า 90% putity ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการติดโปรตีนชนิดอื่นๆ เพื่อแยกเซลล์ต่างๆ ได้อีกมากมาย

คำสำคัญ การแยกเซลล์ด้วยแม่เหล็ก อนุภาคแม่เหล็ก การติดโปรตีน วิธีการติดด้วยวิธี Carbodiimide

Abstract

Magnetic separation is a rapidly developing technology and mostly applied in the field of bioseparation. Usually, magnetic particles conjugated to specific ligands are employed to bind target molecules, to form complexes that can be separated by magnetic fields. Conjugation quality of particle and ligand is a crucial parameter governing capture efficiency of target molecules. In this study, bovine serum albumin (BSA) is used as a model for co-valent protein conjugation onto 50nm paramagnetic nanoparticles. The effects of ionic strength, pH and activation time, among others, are investigated with regard to conjugation quality and bead capacity. An optimized protocol for conjugation of BSA onto 50nm paramagnetic particles is presented. In a further step, it is shown that the present protocol can be adapted to conjugation of anti-human CD14 monoclonal antibody to 50 nm paramagnetic nanoparticles, and that the conjugate can efficiently isolate CD14-positive mononuclear cells up to more than 90% purity on a generic high gradient magnetic separation system. Insights derived from this study can be used for optimization of conjugation of other antibodies and proteins to magnetic nanoparticles.

Key word : Magnetic separation , Bioseparation , Magnetic nanopaticle, Protein conjugation, Carbodiimide method

Introduction

Nanomaterials are part of an industrial revolution to develop lightweight but strong materials for a wide variety of purposes. Similarly, nanoparticles refer to ultrafine particles which sizes are in the range of one to several hundred nanometers(nm), depending on the materials, fields and applications concerned. They include submicron particles and particles smaller than the longest wavelength of visible light of about 400 nm. In some applications, they are limited to particles smaller than 10–20 nm, where is their physical properties change significantly (Lin et al.,2002).

Magnetic separation is a recent developing technology and mostly applied in the field of bioseparation. The principle of this method is to utilize magnetic particles to bind the target molecules via ligand to form a complex that can be separated from the bulk solution by a magnetic field gradient. Its application includes enzyme immobilization (Dekker, 1989), cell sorting (Hancock and Kemshead, 1993), protein adsorption and purification (Abudiab and Beitle, 1998), nucleic acid detachment (Levison et al., 1998), and drug delivery (Khng et al., 1998) as well as diagnostics. Nanoparticles also have been introduced

into human blood circulation, e.g. iron dextran complexes in treatment of iron deficiency, which render iron relatively nontoxic. Nanoparticles enclosed drugs, can be directed to a selective organ or tissue target using an external magnet (Avezzano et al., 1990), either directly or through antibodies which are bound to the magnetic nanoparticles. Compared to conventional separation, the advantages of magnetic separation are attributed to its speed, accuracy, and simplicity.

Adsorption and desorption behavior of bovine serum albumin (BSA) on surface-modified magnetic nanoparticles has been widely studied. In earlier studies it was shown that BSA can be covalently be bound to magnetic particles without losing its properties (Lin et al., 2002). The isoelectric point of BSA is at pH 4.5–5.0.This means that in a neutral solution, BSA is negatively charged, as a whole molecule (Hu and Su, 2003). BSA has ability to bind substances reversibly especially negative charged molecules. For that reason it is able to assume roles of transportation (Huang, Kim, and Dass, 2004).

In a previous study, Tzu-Hsien and Wang-Chien Lee, use trypsin and avidin as the model proteins in the formation of protein-nanoparticle conjugates. Magnetic nanoparticles prepared from an alkaline solution of ferrous and ferric ions covalently bind protein via the activation of functional groups by N-ethyl-N(3-diethylaminopropyl) carbodiimide (EDC). Higher concentration of added protein can yield a higher immobilization protein molecules on the particles. In contrast to EDC, the yield of protein immobilization via the activated cyanamide were relatively lower (Tzu-Hsien and Wang-Chien Lee, 2003).

In this study we aim to conjugation BSA on the magnetic nanoparticles by optimizing various conditions optimal for conjugation and validation the quality of the magnetic nanoparticles.

Objective

This thesis aim to apply a simple conjugation protocol for BSA to immobilize onto magnetic nanoparticles and focus on the optimization of the protocol for validate quality of these magnetic nanoparticle.

Materials and methods

Chemicals and reagents

1.FluidMAG-ARA- nanoparticles are ferrofluids consisting of an aqueous dispersion of magnetic iron oxides with diameters 50 nm.The particles are covered with hydrophilic polymers which protect them against aggregation by foreign ions. The terminal functional groups is glucuronic acid which can be use as a weak cation exchanger and for covalent coupling of biomolecules (antibodies or proteins). (Chemicell, Germany)

2.Buffer for conjugation

2.1 0.1 M 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid (MES) pH 4.7 and 6 (Merck,USA)

2.2 PBS pH 4.7 and 6 (Carlo Erba Reagent)

3.Carbodiimide reagent

3.1. 1-cyclohexyl-3(2-morpholinoethyl) carbodiimide methop toluensulfonate (CMC) (Sigma, USA, Cat No. C-1011)

3.21 N-Hydroxysuccinimide (NHS) (Aldrich, USA, Cat No 130672-5G)

4.Bovine serum albumin (Usb , USA)

5. Bradford Protein Assay (Bio-Rad Protein Assay, Bio Rad, Cat No 500-0006)

Instruments

1. Magnetic separator (X-Zell Biotech,Thailand)

2.The automate plate reader (Wallac Vivtor^{2}V Model 1420 Multilabel HTS counter)

Methods

Conjugation was performed as specified by the company with modification.

5 mg of fluidMAG-ARA particles washed with water three times by using a generic magnetic separator. After washing the fluidMAG-ARA particles were resuspended in 1 ml PBS pH 6, and 0.1 M MES pH 6 and (the particles concentration will maintain at 5 mg/ml). The fluidMAG-ARA particles were chemically activated by adding 1-cyclohexyl-3(2-morpholinoethyl) carbodiimide metho-p toluensulfonate (CMC) at 4, 8 and 12 mg and N-Hydroxysuccinimide (NHS) at 2, 4 and 8 mg. The agents were dissolved in 0.3 ml PBS pH 6, MES at pH 6 and . The solution containing the activating agents and the fluidMAG-ARA particles incubated for 30,45 and 60 minutes on the shaker. After washing with PBS pH 4.7 and MES pH 6 ml, the fluidMAG-ARA particles solution is concentrated to 1 ml. BSA 60 mg is used for immobilization and incubated 60, 90 and 120 minutes on the shaker. The fluidMAG-ARA particles are washed once in PBS pH 4.7and MES pH 4.7 and supernatant was kept in 4 tube (1.5 ml each) to determine BSA adsorption. Bradford method was applied using Bio-Rad Protein Assay for determination of protein adsorption. The

protein adsorption was determined indirectly from the protein amount remaining in the supernatant after conjugation process and measured by an automated plate reader.

Protein adsorption determination

Bradford method was applied using Bio-Rad Protein Assay for the determination of the protein adsorption. In brief, protein adsorption was determined indirectly from the protein amount remaining in the supernatant after conjugation process and measured by an automated plate reader (Wallac Victor 2VModel1420 Multi label HTS counter). 20 µL of undiluted Bradford solution was added to 150 µL sample solution. Samples were loaded into 96 well plates with at least 3 repeats. The received data were compared with bovine γ-globulin protein standard. The optical density was measured at wavelength of 595 nm. The particles' protein-binding capacity was defined as the difference between initial protein concentration and depleted protein concentration of the supernatant per one mg of magnetic particles.

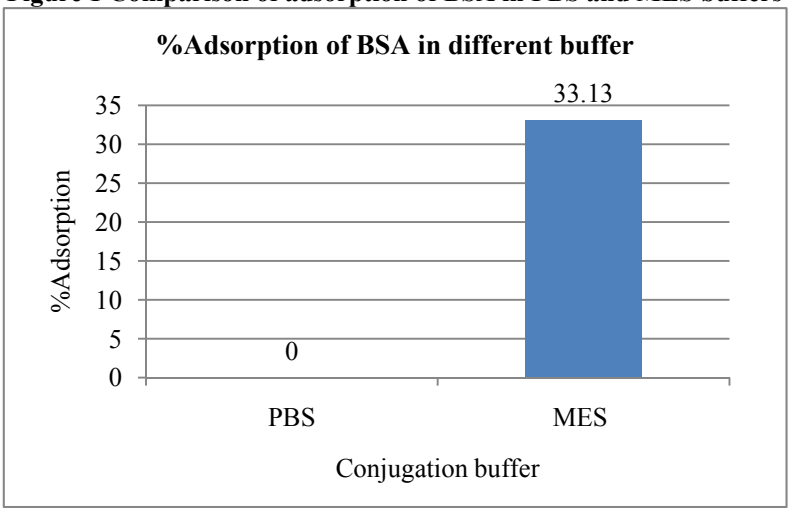
Result

Adsorption of BSA on magnetic nanoparticles at pH and salt concentrations in the presence of carbodiimide was carried out. The carbidiimide is used to activate a carboxyl group in one molecule and a free amino group in another molecule to form peptide bonds, or in other words, for protein adsorption. In this study, conditions were optimized for BSA adsorption and conjugation onto magnetic nanoparticles by examing the influence of different buffers and pH for activation, concentration of carbodiimide, activation time and conjugation time.

1.Selection of buffers for conjugation

The effect of MES and PBS buffers on BSA adsorption on BSA adsorption on magnetic nanoparticle is summarized in Figure 1. Percent BSA adsorption in MES is 30% and percent adsorption in PBS is 0%. It is shown that PBS cannot immobilize BSA on magnetic nanoparticle while MES shows favourable adsorption.

Figure 1 Comparison of adsorption of BSA in PBS and MES buffers



2. Optimize pH activation and conjugation buffer

The effect of MES and PBS buffers and pH during activation and conjugation for adsorption of BSA onto magnetic nanoparticles is summarized in Table 2. It is shown that conjugation in MES pH 4.7 can absorb BSA onto magnetic nanoparticle better than conjugation in MES pH 6. The activation buffer MES is better than PBS for BSA adsorbtion onto magnetic nanoparticle. The pH for activating 6 and 4.7 percent BSA show no difference. Magnetic nanoparticle are activated at pH 6 better than pH 4.7 and MES buffer is better than PBS buffer for BSA adsorption and conjugation.

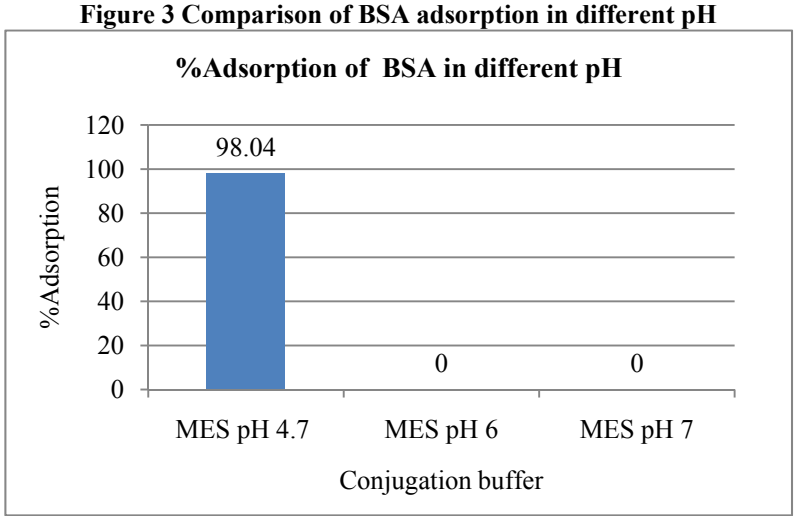
Table2 Compare percent absorption of BSA with activate and conjugate in different pH and buffers

Activation buffer	Conjugation buffer	% absorption
PBS pH 6	MES pH 4.7	65
PBS pH 4.7	MES pH 4.7	66
MES pH 6	MES pH 4.7	93
PBS pH 6	MES pH 6	8

3. Optimize pH for conjugation

The effect of pH for conjugation in MES buffer on BSA adsorption on magnetic nanoparticle is shown in Figure 3. BSA adsorption is 98% in the MES pH 4.7 but insufficient in MES pH 6 and 7

Figure 3 Comparison of BSA adsorption in different pH



4. Optimization of concentration of CMC and NHS for activation

The effect of concentration of CMC and NHS on BSA adsorption onto magnetic nanoparticle in MES pH 6 for activation and MES pH 4.7 for conjugation is shown in Figure 4. It is shown that 8mg CMC and 4 mg NHS and 12 mg CMC and 6 mg NHS can absorb BSA better than 4 mg CMC and 2 mg NHS. Percent adsorption of BSA onto magnetic nanoparticles was between 8 mg CMC and 4 mg NHS and 12 mg CMC and 6 mg are 100% absorption and 99%, it is not different.

5. Optimization of activation time

The effect of activation time on BSA adsorption on magnetic nanoparticle in MES pH 6 with 8mg CMC and 4 mg NHS for activation and MES pH 4.7 for conjugation is shown in Figure 5. Percent BSA adsorption at 30 minutes than 45 and 60 minutes. The percent adsorption are 100%, 91% and 92%

Figure 4.3 Adsorption of BSA in different concentration of CMC and NHS

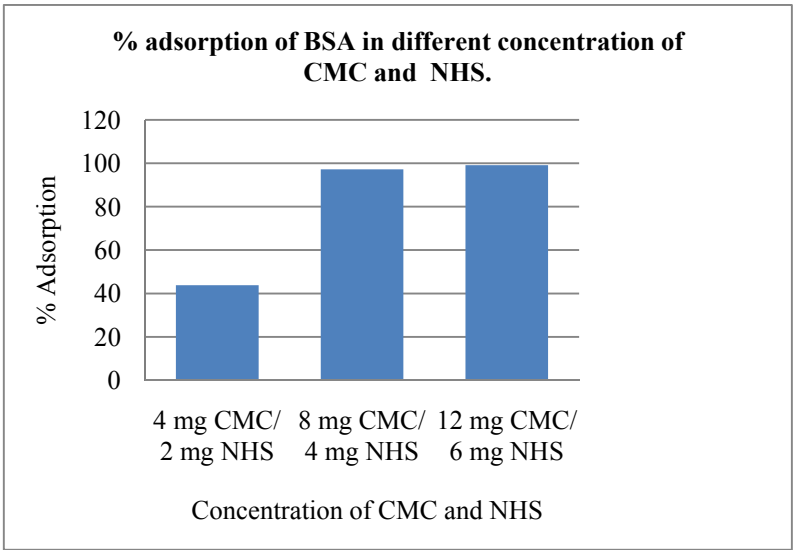
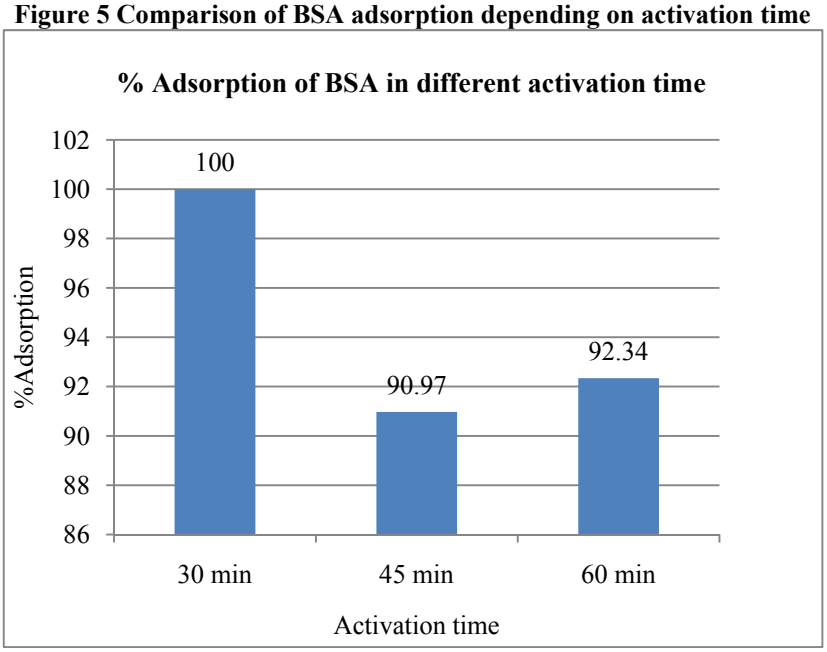


Figure 5 Comparison of BSA adsorption depending on activation time



6. Optimization of conjugation time

The effect of activation time on BSA adsorption onto magnetic nanoparticles in MES pH 6 with 8mg CMC and 4 mg NHS, 30 minutes activation and MES pH 4.7 was examined. Result are shown in Figure 6. Percent BSA adsorption at difference conjugation time 60, 90 and 120 minutes are 94%, 89% and 91%.Percent BSA adsoption at 60 minutes is better than 90 and 120 minutes.

Discussion

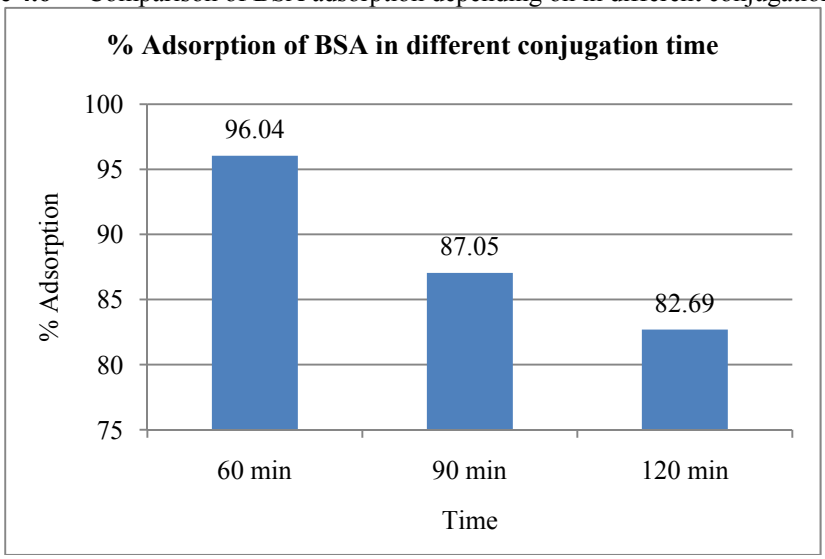
1. Selection buffers for conjugation

Comparison of the effect of MES and PBS buffers onto BSA adsorption on magnetic nanoparticles showed that MES was a better conjugation buffer than PBS. MES buffer is a non ionic buffer that showed to be more appropriate for binding of BSA to nanoparticles. It has been described previously that ionic strength negatively affects binding of nanoparticles and BSA. The effect of salt concentration and charge in the buffer, can block nanoparticles surface by forming ion shield leading to reduction of protein adsorption.(Z.G.Peng et.)

2. Optimized pH of the activation buffer

Both MES and PBS are activation buffers for the magnetic nanoparticles. Their effects alter depending on the range of pH. Changing functional group on the nanoparticles can alter immobilization of the BSA. Result showed that MES at pH 6 provides binding with BSA better than PBS buffer. Acidic pH was optimal for the interaction between nanoparticle and protein.

Figure 4.6 Comparison of BSA adsorption depending on in different conjugation time



3. Optimized pH for conjugation processes

MES pH 4.7 is the best condition for conjugation of BSA with nanoparticles. The maximum adsorption of BSA occurred at pH 4.64, which is close to isoeletric point of BSA, pI = 4.7. At pH 4.7, nanoparticles had positive charge while BSA had zero net surface charge which was appropriate form to bind with nanoparticles. At pH higher than 4.7, both nanoparticles and BSA carry positive charge. This causes repulsion and inhibits adsorption of BSA onto nanoparticles.

4. Optimized concentration of CMC and NHS for activation

The chemicell protocol recommends a working concentration of CMC of 10 mg. This study varied concentration of CMC at lower and higher concentration to validate the effect of concentration on immobilization of BSA onto nanoparticles. The results showed that the best concentration of CMC was 8 mg and for NHS was 4 mg, which were lower than the recommended concentration.

5. Optimized activation time of activation process

The best duration for activation of nanopaticles was 30 minute. The study showed that increased duration had no possitive effect on absorption of BSA onto naoparticles.

6. **Optimized conjugation time of BSA conjugation process**

Chemicell protocol recommends 120 minutes for conjugate BSA onto nanoparticles. In this study we showed that at 60 minutes BSA could absorb on to nanoparticles greater than at 90 or 120 minutes. This result reduced the time of the process.

Conclusion

The best condition to activate and conjugate BSA on to nanoparticles, were established by using MES at pH 6 with 8 mg of CMC and 4 mg of NHS and under activation time of 30 minutes. After activation then change buffer to MES at pH 4.7 for conjugation and added BSA to conjugate for 60 minutes. This protocol was modified from Chemicell protocol which was easy to conjugate BSA and other protein onto nanoparticles. These nanoparticles could be used to purify target cells by magnetic separation method. These nanoparticles can replace commercial kit and reduce cost.

Additive and suggestion

An optimized protocol for conjugation of BSA onto 50nm paramagnetic particles is presented. In a further step, it is shown that the present protocol can be adapted to conjugation of anti-human CD14 and CD3 monoclonal antibody to 50 nm paramagnetic nanoparticles, and that the conjugate can efficiently isolate CD14-positive mononuclear cells up to more than 80% purity on a generic high gradient magnetic

separation system. Insights derived from this study can be used for optimization of conjugation of other antibodies and proteins to magnetic nanoparticles

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express all sincere gratitude to Professor Rachanee Udomsangpetch, supervisor, for her invaluable advice, sharing her stressful times, encouragement throughout the period of study. I appreciation is given to Dr.med. Sebastian Punyaratabandhu Bhakdi for being his expert resource person in the field of bioseparation and for insightful comments and suggestions. I would like to deserves special thanks to Associate Professor Galayanee Doungchawee for her kind and excellent recommendations. I owe a big "thank you" to staffs at Department Pathobiology for all kind assistance. Finally, I would like to give most sincere gratitude to my family for their love, care, encouragements and understanding.

REFFERENCES

Abudiab, T., and Beitle, R. R., Jr. (1998). Preparation of magnetic immobilized metal affinity separation media and its use in the isolation of proteins. *J Chromatogr A* **795**(2)**,** 211-7.

AI-Abdulla, I.H., Mellor, G.W., Childerstone, M.S., Sidki, A.M. and Smith, D.S., Comparison of three differentactivation methods for coupling antibodies to magnetisablecellulose particles. *J. Immunol*. Methods, 122 (1989) 253- 258.

Avrameas, S. and Guilbert, B., Enzyme-immunoassay for measurement of antigens using peroxidase conjugates. *Bioehimie*, 54 (1972) 837-842.Avezzano, E. A., Fleischer, D. E., Merida, M. A., and Anderson, D. L. (1990). Giant fibrovascular polyps of the esophagus. *Am J Gastroenterol* **85**(3)**,** 299-302.

Bonnemann,H.;Brijoux,W.;Brinkmann,R.;Dinjus,E.;Fretzen,R.;Joussen,T.;Korall,B.*J.Mol.Catal*. 1992, 74, 323.

Bonnemann,H.;Brijoux,W.;Brinkmann,R.;Fretzen,R.;Joussen,T.;Koppler,R.;Korall,B.; Neiteler,P.;Richter,J. *J.Mol.Catal*.1994, 86, 129.

Boorsma, D.M. and Streefkerk, J.G., Periodate or glutaraldehyde for preparing peroxidase conjugates?. *J. Immunol. Methods*, 30 (1979) 245-255.

Dekker, R. F. (1989). Immobilization of a lactase onto a magnetic support by covalent attachment to polyethyleneimine-glutaraldehyde-activated magnetite. *Appl Biochem Biotechnol* **22**(3)**,** 289-310.

E R Flyn and H C Bryant (2005). A biomagnetic system for in vivo cancer imaging *Phys Med Biol* (50)6, 1273-1293

Hancock, J. P., and Kemshead, J. T. (1993). A rapid and highly selective approach to cell separations using an immunomagnetic colloid. *J Immunol Methods* **164**(1)**,** 51-60.

Hu, T., and Su, Z. (2003). A solid phase adsorption method for preparation of bovine serum albumin-bovine hemoglobin conjugate. *J Biotechnol* **100**(3)**,** 267-75.

Huang, B. X., Kim, H. Y., and Dass, C. (2004). Probing three-dimensional structure of bovine serum albumin by chemical cross-linking and mass spectrometry. *J Am Soc Mass Spectrom* **15**(8)**,** 1237-47.

Juliane Issle and Uwe Hartmann. 2007. Scanning foece microscopy on spatially and temporally varying magnetic substrates for cell cultivation. Journal of physics:conference series 61,487-491.

Khng, H. P., Cunliffe, D., Davies, S., Turner, N. A., and Vulfson, E. N. (1998). The synthesis of sub-micron magnetic particles and their use for preparative purification of proteins. *Biotechnol Bioeng* **60**(4)**,** 419-24.

Levison, P. R., Badger, S. E., Dennis, J., Hathi, P., Davies, M. J., Bruce, I. J., and Schimkat, D. (1998). Recent developments of magnetic beads for use in nucleic acid purification. *J Chromatogr A* **816**(1)**,** 107-11.

Li, J. J., Muralikrishnan, S., Ng, C. T., Yung, L. Y., and Bay, B. H. Nanoparticle-induced pulmonary toxicity. *Exp Biol Med (Maywood)* **235**(9)**,** 1025-33.

Lin, J., Qiu, S., Lewis, K., and Klibanov, A. M. (2002). Bactericidal properties of flat surfaces and nanoparticles derivatized with alkylated polyethylenimines. *Biotechnol Prog* **18**(5)**,** 1082-6.

Molday, R.S., Dreyer, W.J., Rembaum, A. and Yen, S.P.S., New Immunolatex spheres: visual markers of antigens on lymphocytes for scanning electron microscopy. *J. Cell. Biol*., 64, (1975) 75-88.

Olde Damink, L.H.H., Dijkstra, P.J., van Luyn, M.J.A., van Wachem, P.B., Nieuwenhuis, P. and Feijen, J., In vitro degradation of dermal sheep collagen cross-linked using a water-soluble carbodiimide. Biomaterials, 17 (1996) 679 -684.

Sano, S., Kato, K. and Ikada, Y., Introduction of functional groups onto the surface of polyethylene for protein immo-bilization. *Biomaterials*, 14 (1993) 817 - 822.

Tzu-Hsien and Wang-Chien Lee (2003), Immobilization of Proteins on Magnetic Nanoparticles.Biotechnology and Bioprocess Engineering, 8: 263-267

Vermeersch, H. and Remon, J.P., Immunogenicity of poly-D- lysine, a potential polymeric drug carrier. *J. Controlled Release*, 32 (1994) 225-229.

Yun Jv, Baoxin Li and Rui Cao (2010), Positively-charged gold nanoparticles as peroxidiase mimic and their application in hydrogen peroxide and glucose detection , *Chem. Commun.*, 46, 8017-8019

TI1011: การศึกษาวิธีการเพิ่มแรงดันในระบบท่อส่งน้ำด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น
STUDY OF WATER PIPE PRESSURE INCREASE USING LOCAL WISDOM

อภิรักษ์ พิณพิพัฒน์, กนกวรรณ กรพิพัฒน์, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์*
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

บทคัดย่อ

จากการที่นักวิจัยชุมชนหมู่บ้านผาชัน ตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี ได้ค้นพบวิธีการเพิ่มแรงดันให้เครื่องสูบน้ำแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยใช้ท่อพีวีซีสองท่อต่อเข้ากับท่อส่งน้ำ สามารถเพิ่มแรงดันน้ำและส่งน้ำไปยังระดับที่สูงและระยะทางการส่งที่ไกลขึ้น ตั้งชื่ออุปกรณ์ดังกล่าวว่า “แอร์แว” งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อแอร์แวและตรวจวัดอัตราการไหลและแรงดันในระบบส่งน้ำและท่อแอร์แว พบว่า ท่อแอร์แวไม่สามารถช่วยเพิ่มแรงดันและอัตราการไหลในท่อส่งน้ำได้ แต่สามารถช่วยกักเก็บอากาศที่ปนมากับน้ำในท่อได้ ซึ่งทำให้เพิ่มพื้นที่หน้าตัดการไหลในท่อ ทำให้ช่วยลดแรงเสียดทาน จึงทำให้น้ำไหลได้สะดวกขึ้น อย่างไรก็ตาม การติดตั้งวาล์วระบายอากาศเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยระบายอากาศออกจากท่อส่งน้ำได้ นอกจากนี้ ประโยชน์ของท่อแอร์แวอีกประการ คือ ทำหน้าที่เปรียบเสมือน Air Chamber ช่วยลดแรงกระแทกของน้ำจากปรากฏการณ์ Water Hammer ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อท่อ วาล์วและปั๊มน้ำได้

คำสำคัญ : ท่อแอร์แว, การเพิ่มแรงดันในท่อ

Abstract

As the community researchers, Pha Chan village, Tambon Samrong, Amphoe Pho Sai, Ubon Ratchathani Province, were discovered water pipe pressure increase using local wisdom named “Air Ware” by installed 2 PVC pipes on the discharge pipe. As a result of applied these equipments, the water pressure was increase and therefore supply water to the higher elevation or longer distance. This research was studied fluid flow process in the Air Ware pipes and measured flow rate and water pressure on discharge pipe and Air Ware pipe. The results showed that the Air Ware pipes could not increase both flow rate and water pressure in discharge pipe; however, the pipes were able to detain the air bubble in the water, then flow area increased and then the head loss decreased thus the water flow clearly. Air vent or air release valve installation was regarded alternative to release air bubble in the discharge pipe. Another advantage of the Air Ware pipes, as air chamber installation, was reduced the effects of the water hammer pulses that damaged pipe, valve and also pump.

Keyword : Air Ware Pipe, Water Pipe Pressure Increase

บทนำ

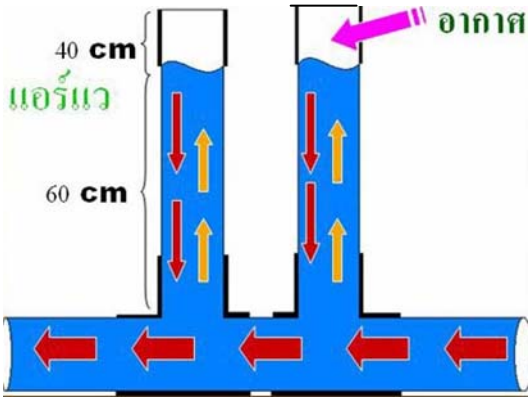
หมู่บ้านผาชัน ตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี แต่เดิมในหมู่บ้านได้วางระบบประปาชุมชน ทำถังเก็บขนาดใหญ่กลางหมู่บ้านและใช้เครื่องสูบน้ำจากบุ่งพระละคอนซึ่งเป็นอ่างน้ำธรรมชาติขนาดเล็กริมแม่น้ำโขงที่อยู่ห่างจากหมู่บ้านประมาณ 300 เมตรและมีน้ำตลอดทั้งปี แต่เนื่องจากระยะทางระหว่างจุดสูบน้ำและถังเก็บน้ำอยู่ห่างกันและมีความลาดชันสูง ส่งผลให้เครื่องสูบน้ำได้รับความเสียหายและชาวบ้านมองว่าไม่คุ้มกับค่าซ่อมบำรุงมอเตอร์สูบน้ำ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2555)

ต่อมา ทีมวิจัยท้องถิ่นได้พยายามศึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำของหมู่บ้านร่วมกัน และได้ค้นพบวิธีการเพิ่มแรงดันให้เครื่องสูบน้ำแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยการทดลองต่อท่อซึ่งมีความยาว 1 เมตร 2 ท่อน ระยะระหว่างท่อทั้งสองอยู่ที่ 30 เซนติเมตร โดยติดตั้งห่างจากเครื่องสูบน้ำประมาณ 100 เซนติเมตร และภายในท่อให้มีระดับน้ำประมาณ 60 เซนติเมตร มีอากาศประมาณ 40 เซนติเมตร เรียกว่า “ท่อแอร์แว” ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งตามหลักการทำงานของแอร์แวนั้น เมื่อน้ำถูกสูบขึ้นมา จะมีอากาศขึ้นมาด้วย จากนั้นเมื่อผ่านส่วนของแอร์แวที่ติดตั้งไว้

ช่องว่างที่อยู่ในท่อแอร์แวนี้ จะมีอากาศเข้าไปในท่อ และเมื่ออากาศไม่มีที่ออกก็จะเกิดแรงดันเพิ่มมากขึ้น จะไปดันน้ำที่อยู่ในท่อออกมา อากาศก็จะไปเพิ่มแรงดันน้ำที่สูบขึ้นมาให้มากยิ่งขึ้น ช่วยส่งน้ำไปยังระดับที่สูงและระยะทางการส่งที่ไกลขึ้น และลดความเสียหายจากมอเตอร์ที่ทำงานหนัก ซึ่งคำว่า "แอร์แว" นั้น "แอร์" ทับศัพท์จากภาษาอังกฤษ (Air) หมายถึง อากาศ ส่วนคำว่า "แว" เป็นภาษาอีสาน แปลว่า แวะ ซึ่งในที่นี้หมายถึงอากาศแวะไปแวะมาในท่อส่งน้ำ (กลและคณะ, 2550)

จากผลความสำเร็จดังกล่าว ได้มีการขยายผลเผยแพร่ไปตามสื่อต่างๆ รวมทั้งได้รับคำยืนยันจากผู้ที่ได้นำไปทดลองใช้งานว่าเมื่อติดตั้งท่อแอร์แวสามารถปรับปรุงระบบส่งน้ำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้จริง อาทิ สามารถส่งน้ำได้ระยะทางไกลขึ้น สามารถจ่ายน้ำให้กับหัวสปริงเกลอร์ได้จำนวนมากขึ้นและจ่ายน้ำได้สม่ำเสมอ ลดความเสียหายของปั๊มน้ำได้ (แอร์แว นวัตกรรมการสูบน้ำ, 2555 และ แอร์แว หรือ แอร์แวะ, 2555) ถึงกระนั้น หลักการทำงานดังกล่าวของแอร์แว นำมาซึ่งคำถามในเชิงวิชาการว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำได้โดยใช้เพียงแรงดันอากาศภายในท่อแอร์แว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองติดตั้งอุปกรณ์แอร์แวและศึกษาหลักการทำงานรวมทั้งตรวจวัดความสามารถในการเพิ่มแรงดันน้ำและอัตราการไหล เพื่ออธิบายกระบวนการทำงานของแอร์แวตามหลักวิชาการและเปรียบเทียบผลการใช้งานท่อแอร์แวว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มน้ำได้จริงหรือไม่





ภาพที่ 1 แอร์แวและหลักการทำงานของแอร์แว
(ที่มา : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2555)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 2 และแบบแปลนด้านข้าง (Side view) ของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งระบบส่งน้ำและท่อแอร์แว

1.1) เลือกใช้ปั๊มแบบลูกสูบต่อกับท่อส่งน้ำขนาด 2 นิ้วยาว 200 เมตร และต่อปลายท่อเข้ากับสายยาง เพื่อยกระดับขึ้นบนเสาสูงเพื่อจำลองการสูบน้ำขึ้นบนพื้นที่สูง ที่ระดับความสูง 6 เมตร

1.2) การติดตั้งแอร์แวเข้ากับระบบสูบน้ำ จะทำการติดตั้ง ณ ตำแหน่งท่อส่ง ห่างจากปั๊มน้ำประมาณ 1 เมตร โดยใช้ท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว มาทำเป็นท่อแอร์แว (หรือใช้ท่อแอร์แวที่มีขนาดเป็น 2 เท่าของท่อส่งน้ำ) นำมาตัดให้มีความสูงประมาณ 1 เมตร จำนวน 2 ตัว ปิดปลายท่อให้แน่นหนากันการรั่วซึมและติดตั้งเกจวัดแรงดันที่ปลายท่อ จากนั้นต่อท่อแอร์แวเข้ากับท่อ 3 ทาง โดยท่อแอร์แวนี้ ให้ติดตั้งในแนวตั้งและให้มีระยะห่างระหว่างท่อแอร์แวประมาณ 1 ฟุต (30 เซนติเมตร) ดังแสดงในภาพที่ 2

1.3) ในการทดลองเพื่อศึกษากระบวนการทำงานของแอร์แว ทำการเปลี่ยนท่อแอร์แวจากท่อพีวีซีเป็นท่อพลาสติกใส เพื่อให้สามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อได้

2. อ่านค่าแรงดันและตรวจวัดอัตราการไหลด้วยวิธีการหาปริมาตรต่อเวลา (Volumetric Method) ดังนี้

$$Q = \frac{\forall}{t}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)

$\forall$ = ปริมาตร (ลิตร)

t = เวลา (นาที)

โดยในการทดลอง ได้ตรวจวัดอัตราการไหลใน 4 กรณีที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.1) กรณีที่ 1 ไม่ติดตั้งแอร์แว

2.2) กรณีที่ 2 ติดตั้งแอร์แว และตรวจวัดอัตราการไหลเมื่อเริ่มจ่ายน้ำที่ปลายท่อ

2.3) กรณีที่ 3 ติดตั้งแอร์แว และตรวจวัดอัตราการไหลเมื่อจ่ายน้ำตั้งแต่นาทีที่ 30 เป็นต้นไป

2.4) กรณีที่ 4 ติดตั้งแอร์แว โดยเติมน้ำในท่อแอร์แวประมาณ 60 เซนติเมตร และเริ่มตรวจวัดอัตราการไหลเมื่อเริ่มจ่ายน้ำที่ปลายท่อ

3. ในการวิจัย ตั้งสมมติฐานว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลจากการตรวจวัดทั้ง 4 กรณีมีความแตกต่างกัน

H_0 : ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลจากการตรวจวัดทั้ง 4 กรณีไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลจากการตรวจวัดทั้ง 4 กรณีแตกต่างกัน

ใช้สถิติ F-test โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลทั้ง 4 กรณีที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) เมื่อค่า F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า F วิกฤต



(1) ปั๊มลูกสูบ



(2) เกจวัดแรงดันแอร์แว



(3) เกจวัดแรงดันในท่อ

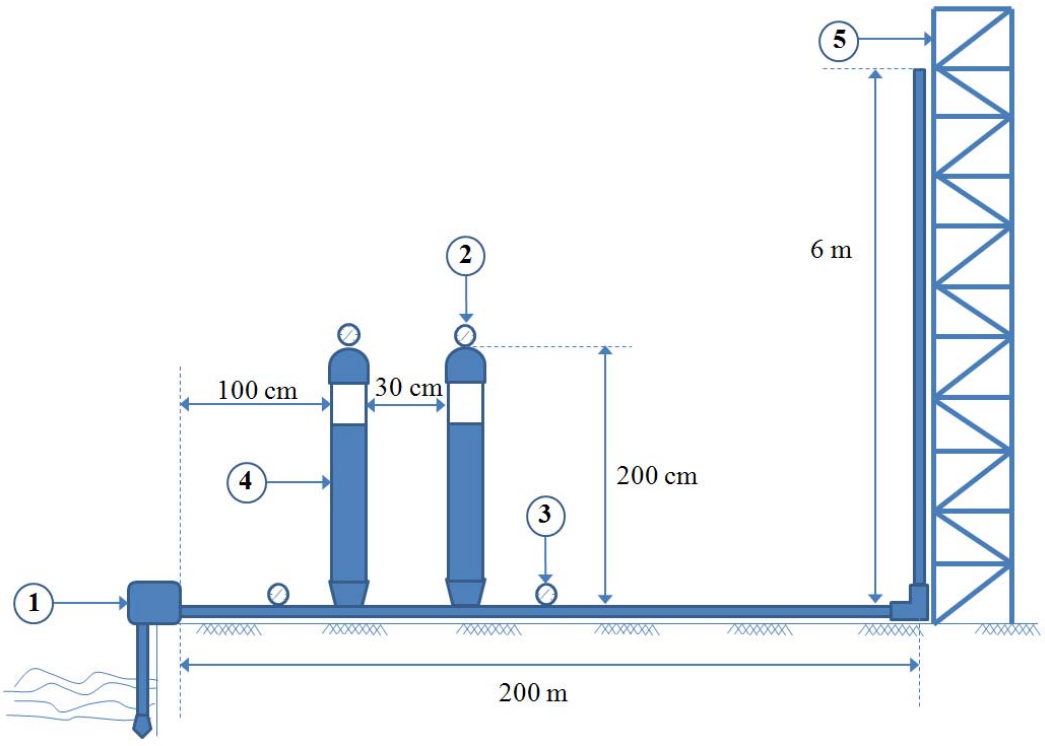


(4) ท่อแอร์แว



(5) เสาสูง

ภาพที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

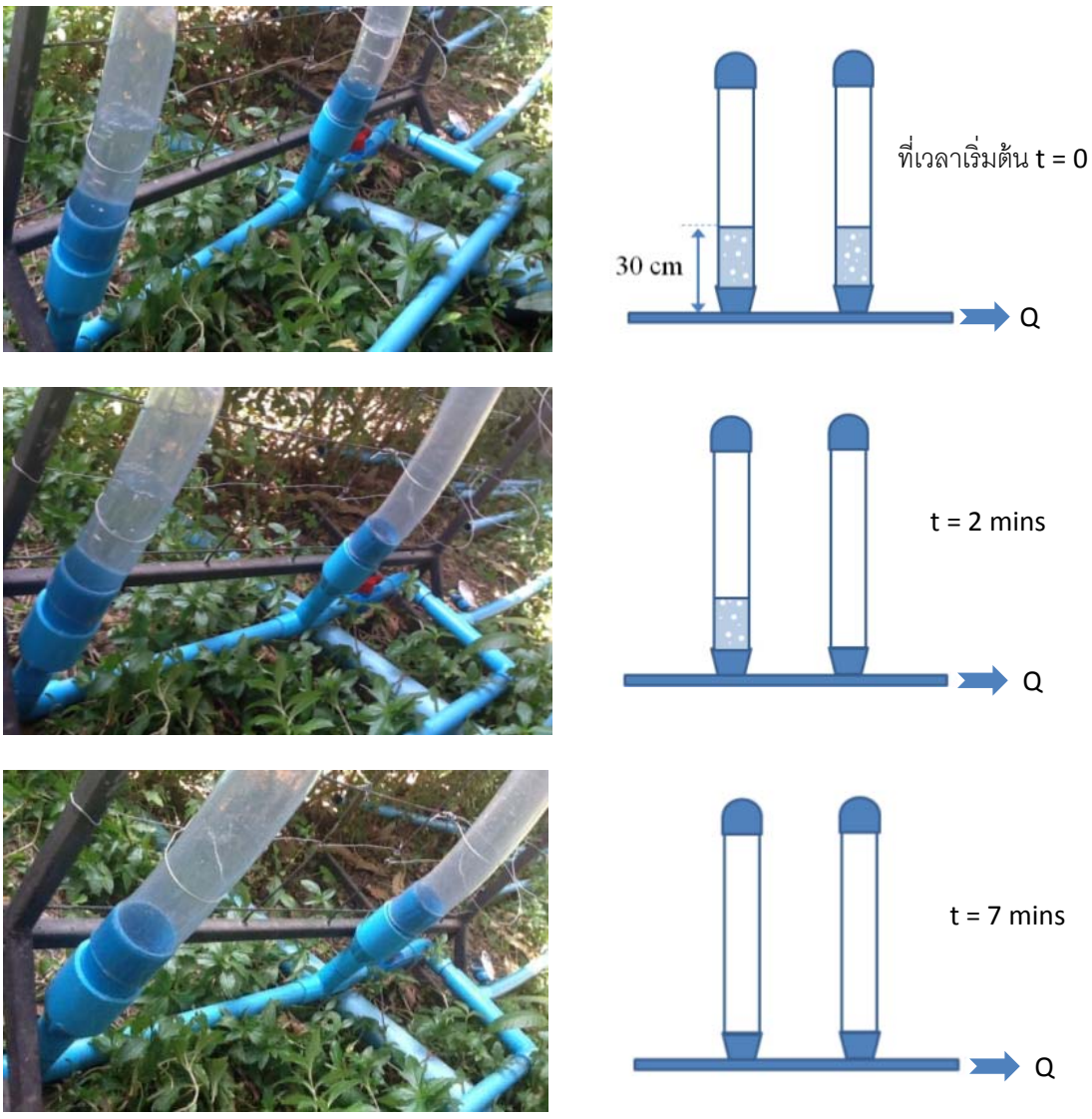


ภาพที่ 3 แบบแปลนด้านข้าง (Side view) ของการทดลอง

ผลการทดลอง

1. การศึกษากระบวนการทำงานของแอร์แว

จากการติดตั้งท่อแอร์แวโดยทดลองใช้ท่อพลาสติกใสเพื่อศึกษาพฤติกรรมของของไหลในท่อ พบว่า ณ ช่วงเวลาต่างๆ ของไหลในท่อแอร์แวมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยเมื่อเริ่มจ่ายน้ำที่ปลายท่อ (เริ่มนับเป็นเวลาเริ่มต้น t = 0) ในท่อแอร์แวมีน้ำดันขึ้นมาที่ความสูงประมาณ 30 เซนติเมตรและพบว่ามีฟองอากาศไหลเข้ามาแทนที่น้ำตลอดเวลา ทำให้เมื่อเวลาผ่านไประดับน้ำในท่อแอร์แวทั้งสองท่อลดลงแต่จะลดลงในอัตราที่ไม่เท่ากัน โดยในช่วงเวลาประมาณ 2 นาที น้ำในท่อแอร์แวท่อที่ 2 จะหมดลงก่อน ในขณะที่ระดับน้ำในท่อแอร์แวท่อแรกจะค่อยๆ ลดลงจนหมดในเวลาประมาณ 7 นาที แสดงให้เห็นว่าท่อแอร์แวทำหน้าที่ในการกักอากาศที่ไหลปนมากับน้ำได้



ภาพที่ 4 พฤติกรรมของของไหลในท่อแอร์แว

2. การเปรียบเทียบการตรวจวัดแรงดันและอัตราการไหล

จากการตรวจวัดอัตราการไหลในกรณีที่แตกต่างกัน 4 กรณีดังที่อธิบายไว้ในข้างต้น ผลการตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 1 โดยในแต่ละกรณีมีการตรวจวัดอัตราการไหล 5 ครั้ง จากนั้นเมื่อใช้สถิติ F-test โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลทั้ง 4 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่า F ที่คำนวณได้ (0.601) มีค่าน้อยกว่า F วิกฤต (3.239) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) และสรุปได้ว่าอัตราการไหลจากการตรวจวัดทั้ง 4 กรณีไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดอัตราการไหลในกรณีที่แตกต่างกัน 4 กรณี

ครั้งที่	อัตราการไหล (L/min)			
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
1	34.46	34.23	34.26	33.92
2	34.63	34.56	34.23	34.32
3	34.32	33.62	34.50	34.29
4	33.57	34.01	34.19	34.01
5	34.01	33.98	34.41	34.14
เฉลี่ย	**34.20**	**34.08**	**34.32**	**34.13**

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติทดสอบ One-way ANOVA

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F-test	P-value
ระหว่างกลุ่ม	0.154	3	0.051	0.601	0.624
ภายในกลุ่ม	1.371	16	0.086		
รวม	1.526	19			

จากการตรวจวัดแรงดันทั้งสามจุดได้แก่ ตำแหน่งในท่อส่งน้ำก่อนผ่านท่อแอร์แว ตำแหน่งในท่อส่งน้ำหลังผ่านท่อแอร์แว และตำแหน่งบนสุดของท่อแอร์แว เปรียบเทียบใน 4 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 3 สรุปได้ว่า แรงดันน้ำภายในท่อช่วงก่อนผ่านท่อแอร์แวมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.7 – 0.9 bar ในขณะที่แรงดันน้ำภายในท่อช่วงที่ผ่านท่อแอร์แวมาแล้วมีค่าประมาณ 0.5 bar ส่วนแรงดันของอากาศภายในท่อแอร์แว (ยกเว้นกรณีที่ 1 ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อแอร์แว) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.1 – 0.2 bar ซึ่งสาเหตุที่แรงดันมีค่าไม่คงที่เนื่องจากปั๊มที่ใช้เป็นปั๊มลูกสูบมีการทำงานเป็นจังหวะ ทำให้ระหว่างการตรวจวัดค่าแรงดัน เข็มชี้ของเกจวัดแรงดันจะแกว่งไปมาตามจังหวะการทำงานของปั๊ม แต่ยังสามารถอ่านค่าได้ภายในช่วงดังกล่าว ทั้งนี้ จากการตรวจวัดข้อมูลดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่าแรงดันอากาศภายในท่อแอร์แวมีค่าน้อยกว่าแรงดันน้ำ จึงเป็นไปไม่ได้ที่อากาศภายในท่อแอร์แวจะสามารถเพิ่มแรงดันน้ำในท่อได้

นอกจากนี้ จากการสังเกตน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อ จะพบว่ากรณีที่ 1 เมื่อไม่ติดตั้งท่อแอร์แว จะพบฟองอากาศไหลปนมากับน้ำเป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อมีการติดตั้งท่อแอร์แวดังในกรณีที่ 2 พบว่าฟองอากาศมีจำนวนน้อยมากและเป็นฟองขนาดเล็ก ถึงกระนั้น ในกรณีที่ 3 เมื่อทดลองสูบน้ำต่อเนื่องนาน 30 นาทีขึ้นไปแล้วสังเกตฟองอากาศอีกครั้ง พบว่ามีฟองอากาศเป็นจำนวนมากคล้ายกับกรณีที่ 1 ซึ่งเมื่อนำข้อสังเกตดังกล่าวเปรียบเทียบกับการตรวจวัดในหัวข้อการศึกษาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งพบว่าท่อแอร์แวสามารถกักเก็บฟองอากาศที่ไหลปนมากับน้ำได้ โดยอากาศจะเต็มท่อแอร์แวในเวลาประมาณ 7 นาที ดังนั้นเมื่อสูบน้ำต่อเนื่องนานกว่า 30 นาที ท่อแอร์แวที่มีอากาศเต็มท่อจะไม่สามารถกักเก็บอากาศได้อีก จึงทำให้พบฟองอากาศออกมาที่ปลายท่อไม่แตกต่าง

จากการไม่ติดตั้งท่อแอร์แว อย่างไรก็ตาม กรณีที่ 4 ได้ทดลองเติมน้ำลงในท่อแอร์แวให้มีระดับน้ำประมาณ 60 เซนติเมตร พบว่ามีฟองอากาศน้อยมากคล้ายกับกรณีที่ 2 แต่เป็นระยะเวลานานกว่า เนื่องจากในกรณีที่ 2 มีน้ำดันขึ้นมาในท่อแอร์แวในช่วงเวลาเริ่มต้นที่ระดับความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ดังที่ได้ศึกษามาข้างต้น ดังนั้น การเติมน้ำลงในท่อแอร์แวจึงเป็นการเพิ่มปริมาตรน้ำที่ใช้สำหรับกักเก็บฟองอากาศโดยการแทนที่น้ำให้มากขึ้นและมีระยะเวลาในการกักเก็บฟองอากาศได้นานกว่าในกรณีที่ 2 ประมาณ 10 – 15 นาที

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดแรงดันภายในท่อส่งน้ำและท่อแอร์แว

กรณีที่	อัตราการไหลเฉลี่ย (L/min)	แรงดันก่อนผ่านแอร์แว (bar)	แรงดันหลังผ่านแอร์แว (bar)	แรงดันภายในแอร์แว (bar)	ข้อสังเกตน้ำที่ออกจากปลายท่อ
1	34.20	0.7 – 0.9	0.5	-	พบฟองอากาศไหลออกที่ปลายท่ออย่างต่อเนื่อง
2	34.08	0.7 – 0.9	0.5	0.1 – 0.2	พบฟองอากาศน้อยมากที่ปลายท่อ และเป็นฟองขนาดเล็ก
3	34.32	0.7 – 0.9	0.5	0.1 – 0.2	พบฟองอากาศไหลออกที่ปลายท่อ อย่างต่อเนื่อง คล้ายกรณีที่ 1
4	34.13	0.7 – 0.9	0.5	0.1 – 0.2	พบฟองอากาศน้อยมากที่ปลายท่อ เป็นระยะเวลานานกว่ากรณีที่ 2

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการตรวจวัดทั้งแรงดันและอัตราการไหล สรุปได้ว่า ท่อแอร์แวไม่สามารถช่วยเพิ่มแรงดันในท่อส่งน้ำและอัตราการไหลได้อย่างที่ผู้ใช้งานได้กล่าวอ้าง อย่างไรก็ตาม กรณีที่มีการทดลองใช้งานแอร์แวแล้วทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นได้นั้น สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสม อาทิ ใช้ท่อขนาดเล็ก ท่อมีรอยรั่ว ท่อน้ำฝั่งด้านดูดมีการรั่วในข้อต่อและปะเก็น ทำให้อากาศภายนอกสามารถเข้ามาในระบบได้ รวมทั้งอาจเกิดจากช่วงปั๊มเริ่มทำงานระบบท่อยังมีอากาศอยู่ภายในเมื่อน้ำเคลื่อนที่เข้าสู่ระบบท่อ อากาศในท่อไม่สามารถออกจากระบบได้จะไปตกค้างในระบบโดยจะอยู่ที่จุดสูงสุดในระบบท่อซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งจุดในระบบท่อ ฟองอากาศนี้เมื่อสะสมเป็นโพรงอากาศขนาดใหญ่จะทำให้การไหลผ่านท่อในบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นแบบการไหลในทางน้ำเปิดซึ่งจะทำให้สูญเสียพลังงานมาก (Head loss) การติดตั้งท่อแอร์แวจะสามารถกักฟองอากาศได้ ทำให้ในท่อส่งน้ำไม่มีอากาศ น้ำจึงไหลได้เต็มท่อเสมือนมีหน้าตัดการไหลเพิ่มขึ้น จึงทำให้น้ำไหลได้แรงมากขึ้น (ส่งน้ำได้ระยะทางไกลขึ้น) รวมทั้งการที่มีฟองอากาศในท่อส่งน้ำน้อยลงจะทำให้การใช้งานโดยเฉพาะกรณีส่งน้ำในกับสปริงเกลอร์สามารถจ่ายน้ำให้กับหัวจ่ายได้โดยไม่สะดุด อย่างไรก็ตาม หากต้องการระบายอากาศออกจากระบบท่อส่งน้ำ ทางเลือกอื่นที่มีประสิทธิภาพกว่าคือการติดตั้งวาล์วระบายอากาศ (Air Vent หรือ Air Release Valve) ซึ่งจะสามารถระบายอากาศออกจากระบบท่อได้ โดยติดตั้งบนท่อบริเวณด้านออกจากปั๊ม หรือบนหลังท่อในบริเวณที่ท่อส่งน้ำโค้งขึ้นจนทำให้เป็นแหล่งสะสมฟองอากาศได้ หรือติดตั้งทุกความยาวท่อประมาณ 500 เมตร

นอกจากนี้ จากการทำงานของปั๊มลูกสูบซึ่งให้อัตราการไหลและแรงดันน้ำเป็นจังหวะแบบ Sine Wave อาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ Water Hammer ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ความดันในท่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงเฉียบพลัน โดยมีความดันเพิ่มขึ้นและลดลงจากความดันเดิมในลักษณะเป็นคลื่นขึ้นลงสลับกันไป โดยเฉพาะการปิด-เปิดวาล์วน้ำอย่างกระทันหันจะทำให้โมเมนตัมของน้ำถูกเปลี่ยนเป็นแรงกระแทกและอาจส่งผลให้ท่อน้ำ วาล์ว ข้อต่อและปั๊มเสียหายได้ (วิบูลย์, 2529) รวมทั้งปัญหาอากาศที่สะสมในท่อ ทำให้พื้นที่หน้าตัดการไหลลดลงความเร็วของ

น้ำจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งกรณีที่ฟองอากาศสะสมตัวจนเต็มพื้นที่หน้าตัดการไหล ความเร็วของน้ำจะลดลงอย่างทันทีจึงทำให้เกิดปัญหา Water Hammer ได้เช่นกัน ดังนั้นการติดตั้งท่อแอร์แวจึงเปรียบเสมือน Air Chamber ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยลดความรุนแรงของ Water Hammer เนื่องจากอากาศในกระบอกสามารถขยายและหดตัวได้ดีกว่าน้ำ จึงสามารถผ่อนคลายความรุนแรงเมื่อมีความดันเพิ่มขึ้นได้ ช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบท่อและปั๊มสูบน้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณ คุณสุรพล เจริญชีพและ รศ.มนตรี ค้ำชู ที่ให้คำปรึกษาในการออกแบบและให้แนวคิดในการจัดทำ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่ช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำ

เอกสารอ้างอิง

กล พรมสำลี และคณะ. (2550). *โครงการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด กรณีบ้านผาชัน ตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. (2529). *ปั๊มและระบบสูบน้ำ*. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2555). *“แอร์แว” นวัตกรรมการสูบน้ำ การค้นพบที่เปลี่ยนชีวิตของคนบ้านผาชัน*. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.technologymedia.co.th/column/columnview.asp?id=211.

แอร์แว นวัตกรรมการสูบน้ำ [Video file]. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.youtube.com/watch?v=BB-c3gLJRZ8

แอร์แว หรือ แอร์แวะ [Video file]. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.youtube.com/watch?v=wztc05JaAO4

คณะผู้เขียน

อภิรักษ์ พิณพิพัฒน์ นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140, azimoluck@hotmail.com

กนกวรรณ กรพิพัฒน์ นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140, nunkanokwan@hotmail.com

ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140, fengcpcc@ku.ac.th

TI1012: แท็งก์จ่ายน้ำระบบอัตโนมัติอัตราการไหลคงที่
AUTOMATIC CONSTANT FLOW TANK

สิริอร ชอบธรรม, ศักณรินทร์ พลอยประเสริฐ, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์*
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบแท็งก์จ่ายน้ำระบบอัตโนมัติอัตราการไหลคงที่ โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมที่สามารถควบคุมให้เฮดน้ำมีค่าคงที่ รวมทั้งคำนวณอัตราการจ่ายน้ำและทดสอบการใช้งานเปรียบเทียบกับแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไป การคำนวณอัตราการจ่ายน้ำจากแท็งก์ฯ ใช้สมการของ Hazen – William และคำนวนค่าการสูญเสียเฮดภายในท่อ โดยใช้สมการของ Darcy-Weisbach ร่วมกับสมการของ Bernoulli ผลการคำนวณอัตราการไหลที่ระดับผลต่างของเฮดน้ำ 0.05 – 0.35 เมตร มีค่าระหว่าง 30.2 – 67.6 ml/s ในขณะที่ผลการตรวจวัดมีค่าระหว่าง 31.2 – 66.2 ml/s และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 นอกจากนี้ อัตราการจ่ายน้ำจากแท็งก์ฯ สูงสุดมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ เฉลี่ย 69.36 ml/s โดยไม่ลดลงตามระดับน้ำในแท็งก์ รวมทั้งสามารถจ่ายน้ำในปริมาตรที่มากกว่าแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไป ประมาณ 16% ในระยะเวลาเท่ากัน ซึ่งเหมาะสำหรับเป็นต้นแบบในการนำไปประยุกต์ใช้งานกับลักษณะงานที่ต้องการควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้สม่ำเสมอ อาทิ การให้น้ำพืชในระบบน้ำหยด การจ่ายน้ำจากแท็งก์น้ำตามที่พักอาศัยหรือตึกสูง เป็นต้น

คำสำคัญ : แท็งก์น้ำ, การควบคุมอัตราการไหลคงที่

Abstract

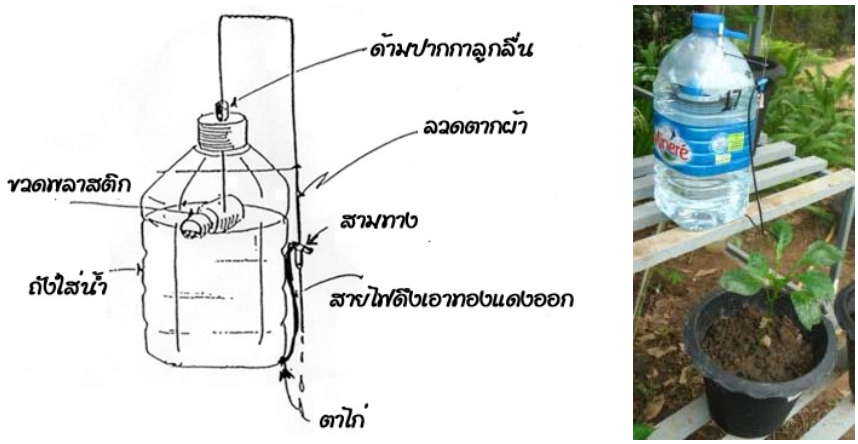
This study was invented the Automatic Constant Flow Tank (ACF Tank). The control constant head of water equipment was installed and then the flow rate of ACF Tank was calculated, measured and compared with the general tank. The flow rate was determined using the Hazen – William's equation as well as the head loss in the pipe using the Darcy-Weisbach's equation with the Bernoulli's equation. The results showed that the calculated flow rate, at the level of water head varies from 0.05 to 0.35 meters, were 30.2 - 67.6 ml/s, while the measured flow rate were 31.2 - 66.2 ml/s with a correlation coefficient of 0.99. Moreover, the maximum average flow rate of ACF tank was 69.36 ml/s and also was quite steady flow (not varied by the water level). In addition, in the same measured period, the ACF Tank was able to provide more water volume 16% than the general tank. This prototype was appropriate with the constant flow rate application such as micro-irrigation, the water tank on the rooftop of buildings, etc.

Keyword : Water Tank, Constant Flow Control

บทนำ

การใช้งานแท็งก์กักเก็บน้ำที่พบเห็นโดยทั่วไปในปัจจุบัน โดยเฉพาะกรณีจ่ายน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงส่วนใหญ่นิยมติดตั้งแท็งก์น้ำให้อยู่สูงกว่าระดับพื้นดินเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ (เฮดน้ำ) โดยมีการติดตั้งสวิทช์ลูกลอยเพื่อควบคุมให้ปั๊มสูบน้ำเติมเข้ามายังในแท็งก์เก็บน้ำในกรณีที่น้ำในแท็งก์ลดต่ำลง วิธีดังกล่าวมีประโยชน์คือปั๊มน้ำไม่จำเป็นต้องทำงานตลอดทุกครั้งที่มีการเปิดใช้น้ำ (กรณีเป็นปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติ) โดยจะทำงานเมื่อเติมน้ำเข้าสู่แท็งก์กักเก็บน้ำเท่านั้น อย่างไรก็ตามการจ่ายน้ำจากแท็งก์กักเก็บน้ำด้วยวิธีดังกล่าวจะมีอัตราการไหลไม่คงที่ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมีการจ่ายน้ำออกจากแท็งก์ ระดับน้ำในแท็งก์ที่ลดลงจะทำให้แรงดันน้ำลดลงและทำให้อัตราการไหลลดลงตามไปด้วย กรณีอาคารชุดที่พักอาศัยหลายชั้นที่มีการติดตั้งแท็งก์กักเก็บน้ำบนชั้นดาดฟ้าและใช้การส่งน้ำด้วยวิธีดังกล่าวจึงมักจะพบปัญหาว่าห้องพักชั้นบนจะมีแรงดันน้ำค่อนข้างต่ำกว่าห้องพักชั้นล่าง ซึ่งวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวมีหลายแนวทางด้วยกัน อาทิ ยกแท็งก์น้ำให้อยู่ในระดับสูงกว่าพื้นดาดฟ้าขึ้นไปอีกเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ หรือติดตั้งปั๊มอัตโนมัติบนชั้นดาดฟ้าเพิ่มอีกตัวเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำให้เพียงพอสำหรับจ่ายน้ำแก่ห้องพักชั้นบน

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้จึงดำเนินการออกแบบแท็งก์จ่ายน้ำระบบอัตโนมัติอัตราการไหลคงที่ รวมทั้งคำนวณอัตราการไหลและทดสอบการใช้งานเปรียบเทียบกับแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไป โดยดัดแปลงมาจาก “กระป๋องน้ำหยด” ซึ่งเป็นถังจ่ายน้ำหยดขนาดเล็กเพื่อใช้ในการให้น้ำแก่พืช เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่คิดค้นโดย รศ.มนตรี ค้ำชู (อดีตอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน) อุปกรณ์ดังกล่าวประดิษฐ์ขึ้นจากวัสดุเหลือใช้และวัสดุที่สามารถหาซื้อทั่วไปได้ตามท้องตลาด ดังแสดงในภาพที่ 1 สามารถปรับอัตราการจ่ายน้ำได้ตามต้องการโดยอัตราการไหลจะคงที่ตลอดช่วงการให้น้ำเนื่องจากมีกลไกการทำงานที่สามารถควบคุมเฮดของน้ำให้คงที่

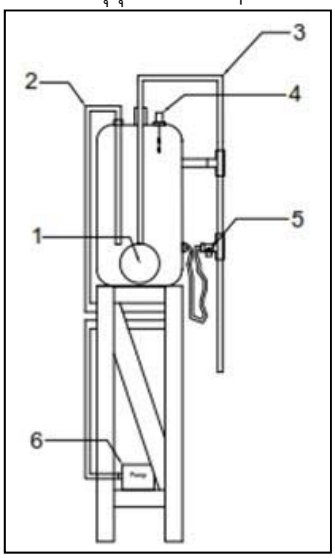


ภาพที่ 1 ถังจ่ายน้ำหยดขนาดเล็ก
ที่มา : มนตรี (2555)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. **อุปกรณ์และหลักการทำงาน**

แท็งก์จ่ายน้ำระบบอัตโนมัติอัตราการไหลคงที่ ใช้ถังน้ำพลาสติกขนาด 200 ลิตรจัดทำเป็นแท็งก์เก็บน้ำร่วมกับวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบกันดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนี้




1.ลูกลอยควบคุมระดับน้ำ


2.ท่อส่งน้ำเข้าถัง


3.แกนกลางควบคุมเฮดน้ำ

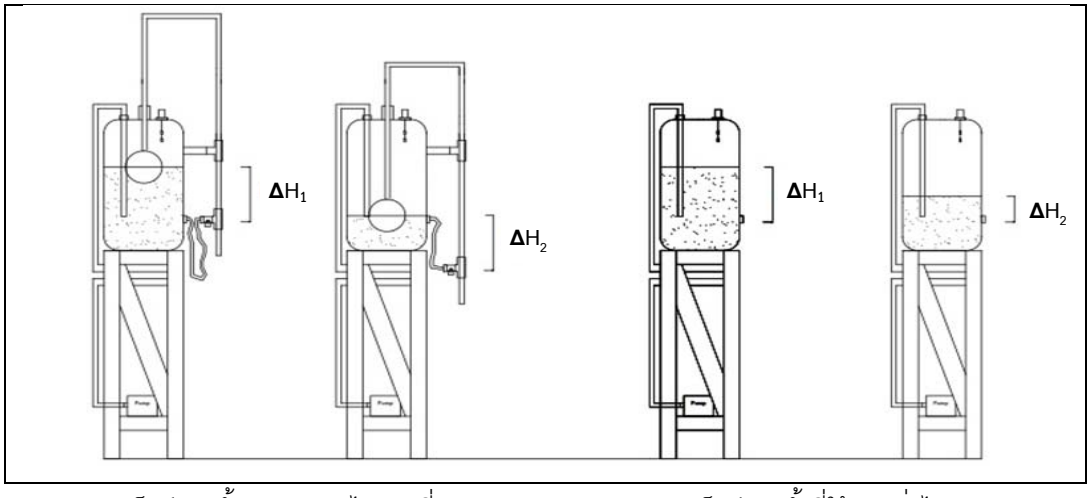

4.สวิทช์ลูกลอยไฟฟ้า


5.ชุดหัวจ่ายน้ำ


6.ปั๊มน้ำ

ภาพที่ 2 อุปกรณ์ประกอบแท็งก์จ่ายน้ำระบบอัตโนมัติอัตราการไหลคงที่

หลักการทำงานของแท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่ โดยการใช้ลูกลอยขนาดใหญ่ (จุดที่ 1) เพื่อช่วยในการพยุงแกน (จุดที่ 3) ให้ขึ้นลงตามระดับน้ำ รวมทั้งยังสามารถควบคุมอัตราการไหลในปริมาณที่ต้องการได้โดยการขยับตำแหน่งของหัวจ่ายน้ำ (จุดที่ 5) เพื่อให้เกิดผลต่างของเฮดน้ำ (ΔH) ระหว่างระดับผิวน้ำกับจุดปล่อยน้ำ จะเห็นได้จากภาพการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อเวลาเริ่มต้น เฮดของน้ำมีค่า ΔH_1 และเมื่อเวลาผ่านไประดับน้ำในแท็งก์จะลดลงแต่เฮดของน้ำ (ΔH_2) จะไม่เปลี่ยนแปลง ($\Delta H_2 = \Delta H_1$) เนื่องจากจุดทางออกของน้ำตรงหัวจ่ายน้ำถูกยึดติดกับแกนควบคุมเฮดน้ำ (จุดที่ 3) ซึ่งแกนดังกล่าวถูกยึดกับลูกลอยในแท็งก์จึงสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ตามระดับน้ำ จะทำให้เฮดของน้ำคงที่และทำให้อัตราการไหลคงที่ด้วย เปรียบเทียบกับกรณีแท็งก์น้ำทั่วไปที่ใช้งาน พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไประดับน้ำลดลงเฮดของน้ำก็ลดลงตามไปด้วย ($\Delta H_2 < \Delta H_1$)



แท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่ ($\Delta H_2 = \Delta H_1$)

แท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไป ($\Delta H_2 < \Delta H_1$)

ภาพที่ 3 เปรียบเทียบหลักการทำงานของแท็งก์จ่ายน้ำทั้ง 2 แบบ

สำหรับท่อที่เชื่อมต่อระหว่างตัวแท็งก์เก็บน้ำกับชุดหัวจ่ายน้ำ (จุดที่ 5) ซึ่งใช้ปล่อยน้ำออกจากแท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่ ควรเป็นวัสดุที่มีความอ่อนตัวสามารถโค้งงอได้เมื่อต้องมีการปรับระดับ ΔH ในที่นี้ได้เลือกใช้ท่อยางสังเคราะห์ EPDM หุ้มสเตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซ็นติเมตร นอกจากนี้ มีการติดตั้งสวิทช์ลูกลอยไฟฟ้า (จุดที่ 4) เมื่อน้ำในแท็งก์เก็บน้ำหมด สวิทช์ลูกลอยจะทำงานโดยสั่งให้ปั๊มน้ำ (จุดที่ 6) สูบน้ำไปตามท่อส่งน้ำ (จุดที่ 2) ขึ้นสู่แท็งก์น้ำโดยอัตโนมัติ เมื่อน้ำเต็มแท็งก์น้ำแล้วสวิทช์ลูกลอยจะสั่งให้ปั๊มน้ำหยุดทำงาน

2. วิธีการทดลอง

2.1) คำนวณอัตราการจ่ายน้ำจากแท็งก์ โดยใช้สมการของ Hazen – William ดังนี้

$$Q = \left(3.587 \times 10^{-6}\right) \times C \times D^{2.63} \times S^{0.54}$$

โดย Q = อัตราการไหล, m^3/s

S = การสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืดต่อหนึ่งหน่วยความยาวของท่อ = hf/L

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ, mm

C = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในท่อ

สำหรับการคำนวนค่าการสูญเสียเฮดภายในท่อ (Head Loss, hf) ใช้สมการของ Darcy-Weisbach ร่วมกับสมการของ Bernoulli ดังนี้

สมการ Bernoulli $$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+Z_1=\frac{P_2}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+Z_2+\Sigma h_f$$

โดย P = แรงดันในเส้นท่อ, kg/cm^2
γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ, N/m^3
V = ความเร็วของของเหลว, m/s
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2
Z = ค่าระดับความสูง, m
Σh_f = ผลรวมของการสูญเสียเฮดของน้ำ (Head Loss), m

สำหรับผลรวมการสูญเสียเฮดของน้ำ (Σh_f) หมายถึงการสูญเสียพลังงานหลัก (Major Loss) ในเส้นท่อและการสูญเสียพลังงานรอง (Minor Loss) ตามสมการของ Darcy-Weisbach ดังนี้

Major Loss $$H_f=f\left(\frac{L}{D}\right)\left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

โดย f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction Factor)
L = ความยาวท่อ
D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
V = ความเร็วของการไหลเฉลี่ยผ่านท่อ
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

สำหรับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (f) คำนวณได้จากการไหลในแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลในแบบปั่นป่วน (Turbulence Flow) แต่สำหรับการไหลในท่อของแท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่ จะสมมติให้เป็นการไหลแบบราบเรียบเนื่องจากเป็นท่อที่มีขนาดเล็ก ค่า f คำนวณได้ดังนี้

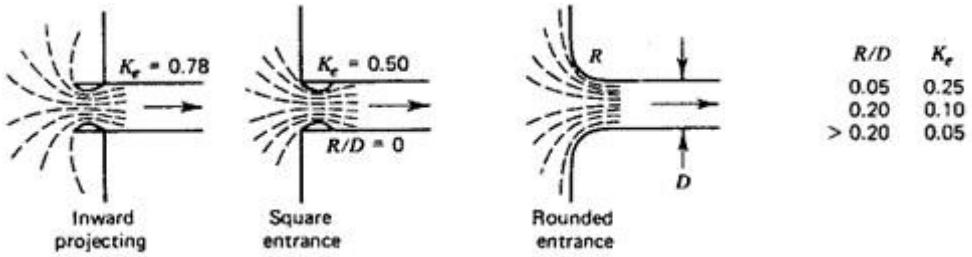
$$f=\frac{64}{Re}\quad \text{โดย}\quad Re=\frac{VD}{\nu}$$

โดย D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ
V = ความเร็วของการไหลเฉลี่ยผ่านท่อ, m/s
ν = ความหนืด ที่อุณหภูมิ 20 องศา = 10^{-6} m^2/s

สำหรับการสูญเสียพลังงานรอง (Minor Loss) คำนวณได้ดังนี้

Major Loss $$H_m=K_e\frac{V^2}{2g}$$

โดย V = ความเร็วของการไหลเฉลี่ยผ่านท่อ, m/s
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2
K_e = สัมประสิทธิ์ของ Minor Loss ขึ้นอยู่กับชนิดของ Minor Loss ได้แก่ Exit Loss และ Entrance Loss ในที่นี้ Exit Loss มีค่าเท่ากับ 1.0 ในทุกกรณี โดยไม่ขึ้นกับลักษณะของรูปร่างทางออก ส่วน Entrance Loss ขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปร่างทางเข้าเป็นหลัก ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.5



ภาพที่ 4 สัมประสิทธิ์ของ Entrance Loss
(ที่มา : David Rausch et.al, 1993)

สำหรับผลการคำนวนหาอัตราการไหล ได้นำมาเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำในแท็งก์โดยวิธีการหาปริมาตรต่อเวลา (Volumetric method) ที่ระดับ ΔH เท่ากับ 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 และ 0.35 เมตร

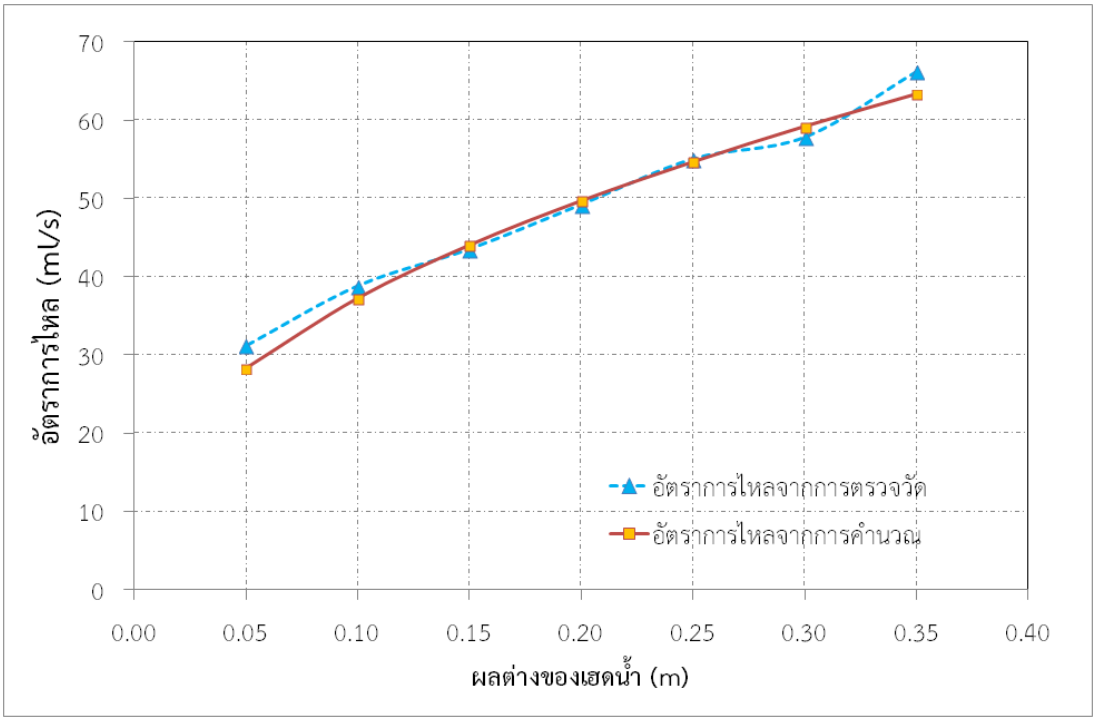
2.2) ทดลองเปรียบเทียบอัตราการไหลระหว่างแท็งก์จ่ายน้ำฯ อัตราการไหลคงที่กับแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไป โดยการตั้งค่าผลต่างของระดับน้ำในแท็งก์กับระดับของจุดทางออกของน้ำ ณ ช่วงเวลาเริ่มต้น (ΔH_1) ของแท็งก์ทั้งสองแบบให้เท่ากัน จากนั้นจึงตรวจวัดอัตราการไหลด้วยวิธีการหาปริมาตรต่อเวลา

ผลการทดลอง

1. การคำนวณอัตราการไหลของแท็งก์จ่ายน้ำฯ อัตราการไหลคงที่

ในการคำนวณอัตราการไหลตามสมการของ Hazen – William ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในท่อ (ค่า C) เป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงความขรุขระสัมพัทธ์ของพื้นผิวด้านในของท่อน้ำโดยที่ค่า C ที่สูงจะเป็นตัวแทนของท่อที่มีความเรียบมากและค่า C ที่ต่ำจะเป็นตัวแทนของท่อที่มีความขรุขระมาก (ประกอบ, 2553) สำหรับท่อชนิดใดชนิดหนึ่งจะมีค่า C คงที่ ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้จากตารางค่ามาตรฐานหรือจากคู่มือแสดงคุณสมบัติของท่อชนิดต่างๆ โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 120 - 150 สำหรับท่อใหม่ แต่เมื่อท่อนั้นมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นค่า C ก็จะลดลงเรื่อยๆ ในการออกแบบทั่วไปเมื่อต้องการอัตราการไหลของน้ำในท่อเก่ามักนิยมใช้ C = 100 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เป็นท่อเหล็กหล่อ และถ้าเป็นท่อขนาดเล็กค่า C อาจจะลดลงเหลือเพียง 60 - 80 (วิบูลย์, 2529)

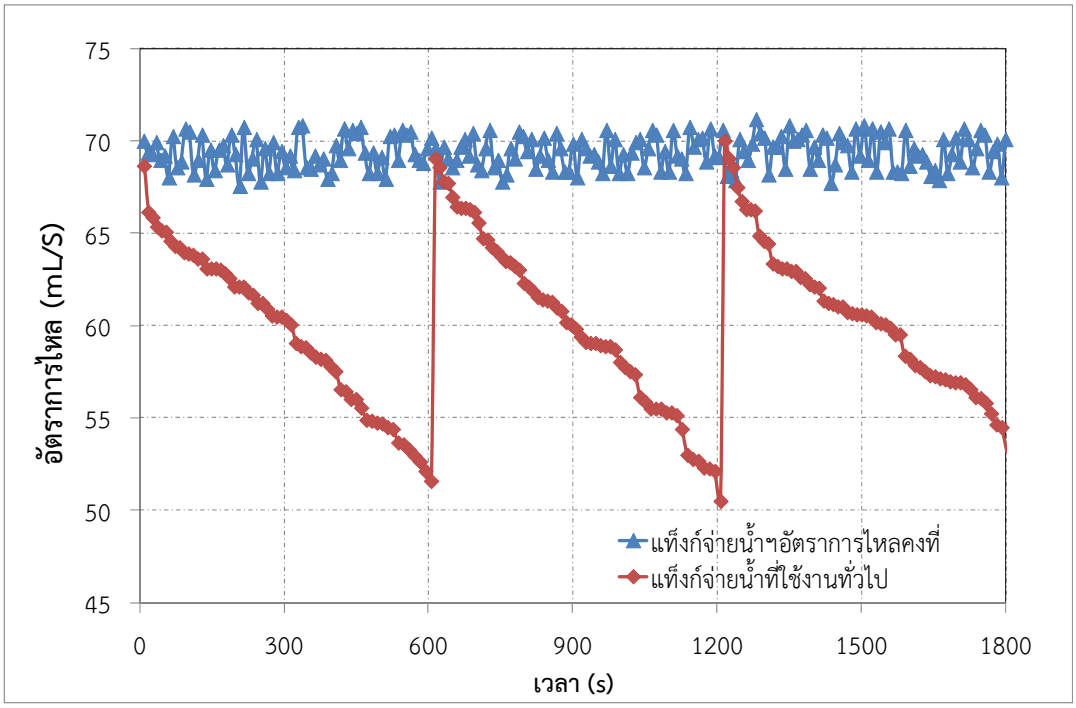
อย่างไรก็ตามสำหรับท่อที่ใช้งานในงานวิจัยนี้ไม่เป็นท่อตามมาตรฐานที่ใช้งานโดยทั่วไป จึงไม่มีค่า C ให้เลือกใช้งาน ดังนั้นจึงได้ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยการสุ่มค่าแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดอัตราการไหล โดยพบว่า เมื่อเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในท่อ เท่ากับ 75 ให้ผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการตรวจวัดมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยผลการคำนวณอัตราการไหลมีค่าระหว่าง 30.2 – 67.6 ml/s ในขณะที่ผลการตรวจวัดมีค่าระหว่าง 31.2 – 66.2 ml/s และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เท่ากับ 0.99



ภาพที่ 5 อัตราการไหลจากการตรวจวัดเปรียบกับอัตราการไหลที่คำนวณ

2. การเปรียบเทียบอัตราการไหลระหว่างแท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่กับแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไป

จากการทดลองตรวจวัดอัตราการไหลที่ระดับ ΔH สูงสุดของแท็งก์ทั้งสองแบบ ซึ่งมีอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 70 ml/s ผลการตรวจวัดดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่า ตลอดระยะเวลาจ่ายน้ำทั้ง 30 นาที แท็งก์จ่ายน้ำฯ อัตราการไหลคงที่มีอัตราการไหลอยู่ในช่วงระหว่าง 67.57-71.17 ml/s (เฉลี่ย 69.36 ml/s) เมื่อเปรียบเทียบกับแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไปพบว่าอัตราการไหลจะลดลงตามระยะเวลาจนเหลือเพียงประมาณ 50 ml/s ที่ระยะเวลาประมาณ 10, 20 และ 30 นาที ซึ่ง ณ ช่วงเวลาดังกล่าว ระดับน้ำในแท็งก์ลดต่ำลงจนถึงจุดที่สวิทช์ลูกลอยไฟฟ้าทำงานทำให้ปั๊มเริ่มสูบน้ำเติมเข้าไปในแท็งก์ ทำให้ระดับน้ำเพิ่มขึ้นและเมื่อน้ำเต็มแท็งก์ อัตราการไหลก็เพิ่มกลับขึ้นมาอยู่ในระดับสูงสุดอีกครั้งและค่อยๆ ลดลงตามเวลาเมื่อจ่ายน้ำออกจากแท็งก์ต่อเนื่องกันไป นอกจากนี้ เมื่อคำนวณปริมาตรน้ำที่ระยะเวลาประมาณ 10, 20 และ 30 นาที แท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่สามารถจ่ายน้ำได้ 42.58, 83.18 และ 124.85 ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่แท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไปสามารถจ่ายน้ำได้เพียง 35.71, 71.63 และ 107.85 ลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 6 อัตราการไหลจากการตรวจวัดเปรียบกับระหว่างแท็งก์จ่ายน้ำ 2 แบบ

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบและการทดลองตรวจวัดอัตราการไหลจากแท็งก์จ่ายน้ำฯ อัตราการไหลคงที่ พบว่า เมื่อเลือกใช้ท่อส่งน้ำที่ไม่เป็นท่อตามมาตรฐาน ทำให้ไม่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในท่อ (ค่า C) ให้เลือกใช้งาน ดังนั้นการคำนวณค่า C จึงต้องใช้วิธีการสุ่มค่า ซึ่งพบว่ามีค่าเท่ากับ 75 ทำให้ผลการคำนวณอัตราการไหลใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดมากที่สุด และสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ วิบูลย์ (2529) โดยค่า C จะมีค่าระหว่าง 60 – 80 สำหรับกรณีท่อขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามการที่ขนาดท่อเล็กจะทำให้เกิดการสูญเสียเฮด (Head loss) มาก (มนต์เทพ, 2547) ซึ่งจากการคำนวณที่ระดับ ΔH ระหว่าง 0.05 – 0.35 เมตร มีค่าการสูญเสียเฮดระหว่าง 0.075 – 0.333 เมตร ดังนั้นในการปรับปรุงเพื่อใช้งานแท็งก์น้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจึงควรพิจารณาเลือกวัสดุที่จะใช้เป็นท่อจ่ายน้ำออกจากแท็งก์ที่เหมาะสมต่อไป

นอกจากนี้จากการตรวจวัดอัตราการไหลจากแท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่ มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ เฉลี่ย 69.36 ml/s โดยไม่ลดลงตามระดับน้ำในแท็งก์ รวมทั้งสามารถจ่ายน้ำในปริมาตรที่มากกว่าแท็งก์จ่ายน้ำที่ใช้งานทั่วไปประมาณ 16% ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานกับลักษณะงานที่ต้องการควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้สม่ำเสมอ อาทิ การให้น้ำพืชในระบบน้ำหยด การจ่ายน้ำจากแท็งก์น้ำตามที่พักอาศัยหรือตึกสูง เป็นต้น อย่างไรก็ตามจะสังเกตว่าอัตราการไหลจากแท็งก์จ่ายน้ำฯอัตราการไหลคงที่ มีค่าแกว่งขึ้นลงเล็กน้อยซึ่งเป็นผลมาจากการขยับตัวขึ้นลงของแกนควบคุมเฮดน้ำที่ยึดติดกับลูกลอยยังมีความฝืด ทำให้ลูกลอยเกิดการแกว่งตัวในแท็งก์ ดังนั้นสิ่งที่ควรปรับปรุงจากแท็งก์ต้นแบบนี้ควรใช้แกนควบคุมที่มีความแข็งแรงและเป็นวัสดุที่มีผิวที่ลื่น เพื่อช่วยให้แกนมีความฝืดน้อยที่สุดสามารถปรับตัวขึ้นลงตามระดับน้ำได้อย่างอิสระ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณ คุณสุรพล เจริญชีพและ รศ.มนตรี ค้ำชู ที่ให้คำปรึกษาในการออกแบบและให้แนวคิดในการจัดทำ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่ช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำ

เอกสารอ้างอิง

David Rausch, Donald L. Pfost and Larry W. Caldwell. (1993). *Design Criteria for Bottom-Withdrawal (Lake-Cleaning) Spillway*. Retrieved December 20, 2012 from http://extension.missouri.edu/p/G1531

ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ. (2553). *เทคนิคการประเมิน NPSHA สำหรับการติดตั้งถังน้ำดับเพลิง.* วิศวกรรมสาร มข., 23(72), 1-9.

มนต์เทพ มะเปี่ยม. (2547). *การพัฒนาแบบจำลองเพื่อออกแบบระบบท่อส่งน้ำ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนตรี ค้ำชู. (2555). *กระป๋องน้ำหยดให้ปุ๋ยมือถือแบบประโยชน์สูงสุดประหยัดสุด.* สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2555, สืบค้นจาก http://www.rdi.ku.ac.th/Techno_ku60/res-86/index86.html.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. (2529). *ปั๊มและระบบสูบน้ำ.* ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

คณะผู้เขียน

สิริอร ชอบธรรม นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140, love_papang@hotmail.com

ศักณรินทร์ พลอยประเสริฐ นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140, mintsaknarin@gmail.com

ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140, fengcpcc@ku.ac.th

TI1013: ขนาดขององค์กรมีผลต่อปัจจัยการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอของอุตสาหกรรมพัฒนาซอฟต์แวร์ในประเทศไทย

The size of the organizations for factors influencing adoption of CMMI Standard in Software Development Industries in Thailand.

***ศุภวรรณ บุญสวัสดิ์ [1], ผศ.ดร. ธนากรณ์ แน่นหนา [2]**

1ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

2ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Abstract

The purpose of this research was to explore the influencing factors of CMMI Standard in Software Development Industries In Thailand. The population used in this research were employees in the software development organizations to improve the software development process used in the CMMI standards. The research applied factor of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) and analyzed by One-way ANOVA comparing the size of the organizations (small, medium, large). The resulted indicated that social influence and behavior intention.

Keywords: Unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT), Capability Maturity Model Integration (CMMI)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อค้นหาว่าปัจจัยใดที่ส่งผลกับขนาดขององค์กรต่อการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอของอุตสาหกรรมพัฒนาซอฟต์แวร์ในประเทศไทย ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามเป็นพนักงานที่อยู่ในองค์กรที่มีการนำมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอมาใช้จำนวนทั้งสิ้น 400 คน โดยนำทฤษฎี Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) มาสร้างเป็นสมมติฐาน เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วย One-way ANOVA กับขนาดขององค์กร (ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่) พบว่าปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ คือ ปัจจัยอิทธิพลทางสังคม และพฤติกรรมการตั้งใจนำมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอมาใช้ในองค์กร

คำสำคัญ : ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจซอฟต์แวร์ในประเทศไทย มีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง คุณภาพของผลงานจึงเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจ องค์กรต้องทำการพัฒนาศักยภาพของตนเองในด้านต่างๆให้มีคุณภาพอยู่เสมอ การสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันจำเป็นต้องมีกลยุทธ์ด้านกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ในหลายองค์กรมีนโยบายที่จะปรับปรุงกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ผลงานมีคุณภาพ ตอบสนองความต้องการ สร้างความพึงพอใจสูงสุดต่อลูกค้า และแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงาน ซึ่งได้พิจารณาและมีความเชื่อมั่นในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามแนวทางมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ ดังนั้นพนักงานในองค์กรที่มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ จึงควรมีความรู้ความสามารถ และเข้าใจในมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ ซึ่งขนาดขององค์กร จะแสดงถึง จำนวนบุคลากร เงินทุน สิ่งอำนวยความสะดวก การให้ความสนับสนุน แรงผลักดันจากบุคคลใน/นอกองค์กร ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษา เพื่อค้นหาว่า มีปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอในอุตสาหกรรมพัฒนาซอฟต์แวร์

2. แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT)

ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology หรือ UTAUT) นำเสนอโดย Venkatesh และทีมวิจัยร่วมกันพัฒนาในปี 2003 [1] หมายถึง ทฤษฎีองค์รวมที่กล่าวถึงพฤติกรรมของผู้ใช้งานระบบในเรื่องการยอมรับในการใช้เทคโนโลยี(Technology Acceptance) ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากทฤษฎีด้านพฤติกรรม 8 ทฤษฎี

1) ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงระหว่างความเชื่อ และทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรม (Theory of Reasoned Action: TRA)

2) ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้งาน เป็นตัววัดความสำเร็จของการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีใหม่ (Technology Acceptance Model: TAM)

3) ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการวิจัยในเรื่องเกี่ยวกับ จิตวิทยา (Psychology) เพื่อใช้สนับสนุนแรงจูงใจที่ใช้อธิบายถึงการแสดงพฤติกรรม (Motivational Model: MM)

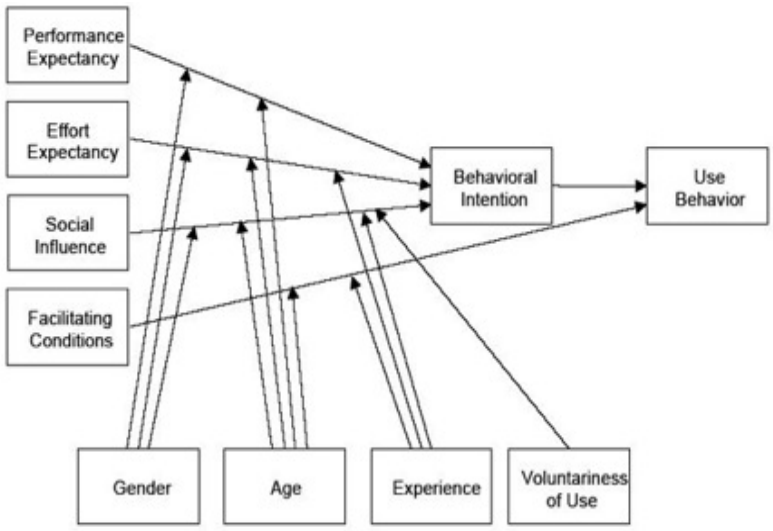
4) ทฤษฎีที่ศึกษาทางด้านพฤติกรรม ซึ่งได้รับการพัฒนาและขยายมาจากทฤษฎี TRA (Theory of Planned Behavior: TPB)

5) ทฤษฎีที่ผสมผสานกันระหว่าง TAM กับ TPB เพื่อใช้สำหรับทดสอบการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยประสบการณ์การใช้ระบบว่ามีอิทธิพลต่อการปรับปรุงและการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศหรือไม่ (A Combined Theory of Planned Behavior /Technology Acceptance Model: C-TAM-TPB)

6) ทฤษฎีที่ใช้วัดการใช้งานจริงในเทคโนโลยีและใช้ทำนายเกี่ยวกับการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีของแต่ละบุคคล (Model of PC Utilization: MPCU)

7) ทฤษฎีพื้นฐานทางสังคมที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของปัจจัยที่ใช้อธิบายถึงนวัตกรรมและใช้เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมในองค์กร (Innovation Diffusion Theory: IDT)

8) ทฤษฎีด้านพฤติกรรมมนุษย์ โดยทำการทดสอบแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์นั้นเกิดจากอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ปัจจัยส่วนบุคคลและ คุณสมบัติด้านพฤติกรรมส่วนตัว (Social Cognitive Theory: SCT)



ภาพที่ 1: ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี

โดยจากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล Venkatesh et al. (2003) พบว่ามี4ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อพฤติกรรมความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี (Behavioral Intention) และพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี (Use Behavior) คือความคาดหวังในประสิทธิภาพในการใช้งาน (Performance Expectancy : PE) ความคาดหวังต่อความพยายามในการใช้งาน (Effort Expectancy : EE) อิทธิพลจากสังคม (Social Influence : SI) และสภาพของ

สิ่งอำนวยความสะดวก(Facilitating Conditions : FC) ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีนั้นๆ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้งานเทคโนโลยี เช่น เพศ อายุ ประสบการณ์ ความสมัครใจที่จะใช้งานเทคโนโลยีนั้น เป็นต้น

2.2 มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ

มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ (CMMI) ย่อมาจาก Capability Maturity Model Integration เป็นต้นแบบของการวัดวุฒิภาวะความสามารถในการทำงานที่ทาง สถาบัน Software Engineering Institute (SEI) แห่งมหาวิทยาลัยคาร์เนกี เมลลอน ในสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาขึ้น ซึ่งได้พัฒนาต้นแบบวุฒิภาวะความสามารถออกมาเป็น 5 ระดับ

1) ระดับวุฒิภาวะที่ 1 (Performed level) เป็นระดับเบื้องต้นซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บริษัททั่วไปต่างก็อยู่ในระดับนี้ คือ ยังทำงานแบบไม่เป็นระบบการทำงานต้องพึ่งผู้ที่มีประสบการณ์เป็นหลัก

2) ระดับวุฒิภาวะที่ 2 (Managed level) การทำงานจะมีความเป็นระบบมากขึ้น มีการนำหลักการจัดการโครงการมาใช้ในการบริหารงานของแต่ละโครงการ

3) ระดับวุฒิภาวะที่ 3 (Defined level) เป็นระดับที่หน่วยงานได้จัดทำมาตรฐานการทำงานของหน่วยงานขึ้น โดยการพิจารณาปรับปรุงจากการดำเนินงานในระดับที่สอง ในระดับนี้การทำงานจะมีมาตรฐาน สามารถวัดและจัดเก็บสถิติผลการดำเนินงานเอาไว้ได้

4) ระดับวุฒิภาวะที่ 4 (Quantitatively Managed level) เป็นระดับที่นำเอาสถิติการดำเนินงานที่จัดเก็บไว้มาวิเคราะห์ เพื่อหาจุดบกพร่อง และแก้ไขข้อบกพร่องได้

5) ระดับวุฒิภาวะที่ 5 (Optimizing level) เป็นระดับวุฒิภาวะสูงสุด เป็นระดับที่หน่วยงานดำเนินการปรับปรุง กระบวนการทำงานของตนเองอย่างต่อเนื่อง มีการจัดกระบวนการทำงานใหม่ ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้น และมีการป้องกันไม่ให้ข้อบกพร่องเกิดขึ้น

2.3 การกำหนดขนาดของอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์

ในปัจจุบันการกำหนดขนาดของอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบจากจำนวนบุคลากรภายในองค์กร โดยจากการศึกษาพบว่าขนาดขององค์กรภายในอุตสาหกรรมออกเป็น 4 ขนาดดังนี้ [2]

1. อุตสาหกรรมขนาดเล็กมาก (Very Small Enterprise)
2. อุตสาหกรรมขนาดเล็ก (Small Enterprise)
3. อุตสาหกรรมขนาดกลาง (Medium Enterprise)
4. อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (Large Enterprise)

ตารางที่ 1: แสดงจำนวนบุคลากรจำแนกตามขนาดของอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์

ขนาดขององค์กร	**จำนวนบุคลากร**
อุตสาหกรรมขนาดเล็กมาก (Very Small Enterprise)	น้อยกว่า 10 คน
อุตสาหกรรมขนาดเล็ก (Small Enterprise)	น้อยกว่า 50 คน
อุตสาหกรรมขนาดกลาง (Medium Enterprise)	น้อยกว่า 250 คน
อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (Large Enterprise)	มากกว่า 250 คน ขึ้นไป

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rony Dayan and Stephen Evans [3] ได้กล่าวถึงการนำ Knowledge Management (KM) มาใช้ร่วมกับการดำเนินการตามมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ ซึ่งทำให้เกิดความง่ายและเข้าใจมากยิ่งขึ้น เนื่องจากทั้ง KM และซีเอ็มเอ็มไอมีส่วนที่สนับสนุนซึ่งกันและกัน เนื่องจากการที่จะนำมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ มาใช้ จำเป็นต้องมีการถ่ายทอดความรู้ไปยังทุกคนในองค์กร ความรู้ที่ต้องถ่ายทอดคือ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องของซีเอ็มเอ็มไอ เพื่อให้ทราบว่าซี

เอ็มเอ็มไอคืออะไร รายละเอียดของกระบวนการ และ เอกสารขององค์กร เพราะทุกคนจะต้องมีการนำมาตรฐานขององค์กรที่กำหนดไปใช้

จากการศึกษาของ Dangle, Larsen, Shaw,& Zelkowitz, [4] ในงานวิจัยเรื่อง Software Process Improvement in Small Organization ; A Case Study กล่าวว่า องค์กรขนาดเล็กมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดทำกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการทางธุรกิจ โดยมีการนำเสนอปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการนำปรับปรุงกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ในองค์กรขนาดเล็กไว้ 2 ประเภทคือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับข้อกำหนดมาตรฐาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์กร

จากการศึกษาของ Suwanya and Kurutach ในงานวิจัยเรื่อง An analysis of software process improvement for sustainable developement in Thailand [2] ได้ทำการศึกษาโดยการรวบรวม วิเคราะห์และเปรียบเทียบกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ในประเทศไทย โดยพบว่าหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนากระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ในประเทศไทย คือ ขนาดขององค์กร ซึ่งขนาดขององค์กรที่เหมาะสมเป็นตัวเลือกในการหาวิธีที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

เก็บแบบสำรวจจากกลุ่มประชากรของพนักงานในตำแหน่งต่างๆขององค์กรที่มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอในประเทศไทย ที่มีความแตกต่างในประเภทขนาดขององค์กร กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน โดยทำการเก็บข้อมูลทางแบบสอบถามออนไลน์ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วย One-way ANOVA

โดยงานวิจัยได้นำทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี มาสร้างเป็นสมมติฐาน

1) . ความคาดหวังต่อการปฏิบัติงาน (Performance Expectancy) คือ ระดับความเชื่อของบุคคลว่า การใช้ระบบจะทำให้ประสบผลสำเร็จในการปฏิบัติงาน สามารถสร้างเป็น สมมติฐานได้ดังนี้

- ความคาดหวังในเรื่องประสิทธิภาพในการใช้งานส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ

2) ความคาดหวังเรื่องความพยายามของผู้ใช้งาน (Effort Expectancy) คือ ระดับความง่ายในการมีส่วนร่วมในการใช้งาน สามารถสร้างเป็นสมมติฐานได้ดังนี้

- ความคาดหวังในเรื่องความง่ายในการใช้งานส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ

3) อิทธิพลด้านสังคม (Social Influence) คือ ระดับการเข้าใจของแต่ละบุคคลถึงความสำคัญที่จะเชื่อว่าควรใช้ระบบใหม่ๆ ในการปฏิบัติงาน ถูกนิยามไว้ว่า บุคคลทั้งในและนอกองค์กร ทั้งระดับผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน และผู้ใต้บังคับบัญชา ล้วนมีอิทธิพลส่งผลต่อการใช้งานของบุคคลนั้นๆ สามารถสร้างเป็นสมมติฐานได้ดังนี้

- อิทธิพลด้านสังคมส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ

4) สภาพของสิ่งอำนวยความสะดวก (Facilitating Condition) คือ ระดับความเชื่อของบุคคลว่าองค์กรและสิ่งอำนวยความสะดวก/อุปกรณ์ทางเทคโนโลยีที่ที่มีอยู่มีส่วนช่วยสนับสนุนต่อการใช้งาน สามารถสร้างเป็นสมมติฐานได้ดังนี้

- สภาพของสิ่งอำนวยความสะดวกส่งผลต่อการใช้งานของพนักงานในอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์

4. ผลการดำเนินการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นพนักงานในองค์กรพัฒนาซอฟต์แวร์ จำนวน 400 คน โดยจำแนกตามขนาดขององค์กร ได้ดังนี้คือ องค์กรขนาดเล็ก 47 คน, องค์กรขนาดกลาง 66 คน และ องค์กรขนาดใหญ่ 287 คน

4.1 องค์กรขนาดเล็ก

ด้านสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ ขององค์กรขนาดเล็ก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: แสดงสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างขององค์กรขนาดเล็ก

ข้อมูล		No	%
ตำแหน่ง	ผู้บริหาร นักทดสอบ	1	2.1
	นักเขียนโปรแกรม	15	31.9
	นักวิเคราะห์ระบบ ผู้	5	10.6
	ควบคุมรักษาความถูกต้องของผลิตภัณฑ์	8	17.0
	เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ	10	21.3
	ผู้จัดการโครงการ	1	2.1
		7	14.9
ประสบการณ์การทำงาน	3 - 5 ปี	7	14.9
	6 - 8 ปี	9	19.1
	9 ปีขึ้นไป	11	66.0
ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับซีเอ็มเอ็มไอ	1 - 3 ปี	31	66.0
	4 - 6 ปี	10	21.2
	7 ปีขึ้นไป	6	12.8
ประเภทขององค์กร	องค์กรภาคเอกชน	47	100
ระดับวุฒิภาวะมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ	ระดับวุฒิภาวะที่ 3	47	100

4.2 องค์กรขนาดกลาง

ด้านสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ ขององค์กรขนาดกลาง ดังแสดงในตารางที่ 3

4.3 องค์กรขนาดใหญ่ ด้านสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอขององค์กรขนาดใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 4

จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วย One-way ANOVA จำแนกตามขนาดขององค์กร ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยในการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอจำแนกตาม ขนาดขององค์กร แสดงผลดังตารางที่ 5

5. สรุปผลการวิจัย

ขนาดขององค์กรส่งผลกับปัจจัยการยอมรับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอของพนักงานในอุตสาหกรรมพัฒนาซอฟต์แวร์ ทำให้พบว่า ปัจจัยอิทธิพลทางสังคม ได้แก่แรงผลักดันจากบุคคลในองค์กร โดยเฉพาะผู้บริหาร จะต้องให้ความสำคัญกับการใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอภายในองค์กร โดยให้การสนับสนุนกับพนักงานให้ได้รับการอบรมในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามแนวทางมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ เพื่อให้การทำงานในส่วนต่างๆดำเนินไปได้ด้วยดี มีความถูกต้อง สามารถตรวจสอบได้ ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น และทางผู้บริหารควรให้การสนับสนุนจัดให้มีแผนกที่มีหน้าที่ดูแลในเรื่องกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยเฉพาะ เช่น แผนกเจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ แผนกกระบวนการทำงาน

ตารางที่ 3: แสดงสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างขององค์กรขนาดกลาง

ข้อมูล		No	%
ตำแหน่ง	นักทดสอบ นักเขียน	4	6.1
	โปรแกรม	29	43.9
	นักวิเคราะห์ระบบ	13	19.7
	ผู้ควบคุมรักษาความถูกต้องของผลิตภัณฑ์	5	7.6
	เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ	2	3.0
	ผู้จัดการโครงการ	8	12.1
	อื่นๆ	5	7.6
ประสบการณ์ในการทำงาน	3 - 5 ปี 6	29	43.9
	- 8 ปี 9 ปี	17	25.8
	ขึ้นไป	20	30.3
ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับซีเอ็มเอ็มไอ	น้อยกว่า 1 ปี	7	10.6
	1 - 3 ปี	59	89.6
ประเภทขององค์กร	องค์กรภาคเอกชน	66	100
ระดับวุฒิภาวะมาตรฐาน ซีเอ็มเอ็มไอ	ระดับวุฒิภาวะที่ 2	7	10.6
	ระดับวุฒิภาวะที่ 3	42	63.6
	ระดับวุฒิภาวะที่ 5	17	25.8

ด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ขององค์กร เพื่อปรับปรุงกระบวนการที่ใช้ภายในองค์กรให้เหมาะสมกับองค์กรนั้นๆและปัจจัยพฤติกรรมการตั้งใจนำมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอมาใช้งานมีผลต่อการยอมรับในกลุ่มพนักงานในองค์กรขนาดต่างๆ ซึ่งในองค์กรขนาดต่างๆนี้จะมีจำนวนโครงการที่ได้รับมอบหมายเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง ทำให้การใช้มาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอในการพัฒนาซอฟต์แวร์เป็นประจำและต่อเนื่องเช่นกัน

ปัจจัยเหล่านี้จะช่วยทำให้ผู้บริหารให้ความสนใจในเรื่องของการนำมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอมาใช้ในองค์กรมากขึ้น ซึ่งในแต่ละองค์กรควรมีการปรับปรุงกระบวนการที่ใช้ภายในองค์กรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยให้กระบวนการทำงานมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น สามารถสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพได้มากยิ่งขึ้น ลดข้อบกพร่องในการทำงานได้มากขึ้น และสามารถสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าได้มากขึ้น

ตารางที่ 4:แสดงสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างขององค์กรขนาดใหญ่

ข้อมูล		No	%
ตำแหน่ง	นักทรัพยากรบุคคล	7	2.4
	นักทดสอบ นักเขียน	109	38.0
	โปรแกรม นักวิเคราะห์	47	16.4
	ระบบ ผู้ควบคุมรักษา	89	31.0
	ความถูกต้องของผลิตภัณฑ์	8	2.8
	เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ ผู้จัดการ	1	0.3
	โครงการ ผู้บริหาร	9	3.1
	อื่นๆ	11	3.8
		6	2.1
ประสบการณ์ในการทำงาน	0 - 2 ปี	13	4.5
	3 - 5 ปี	65	22.6
	6 - 8 ปี	159	55.4
	9 ปีขึ้นไป	50	17.4
ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับซีเอ็มเอ็มไอ	น้อยกว่า 1 ปี 1	46	16.0
	- 3 ปี 4	194	67.6
	- 6 ปี	47	16.4
ประเภทขององค์กร	องค์กรภาครัฐ องค์กร	12	4.2
	ภาคเอกชน	275	95.8
ระดับวุฒิภาวะมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ	ระดับวุฒิภาวะที่ 3	287	100

ตารางที่ 5: ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วย One-way ANOVA จำแนกตามค่าเฉลี่ยขนาดขององค์กรที่แตกต่างกัน (n = จำนวนพนักงานในองค์กร)

Scale Items	Mean Value องค์กรขนาดเล็ก (n=47)	Mean Value องค์กรขนาดกลาง (n=66)	Mean Value องค์กรขนาดใหญ่ (n=287)	p-value
Performance Expectancy	3.76	3.96	3.91	0.154
Effort Expectancy	3.57	3.60	3.72	0.164
Social Influence	3.37	4.00	3.74	0.000*
Facilitating Condition	3.66	3.53	3.61	0.409
Behavior Intention	3.90	4.05	3.85	0.048*
Use Behavior	3.99	4.05	3.97	0.626

หมายเหตุ : * p-value significance at the 0.05 / มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารอ้างอิง

[1] V. Venkatesh, M. Morris, and G. B. Davis (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, vol. 27, no. 3, pp. 425-478.

[2] Suwanya,S.,&Kurutach,W. (2008,July 8-11). An analysis of software process improvement for sustainable development in Thailand. *The 8th IEEE International Conference Computer and Information Technology (CIT2008)*, Sydney, Australia,

[3] Rony Dayan, Stephen Evans (2006). KM your way to CMMI. *Journal of Knowledge Management*, Vol. 10 Iss: 1, pp.69 – 80.

[4] Dangle, K. C.,Larsen, P., Shaw, M., & ZelKowitz, M. V.2005. Software process improvement in small organizations: a case study.*Software,IEEE*,22(6):66-75.

[5] Fahad H. Alshammari, Rodina Ahmad (2011). An empirical study of factors that affect the transition time between CMMI (Capability Maturity Model Integration) levels in Saudi Arabia. *African Journal of Business Management* Vol. 5(14), pp. 5690-5697.

[6] Bostjan Sumak, Gregor Polancic and Marjan Hericko (2010). An Empirical Study of Virtual Learning Environment Adoption Using UTAUT. *IEEE Second International Conference on Mobile*, Hybrid, and On-line Learning.

[7] Norita Ahmad, Azza Al Hilali, Faten Qutaifan, Noha Tarek Amer (UAE) (2012). ITIL Adoption Model Based on UTAUT. *European, Mediterranean & Middle Eastern Conference on Information Systems 2012 (EMCIS2012)* June 7-8, pp. 361-379.

[8] Morteza Ghobakhloo, Mohammad Sadegh Sabouri, Tang Sai Hong, Norzima Zulkifli (2011). Information Technology Adoption in Small and Medium-sized Enterprises; An Appraisal of Two Decades Literature. *Interdisciplinary Journal of Research in Business* ,vol. 1, issue. 7, pp.53-80.

ศุภวรรณ บุญสวัสดิ์ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล suppawan.b@gmail.com

TI1014: ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบการซ่อมบำรุงของข้าราชการ ทร.

อนุพงษ์ สุระชัยปัญญา[1*] และ ธนกรณ์ แน่นหนา[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
25/25 ถนนพุธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

กองทัพเรือได้ใช้ระบบสารสนเทศการซ่อมบำรุงตามแผน (PMS.IT.) กองทัพเรือได้ใช้ระบบสารสนเทศการซ่อมบำรุงตามแผน (PMS.IT.) ในด้านการซ่อมบำรุงระบบอาวุธและยุทโธปกรณ์ของ ทร. เพื่อให้กองกำลังทางเรือมีความพร้อมต่อการปฏิบัติงานให้บรรลุตามวิสัยทัศน์และพันธกิจที่ ทร. กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ระบบดังกล่าวใน ทร. ก็ยังคงมีปัญหาในการใช้งาน ทำให้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบ PMS.IT. ของข้าราชการ ทร. โดยได้ประยุกต์รวมปัจจัยทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ของ Venkatesh และคณะ (2003) กับทฤษฎีความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยี (TTF) ของ Goodhue & Thompson (1995) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม LISREL 8.50 ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผลการศึกษาปรากฏว่าโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ PMS.IT. ของกลุ่มตัวอย่างข้าราชการ ทร. มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดีในด้านการซ่อมบำรุงระบบอาวุธและยุทโธปกรณ์ของ ทร. เพื่อให้กองกำลังทางเรือมีความพร้อมต่อการปฏิบัติงานให้บรรลุตามวิสัยทัศน์และพันธกิจที่ ทร. กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ระบบดังกล่าวใน ทร. ก็ยังคงมีปัญหาในการใช้งาน ทำให้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบ PMS.IT. ของข้าราชการ ทร. โดยได้ประยุกต์รวมปัจจัยทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ของ Venkatesh และคณะ (2003) กับทฤษฎีความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยี (TTF) ของ Goodhue & Thompson (1995) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม LISREL 8.50 ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผลการศึกษาปรากฏว่าโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ PMS.IT. ของกลุ่มตัวอย่างข้าราชการ ทร. มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศการซ่อมบำรุงตามแผน ทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี ทฤษฎีความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยี โมเดลสมการโครงสร้าง

*อนุพงษ์ สุระชัยปัญญา
Tel.: 0-84111-52266
E-mail: pram_36@hotmail.com

บทนำ

“กองทัพเรือ จะต้องเป็นกองทัพเรือชั้นนำในภูมิภาค ด้วยขนาดกำลังรบที่สมดุล ทันสมัย ภายใต้การบริหารจัดการที่เน้นคุณภาพเป็นสำคัญ” จากวิสัยทัศน์ของกองทัพเรือ แสดงให้เห็นว่า ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้กองทัพเรือมุ่งที่จะพัฒนากองทัพให้อยู่ในระดับเดียวกับกองทัพเรือประเทศเพื่อนบ้าน โดยจะต้องรักษาความสมดุลอำนาจทางทะเล ด้วยความทันสมัย และด้านคุณภาพ เพื่อรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล ด้วยการป้องปราม ป้องกัน และแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นให้ได้ทุกเวลา ทั้งนี้อาณาเขตทางทะเลของประเทศไทยหรือเขตเศรษฐกิจจำเพาะ (Exclusive Economic Zone: EEZ) มีเนื้อที่โดยรวมประมาณ 314,000 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ดังกล่าวนี้นำมาซึ่งผลประโยชน์ของชาติทางทะเลที่สำคัญรวมมูลค่าไม่น้อยกว่า 7.4 ล้านล้านบาท โดย เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ และคณะ (2550) ดังนั้นเพื่อให้สามารถรักษาอธิปไตยของชาติทางทะเล ปกป้องสถาบันพระมหากษัตริย์ คุ้มครอง

และรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล ทร. จะต้องมีกองกำลังทางเรือที่ทันสมัยและมีระบบการซ่อมบำรุงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง ทร. ได้ใช้ระบบสารสนเทศการซ่อมบำรุงตามแผน (PMS.IT.) โดย เกรียงไกร เพชรประไพ (2551) ในด้านการซ่อมบำรุงระบบอาวุธและยุทโธปกรณ์ เพื่อให้กองกำลังทางเรือมีความพร้อมต่อการปฏิบัติงานให้บรรลุตามวิสัยทัศน์และพันธกิจที่ ทร. กำหนดไว้ โดยการพัฒนาระบบ PMS.IT. ได้ยึดถือแนวทางการปฏิบัติตามระบบการซ่อมบำรุงตามแผน พ.ศ. 2529 โดย กองทัพเรือ (2529) ที่เป็นการรวมระบบการซ่อมบำรุงตามแผนของ ทร.สหรัฐฯ ทร.อังกฤษ ทร.เยอรมัน และ ทร.สิงคโปร์ โดยนำเอาหลักการ แนวทาง และรูปแบบของระบบดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานสภาพการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบัน อีกทั้งยังใช้ระบบสารสนเทศเข้ามาดำเนินการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ และเพิ่มเติมความต้องการของผู้บริหารในการนำข้อมูลต่างๆ ของการปฏิบัติตามระบบซ่อมบำรุงตามแผนมาประมวลผลด้านสถิติเพื่อการปฏิบัติงาน และการตกลงใจ รวมทั้งการนำข้อดีของระบบสนับสนุนการส่งกำลังบำรุงรวม หรือระบบ ILS มาประกอบเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ เพื่อทำให้ระบบ PMS.IT. มีความสมบูรณ์ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้และหน่วยงาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้งานระบบสารสนเทศการซ่อมบำรุงตามแผน (PMS.IT.) ของข้าราชการ ทร.

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการใช้งานระบบ PMS.IT. ตามหลักการบูรณาการของทฤษฎี UTAUT และ TTF

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสารสนเทศการซ่อมบำรุงตามแผน (Planned Maintenance System Information Technology : PMS.IT.) รูปแบบและแนวทางการพัฒนาระบบ PMS.IT. ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ กันยายน พ.ศ.2550 โดยเสนอเป็นโครงการสารสนเทศ ให้ ทร.อนุมัติโดยบรรจุในแผนงานโครงการสารสนเทศของ ทร.ในปี งป.52 มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1 เปลี่ยนวิธีการปฏิบัติการซ่อมบำรุงตามแผนของหน่วยต่างๆ จากที่กระทำด้วยมือ (Manual) เป็นการปฏิบัติโดยใช้ระบบสารสนเทศ ทั้งนี้ให้ครอบคลุม และยึดถือแนวทางของระบบซ่อมบำรุงตามแผน พ.ศ.2529 เป็นแนวทางในการจัดทำระบบฯ

2 ระบบสารสนเทศที่ดำเนินการจัดทำ สามารถใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลต่างๆ มาใช้ในการบริหารจัดการเชิงสถิติได้ ทั้งนี้ผู้บริหารและหน่วยงานสามารถมองเห็นภาพรวมของการปฏิบัติการซ่อมบำรุงตามแผนของเรือทุกลำได้

ทฤษฎีรวมของการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT) ถูกนำเสนอโดย Venkatesh และคณะ (2003, หน้า 425-478) เป็นทฤษฎีที่พัฒนามาจากทฤษฎีด้านพฤติกรรมจำนวนทั้งสิ้น 8 ทฤษฎี คือ

1) ทฤษฎีการกระทำตามหลักเหตุและผล (The theory of reasoned action หรือ TRA) โดย M. Fishbein และ I. Ajzen (1975)

2) ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of planned behavior หรือ TPB) โดย I. Ajzen (1985)

3) แบบจำลองการยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยี (A technology acceptance model หรือ TAM) โดย F. Davis (1985)

4) แบบจำลองการใช้ประโยชน์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Model of PC utilization หรือ MPCU) โดย H. C. Triandis (1977)

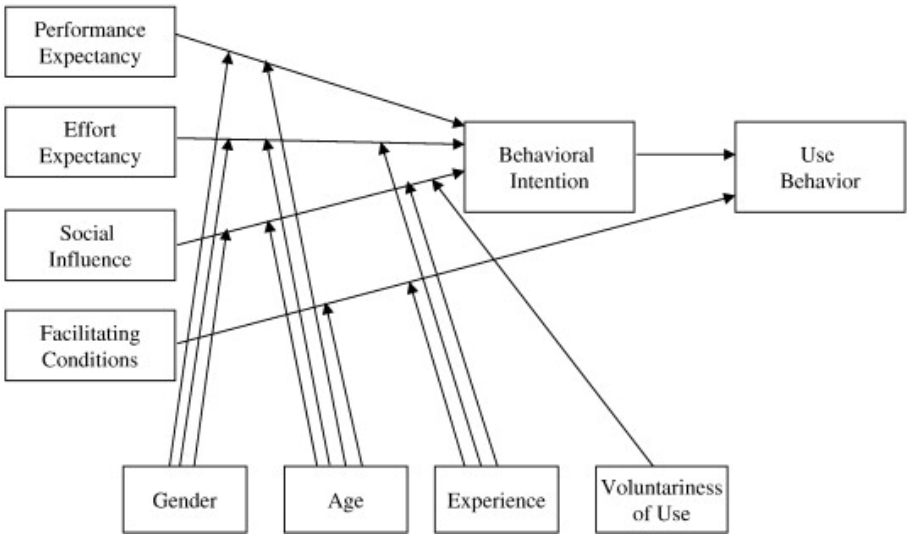
5) ทฤษฎีการเผยแพร่นวัตกรรม (Diffusion of innovation theory หรือ DOI) โดย E. Roger (1995) และ G. C. Moore and I. Benbasat (1991, หน้า 192-222)

6) แบบจำลองทฤษฎีแรงจูงใจ (Motivation model หรือ MM) โดย R. J. Vallerand (1997)

7) ทฤษฎีปัญญาทางสังคม (Social cognitive theory หรือ SCT) โดย A. Bandure (1986)

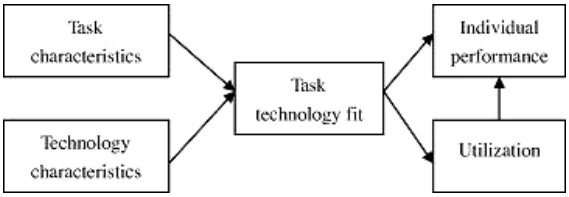
8) ทฤษฎีผสมผสานระหว่าง TAM และ TPB (Combined-TAM-TPB หรือ C-TAM-TPB) โดย S. Taylor และ P. A. Todde (1995, หน้า 561-570)

หลักการของทฤษฎี UTAUT ศึกษาพฤติกรรมการใช้ที่ได้รับแรงขับเคลื่อนจากความตั้งใจแสดงพฤติกรรม โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจแสดงพฤติกรรม ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance expectancy) (2) ความคาดหวังในความพยายาม (Effort expectancy) และ (3) อิทธิพลของสังคม (Social influence) ส่วนสภาพสิ่งอานวยความสะดวกในการใช้งานมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อพฤติกรรมการใช้ สำหรับตัวแปรเสริม/ตัวผันแปรมีจำนวน 4 ตัวแปรได้แก่ (1) เพศ (2) อายุ (3) ประสบการณ์และ (4) ความสมัครใจในการใช้งาน มีความสำคัญในการทำหน้าที่เชื่อมโยงแบบจำลองทั้ง 8 ทฤษฎีให้กลายเป็นทฤษฎีรวมความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและตัวแปรเสริม/ตัวผันแปรตามทฤษฎี UTAUT แสดงในรูปของแบบจำลอง ดังภาพที่ 1.



ภาพที่ 1 : แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยใน UTAUT

ทฤษฎีความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยี (Task Technology Fit : TTF) ถูกนำเสนอโดย Goodhue และ Thompson (1995, หน้า 213-236) และใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการทำนายและอธิบายในด้านการใช้เทคโนโลยี ซึ่ง Goodhue และ Thompson เสนอแนวความคิดที่ว่าเทคโนโลยีสารสนเทศจะช่วยเหลือในการปฏิบัติงานได้ดีและมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีเหล่านั้นจะต้องได้รับการยอมรับและเต็มใจที่จะใช้จากผู้ปฏิบัติงานที่มีความสัมพันธ์กับงานนั้น แสดงในรูปของแบบจำลอง ดังภาพที่ 2.



ภาพที่ 2 : แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยใน TTF

จากงานวิจัยของ Dishaw and Strong (1999, หน้า 9-21) ชี้ให้เห็นว่า TTF ระบุถึง Task Characteristics ไว้อย่างชัดเจนซึ่งเป็นข้อบกพร่องของแบบจำลอง TAM แต่รูปแบบ TTF ยังไม่แน่ชัดเกี่ยวกับปัจจัยต่อทัศนคติของการ

ใช้ IT ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของรูปแบบ TAM ดังนั้นพวกเขาจึงได้บูรณาการแบบจำลอง TAM กับ TTF เข้าด้วยกันเพื่อทำให้แบบจำลองดังกล่าวมีทั้งปัจจัยด้านทัศนคติของ TAM และปัจจัยด้านลักษณะงานของ TTF

อย่างไรก็ตามรูปแบบการรวมกันนี้ยังมีบางข้อบกพร่อง เพราะยังไม่รวมอิทธิพลของสภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งาน อีกทั้งปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความตั้งใจและพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ซึ่ง UTAUT ถือว่าเป็นรูปแบบที่ครอบคลุมมาก ดังนั้นการรวมกันของรูปแบบ UTAUT และ TTF จึงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นที่จะใช้ทำนายถึงความตั้งใจและพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ด้าน IT ซึ่งมีผู้วิจัยหลายท่านที่ใช้รูปแบบการรวมกันของ UTAUT และ TTF อาทิเช่น ZHANG Jing และคณะ (2010, หน้า 235-245) ได้ทำการวิจัยเชิงประจักษ์เรื่องการยอมรับการใช้การค้นหาข้อมูลจากมือถือของผู้ใช้ในประเทศจีน, Tao Zhou และคณะ (2010, หน้า 760–767) วิจัยเรื่องการบูรณาการแบบจำลองของ TTF กับ UTAUT เพื่ออธิบายการยอมรับการใช้ Mobile Banking ในประเทศจีน , Jung-Chi Pai และ Fu-Ming Tu (2011, หน้า 579–584) วิจัยเรื่องการยอมรับและการใช้ Customer Relationship Management (CRM) Systems : การศึกษาเชิงประจักษ์ของอุตสาหกรรมด้านบริการการจัดจำหน่ายในไต้หวัน ซึ่งผลที่ได้ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยี (TTF) มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความตั้งใจแสดงพฤติกรรม (Behavioral Intention) ของผู้ใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 42 ข้อ และการเก็บรวบรวมข้อมูลได้เก็บรวบรวมจากประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างเป็นข้าราชการประจำเรือจาก กองเรือฟริเกตที่ 2, กองเรือทุ่นระเบิด, กองเรือยกพลขึ้นบกและยุทธบริการ และกองเรือยามฝั่ง กองเรือยุทธการ ที่ใช้ระบบ PMS.IT. จำนวน 198 ตัวอย่าง การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้เกณฑ์จำนวนตัวแปรที่ศึกษา ตามกฎอย่างง่ายคือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนหน่วยตัวอย่างต่อจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรควรจะเป็น 20 ต่อ 1 โดย นงลักษณ์ วิรัชชัย (2542) การวิจัยนี้มีตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด 9 ตัว ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างคือ 180 ตัวอย่าง ผู้วิจัยให้ผู้ประสานงานตามกองเรือต่างๆ เป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสอบถามปรับปรุงและพัฒนาจากการทบทวนวรรณกรรม คำตอบที่ได้จากแบบสอบถามจะนำไปใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้โปรแกรม LISREL 8.50 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการดำเนินการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างข้าราชการประจำเรือจาก กองเรือฟริเกตที่ 2, กองเรือทุ่นระเบิด, กองเรือยกพลขึ้นบกและยุทธบริการ และกองเรือยามฝั่ง กองเรือยุทธการ ที่ใช้ระบบ PMS.IT. จำนวน 198 ตัวอย่าง โดยจำแนกตามกองเรือ และแผนก ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม

		n	%
กองเรือ	ฟริเกตที่ 2	60	30.30
	ทุ่นระเบิด	56	28.28
	ยกพลขึ้นบกและยุทธบริการ	55	27.78
	ยามฝั่ง	27	13.64
แผนก	เดินเรือ	48	24.24
	อาวุธและการเรือ	42	21.21
	ยุทธการและสื่อสาร	32	16.16
	ช่างกล	69	34.85
	อื่นๆ	7	3.54

จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้โปรแกรม LISREL 8.50 ผลการศึกษาปรากฏว่าโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ PMS.IT. ของกลุ่มตัวอย่างข้าราชการ ทร. มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี โดยพิจารณาจากค่าไค-สแควร์เท่ากับ 9.13 ที่องศาอิสระเท่ากับ 10 ค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.52 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.99 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.95 ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (RMR) เท่ากับ 0.01 และค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.00 ตัวแปรทั้งหมดในโมเดลเชิงสาเหตุที่ปรับแก้แล้วสามารถอธิบายความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบ PMS.IT. ของข้าราชการ ทร.ได้ร้อยละ 78 ดังแสดงตามตารางที่ 2 และรูปที่ 3

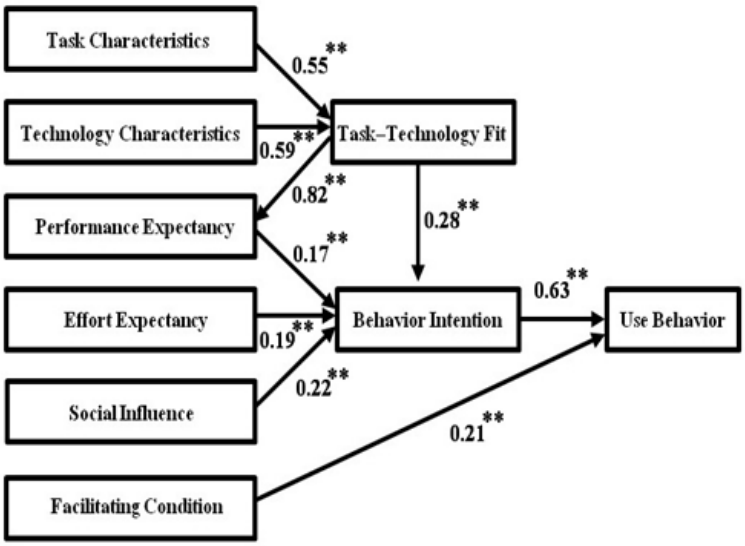
ตารางที่ 2 : ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลของตัวแปรในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ PMS.IT. ของกลุ่มตัวอย่างข้าราชการ ทร. ที่ปรับแก้

Factor	TTF			PE			BI			USE		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
TAS	0.55 (0.08) 6.58		0.55 (0.08) 6.58	0.45 (0.07) 6.43	0.45 (0.07) 6.43		0.23 (0.05) 4.58	0.23 (0.05) 4.58		0.15 (0.03) 4.65	0.15 (0.03) 4.65	
TEC	0.59 (0.08) 7.58		0.59 (0.08) 7.58	0.48 (0.06) 7.48	0.48 (0.06) 7.48		0.25 (0.05) 4.60	0.25 (0.05) 4.60		0.16 (0.03) 4.70	0.16 (0.03) 4.70	
TTF				0.82 (0.05) 15.27		0.82 (0.05) 15.27	0.42 (0.07) 5.70	0.14 (0.05) 2.60	0.28 (0.10) 2.78	0.27 (0.05) 5.86	0.27 (0.05) 5.86	
PE							0.17 (0.07) 2.62		0.17 (0.07) 2.62	0.11 (0.04) 2.46	0.11 (0.04) 2.46	
EE							0.19 (0.07) 2.73		0.19 (0.07) 2.73	0.12 (0.05) 2.56	0.12 (0.05) 2.56	
SI							0.22 (0.06) 3.43		0.22 (0.06) 3.43	0.14 (0.04) 3.24	0.14 (0.04) 3.24	
FC										0.21 (0.05) 4.40		0.21 (0.05) 4.40
BI										0.63 (0.08) 7.73		0.63 (0.08) 7.73

Chi-square = 9.13, d.f. = 10, p-value = 0.52, RMSEA = 0.00,
RMR = 0.010, NFI = 1.00, NNFI = 1.00, GFI = 0.99, CFI = 1.00

R^2 : USE = 0.78

TAS = Task Characteristics, TEC = Technology Characteristics, TTF = Task–Technology Fit,
PE = Performance Expectancy, EE = Effort Expectancy, SI = Social Influence,
FC = Facilitating Condition, BI = Behavior Intention, UES = Use Behavior



**significant at 0.01

ภาพที่ 3 : โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ PMS.IT. ของกลุ่มตัวอย่างข้าราชการ ทร. ที่ปรับแก้

สรุปผลการวิจัย

จากการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบ PMS.IT. ของข้าราชการ ทร. กับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่าทุกปัจจัยมีความสอดคล้องกันกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยปัจจัยทั้งหลายจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับปัจจัยตามกรอบทฤษฎีการยอมรับและการใช้งานเทคโนโลยีทั่วไปของ Venkatesh et al.[4], Goodhue & Thompson [14], Zhang Jing et al. [16], Tao Zhou et al. [17] และ Jung-Chi Pai & Fu-Ming Tu [18] ซึ่งในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบทุกปัจจัยมีความตรงเชิงโครงสร้างและความน่าเชื่อถือ ดังนั้นปัจจัยต่างๆ สามารถเป็นแนวทางปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะการทำงานของ ทร. ได้

เอกสารอ้างอิง

เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ และคณะ. (2550). ผลประโยชน์แห่งชาติทางทะเล. สถานการณ์และข้อเสนอ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สร้างสรรค์ปัญญา, ชุดนโยบายสาธารณะ, ลำดับที่ 17

เกรียงไกร เพชรประไพ. (2551). คู่มือการใช้งาน PMS.IT.

กองทัพเรือ. (2529). คู่มือระบบการซ่อมบำรุงตามแผน (PMS.)

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

V. Venkatesh, M. Morris, and G. B. Davis. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, vol. 27, no. 3, pp. 425-478.

M. Fishbein, and I. Ajzen. (1975). Belie, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research. Addison-Wesly, Reading, MA.

I. Ajzen. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl, & J. Beckmann (Eds.), Action control: From cognition to behavior. New York: Springer-Verlag.

F. Davis. (1985). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results. Unpublished Ph.D. dissertation, MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA.

H. C. Triandis. (1977). Interpersonal Behavior. Brooke/ Cole, Monterey, CA.

E. Roger. (1995). Diffusion of Innovations. Free Press, New York.

G. C. Moore, and I. Benbasat. (1991). Development of an Instrument to Measure the Perception of Adopting an Information Technology Innovation. *Information Systems Research*, vol. 2, no. 3, pp. 192-222.

R. J. Vallerand. (1997). Toward a Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation. In Advances in Experimental Social Psychology 29ed. New York: Academic Press.

A. Bandure. (1986). Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

S. Taylor, and P. A. Todde. (1995). Assessing IT Usage: The Role of Prior Experience. *MIS Quaterly* vol. 19, no. 2, pp. 561-570.

Goodhue & Thompson. (1995). Task technology fit and Individual Performance. *MIS Quarterly*, 19(2), pp. 213-236.

Dishaw & Strong. (1999). Extending the technology acceptance model with task-technology fit constructs. *Information & Management*, 36(1): 9-21.

Zhang Jing et al. (2010). Empirical Research on User Acceptance of Mobile Searches. *Tsinghua Science and Technology*, 15(2): 235-245.

Tao Zhou et al. (2010). Integrating TTF and UTAUT to explain mobile banking user adoption. *Computers in Human Behavior*, 26: 760–767.

Jung-Chi Pai & Fu-Ming Tu. (2011). The acceptance and use of customer relationship management (CRM) systems: An empirical study of distribution service industry in Taiwan. *Expert Systems with Applications*, 38: 579–584.

ผู้เขียน

น.ท.อนุพงษ์ สุระชัยปัญญา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถนนพุธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170 pram_36@hotmail.com

TI2002: สภาพการดำเนินงานปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมของบุคลากรกรมสรรพสามิต

Status and Problem from using E-office among staffs at the Excise Department

*** กาญจนา จตุรพิพิธพรชัย**

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต

กรุงเทพมหานคร 10300

Abstract

This research is aimed to investigate working status and problem from using E-office among staffs at the Excise Department. In addition, the comparisons of level of working status and level of problem from using E-office among the excise staffs. The research sample is 294 excise staffs. Moreover, questionnaire is used as the mean for gathering information. Statistical tool being used in this research are mean, standard deviation, T-test and F-test comparison and Scheffe's method comparison.

1. The research revealed that the level of working status and the level of problem from using E-office among staffs at the Excise Department as a whole and as individual are relatively moderate.

2. The comparison of level of working status from using E-office in different gender and works in different category found that there is no significant difference. In contrary, there is age and educational degree in different category, with the statistically significant 0.05

3. The comparison of level of of problem from using E-office in different gender and educational degree in different category found that there is no significant difference. In contrary, there is age and works in different category, with the statistically significant 0.05

Key Words : Status and Problems, Information

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต และเพื่อเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานและระดับปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่บุคลากรที่ปฏิบัติงานในกรมสรรพสามิต จำนวน 294 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การเปรียบเทียบความแตกต่าง t-test และ F-test และเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีของเชฟเฟ (Scheffe's method)

ผลการวิจัย พบว่า

1.สภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรในภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับปานกลาง

2.ผลการเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยจำแนกตามคุณลักษณะด้านบุคคลพบว่า บุคลากรเพศและประเภทกลุ่มงานแตกต่างกัน มีระดับสภาพการดำเนินงานไม่แตกต่างกัน แต่บุคลากรที่มีอายุและระดับการศึกษาแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.ผลการเปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต โดยจำแนกตามคุณลักษณะด้านบุคคล พบว่า บุคลากรที่มีเพศและระดับการศึกษาแตกต่างกัน จะมีระดับปัญหาในการใช้ไม่แตกต่างกัน แต่บุคลากรที่มีอายุและประเภทกลุ่มงานแตกต่างกัน จะมีระดับปัญหาในการใช้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: สภาพการดำเนินงานและปัญหา,สารสนเทศ

*** กาญจนา จตุรพิพิธพรชัย**

บทนำ

ปัจจุบันสภาพการแข่งขันทางธุรกิจที่ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นในทุกภาคธุรกิจ ทำให้ทุกองค์กรตระหนักถึงการต่อสู้เพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ ด้วยการปรับยุทธศาสตร์ด้านต่างๆขององค์กรให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น รวมทั้งมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการทำงาน ตั้งแต่งานปฏิบัติการ การวางแผน การควบคุมจนถึงการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง กรมสรรพสามิตเป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีการนำเอาระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ.2549 เป็นต้นมา เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมสรรพสามิตทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค

จากรายงานสถิติการร้องเรียนของบุคลากรที่ใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ในปี พ.ศ. 2551 – 2553 ที่ผ่านมา พบว่าการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต ยังคงพบปัญหาเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้กระบวนการการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างล้าช้า โดยมีการร้องเรียนผ่านทางโทรศัพท์และทางเว็บไซต์ ที่เปิดทำการรับเรื่องร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจากข้อร้องเรียนต่าง ๆ สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศได้นำมาสรุปพบประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ด้านบุคลากร พบว่า บุคลากรบางส่วนขาดความรู้ความเข้าใจและไม่เห็นความสำคัญในการนำระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการปฏิบัติงาน ด้านข้อมูล เอกสารสารสนเทศ พบว่าขาดการปรับปรุงข้อมูลและสารสนเทศให้ทันสมัยอยู่เสมอ และข้อมูลบางส่วนชำรุดและการสืบค้นต้องใช้เวลานาน ทำให้การประสานงานทั้งภายในและภายนอกเกิดความล่าช้า ด้านเทคโนโลยี พบว่าอุปกรณ์ต่างๆอยู่ในสภาพที่เก่าและล้าสมัย ผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานาน (รายงานสรุปการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ กรมสรรพสามิต ปี 2554)

ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติงานจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหา พัฒนา ปรับปรุง ตลอดจนการกำหนดทิศทางของแผนการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศตามความต้องการของกรมสรรพสามิตอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเกิดประสิทธิผลสูงสุด

วัตถุประสงค์

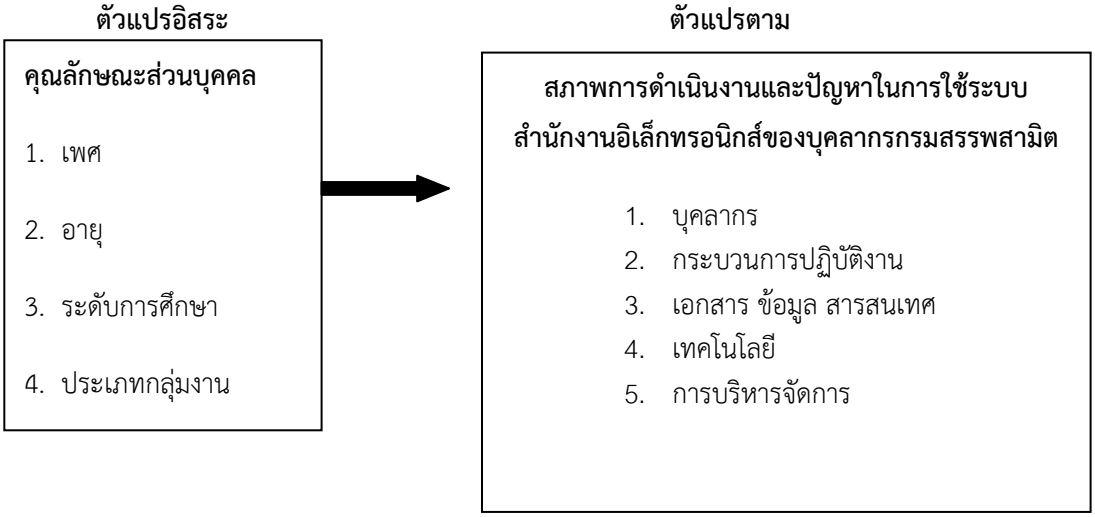
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต

2. เพื่อเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานและระดับปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต โดยจำแนกตามคุณลักษณะด้านบุคคล

กรอบแนวคิด

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย



การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เป็นกลุ่มบุคลากรที่ปฏิบัติงานในกรมสรรพสามิต จำนวนทั้งสิ้น 1,107 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นกลุ่มบุคลากรที่ปฏิบัติงานในกรมสรรพสามิต จำนวน 294 คน

2. การสร้างเครื่องมือ

1. ศึกษารายละเอียดวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า เพื่อทราบแนวทางและขอบเขต ในการออกแบบสอบถาม (Questionnaire)

2. สร้างแบบสอบถามขึ้นเป็น 3 ตอน จากนั้นให้อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยตรวจแก้ไขเนื้อหา สำนวนภาษา ศัพท์ทางวิชาการ และคลอบคลุมวัตถุประสงค์ แล้วนำมาปรับปรุง

3. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ด้วยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

4. นำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out)โดยผลการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม มีค่าเท่ากับ 0.849 แก้ไขปรับปรุงแบบสอบถามเพื่อให้เป็นแบบสอบถามฉบับจริงต่อไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อทำการเก็บข้อมูล คือ ทำการรวบรวมข้อมูล โดยการแจกจ่ายแบบสอบถามด้วยตัวเอง ไปยังกลุ่มตัวอย่างคือกลุ่มบุคลากรในกรมสรรพสามิต และเก็บแบบสอบถามที่ตอบแล้วกลับคืนมาภายในระยะเวลา 3 สัปดาห์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในแบบสอบถามทั้งหมด แล้วนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งใช้เกณฑ์และสถิติวิเคราะห์ดังนี้

1.รข้อมูลจากแบบสอบถามตอนที่ 1 วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของข้อมูลสำรวจ ใช้ค่าร้อยละ เกี่ยวกับการจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามและค่าเฉลี่ย นำเสนอข้อมูลเขียนประกอบคำบรรยาย

2. ข้อมูลจากแบบสอบถามตอนที่ 2 ผู้วิจัยจะวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ นำเสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยาย

3. ข้อมูลจากแบบสอบถามตอนที่ 3 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำความคิดเห็นมาสรุปรวบรวมเป็นรายงานนำเสนอประกอบคำบรรยาย

สำหรับการทดสอบสมมุติฐาน เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม เกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ การเปรียบเทียบความแตกต่าง t-test และ F-test และเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีของเชฟเฟ (Scheffe’s method)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเรื่องสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต สรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

1.ข้อมูลคุณลักษณะด้านบุคคลทั่วไป

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างของบุคลากรกรมสรรพสามิต มีข้อมูลที่สมบูรณ์และสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้จำนวน 294 ชุด จากจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 294 คน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 จำแนกตามเพศ บุคลากรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 213 คน คิดเป็นร้อยละ 72.4 และเป็นเพศชาย จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 27.6

1.2 จำแนกตามอายุ บุคลากรส่วนใหญ่มีอายุต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 113 คน คิดเป็นร้อยละ 38.4 รองลงมามีอายุระหว่าง 30-40 ปี จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 30.6 มีอายุระหว่าง 40-50 ปี จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 27.6 และมีอายุมากกว่า 50 ปี ขึ้นไป จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 3.4

1.3 จำแนกตามระดับการศึกษา บุคลากรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 71.1 รองลงมา จบการศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 และจบการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 9.9

1.4รจำแนกตามประเภทกลุ่มงาน บุคลากรส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มสนับสนุนภารกิจหลัก จำนวน 175 คน คิดเป็นร้อยละ 59.5 และอยู่ในกลุ่มภารกิจหลัก จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 40.5

2. สภาพการดำเนินงานของการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากร มีดังนี้

2.1 ด้านบุคลากร ผลการวิเคราะห์สภาพการดำเนินงานด้านบุคลากร ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและระดับน้อย

2.2 ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ผลการวิเคราะห์สภาพการดำเนินงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและระดับน้อย

2.3 ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ ผลการวิเคราะห์สภาพการดำเนินงานด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า พบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและระดับน้อย

2.4 ด้านเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์สภาพการดำเนินงาน ด้านเทคโนโลยีในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

2.5 ด้านการบริหารจัดการ ผลการวิเคราะห์สภาพการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลางกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

3. ปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากร มีดังนี้

3.1 ด้านบุคลากร ผลการวิเคราะห์ปัญหาในการใช้ด้านบุคลากร ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

3.2 ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ผลการวิเคราะห์ปัญหาในการใช้ด้านกระบวนการปฏิบัติงานในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากและระดับปานกลาง

3.3 ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศผลการวิเคราะห์ปัญหาในการใช้ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

3.4 ด้านเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์ปัญหาในการใช้ด้านเทคโนโลยี ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

3.5 ด้านการบริหารจัดการ ผลการวิเคราะห์ปัญหาในการใช้ด้านการบริหารจัดการ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

4. ผลการเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยจำแนกตามคุณลักษณะด้านบุคคล

4.1 ผลการเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงาน จำแนกตามเพศ ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีเพศแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานโดยรวม และรายด้านไม่แตกต่างกัน

4.2 ผลการเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงาน จำแนกตามอายุ ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีอายุแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานด้านบุคลากร ด้านเอกสาร ข้อมูล และสภาพการดำเนินงานโดยรวมแตกต่างกัน

4.3 ผลการเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงาน จำแนกตามระดับการศึกษา ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานด้านบุคลากร และด้านกระบวนการปฏิบัติงานแตกต่างกัน

4.4 ผลการเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงาน จำแนกตามประเภทกลุ่มงาน ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีประเภทกลุ่มงานแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานโดยรวม และรายด้านไม่แตกต่างกัน

5. ผลการเปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต โดยจำแนกตามคุณลักษณะด้านบุคคล

5.1 ผลการเปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้ จำแนกตามเพศ ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีเพศแตกต่างกัน จะมีปัญหาในการใช้โดยรวม และรายด้านไม่แตกต่างกัน

5.2 ผลการเปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้ จำแนกตามอายุ ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีอายุแตกต่างกัน จะมีปัญหาในการใช้โดยรวม ปัญหาในการใช้ด้านบุคลากร และปัญหาในการใช้ด้านเอกสาร ข้อมูลสารสนเทศแตกต่างกัน

5.3 ผลการเปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้ จำแนกตามระดับการศึกษา ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน จะมีปัญหาในการใช้โดยรวม และรายด้านไม่แตกต่างกัน

5.4 ผลการเปรียบเทียบระดับปัญหาในการใช้ จำแนกตามประเภทกลุ่มงาน ผลการวิเคราะห์ พบว่า บุคลากรที่มีประเภทกลุ่มงานแตกต่างกัน จะมีปัญหาในการใช้ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศแตกต่างกัน

สรุปผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์โดยรวม ของบุคลากรกรมสรรพสามิต อยู่ในระดับปานกลาง

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาที่ได้ ผู้วิจัยสามารถนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้ดังนี้

การวิเคราะห์สภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผลการวิจัยได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สวรรยา แสงสุข (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สภาพและปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยรามคำแหง พบว่า บุคลากรมหาวิทยาลัยรามคำแหง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการใช้เทคโนโลยีโดยรวมอยู่ในระดับมาก และบุคลากรของมหาวิทยาลัยรามคำแหง มีปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในภาพรวมและรายด้านทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านบุคลากร ด้านการให้บริการ และด้านเครื่องมืออุปกรณ์ อยู่ในระดับปานกลาง จากผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามีสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และด้านการบริหารจัดการ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสภาพการดำเนินงานและปัญหาดังกล่าวเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของบุคลากรกรมสรรพสามิต เพราะการขาดความพร้อมในด้านต่างๆ อาทิเช่น ด้านงบประมาณ ด้านบุคลากร และด้านเทคโนโลยี ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่างๆในการปฏิบัติงาน เพราะการมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ล้าสมัย การมีระบบฐานข้อมูลที่ไม่เป็นปัจจุบัน ทำให้กระทบต่อการปฏิบัติงานต่างๆไม่สามารถบรรลุผลสำเร็จได้ และแยกผลการวิจัยออกเป็นรายด้านดังนี้

1.ด้านบุคลากร

สภาพการดำเนินงานด้านบุคลากร ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของกัญญามน อินหว่าง (2554) ที่ได้กล่าวว่า การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ คือ กระบวนการดำเนินงานที่ส่งเสริมให้บุคลากรเพิ่มความรู้ และทักษะ มีพฤติกรรมการทำงานที่เหมาะสมกับงานที่รับผิดชอบ ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพของบุคลากรให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาในการใช้ด้านบุคลากร ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสกสรร อินทรสิทธิ์ (2546) ได้ศึกษาเรื่อง สภาพและปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของกองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 24 พบว่า ด้านบุคลากร บุคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศมีจำนวนน้อย และขาดแรงจูงใจในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานภายในหน่วยงาน ซึ่งเห็นได้ว่าบุคลากรกรมสรรพสามิตที่ขาดการฝึกอบรม จะไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับการฝึกอบรมมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานภายในหน่วยงานและไม่ก่อให้เกิดความชำนาญในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์

2.ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน

สภาพการดำเนินงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการปฏิบัติงานในระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์มีกระบวนการปฏิบัติงานที่เหมือนกับสำนักงานทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของสมเกียรติ กอบัวแก้ว (2544) ที่กล่าวไว้ว่า งานที่ปฏิบัติในสำนักงานส่วนใหญ่ยังคงเหมือนเดิมไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีการเปลี่ยนไปใช้เครื่องมืออัตโนมัติมากขึ้นเท่านั้น

ปัญหาในการใช้ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสกสรร อินทรสิทธิ์ (2546) ได้ศึกษาเรื่อง สภาพและปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของกองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 24 พบว่า ด้านขั้นตอนและวิธีการ ขาดการวางแผนการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม ประกอบกับบุคลากรที่รับผิดชอบงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีจำนวนน้อย และบุคลากรยังขาดความรู้ความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ

3.ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ

สภาพการดำเนินงานด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสกสรร อินทรสิทธิ์ (2546) ได้ศึกษาเรื่อง สภาพและปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของกองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 24 พบว่า ด้านข้อมูลและสารสนเทศ ข้อมูลและสารสนเทศ โดยส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวนโยบายและแผนการดำเนินงานของหน่วยงานสำหรับใช้ในการบริหารจัดการองค์กรให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งแต่ละหน่วยงานจะเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์

ปัญหาในการใช้ด้านเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสกสรร อินทรสิทธิ์ (2546) ได้ศึกษาเรื่อง สภาพและปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของกองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 24 พบว่า ด้านข้อมูลและสารสนเทศ ข้อมูลและสารสนเทศ ขาดการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ ประกอบกับภาระงานที่มีจำนวนมากและเครื่องมือ อุปกรณ์ที่มีจำนวนไม่เพียงพออาจทำให้การปรับปรุงข้อมูลสารสนเทศเกิดความล่าช้า โดยที่บุคลากรกรมสรรพสามิตมีความคิดเห็นว่าเอกสาร ข้อมูล สารสนเทศที่ได้รับไม่ทันสมัย ไม่ตรงกับความต้องการของบุคลากร เป็นต้น

4.ด้านเทคโนโลยี

สภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ด้านเทคโนโลยี ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผลการวิจัยได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สวรรยา แสงสุข (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สภาพและปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยรามคำแหง พบว่า มีปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านเครื่องมืออุปกรณ์ในภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้เครือข่าย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านความเร็วในการใช้ระบบเครือข่ายของมหาวิทยาลัย อีกทั้งอุปกรณ์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไม่ได้รับการพัฒนา สอดคล้องกับแนวความคิดของครรชิต มาลัยวงศ์ (2542,4) ที่ได้กล่าวว่า ปัจจุบันการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการสนับสนุนการปฏิบัติงานกันเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะธุรกิจจำเป็นต้องปรับตัวเองให้สามารถเข้าสู่การแข่งขัน และได้นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้จะช่วยให้องค์กรได้พัฒนาข้อมูล ข่าวสารสารสนเทศได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วทันกับสถานการณ์ทางธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.ด้านการบริหารจัดการ

สภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ด้านการบริหารจัดการ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของครรชิต มาลัยวงศ์ (2542,4) ที่ได้กล่าวว่า ปัจจุบันการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการสนับสนุนการปฏิบัติงานกันเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะธุรกิจจำเป็นต้องปรับตัวเองให้สามารถเข้าสู่การแข่งขัน และได้นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้จะช่วยให้องค์กรได้พัฒนาข้อมูล ข่าวสารสารสนเทศได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วทันกับสถานการณ์ทางธุรกิจได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

3. ผลการเปรียบเทียบสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรกรมสรรพสามิต

3.1 เมื่อเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ โดยจำแนกตามเพศ พบว่า บุคลากรที่มีเพศแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้โดยรวม ไม่แตกต่างกัน โดยทั้งนี้อธิบายได้ว่าบุคลากร

ทั้งเพศชาย และเพศหญิง จำเป็นต้องมีการเรียนรู้การใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมือนๆกัน เพื่อให้เกิดความชำนาญและสามารถนำประมาประยุกต์ต่อการปฏิบัติงานในองค์กรไม่แตกต่างกัน

3.2 เมื่อเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ โดยจำแนกตามอายุ พบว่า บุคลากรที่อายุต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้โดยรวมแตกต่างกัน ซึ่งผลการวิจัยได้สอดคล้องกับงานวิจัยของรัชฎาวัลย์ บุญเดช (2546) ได้ทำการศึกษาเรื่อง พฤติกรรม และปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของบุคลากรที่ทำงานกับบริษัทเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า บุคลากรที่มีอายุแตกต่างกัน จะมีพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจะมีปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 เมื่อเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ โดยจำแนกตามระดับการศึกษา พบว่า บุคลากรที่ระดับการศึกษาต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้โดยรวม ไม่แตกต่างกัน โดยทั้งนี้อธิบายได้ว่าบุคลากรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน จำเป็นต้องมีการเรียนรู้การใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมือนๆกัน ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาในการปฏิบัติงานที่คล้ายคลึงกันและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้เหมือนกัน

3.4 เมื่อเปรียบเทียบระดับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ โดยจำแนกตามประเภทกลุ่มงาน พบว่า บุคลากรที่มีประเภทกลุ่มงานแตกต่างกัน จะมีสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้โดยรวม ไม่แตกต่างกัน โดยทั้งนี้อธิบายได้ว่าบุคลากรที่มีประเภทกลุ่มงานแตกต่างกัน จำเป็นที่จะต้องมีการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมือนๆกัน ทำให้ส่งผลต่อการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งต่อไป เพื่อนำไปแก้ไข ปรับปรุงในเรื่องสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลกรกรมสรรพสามิต ดังนี้

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความต้องการของบุคลากรเกี่ยวกับการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำข้อมูลความต้องการที่ได้ไปใช้วางแผนในการพัฒนาครั้งต่อไป
2. ควรขยายผลการศึกษาไปยังสำนักงานสรรพสามิตในส่วนภูมิภาคต่อไป เพื่อรับฟังความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานและปัญหาในการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนความต้องการ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาครั้งต่อไป
3. ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการจัดการเทคโนโลยีระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ทางการบริหารจัดการด้านเทคโนโลยี สำหรับกรมสรรพสามิตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กัญญามน อินหว่าง. (2554). การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่ออการพัฒนาองค์การ. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2555, สืบค้นจาก http://www.thaihealth.or.th/partner/ blog/ 23056

ครรชิต มาลัยวงศ์. (2542**).** เทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยและสิ่งแวดล้อม.

รัชฎาวัลย์ บุญเดช. (2546). พฤติกรรม และปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของบุคลากรที่ทำงานกับบริษัทเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร. ปริญญาบริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมเกียรติ กอบัวแก้ว. (2544**).** ระบบสารสนเทศในการบริหารอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

_____. (2546). วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 5 ฉบับที่ 5 ปีการศึกษา 2548. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อและสิ่งพิมพ์แก้วเจ้าจอม สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

สวรรยา แสงสุข. (2552). สภาพและปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยรามคำแหง. ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

เสกสรร อินทรสิทธิ์. (2546). สภาพและปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของกองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 24. การศึกษามหาบัณฑิต,สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

TI2003: ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา : ทัศนคติของครู บุคลากร และผู้ปกครอง

FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF PRIVATE SCHOOL UNDER THE OFFICE OF PRIVATE EDUCATION IN SONGKHLA: THE ATTITUDES OF TEACHERS, PERSONNEL EDUCATION AND PARENTS

[1]เยาวลักษณ์ ขวัญชื่น และ วิชชา ฉิมพลี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา ทัศนคติของครู บุคลากร และผู้ปกครอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนและองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกับองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชน เพื่อสร้างตัวแบบการบริหารคุณภาพของโรงเรียนเอกชน จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 384 คน ใช้วิธีการวิจัยแบบผสม ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และจัดการสนทนากลุ่ม สร้างตัวแบบการบริหารคุณภาพของโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน

ผลการวิจัย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 287 คน มีอายุระหว่าง 30 – 40 ปี การศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรี สถานภาพแต่งงาน ประกอบอาชีพเป็นครู/อาจารย์ ส่วนใหญ่เป็นครูเอกชน และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนในภาพรวมด้านการมีส่วนร่วม ด้านการเสริมพลัง ด้านความโปร่งใส อยู่ในระดับมากและองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ในภาพรวมคุณภาพด้านนำเข้า คุณภาพด้านกระบวนการ คุณภาพด้านผลผลิต อยู่ในระดับมาก และผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ข้อมูลส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน มีทัศนคติต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนไม่แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนมีความสัมพันธ์ทางเดียวกันกับองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชน และจากข้อค้นพบในงานวิจัยนี้ ได้ตัวแบบการบริหารคุณภาพของโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน คือ “SONGKHLA Model”

คำสำคัญ : คุณภาพโรงเรียนเอกชน, การจัดการความรู้

ABSTRACT

The purpose of this study, “Factors affecting the quality of private schools under the office of private education in songkhla province: the attitudes of teachers and personnel education and parents”, is to explore and compare factors that affect the quality of the school, and elements quality of the school, to study relationship between factors that affect the quality of the school and elements quality of the school and to create a quality management of private schools in the office of the private education. This study implements a mixed methodology research by choosing 384 people as a sample group. After that the analyzed data to create model a quality management of private schools.

The research shows that ; The sample of respondents consisted 287 people is women, age between 30 - 40 years old, the highest education is bachelor degree. Married, career as a teacher / professor, and the status of a private teacher. Factors that affect the quality of the schools in the attitudes of teachers, personal education and parents motto as a whole at a high level. Considering it was also found that the 3 factors is

1 เยาวลักษณ์ ขวัญชื่น

Tel.: 084 692-1331

E-mail : dolphin_land@hotmail.com

the high level. Elements of school quality as a whole at a high level. Considering it was also found that the levels of both. The quality of the 3 aspects. According to the assumption, is different personal information attitude toward factors affecting the quality and composition of the school is no different. And factors affecting the quality of the school's relationship with the private schools. A whole a positive correlation with the composition or quality of the schools. According to the research, the model of a quality management of private schools in the office of the private education can be represented by the "SONGKHLA Model"

Keyword: quality school, knowledge management

บทนำ

ปัจจุบันการศึกษาเอกชนมีการขยายตัวและสามารถดำเนินงานไปได้ด้วยดี จนเป็นที่ยอมรับว่าโรงเรียนเอกชนสามารถจัดการศึกษาได้อย่างมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานจนได้รับความการยกย่องต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบัน (นาวาลย์ ปานากาเซ็ง, 2554, หน้า 1-2) คุณภาพของโรงเรียนอาจจะมาจากองค์ประกอบต่างๆ เช่น ทรัพยากร เทคโนโลยี งบประมาณ เป็นต้น โดยส่งผลให้ผู้เรียนมีคุณภาพและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เมื่อผลผลิตของโรงเรียนมีคุณภาพที่ดีจึงเป็นเหตุให้โรงเรียนได้รับการยอมรับและได้รับความไว้วางใจจากผู้ปกครองและชุมชนเพิ่มมากขึ้น (อำรุง จันทวานิช, 2547, หน้า 1) จากการแบ่งส่วนราชการทำให้หน่วยงาน โรงเรียน และชุมชนได้มีส่วนร่วมมากขึ้นโดยเป็นกระบวนการที่ทุกได้มีโอกาสแสดงทัศนะและเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ (วารินทร์ สินสูงสุด,2543, หน้า 13) และเมื่ออยู่ในสภาวะที่แข่งขันสูง การเสริมพลังให้กับบุคลากรสามารถตัดสินใจในงานให้เร็วขึ้น สามารถพัฒนาศักยภาพในการปฏิบัติงาน และก่อให้เกิดขวัญและกำลังใจในการทำงาน (ธัญพร ทองขาว, 2548, หน้า 1-2) และในการการบริหารจัดการระบบคุณภาพ ผู้บริหารของโรงเรียนนำหลักธรรมาภิบาลมาใช้บริหารจัดการโรงเรียนและมีนโยบายในบริหารจัดการด้วยความโปร่งใส (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2553, หน้า 22)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการบริหารคุณภาพของโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา โดยใช้การจัดการความรู้เป็นเครื่องมือ และนำมาสร้างตัวแบบการบริหารคุณภาพที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารคุณภาพและยกระดับคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ให้มีความได้เปรียบทางการแข่งขันและมุ่งผลิตผู้เรียนที่มีคุณภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลาในทัศนะคติของครู บุคลากร และผู้ปกครอง
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลาในทัศนะคติของครู บุคลากร และผู้ปกครอง
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนกับองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา

เพื่อสร้างตัวแบบการบริหารคุณภาพของโรงเรียนเอกชนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน

กรอบแนวคิด

ตัวแปรต้น 1 คือ ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแยกเป็น เพศ อายุ การศึกษาสูงสุดสถานภาพ อาชีพ และสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

ตัวแปรต้น 2 คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ประกอบด้วย

- การมีส่วนร่วม (Participation) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากข้อมูลเอกสารจากคู่มือการบริหารจัดการระบบคุณภาพของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทฤษฎีเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม,คู่มือการติดตามตรวจสอบคุณภาพการศึกษาโรงเรียนเอกชน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน และจากการสำรวจความรู้, การสัมภาษณ์จากคนในพื้นที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียนเอกชน

- การเสริมพลัง(Empowerment) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากหนังสือและงานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพ และจากการสำรวจความรู้,การสัมภาษณ์จากคนในพื้นที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียนเอกชน

- ความโปร่งใส (Transparency) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสารการบริหารเพื่อพัฒนาคุณภาพของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ และคู่มือการบริหารจัดการระบบคุณภาพของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทฤษฎีเกี่ยวการความโปร่งใส และจากการสำรวจความรู้,การสัมภาษณ์จากคนในพื้นที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียนเอกชน

ตัวแปรตาม คือ องค์ประกอบของโรงเรียนเอกชนที่มีคุณภาพ ประกอบด้วย Input Quality คุณภาพด้านปัจจัยในเข้า ,Process Quality คุณภาพด้านกระบวน และ Output Quality คุณภาพด้านผลผลิต

วิธีการศึกษา

1. การวิจัยที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) ใช้ข้อคำถามสำรวจความรู้ในเรื่องที่ทำวิจัยจากบุคลากรทั่วไปโดยการถามเร็ว-ตอบเร็ว และใช้แบบสัมภาษณ์เป็นกรอบคำถามที่ไม่มีโครงสร้างในการถอดความรู้และสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้รู้เรื่องที่จะทำวิจัยของหน่วยวิเคราะห์ และนำองค์ความรู้ที่ได้ดำเนินการสนทนากลุ่ม

2. การวิจัยที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ประชากรที่จะสุ่มจำนวน 90,149 คน และได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 384 คน เพื่อใช้ในการตอบแบบสอบถามงานวิจัย3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม, ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพโรงเรียนเอกชน และส่วนที่ 3 องค์ประกอบของโรงเรียนเอกชนที่มีคุณภาพ

ผลการศึกษา

ผู้ตอบแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 384 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 287 คน ที่มีอายุระหว่าง 30 – 40 ปี การศึกษาสูงสุดในระดับปริญญาตรี จำนวน 289 คน มีสถานภาพแต่งงาน จำนวน 224 ประกอบอาชีพเป็นครู/อาจารย์ จำนวน 253 คน และเป็นครูเอกชน จำนวน 201 คน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนภาพรวมอยู่ในระดับมาก และจากการทดสอบสมมุติฐาน พบว่าข้อมูลส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน มีทัศนคติต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนและองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนไม่แตกต่างกัน และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนมีความสัมพันธ์ทางเดียวกันกับองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ซึ่งด้านความโปร่งใส และด้านการเสริมพลังมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของโรงเรียนเอกชนที่มีคุณภาพทั้ง 3 ด้านมากที่สุด และจากข้อค้นพบในงานวิจัยนำมาประมวลผลเป็นองค์ความรู้ได้ตัวแบบ คือ “SONGKHLA Model”

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านการมีส่วนร่วม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับทัศนคติต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพโรงเรียนเอกชนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกคน สอดคล้องตัวบ่งชี้การประเมินคุณภาพภายนอกรอบสาม (2554, หน้า 55) กลุ่มตัวบ่งชี้มาตรฐานการส่งเสริมผลการดำเนินการโครงการพิเศษเพื่อส่งเสริมบทบาทของสถานศึกษา โดยเน้นที่เกิดจากการมีส่วนร่วมของสถานศึกษา ส่วนด้านการเสริมพลัง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับทัศนคติโดยภาพรวมอยู่ระดับมาก เนื่องจากการให้บุคลากรได้มีโอกาสหรือได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารในการแสดงความรู้ ความสามารถทำให้รู้สึกว่าตนเองมีคุณค่า สอดคล้องกับมาริสา สัจจหทยาศรม (2545, หน้า 15) กล่าวว่าการได้รับการเสริมสร้างความสามารถเพิ่มพูนศักยภาพ ทำให้สามารถปฏิบัติได้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย และด้านความโปร่งใส พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับทัศนคติโดยภาพรวมในระดับมาก เนื่องจากการทำงานที่มีกระบวนการที่ถูกต้อง สามารถตรวจสอบได้ ทำให้เป็นที่ไว้วางใจของในสังคม ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553, หน้า 14) กล่าวว่า การบริหารจัดการผู้บริหารโรงเรียนมีการกำหนดระบบธรรมาภิบาลของโรงเรียน และการดำเนินการเกี่ยวกับจริยธรรมและความรับผิดชอบต่อชุมชนโดยผู้บริหารของโรงเรียนต้องแสดงความรับผิดชอบ

จากการศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ด้านปัจจัยนำเข้า พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับทัศนคติต่อองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนโดยภาพรวมในระดับมาก เนื่องจาก องค์กรจะก้าวเดินไปข้างหน้าได้สิ่งสำคัญคือตัวผู้นำที่มีวิสัยกว้างไกลในการบริหารงาน มีภาวะผู้นำในด้านต่างๆ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553, หน้า 17) ได้อธิบายในเรื่องของการผู้บริหารโรงเรียนนำองค์กรว่าผู้บริหารควรเป็นแบบอย่างที่ดีในการปฏิบัติงาน รวมถึงสร้างบรรยากาศให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และด้านกระบวนการ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับทัศนคติโดยภาพรวมในระดับมาก เนื่องจากการจัดกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญทำให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งตัวบ่งชี้การประเมินคุณภาพภายนอกรอบสาม (2554, หน้า 39) ตัวบ่งชี้ที่ 6 อธิบายไว้ว่า การดำเนินการของสถานศึกษาสามารถจัดการเรียนการสอนที่เน้นถึงความสามารถของผู้เรียนและจัดกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเอง และด้านผลผลิต พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับทัศนคติต่อองค์ประกอบที่มีคุณภาพของโรงเรียนเอกชนโดยภาพรวมในระดับมาก เนื่องจากผู้ปกครองเลือกโรงเรียนที่มีชื่อเสียง และหากโรงเรียนได้รับรางวัลก็จะเป็นการการันตีมากขึ้น และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553, หน้า 24) ได้กล่าวไว้ในเรื่องของระบบธรรมาภิบาลและความรับผิดชอบต่อสังคมว่าผู้บริหารจะต้องกำหนดกิจกรรมที่โรงเรียนจะเข้าไปมีส่วนร่วม สนับสนุนชุมชน จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของโรงเรียนเอกชนกับองค์ประกอบของโรงเรียนเอกชนที่มีคุณภาพ พบว่า ด้านการเสริมพลังที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านนำเข้ามากที่สุด และด้านความโปร่งใสมีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านกระบวนการและคุณภาพด้านผลผลิตมากที่สุด และตัวแบบการบริหารคุณภาพของโรงเรียนเอกชน ได้แก่

S = Student Center การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และผู้รับใบอนุญาตโรงเรียนศรีสว่างวงศ์ ได้กล่าวไว้ว่าการให้โอกาสผู้เรียนในการมีส่วนร่วมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ จะเป็นสร้างความกล้าแสดงออกให้กับผู้เรียน

O = Organization การกำหนดโครงสร้างวัตถุประสงค์ ปรัชญา วิสัยทัศน์ ที่สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียน มีการแบ่งภาระหน้าที่และผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องผู้อำนวยการโรงเรียนวรพัฒน์ ได้กล่าวไว้ว่า องค์กรต้องมีการกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมายในการดำเนินงานที่ชัดเจน และบริหารจัดการให้เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทภายในโรงเรียนและชุมชน

N = Network of Partners การมีเครือข่ายพันธมิตรภายในและภายนอกร่วมกันพัฒนาคุณภาพของโรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผู้อำนวยการโรงเรียนวรพัฒน์ ได้กล่าวไว้ว่า การสร้างเครือข่ายพันธมิตรจะทำให้เกิดความเข้มแข็งและเกิดความสามัคคี การดำเนินงานก็จะบรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

G = Good governance การบริหารงานตามหลักธรรมภิบาลทั้ง 6 หลัก ซึ่งสอดคล้องกับ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553, หน้า 13) ได้กล่าวไว้ว่า การบริหารจัดการผู้บริหารโรงเรียนจะต้องกำหนดระบบธรรมาภิบาลของโรงเรียนด้วย

K = Knowledge Management การรวบรวมองค์ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์หรือจากการเรียนรู้ของตนเอง และนำมาสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งผู้รับใบอนุญาตโรงเรียนเปี่ยมปัญญา กล่าวว่า การนำความรู้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ก็จะทำให้มีทางเลือกหรือแนวทางในการพัฒนาโรงเรียนได้มาก

H = Human Resources ผู้บริหาร ครู บุคลากร ที่มีความรู้ความสามารถในงานที่ปฏิบัติ เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553, หน้า 51) การสร้างคุณค่าให้บุคลากร สร้างความผูกพันและมีการพัฒนาบุคลากรให้มีกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะในการ

L = Leader ship ผู้บริการมีวิสัยทัศน์ที่กว้างไกล ให้โอกาสกับทุกคนสามารถนำองค์กรให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดเวลา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553, หน้า 17) กล่าวว่า ผู้นำหรือผู้บริหารองค์กรจะต้องดำเนินงานด้วยตนเอง รวมถึงการถ่ายทอดวิสัยทัศน์ขององค์กรให้กับบุคลภายได้รับรู้เป็นไปในทางเดียวกัน และสร้างบรรยากาศภายในองค์กรให้เป็นแหล่งที่การเรียนรู้ของคนภายในองค์กร

A = Assessment and Action การติดตามและตรวจสอบ และนำผลมาปรับปรุงแผนการพัฒนาอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับผู้อำนวยการโรงเรียนวรพัฒน์ กล่าวว่า ต้องติดตามประเมินผลการดำเนินงานและนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีอย่าง การประเมินผลอย่างต่อเนื่องจะทำให้สามารถปรับเปลี่ยนกับสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้อย่างทันท่วงที

ข้อเสนอแนะ

ตัวแบบ SONGKHLA Model หากโรงเรียนเอกชนในจังหวัดอื่นจะนำไปปรับใช้ควรควรกำหนดตัวชี้วัด (KPI) ในแต่ละองค์ประกอบให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานหรือประเมินผลการดำเนินงานของโรงเรียนตามตัวแบบ

เอกสารอ้างอิง

การศึกษาขั้นพื้นฐาน , สำนักงานคณะกรรมการ. (2553). ***โรงเรียนมาตรฐานสากล : คู่มือการบริหารจัดการระบบคุณภาพ***. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ธัญพร ทองขาว. (2548). ***การเพิ่มอำนาจในงานกับขวัญในการปฏิบัติงานของพนักงาน.*** สารนิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาจิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ ภาควิชามนุษยศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 13.

นาวาลย์ ปานากาเซ็ง. (2544). ***คุณภาพการศึกษาของโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลามในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้***. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(การบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มาริสา สัจจหทยาศรม. (2545). ***ความสัมพันธ์ระหว่างการเสริมสร้างพลังอำนาจกับความทุ่มเทในการปฏิบัติงานของอาจารย์สถาบันราชภัฏในเขตภาคเหนือตอนล่าง.*** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการบริหารการศึกษา สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร, หน้า 15.

วารินทร์ สินสูงสุด. (2543). ***การประกันคุณภาพการศึกษา***. กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตบัณฑิตธรรม

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา(องค์การมหาชน). (2554). ***คู่มือการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสาม (พ.ศ. 2554-2558) ด้านการอาชีวศึกษาฉบับสถานศึกษา (แก้ไขเพิ่มเติม พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)***. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพ : สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา(องค์การมหาชน).

อำรง จันทวานิช. (2547). ***แนวทางการบริหารและการพัฒนาสถานศึกษาสู่โรงเรียนคุณภาพ.*** กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟิก.

ผู้เขียน

นางสาวเยาวลักษณ์ ขวัญชื่น 139/68 หมู่ 5 ต.บางกระสอ อ.เมืองนนทบุรี จ.นนทบุรี 11000
dolphine_land@hotmail.com

TI2010: ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี

The Competitive Potential for Earthenware Product of Kohkred Community, Nonthaburi Province

***พิมล จันทรขำ**
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต
กรุงเทพมหานคร 10300

Abstract

The purposes of this research were to study and compare the competitive potential for earthenware products of Kohkred community, Nonthaburi Province. The research data were collected and classified by general characteristics of 110 earthenware manufacturers from Kohkred community, Nonthaburi Province. Questionnaires were used as a research tool in data collection. After that, the data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, t-test, F-test and Scheffe's pair-wise comparison method.

The research results revealed that,

The overall analysis of competitive potential for earthenware product development of the Kohkred community, Nonthaburi Province, considering from the competency aspect, was at high level.

The overall analysis of competitive potential for earthenware business of the Kohkred community, Nonthaburi Province, considering from the business competency aspect, was found at the highest level.

The comparison of the competitive potential for earthenware products of Kohkred community, classified by general characteristics of earthenware manufacturers, was evaluated and showed that the differences were statistically significant at the 0.05 level.

Key Words : Competitive Potential in Earthenware Product Business

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี และเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี จำแนกตามลักษณะข้อมูลทั่วไปของกิจการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้บริหารสถานประกอบการด้านเครื่องปั้นดินเผาของชุมชน เกาะเกร็ด จ. นนทบุรี จำนวน 110 สถานประกอบการเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การเปรียบเทียบความแตกต่าง t-test, F-test และเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีของเชฟเฟ (Scheffe's method)

ผลการวิจัย พบว่า

การวิเคราะห์ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมรวม จำแนกตามระดับศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี อยู่ในระดับมาก

การวิเคราะห์ศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวม จำแนกตามระดับศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี อยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการเปรียบเทียบศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี จำแนกตามข้อมูลทั่วไปของกิจการแตกต่างกัน จะมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

***พิมล จันทรขำ**

บทนำ

ปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจโลกอยู่ในภาวะชลอตัว โดยเฉพาะในไตรมาส 2 ปี พ.ศ. 2551 ที่ได้รับปัญหาจากราคาน้ำมันที่สูงขึ้นและปัญหาอัตราเงินเฟ้อ ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก นอกจากนี้ปัญหาสินเชื่ออสังหาริมทรัพย์สำหรับลูกค้าที่มีความน่าเชื่อถือต่ำกว่ามาตรฐาน (sub-prime) ซึ่งเกิดจากนโยบายของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ต้องการให้ชาวต่างชาติที่เข้าไปตั้งถิ่นฐานในอเมริกาหรือพลเมืองชั้น 2 ที่มักมีฐานทางการเงินไม่ค่อยดีได้มีที่อยู่อาศัย โดยอนุญาตให้บริษัทลูกของสถาบันการเงินปล่อยเงินกู้ให้กับบุคคลกลุ่มนี้ เพราะไม่สามารถกู้เงินได้จากธนาคารพาณิชย์ทั่วไปได้ เมื่อเกิดปัญหาการขาดผ่อนชำระจึงเกิดเป็นวิกฤติทางเศรษฐกิจ โดยเริ่มต้นจากอเมริกาสู่ยุโรปและกระทบเป็นวงกว้างไปทั่วโลก และเศรษฐกิจของกลุ่มยุโรปมีแนวโน้มชลอตัวลงเป็นผลมาจากอัตราเงินเฟ้อที่เพิ่มสูงขึ้นและทวีรุนแรงเพิ่มขึ้น จากราคาน้ำมันและสินค้าอุปโภคบริโภคหลายชนิดปรับตัวสูงขึ้นมาก (จีรวัฒน์ ชนะเสรีชัย, บรรณาธิการ, 2551, 4f-f5)

จากการศึกษาของสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย (ThailanddDevelopment Research Institute : TDRI) พบว่าปัจจุบันแนวโน้มการส่งออกและการจัดจำหน่ายใน 3 ปีที่ผ่านมามีแนวโน้มลดลง ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มียอดจำหน่ายและทำรายได้ให้กับประเทศ เนื่องจากเป็นแหล่งรวมช่างฝีมือพื้นบ้าน เป็นแหล่งรวมศิลปหัตถกรรม งานแกะสลักที่มีฝีมือควรส่งเสริมและอนุรักษ์ เยาวชนสามารถเรียนรู้ถึงคุณค่าของงานฝีมือที่แกะสลักด้วยมือจากสถานที่แห่งนี้ มีการจัดตั้งเป็นกลุ่มเรียกว่ากลุ่มหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด ผู้ซื้อและบุคคลที่สนใจ สามารถซื้อสินค้าที่มีคุณภาพแต่ราคาไม่แพง (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2553)

จากการสัมภาษณ์คุณสุรัตน์ บัวหิรัญ ประธานกลุ่มหัตกรรมเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด หมู่ 1 (ข้อมูล ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2554) ให้ข้อมูลตรงกับสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทยว่า แนวโน้มการส่งออกและการจัดจำหน่ายใน 3 ปี ที่ผ่านมามีแนวโน้มลดลง และมีการเลิกกิจการถึง 50%

ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติงานจึงมีความสนใจที่จะศึกษาศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ดมีการพัฒนาเป็นลำดับและอย่างต่อเนื่องหรือไม่ ความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนจะมีคุณค่าและมีการอนุรักษ์ไว้ได้อย่างไร รวมทั้งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เช่น บุคลากรยังขาดการพัฒนาทักษะฝีมือ ขาดการวิจัยและพัฒนาเพื่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในด้านการออกแบบและการผลิตยังน้อยมาก ทำให้ขาดศักยภาพการแข่งขันในตลาดทั้งในและต่างประเทศ ประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้เป็นมูลเหตุที่ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาและวิจัยเพื่อทราบถึงศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเครื่องปั้นดินเผา ว่าเป็นอย่างไรและมีทิศทางแนวทางในการบริหารจัดการอย่างไร ทั้งนี้ควรได้รับการดูแลจากภาครัฐและผู้ที่เกี่ยวข้องควรมีการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพ ส่งเสริมการพัฒนาแรงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ให้บุคลากรได้มีโอกาสพัฒนาเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์อย่างเป็นระบบทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีการออกแบบและการผลิตให้มีคุณภาพ ลดต้นทุนการผลิตเพื่อป้องกันวัตถุดิบสูญเสียระหว่างการ

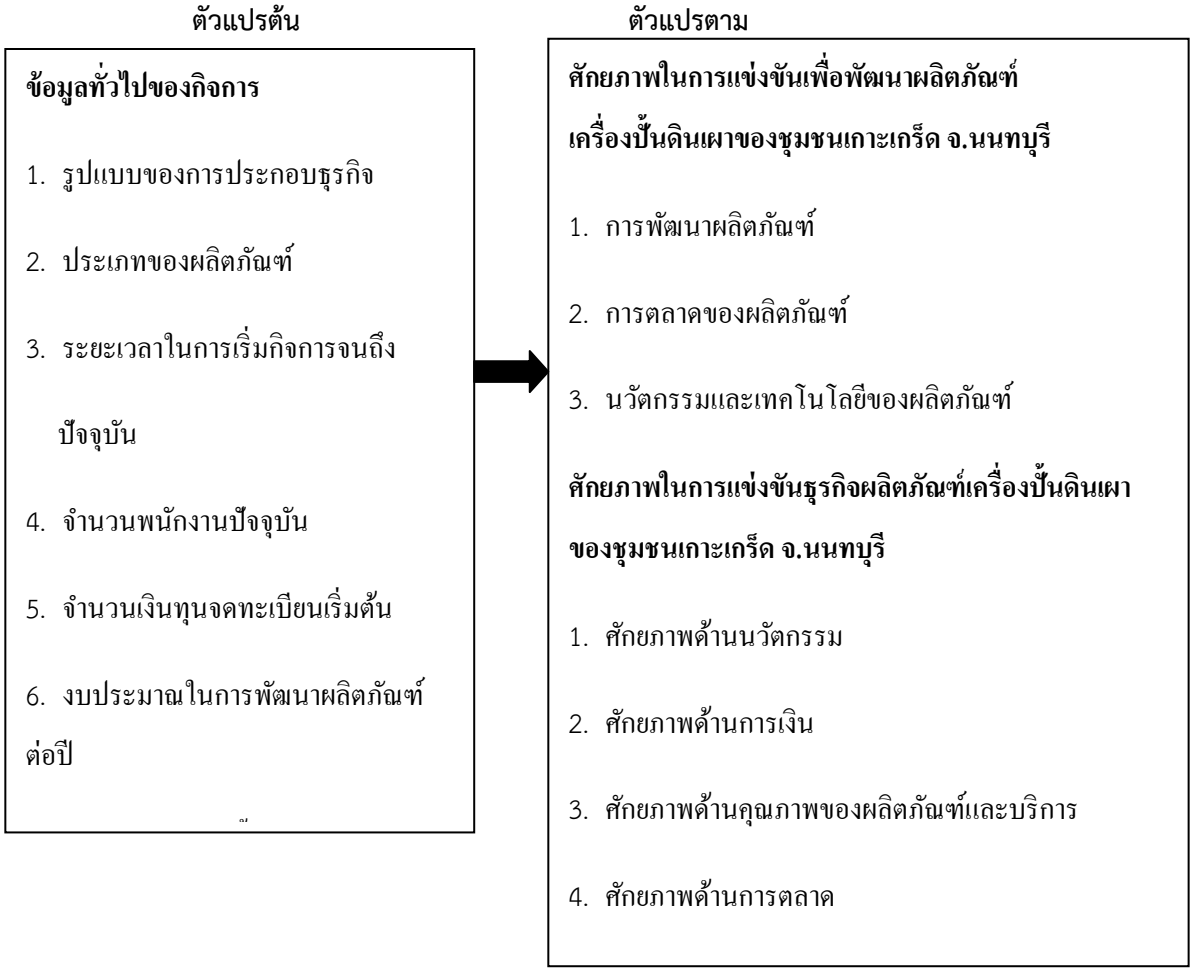
ผลิต และศักยภาพในการแข่งขันให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด และเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจจากระดับครัวเรือน ชุมชน ไปสู่ระดับประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.กเพื่อศึกษาศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี
2.กเพื่อศึกษาศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี
3.กเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี

กรอบแนวความคิด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้



วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือผู้บริหารสถานประกอบการด้านเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ตามบัญชีรายชื่อผู้ประกอบการของที่ว่าการอำเภอปากเกร็ด จ.นนทบุรี จำนวน 153 สถานประกอบการ

2. การสร้างเครื่องมือ

1. ศึกษารายละเอียดวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า เพื่อทราบแนวทางและขอบเขต ในการออกแบบสอบถาม (Questionnaire)

2. สร้างแบบสอบถามขึ้นเป็น 3 ตอน จากนั้นให้อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยตรวจแก้ไขเนื้อหา สำนวนภาษา ศัพท์ทางวิชาการ และคลอบคลุมวัตถุประสงค์ แล้วนำมาปรับปรุง

3. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ด้วยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

4. นำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out)โดยผลการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม มีค่าเท่ากับ 0.95 แก้ไขปรับปรุงแบบสอบถามเพื่อให้เป็นแบบสอบถามฉบับจริงต่อไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูล คือ ทำการรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการแจกแบบสอบถามไปยังสถานประกอบการ ซึ่งผู้วิจัยจัดส่งด้วยตนเองไปยังผู้บริหารสถานประกอบการกลุ่มเครื่องปั้นดินเผาสมาชิก OTOP ชุมชนเกาะเกร็ด นนทบุรี และเก็บแบบสอบถามที่ตอบแล้วกลับคืนมาภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในแบบสอบถามทั้งหมด แล้วนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งใช้เกณฑ์และสถิติวิเคราะห์ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบความสมบูรณ์มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติและเสนอผลการศึกษา อธิบายความโดยการพรรณนาประกอบตารางแสดงข้อมูลทางสถิติ ประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

2. ข้อมูลจากแบบสอบถามตอนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกิจการของผู้บริหารสถานประกอบการกลุ่มเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ตามบัญชีรายชื่อผู้ประกอบการของที่ว่าการอำเภอปากเกร็ด นนทบุรี ใช้ค่าร้อยละ ความถี่ และเสนอข้อมูลเขียนประกอบคำบรรยาย

3. ข้อมูลจากแบบสอบถามตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ผู้วิจัยวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยาย

4. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานตามตัวแปรที่กำหนดไว้

5. สำหรับการทดสอบสมมติฐาน เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way analysis variance) หากพบว่ามีคะแนนค่าเฉลี่ยในส่วนของการดำเนินกิจการ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Multiple comparisons) โดยวิธีการของเชฟเฟ (Scheffe's method) ข้อมูลเป็น 2 ทางเลือก คือ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติจะใช้สถิติแบบนอนพาราเมทริกซ์ (nonparametric statistics) โดยวิธีของคอคแรนคิว (วิสาข์ เกษประทุม, 2544, 164)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเรื่องศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด สรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกิจการ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้บริหารสถานประกอบการของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี มีข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 110 ชุด ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกิจการในด้านรูปแบบของการประกอบธุรกิจ ประเภทของผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาในการประกอบกิจการ จำนวนพนักงาน จำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้น งบประมาณการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์และยอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีรูปแบบของการประกอบธุรกิจ ประเภทธุรกิจเจ้าของคนเดียว จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 35.60 รองลงมาเป็นห้างหุ่นส่วนสามัญ จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 25.50 ห้างหุ้นส่วนจำกัด 23 คน คิดเป็นร้อยละ 20.90 และบริษัทจำกัด ไม่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

1.2 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีประเภทของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ประเภทสวยงามมีการสลักประดับตกแต่ง จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 88.20 รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใช้สอยในชีวิตประจำวัน เช่น ครก กระถางต้นไม้ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 11.80 ตามลำดับ

1.3 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีระยะเวลาในการเริ่มกิจการจนถึงปัจจุบัน ระยะเวลา 5 – 15 ปี จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 80.90 รองลงมาระยะเวลา 16 – 20 ปี จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 19.10 น้อยกว่า 5 ปี ไม่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม และมากกว่า 20 ปี ไม่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

1.4 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีจำนวนพนักงานปัจจุบัน 10 – 20 คน จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 60.90 รองลงมาน้อยกว่า 10 คน จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 39.10 10 – 20 คน ไม่มีผู้ตอบแบบสอบ และมากกว่า 50 คน ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

1.5 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีจำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้น ต่ำกว่า 500,000 บาท จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 73.60 รองลงมาเป็น500,001-1,000,000 บาท จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 26.40 1,000,001- 5,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม และมากกว่า 5,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

1.6 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี ต่ำกว่า 100,000 บาท จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 73.60 รองลงมาเป็น 100,001-300,000 บาทจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 18.20 300,001- 500,000 บาท จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 8.20 และมากกว่า 500,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

1.7 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 42.70 รองลงมารับจ้างผลิตตามที่ลูกค้ากำหนด จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 29.10 และผู้ผลิตออกแบบเอง จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 28.20 ตามลำดับ

1.8 สถานประกอบการส่วนใหญ่มียอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 300,000 บาท จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 58.20 รองลงมา 300,001-500,000 บาท จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 41.80 500,001-1,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม และมากกว่า 1,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ศักยภาพศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี แบ่งออกเป็น ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ และด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรีเมื่อวิเคราะห์ในภาพรวม และด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ รองลงมาด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ซึ่งหมายถึงศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์

2.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำแนกตามระดับศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวม ซึ่งหมายถึงศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ มีการออกแบบและผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกสู่ตลาดสม่ำเสมอ รองลงมาคือ ให้ความสำคัญในการนำแนวความคิดใหม่ไปทดสอบกับลูกค้าอย่างเหมาะสม มีการสร้างเสริมบรรยากาศภายในองค์กร เพื่อเอื้อต่อการพัฒนาความคิดใหม่ ๆ และมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 7 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ บุคลากรมีโอกาสแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความแตกต่างจากคู่แข่งขันอย่างชัดเจน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของลูกค้าให้ความสำคัญกับการนำเสนอผลิตภัณฑ์เข้าร่วมในงานแสดงสินค้า ให้ความสำคัญในการหาแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขององค์กรอื่น ๆ มีการนำเสนอผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม เพื่อสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น

2.3 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ จำแนกตามระดับศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวม ซึ่งหมายถึงศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ มีการวางแผนและการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบต่อตัวแทน จำหน่ายผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ มีการส่งเสริมให้ศึกษาและแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กรเพื่อให้การดำเนินงานขององค์กรมีประสิทธิภาพ เน้นการกำหนดนโยบายการลงทุนด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 7 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ ส่งเสริมให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากลูกค้าและหน่วยงานราชการเพื่อค้นหาช่องทางการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น รองลงมาคือ มีการสำรวจและกำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดอย่างชัดเจน มีการนำเสนอแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ต่อลูกค้าอย่างเป็นรูปแบบและมีความชัดเจนโอกาสให้บุคลากรค้นหาแนวทางทางการตลาด เพื่อสร้างความได้เปรียบในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้ความสำคัญกับการประเมินผลการใช้ช่องทางการจัดจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมและพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มีความโดดเด่นตรงกับความต้องการของลูกค้าอย่างสอดคล้องกัน

2.4 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ จำแนกตามระดับศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวม ซึ่งหมายถึงศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี มาตรฐาน ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 4 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ สร้างความโดดเด่นทางด้านนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี เพื่อให้ลูกค้ารับรู้ได้อย่างชัดเจนผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ เน้นการนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม เพื่อเป็นการประเมินโอกาสทางการตลาด

มีการพยากรณ์แนวโน้มการใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรม ด้านรูปแบบและความคุ้มค่าอย่างชัดเจน มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการออกแบบและการผลิตอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก 5 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ หาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการสำรวจการพัฒนาและเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตกับคู่แข่งขันอย่างสม่ำเสมอ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ใหม่จากงานแสดงสินค้าอย่างสม่ำเสมอ ให้ความสำคัญกับการนำแนวคิดทางนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีไปทดสอบกับลูกค้าอย่างชัดเจนและเหมาสม ให้ความสำคัญต่อการเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่สูงกว่าคู่แข่งขัน ให้ความสำคัญกับการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ

2.5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ในภาพรวม ซึ่งหมายถึงศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ ศักยภาพด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ รองลงคือ มาศักยภาพด้านการทำนายผล และศักยภาพด้านภาพลักษณ์ขององค์กรและความรับผิดชอบ และมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 5 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ ศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลข่าวสารด้านเทคโนโลยี รองลงคือศักยภาพในการสนับสนุนให้เกิดความเจริญในวิทยาการ ศักยภาพด้านการเงินศักยภาพด้านนวัตกรรม) ศักยภาพด้านการตลาด

2.6 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า

2.6.1 ศักยภาพด้านนวัตกรรม เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 1 ข้อ คือ มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อเข้าถึงข้อมูลทางนวัตกรรม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิจัยและพัฒนา และมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 5 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ ภายในองค์กรมีความร่วมมือกันระหว่างฝ่ายวิจัยและพัฒนากับฝ่ายการตลาด ทำให้ระบบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์และบริการเป็นไปตามความต้องการของตลาด รองลงมาคือมีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และมีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ ๆ อย่างสม่ำเสมอ มีการวางแผนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ตรงตามความต้องการของลูกค้า มีการวางแผนงานการวิจัยและพัฒนาให้สอดคล้องกับแผนงานหลักขององค์กร ทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.6.2 ศักยภาพด้านการเงิน เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ สามารถทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และบริการส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านการเงินมาก รองลงมาคือ สามารถรักษาระดับของต้นทุนในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และบริการส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านการเงิน มี

2.6.3 ศักยภาพด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ ให้การบริการลูกค้าได้อย่างมีคุณภาพและมีมาตรฐานตรงกับความต้องการของลูกค้า รองลงมาคือ มีผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของลูกค้า มีหน่วยงานแนะนำผลิตภัณฑ์และบริการให้กับลูกค้าเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

2.6.4 ศักยภาพด้านการตลาด เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือ มีความเชี่ยวชาญในการบริหารจัดการด้านการตลาด มีการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกสู่ตลาด และประสบความสำเร็จอย่างต่อเนื่อง และ มียอดขายและกำไรเพิ่มขึ้นจากการบริหารจัดการด้านการตลาด

2.6.5 กศักยภาพด้านการทำนายผล เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 ข้อ คือ มีการวางแผนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับแนวโน้มของสภาพปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต มีการวิเคราะห์จากการพยากรณ์สถานการณ์ในอนาคตโดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่ผลรวมศักยภาพด้านการทำนายผล มีการประมาณการสภาวะทางการเงินในอนาคตได้อย่างมี ประสิทธิภาพ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 1 ข้อ คือ มีการนำข้อมูลการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์มาพิจารณาประกอบการตัดสินใจในการใช้งบประมาณขององค์กร

2.6.6 ศักยภาพด้านภาพลักษณ์ขององค์กรและความรับผิดชอบ เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 ข้อ คือ มีการปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กรให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีความเชื่อมั่นและยึดถือการมีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมโดยรวม มีกิจกรรมด้านการตลาดอย่างชัดเจน โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 1 ข้อ คือ สังคมโดยรวมให้การยอมรับภาพลักษณ์และความรับผิดชอบขององค์กร

2.6.7 ศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลข่าวสารด้านเทคโนโลยี เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 1 ข้อ คือ มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับองค์กร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 2 ข้อ คือ ภายในองค์กรมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากร มีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดี และสามารถนำมาประมวลผลเพื่อสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.8 ศักยภาพในการสนับสนุนให้เกิดความเจริญในวิทยาการ เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมอยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือ มีการสื่อสารและถ่ายทอดข้อมูลภายในองค์กร เพื่อให้บุคลากรเข้าใจวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน มีกระบวนการคัดเลือกบุคลากรอย่างมีคุณภาพ และสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ ตลอดทั้งการเผยแพร่ข้อมูลที่เรียนรู้ไปทั่วองค์กร

3. ผลการเปรียบเทียบรายคู่ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามรูปแบบของการประกอบธุรกิจ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่า ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ รูปแบบของการประกอบธุรกิจแบบห้างหุ้นส่วนจำกัด มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับรูปแบบของธุรกิจเจ้าของคนเดียว รูปแบบของการประกอบธุรกิจแบบห้างหุ้นส่วนสามัญมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับรูปแบบของธุรกิจเจ้าของคนเดียว และแตกต่างกับรูปแบบของห้างหุ้นส่วนจำกัด

4. ผลการเปรียบเทียบรายคู่ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยรวม พบว่าแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ รูปแบบของการประกอบธุรกิจแบบห้างหุ้นส่วนจำกัด มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับรูปแบบของธุรกิจเจ้าของคนเดียว รูปแบบของการประกอบธุรกิจแบบห้างหุ้นส่วนสามัญมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับรูปแบบของธุรกิจเจ้าของคนเดียว และแตกต่างกับรูปแบบของห้างหุ้นส่วนจำกัด

5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์พบว่าประเภทของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามรูปแบบของการประกอบธุรกิจ ผลการวิเคราะห์พบว่ารูปแบบของการประกอบธุรกิจแตกต่างกัน มีศักยภาพในการ

แข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ผลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามจำนวนพนักงานปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนพนักงานปัจจุบันแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามจำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้น ผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้นแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

9. ผลการเปรียบเทียบรายคู่ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี พบว่า งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปีแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี ต่ำกว่า 100,000 บาท มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 100,001-300,000 บาท และงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 300,001- 500,000 บาท

10. ผลการเปรียบเทียบรายคู่ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามตามงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี โดยรวม พบว่า งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปีแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี ต่ำกว่า 100,000 บาท มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 100,001-300,000 บาท และงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 300,001- 500,000 บาท งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 100,001-300,000 บาท

11. ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามด้านลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ พบว่าลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ รับจ้างผลิตตามที่ลูกค้ากำหนด มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับผู้ผลิตออกแบบเอง และลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตออกแบบเองแตกต่างกับลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง

12. ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามด้านลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ โดยรวม พบว่าลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ รับจ้างผลิตตามที่ลูกค้ากำหนด มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับ

ผู้ผลิตออกแบบเอง และลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตออกแบบเองแตกต่างกับลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง

13. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจำแนกตามยอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือน ผลการวิเคราะห์พบว่า ยอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

14. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามปลายเปิด

จากแบบสอบถามตอนที่ 4 เป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด โดยรวม ดังนี้

1. ผู้บริหารสถานประกอบการควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างจากคู่แข่งขันและมีความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน เพื่อให้เหมาะสมตามยุคสมัยนิยมและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2. ผู้บริหารสถานประกอบการจะต้องเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน

3. ผู้บริหารสถานประกอบการ ชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ควรจัดหาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อรองรับการเติบโตของธุรกิจ

4. หน่วยงานภาครัฐ เอกชนและผู้ที่เกี่ยวข้อง ควรให้ความสนับสนุนและให้การแนะนำข้อมูล ความรู้ต่าง ๆ ตลอดทั้งเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เป็นประโยชน์ ของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี

5. ควรมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เกี่ยวกับข้อมูลของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือมีการจัดแสดงนิทรรศการระหว่างผู้ผลิต ผู้บริโภคและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ดให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของกิจการ

การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารประกอบการด้านเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ตามบัญชีรายชื่อผู้ประกอบการของที่ว่าการอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จำนวน 110 สถานประกอบการ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีรูปแบบของการประกอบธุรกิจ ประเภทธุรกิจเจ้าของคนเดียว จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 35.60 รองลงมาเป็นห้างหุ่นส่วนสามัญ จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 25.50 ห้างหุ้นส่วนจำกัด 23 คน คิดเป็นร้อยละ 20.90 และบริษัทจำกัด ไม่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

1.2 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีประเภทของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ประเภทสวยงามมีการสลักประดับตกแต่ง จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 88.20 รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใช้สอยในชีวิตประจำวัน เช่น ครก กระถางต้นไม้ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 11.80

1.3 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีระยะเวลาในการเริ่มกิจการจนถึงปัจจุบัน ระยะเวลา 5 – 15 ปี จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 80.90 รองลงมาระยะเวลา 16 – 20 ปี จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 19.10 น้อยกว่า 5 ปี ไม่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม และมากกว่า 20 ปี ไม่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

1.4 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีจำนวนพนักงานปัจจุบัน 10 – 20 คน จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 60.90 รองลงมาน้อยกว่า 10 คน จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 39.10 10 – 20 คน ไม่มีผู้ตอบแบบสอบ และมากกว่า 50 คน ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม

1.5 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีจำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้น ต่ำกว่า 500,000 บาท จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 73.60 รองลงมาเป็น500,001-1,000,000 บาท จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 26.40 1,000,001- 5,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม และมากกว่า 5,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม

1.6 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี ต่ำกว่า 100,000 บาท จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 73.60 รองลงมาเป็น 100,001-300,000 บาทจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 18.20 300,001- 500,000 บาท จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 8.20 และมากกว่า 500,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม

1.7 สถานประกอบการส่วนใหญ่มีลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 42.70 รองลงมารับจ้างผลิตตามที่ลูกค้ากำหนด จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 29.10 และผู้ผลิตออกแบบเอง จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 28.20

1.8 สถานประกอบการส่วนใหญ่มียอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 300,000 บาท จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 58.20 รองลงมา 300,001-500,000 บาท จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 41.80 500,001-1,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม และมากกว่า 1,000,000 บาท ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถาม

2. แบบสอบถามเกี่ยวกับศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ประกอบด้วยด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน รายข้อ พบว่า

2.1 ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาก โดยผู้บริหารสถานประกอบการเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความแตกต่างจากคู่แข่งอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ มีการออกแบบและผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกสู่ตลาดสม่ำเสมอ รองลงมาคือ ให้ความสำคัญในการนำแนวความคิดใหม่ไปทดสอบกับลูกค้าอย่างเหมาะสม มีการสร้างเสริมบรรยากาศภายในองค์กรเพื่อเอื้อต่อการพัฒนาความคิดใหม่ ๆ มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 7 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ บุคลากรมีโอกาสแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความแตกต่างจากคู่แข่งขันอย่างชัดเจน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของลูกค้ากให้ความสำคัญกับการนำเสนอผลิตภัณฑ์เข้าร่วมในงานแสดงสินค้า ให้ความสำคัญในการหาแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขององค์กรอื่น ๆ มีการนำเสนอผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า และมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมเพื่อสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น

2.2 ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาก โดยผู้บริหารสถานประกอบการมีแนวคิดในการเน้นการกำหนดนโยบายการลงทุนทางด้านช่องทางการจำหน่าย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ มีการวางแผนและการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบต่อตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ มีการส่งเสริมให้ศึกษาและแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กรเพื่อให้การดำเนินงานขององค์กรมีประสิทธิภาพ เน้นการกำหนดนโยบายการลงทุนด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 7 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ ส่งเสริมให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากลูกค้าและหน่วยงานราชการเพื่อค้นหาช่องทางการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น รองลงมาคือ มีการสำรวจและกำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดอย่างชัดเจน มีการนำเสนอแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ต่อลูกค้าอย่างเป็นรูปแบบและมีความ เปิดโอกาสให้บุคลากรค้นหาแนวทางทางการตลาด เพื่อสร้างความได้เปรียบในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้ความสำคัญกับการประเมินผลการใช้ช่องทางการจัดจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ ให้ความสำคัญกับการ

ส่งเสริมและพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มีความโดดเด่นตรงกับความต้องการของลูกค้าอย่างสอดคล้องกัน

2.3 ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของอยู่ในระดับมากที่สุด โดยผู้บริหารสถานประกอบการให้ความสำคัญต่อการเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่สูงกว่าคู่แข่งขัน เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 4 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ สร้างความโดดเด่นทางด้านนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี เพื่อให้ลูกค้ารับรู้ได้อย่างชัดเจน ผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ เน้นการนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม เพื่อเป็นการประเมินโอกาสทางการตลาด มีการพยากรณ์แนวโน้มการใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรม ด้านรูปแบบและความคุ้มค่าอย่างชัดเจน มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการออกแบบและการผลิตอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก 5 ข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ย คือ หาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการสำรวจการพัฒนาและเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตกับคู่แข่งขันอย่างสม่ำเสมอ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ใหม่จากงานแสดงสินค้าอย่างสม่ำเสมอ ให้ความสำคัญกับการนำแนวคิดทางนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีไปทดสอบกับลูกค้าอย่างชัดเจนและเหมาสม ให้ความสำคัญต่อการเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่สูงกว่าคู่แข่งขันกให้ความสำคัญกับการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ

3.กแบบสอบถามเกี่ยวกับศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ประกอบด้วยศักยภาพด้านนวัตกรรม ศักยภาพด้านการเงิน ศักยภาพด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการศักยภาพด้านการตลาด ศักยภาพด้านการทำนายผล ศักยภาพด้านภาพลักษณ์ขององค์กรและความรับผิดชอบ ศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลข่าวสารด้านเทคโนโลยี และศักยภาพในการสนับสนุนให้เกิดความเจริญในวิทยาการ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน รายข้อ พบว่า

3.1 ศักยภาพด้านนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 1 ข้อ คือ มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อเข้าถึงข้อมูลทางนวัตกรรม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิจัยและพัฒนา และมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 5 ข้อ คือ ภายในองค์กรมีความร่วมมือกันระหว่างฝ่ายวิจัยและพัฒนากับฝ่ายการตลาด ทำให้ระบบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์และบริการเป็นไปตามความต้องการของตลาด รองลงมาคือมีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และมีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ ๆ อย่างสม่ำเสมอ มีการวางแผนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ตรงตามความต้องการของลูกค้า มีการวางแผนงานการวิจัยและพัฒนาให้สอดคล้องกับแผนงานหลักขององค์กร ทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

3.2 ศักยภาพด้านการเงินอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ สามารถทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และบริการส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านการเงินมาก รองลงมาคือ สามารถรักษาระดับของต้นทุนในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และบริการส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านการเงิน

3.3 ศักยภาพด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ เรียงตามลำดับค่าคะแนนเฉลี่ยคือ ให้การบริการลูกค้าได้อย่างมีคุณภาพและมีมาตรฐานตรงกับความต้องการของลูกค้า รองลงมาคือ มีผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของลูกค้า มีหน่วยงานแนะนำผลิตภัณฑ์และบริการให้กับลูกค้าเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

3.4 ศักยภาพด้านการตลาดอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือมีความเชี่ยวชาญในการบริหารจัดการด้านการตลาด มีการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกสู่ตลาด และประสบความสำเร็จอย่างต่อเนื่อง และมียอดขายและกำไรเพิ่มขึ้นจากการบริหารจัดการด้านการตลาด

3.5 ศักยภาพด้านการทำนายผลอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 ข้อ คือ มีการวางแผนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับแนวโน้มของสภาพปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต มีการวิเคราะห์จากการพยากรณ์สถานการณ์ในอนาคตโดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่ผลรวมศักยภาพด้านการทำนายผล มีการประมาณการสภาวะทางการเงินในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 1 ข้อ คือ มีการนำข้อมูลการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์มาพิจารณาประกอบการตัดสินใจในการใช้งบประมาณขององค์กร

3.6 ศักยภาพด้านภาพลักษณ์ขององค์กรและความรับผิดชอบอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 ข้อ คือ มีการปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กรให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีความเชื่อมั่นและยึดถือการมีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมโดยรวม มีกิจกรรมด้านการตลาดอย่างชัดเจน โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 1 ข้อ คือ สังคมโดยรวมให้การยอมรับภาพลักษณ์และความรับผิดชอบขององค์กร

3.7 ศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลข่าวสารด้านเทคโนโลยีอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 1 ข้อ คือ มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับองค์กร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก จำนวน 2 ข้อ คือ ภายในองค์กรมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากร มีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดีและสามารถนำมาประมวลผลเพื่อสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.8 ศักยภาพในการสนับสนุนให้เกิดความเจริญในวิทยาการอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือ มีการสื่อสารและถ่ายทอดข้อมูลภายในองค์กร เพื่อให้ บุคลากรเข้าใจวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน มีกระบวนการคัดเลือกบุคลากรอย่างมีคุณภาพ และสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ ตลอดทั้งการเผยแพร่ข้อมูลที่เรียนรู้ไปทั่วองค์กร

4. การทดลองสมมติฐานจากข้อมูลทั่วไปของกิจการเป็นการเปรียบเทียบศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี จำแนกตามข้อมูลทั่วไปของกิจการที่แตกต่างกัน พบว่า

4.1 รูปแบบของการประกอบธุรกิจ พบว่าผลการเปรียบเทียบ F-test ผู้บริหารสถานประกอบการที่มีรูปแบบของการประกอบธุรกิจที่แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในภาพรวมแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ รูปแบบของการประกอบธุรกิจแบบห้างหุ้นส่วนจำกัด มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับรูปแบบของธุรกิจเจ้าของคนเดียว รูปแบบของการประกอบธุรกิจแบบห้างหุ้นส่วนสามัญมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับรูปแบบของธุรกิจเจ้าของคนเดียว และแตกต่างกับรูปแบบของห้างหุ้นส่วนจำกัด

4.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลการเปรียบเทียบ t-test ผู้บริหารสถานประกอบการที่มีประเภทของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 รูปแบบของการประกอบธุรกิจ พบว่าผลการเปรียบเทียบ t-test ผู้บริหารสถานประกอบการที่มีรูปแบบของการประกอบธุรกิจแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.4 จำนวนพนักงานปัจจุบัน พบว่าผลการเปรียบเทียบ t-test ผู้บริหารสถานประกอบการจำแนกตามจำนวนพนักงานปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนพนักงานปัจจุบันแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.5 จำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้น พบว่าผลการเปรียบเทียบ t-test ผู้บริหารสถานประกอบการจำแนกตามจำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้น ผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนเงินทุนจดทะเบียนเริ่มต้นแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.6 งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี พบว่าผลการเปรียบเทียบ F-test ผู้บริหารสถานประกอบการจำแนกตามตามงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี โดยรวม พบว่า งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปีแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี ต่ำกว่า 100,000 บาท มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 100,001-300,000 บาท และงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 300,001- 500,000 บาท งบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อปี 100,001-300,000 บาท

4.7 ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ พบว่าผลการเปรียบเทียบ F-test ผู้บริหารสถานประกอบการโดยจำแนกตามด้านลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ โดยรวม พบว่าลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ ลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ รับจ้างผลิตตามที่ลูกค้ากำหนด มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แตกต่างกับผู้ผลิตออกแบบเอง และลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเองลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตออกแบบเองแตกต่างกับลักษณะการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ผลิตสินค้าที่มีตรายี่ห้อของตนเอง

4.8 ยอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือน พบว่าผลการเปรียบเทียบ t-test ผู้บริหารสถานประกอบการจำแนกตามยอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือน ผลการวิเคราะห์พบว่า ยอดจำหน่ายเฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน มีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งต่อไป เพื่อนำไปแก้ไข ปรับปรุงในเรื่องศักยภาพในการแข่งขันเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด จ.นนทบุรี ดังนี้

1. สถานประกอบการของชุมชนเกาะเกร็ด ควรมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการทำธุรกิจเนื่องจากธุรกิจมีการรวมตัวกันจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของชุมชน โดยนำมาใช้ในด้านการติดต่อสื่อสาร การตัดสินใจ การเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ ฯลฯ เป็นต้น

2. สถานประกอบการของชุมชนเกาะเกร็ด ควรมีการนำเทคโนโลยีมาใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เช่น การออกแบบ การผลิต เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

3. หน่วยงานภาครัฐควรเข้ามามีบทบาทในการให้ข้อมูล ความรู้ เทคโนโลยี ในการส่งเสริมให้สถานประกอบการในชุมชนเกาะเกร็ดสามารถผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่มีคุณภาพดีมีเอกลักษณ์เป็นของตนเอง

เอกสารอ้างอิง

กตัญญู หิรัญสมบูรณ์. (2545). **การจัดการธุรกิจขนาดย่อม.** กรุงเทพฯ: เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น.

กนกวรรณ นิลเพ็ชร์. (2551). การพัฒนาผลิตภัณฑ์. **สารานุกรมไทยสำหรับเยาชนฯ.** (เล่มที่21,20). กรุงเทพ: รุ่งศิลป์การพิมพ์ (๑๙๗๗).

กฤษกร รอดช้างเผื่อน. (2549). **การวางแผนกลยุทธ์เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรม แป้งข้าวเจ้าไทย.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กรุงเทพมหานคร. กองการท่องเที่ยว. (2550). **ถนนสายไม้.** กรุงเทพมหานคร.

กูเกิลกูรู. (2552). **นวัตกรรม.** เมื่อ 15 สิงหาคม 2552 จาก <http://gru.google.co/guru/thread?tid=003abc82634a15f2

เขตบางซื่อ, สำนักงาน. (2549). **ถนนสายไม้.** เมื่อ 30 สิงหาคม 2550 จาก http://www.bangsue.cjb.net/

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2542). **เศรษฐกิจพอเพียง**คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียง เมื่อ 15 มกราคม 2551 จาก <http://www.northeducation.ac.th/elearning/king_se/newlaws02.php>

จินตนา บุญบงการและณัฏฐพันธ์ เขจรนันท์. (2548). **การจัดการเชิงกลยุทธ์.** กรุงเทพฯ: เม็ดทราย พริ้นติ้ง.

จีรพันธ์ สมประสงค์. (2532). **ศิลปะประจำชาติ ศป.231.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

จีรวัฒน์ ชนะเสรีชัย. (บรรณาธิการ) (2551). Sub-Prime วิกฤตเศรษฐกิจสหรัฐอเมริกา วิกฤติเศรษฐกิจโลก. **กบข.** ปีที่ 10, 4-5.

จันทร์พร ช่วงโชติ. (2548). **การประกอบธุรกิจขนาดย่อมของนักคหกรรมศาสตร์: กรณีศึกษาผู้สำเร็จการศึกษาด้านคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** ปริญญา ศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2546). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย** (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.

ชัยพัฒนา, มูลนิธิ. (2540). ทฤษฎีใหม่. เมื่อ 5 ตุลาคม 2550 จาก <http://www.chaipat.or.th/chaipat/Journal/aug99/thaiself.html>

เชิดชัย เพชราพันธ์. (2543). **ลายไทย.** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ์. (2545). **ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้โดยใช้เทคโนโลยีชาวบ้านของประชากรในจังหวัดพิษณุโลกและสุโขทัย.** พิษณุโลก: สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

นพคุณ นิศามณี. (ม.ป.ป.) **ถนนสายไม้ ครั้งที่ ๙ แผ่นไม้คู่แผ่นดิน.** กรุงเทพฯ: (ม.ป.ท.).

นพวัฒน์ สมพื้น. (2541). **งานช่างแกะช่างสลักในท้องถิ่น.** กรุงเทพฯ: ประชาชน.

นวัตกรรมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2547). **นวัตกรรม.** เมื่อ 10 สิงหาคม 2552 จาก <http://gru.google.co/guru/thread?tid=003abc82634a15f2>.

นิ่มอนงค์ อ่อนอก. (2543). **กระบวนการเรียนรู้ด้านการจัดการตลาดผลิตภัณฑ์หัตถกรรมในครัวเรือน.** ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น.** (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บันทึกความเป็นมาแต่อดีต. (ม.ป.ป.) ประชานฤมิตร ถนนเครื่องเรือน ถนนเฟอร์นิเจอร์. กรุงเทพฯ: (ม.ป.ท.).

บำเพ็ญ เมืองมูล. (2551). **กระบวนการเรียนรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านต้นผึ้ง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน.** ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรมัตถ์ บริพันธกุล. (2546) **การจัดการธุรกิจผลิตภัณฑ์ไม้แกะสลักบ้านถวาย อำเภอหางดงจังหวัดเชียงใหม่.** ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประชิดจิต ทองใบ. (2543). **กลยุทธ์ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เพื่อเส้นผลประเภทความงามในระดับคุณภาพสูง: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ตราลักส์ ซูเปอร์ริช ของบริษัทยูนิลีเวอร์ไทยโฮลดิ้งส์ จำกัด.** ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประเวศ วะสี. (2536). **ภูมิปัญญาชาวบ้านกับการพัฒนาชนบท เล่มที่ 2.** กรุงเทพฯ: อัมรินทร์ พริ้นติ้งกรุ๊ฟ.

ปรารถนา บูรณะจันทร์. (2550) **การทำนายความสำเร็จของกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Artificial Neural Network (ANN).** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พรรณทิพา ถึงกลิ่น. (2547). **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดำเนินงานและการบริหารเชิงกลยุทธ์สู่ศักยภาพการแข่งขัน กรณีศึกษา: บริษัท เอสวีโอเอ จำกัด (มหาชน).** ปริญญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

พอใจ คล่องแคล่ว. (2548). **การศึกษาห่วงโซ่อุปทานหน่วยผลิตผ้าไหมอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา.** ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

พิบูล ทีปะปาน. (2547). **กลยุทธ์การตลาด: การตลาดสมัยใหม่.** กรุงเทพฯ: อมรการพิมพ์.

พัฒนาชุมชน.กรม. (2544). **การดำเนินชีวิตของเกษตรกรในท้องถิ่นชนบท.** กระทรวงมหาดไทย.

_____. (2545). **การประเมินผลการจัดเทศกาลของขวัญปีใหม่ สินค้าชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ณ ศูนย์การค้าอิมแพ็ค เมืองทองธานี นนทบุรี.** กระทรวงมหาดไทย.

พัฒนันท์ อนุคระหานนท์. (2547). **การจัดการโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ดอกไม้ประดิษฐ์จากดินไทยและผ้าใยบัว อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี.** ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภรภัทร โชติกะสุภา. (2550). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ภาชนะดินเผาหุ้มผ้าของกลุ่มอาชีพศิลปะประยุกต์ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

ภิญโญ สุวรรณคีรี. (2546). **ลวดลายประกอบสถาปัตยกรรมไทย.** กรุงเทพฯ: ดอกเบี้ย.

มณฑลี ศาสนันทน์. (2546). **การออกแบบผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2548). **สถิติวิจัยทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

เยาวภา บุษยนัยน์. (2548). **การศึกษาเพื่อส่งเสริมหมู่บ้านหัตถกรรมไม้แกะสลักให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวแบบยั่งยืน: กรณีศึกษาหมู่บ้านกิ่วแลน้อย ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่.** ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

รจนา เทพดู่. (2550) **ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความสามารถด้านนวัตกรรมกับศักยภาพการแข่งขันธุรกิจ OTOP ในจังหวัดมหาสารคาม.** ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546) **พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542.** กรุงเทพฯ:

นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.

รักษ์ วรกิจโภคาทร. (2547). **การจัดการนวัตกรรมสำหรับผู้บริหาร Innovation Management for Executives (IMEs).** กรุงเทพฯ: งานส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กร สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ.

รัชฎ ตันวิระ. (2547). **แนวทางการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์โรงอิฐวังตาล จังหวัดเชียงใหม่.** ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิชัย โถสุวรรณจินดา. (2546) **ครบเครื่องเรื่องการบริหารธุรกิจขนาดย่อม** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.

วิทวัส อินทรพินทุวัฒน์. (2547) **การวิเคราะห์สภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา: กรณีศึกษากิจการเอ.** ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะเศรษฐศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิสาข์ เกษประทุม. (2544) **ความน่าจะเป็นและสถิติเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: พัฒนศึกษา.

วัชรียา สุขศีล. (2548). **ผลกระทบของความรับผิดชอบต่อสังคมที่มีผลต่อการดำเนินงานของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมและบริษัทข้ามชาติของไทย.** ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). **สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย** (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริพร เพ็งทาและรัชนี สมช่วง. (2544). **การตั้งถิ่นฐานของชุมชนช่างไม้ในเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร.** ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์และคณะ. (2542). **การบริหารเชิงกลยุทธ์และกรณีศึกษา.** กรุงเทพฯ: ธีระฟิล์มและไซเท็กซ์.

_____ . (2543). **นโยบายผลิตภัณฑ์และราคา**, กรุงเทพฯ: ธนธัชการพิมพ์.

_____ . (2547). **การเปรียบเทียบการสร้างข้อได้เปรียบทางการแข่งขันของธุรกิจขนาดย่อมกับธุรกิจขนาดใหญ่: ศึกษาเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิลปากร, กรม. (2545). **ความรู้ทั่วไปในงานช่างศิลป์ไทย.** กรุงเทพฯ: กรมศิลปากร.

ศักดิ์ชาย พวงจันทร์และปิ่นฤทัย ยะแก้ว. (2549) **การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นไม้แกะสลักบ้านหลุก.** ลำปาง: มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางขนาดย่อม. (2542). **โครงการจัดตั้งสถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Institute for SMEs Develipment).** กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2553) . แนวโน้มการส่งออกหัตถกรรมไทย.กรุงเทพ : กระทรวงอุตสาหกรรม สภาวัฒนธรรมเขตบางซื่อ. (2549). **กิจกรรมของสภาวัฒนธรรม.** สำนักงานเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร.

สมชาย พรชัยวิวัฒน์. (ม.ป.ป.) **ถนนสายไม้ ครั้งที่ ๙ แผ่นไม้คู่แผ่นดิน.** (กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.).

สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล. (2546). **การบริหารกลยุทธ์และผลสัมฤทธิ์ขององค์กรด้วยวิธี Balanced Scorecard.** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สิริชัย วิไลเจริญพัฒน์. (2548). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมสินค้าของที่ระลึกชุดโคมไฟ โดยประยุกต์แผ่นใยไหมกับเครื่องปั้นดินเผาด้านเกวียน.** ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุดาดวง เรืองรุจิระ. (2538). **นโยบายผลิตภัณฑ์และราคา.** กรุงเทพฯ: ประกายพรึก.

พิมล จันทรขำ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 หมู่ 6 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร Tel.: 089-5290272

ED2002: การออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

The Process Design of the Identifying of the Student'Characteristics to be Improved at Basic Educational level

กฤษณา อารีย์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อ คือ เพื่อออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน โดยใช้การออกแบบกระบวนการใหม่ และเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ออกแบบใหม่

วิธีวิจัย ประชากร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มครูประจำการที่เข้าร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบ โรงเรียนละ 2 คน รวมทั้งสิ้น 20 คน จากโรงเรียน 10 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา จังหวัดสมุทรสงคราม ดังนี้ 1) โรงเรียนเมธีชุณหวัณ 2) โรงเรียนวัดบางกะพ้อม 3) โรงเรียนวัดบางขันแตก 4) โรงเรียนวัดช่องลมวรรณาราม 5) โรงเรียนวัดบางจะเกร็ง 6) โรงรียนทีปังกรณ์วิทยาพัฒน์ฯ 7) โรงเรียนวัดคู้สนามจันทร์ 8) โรงเรียนวัดลาดเป้ง 9) โรงเรียวัดช่องลม (ธรรมโชติ) 10) โรงเรียนวัดเทพสุวรรณชญวิทยาใช้เพื่อเก็บข้อมูลตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน และกลุ่มผู้บริหาร ที่เข้าร่วมในโครงการโรงเรียนต้นแบบโรงเรียนละ 2 ท่าน รวมทั้งสิ้น 20 ท่าน จากโรงเรียน 10 โรงเรียน ประกอบด้วย หัวหน้ากลุ่มสาระ 1 ท่าน และผู้บริหาร 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 ประเภทประกอบด้วย 1) แบบสอบถามวิธีปฏิบัติครู สร้างโดยศึกษาทฤษฎีการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน และ นำไปใช้ตรวจสอบหาวิธีปฏิบัติงาน และ 2) แบบตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนกา ใช้สอบถามความคิดเห็นของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา จังหวัดสมุทรสงคราม เกี่ยวกับการออกแบบกระบวนการใหม่และคู่มือ เครื่องมือคุณภาพที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการ ประกอบด้วย การระดมสมอง (Brainstorming) ผังกระบวนการปฏิบัติงานที่มีคุณภาพ (Quality Work Process) เทคนิค 5W1H

จากการศึกษาพบว่า การค้นหาคุณลักษณะของครูที่ปฏิบัติอยู่เดิม มีกระบวนการปฏิบัติงานที่ขาดความละเอียดที่ทำให้ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ประกันคุณภาพการศึกษาภายใน กระบวนการทำงานไม่ครอบคลุม การปฏิบัติงานเท่าที่ควร ผลการปฏิบัติงานไม่ได้คุณภาพตามที่คาดหวัง ผลการออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนา ด้วยวิธีการออกแบบกระบวนการใหม่ พบว่า กระบวนการค้นหาคุณลักษณะผู้เรียนที่ออกแบบใหม่ มี 4 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนวางแผน (PLAN) ขั้นตอนการปฏิบัติการ (DO) ขั้นตอนตรวจสอบ/ประเมินผล (CHECK) และขั้นตอนนำไปใช้งาน(ACT) ประกอบด้วย 11 ขั้นตอนย่อย มีตัวชี้วัด 4 ตัวชี้วัด และในแต่ละขั้นตอนมีผู้เกี่ยวข้อง คือ ผู้บริหาร ครู นักเรียน หลังจากได้มีการประชุมครูและหัวหน้ากลุ่มสาระ ได้ออกแบบกระบวนการใหม่แล้ว ได้ให้ครูรายวิชา หัวหน้ากลุ่มสาระและผู้บริหารตรวจสอบ ความเหมาะสมของคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนา มีระดับค่าเฉลี่ยทั้งหมด 3.90 ทั้ง 11 ขั้นตอน อยู่ในระดับดีมาก และกระบวนการที่ออกแบบใหม่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในสถานศึกษาได้ผลการสร้างคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ออกแบบใหม่ได้ประยุกต์มาจาก

การจัดทำคู่มือคุณภาพของ ISO พบว่า คู่มือปฏิบัติงานแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 วัตถุประสงค์ ส่วนที่ 2 ขอบเขตของกระบวนการ ส่วนที่ 3 คำจำกัดความ ส่วนที่ 4 ข้อกำหนดและตัวชี้วัดสำคัญ ส่วนที่ 5 ระเบียบปฏิบัติงาน และส่วนที่ 6 เอกสารอ้างอิง ผลการศึกษาวิจัย สรุปได้ว่า การออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทำให้ครูปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ว่า "ผลการปฏิบัติงานเปลี่ยนแปลงในทาง ที่ดีขึ้น มีคุณภาพมากขึ้น มีความมั่นใจ ในการทำงานทำให้มีขั้นตอนการทำงานเป็นระบบและตัวชี้วัด เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งสามารถ นำไปปฏิบัติได้ดีที่สุด

เนื่องจากการพัฒนากระบวนการในการทำงานย่อมนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น และมีความเหมาะสมกับการปรับปรุงการปฏิบัติงานให้มีคุณภาพสูงขึ้น”

คำสำคัญ: ค้นหาคุณลักษณะ

Abstract

The research entitled “The Process Design of the Identification of the Students’ Characteristics to be Improved at Basic Education Level” has 2 main purposes, namely to design new process of identifying the students’ characteristics required to be improved using process redesign, and to assess the feasibility of the redesigned process manual. In terms of research methodology, there are 2 sample groups. The first group includes 20 school teachers from 10 schools, under Samutsongkram educational zone office, participating in the Model School Project, 2 teachers from each school, all of whom are required to assess the feasibility of the process of identifying the students’ characteristics. The second group includes 20 school administrators from 10 schools participating in the Model School Project, 2 administrators – 1 head of learning subject and 1 administrator from each school, all of whom are required to assess the feasibility of the redesigned process manual.

Research tools for data collection comprise 1) a questionnaire used to find out teachers’ teaching instruction constructed by applying the students’ characteristics theory covering all aspects, and 2) an assessment form used to assess the feasibility of the redesigned process used to find out teachers’ opinions concerning the redesigned process and the manual. The research tools are 5-scale questionnaire and assessment form with the following definitions of the feasibility level; 1 means lowest, 2 means low, 3 means moderate, 4 means high, and 5 means highest. Moreover, the quality tool used for process design comprises Brainstorming, Quality Work Process, and 5W1H.

The condition prior to the process design to identify the student’s characteristics needed to be improved includes 3 main stages, namely preparation, operation, and students’ development with 3 steps. The research findings disclose that in terms of the teachers’ process of students’ characteristic identification, inadequate details of the process result in not relating to the indicators of the internal Self-Assessment Report, and not covering the whole operation, and the outcomes are not qualified as the expectation. The results of process design to identify the students’ characteristics needed to be improved disclose a new operational process chart with 4 main steps of PDCA process, namely Planning, Doing, Checking, and Acting, including 11 sub-steps with 2 indicators. Those involving in each step comprise administrators, teachers and students. After the meeting of the teachers and the subject heads to design new process, the subject teachers, the subject heads and the administrators are required to assess the feasibility of the manual for identifying the students’ characteristics needed to be improved. The overall assessment result of the 11 steps is at highest level with mean at 3.90, and the redesigned process is feasible and can be applied in educational institutions. The result of creating a handbook for identifying the students’ characteristics needed to be improved in Basic Education Level by applying the ISO Quality Manual discloses an operation manual with 6 parts, namely 1) Objectives, 2) Process Scope, 3) Definition, 4) Specification and Significant Indicators, 5) Procedures, and 6) References. The research results lead to the conclusion that the redesigned process of identifying the students’ characteristics needed to be improved in Basic Education Level results in better outcomes, better quality, more confident in operation, better operation system, and indicators representing most efficient in learning and practicing due to the development of process leading to better outcomes, and feasibility in the operation improvement.

Keywords: Identifying of the Student’ Characteristics

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง เทคโนโลยี การบริหารและวัฒนธรรมที่มีการแข่งขันมากขึ้น อันเป็นผลทำให้มีการปรับเปลี่ยน บทบาทหน้าที่ และพฤติกรรมของบุคคลในสังคมและองค์กรเพื่อให้มีศักยภาพในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น จะต้องมีพัฒนาคนให้มีความสามารถเต็มตามศักยภาพ ทั้งทางด้านความรู้ การคิด จิตใจ และการใช้ชีวิตร่วมกับสังคม ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคน มีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพและหลักสูตรกำหนดแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กำหนดให้

สถานศึกษานำมาจัดทำเป็นหลักสูตรสถานศึกษา (school curriculum) เพื่อให้เหมาะกับภูมิสังคมของแต่ละสถานศึกษา รวมทั้งแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนที่ต้องสอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาฉบับผู้สอน (instruction) เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างหลักสูตรและการสอนรวมทั้งตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งสะท้อนการออกแบบการจัดการเรียนรู้การวัดและประเมินผลที่เชื่อมโยงกัน (alignment)

ในส่วนของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการสถานศึกษาเพื่อมุ่งไปสู่ความเป็นเลิศของสถานศึกษาสามารถวัดได้จากเกณฑ์มาตรฐานด้านคุณภาพผู้เรียน 6 มาตรฐาน และในสถานศึกษาจำเป็นต้องมีกระบวนการจัดการค้นหาคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานด้านการจัดการศึกษา 6มาตรฐาน รวมทั้งมีการบริหารจัดการกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในสถานศึกษาตามเกณฑ์มาตรฐานด้านการสร้างสังคมการเรียนรู้ 1 มาตรฐาน ด้านการจัดการอัตลักษณ์ของสถานศึกษา 1 มาตรฐาน และด้านการส่งเสริมสถาบัน 1 มาตรฐาน

สถานศึกษาต้องพัฒนาครูและผู้เรียนให้มีคุณภาพ โดยมีการกำหนดเพื่อให้ได้คุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนา โดยมีกระบวนการและวิธีการที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการคิด ความรู้ความสามารถให้แก่ผู้เรียน โดยครูจะต้องปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพด้านการจัดการชั้นเรียนของครูดำเนินการกรอบความคิดของเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานด้านการจัดการศึกษา ตามมาตรฐานที่ 7 ที่ว่า “ครูปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล” ดังนี้ 1) ครูมีการกำหนดเป้าหมายคุณภาพผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ สมรรถนะ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 2) ครูมีการวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล และใช้ข้อมูลในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน 3) ครูออกแบบและจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลและพัฒนาการทางสติปัญญา 4) ครูใช้สื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมผนวกกับการนำบริบทและภูมิปัญญาของท้องถิ่นมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ 5) ครูมีการวัดและประเมินผลที่มุ่งเน้นการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ด้วยวิธีการที่หลากหลาย 6) ครูให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแก้ไขปัญหาให้แก่ผู้เรียนทั้งด้านการเรียนและคุณภาพชีวิตด้วยความเสมอภาค 7) ครูมีการศึกษา วิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวิชาที่ตนรับผิดชอบ และใช้ผลในการปรับการสอน 8) ครูประพฤติปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดี และเป็นสมาชิกที่ดีของสถานศึกษา 9) ครูจัดการเรียนการสอนตามวิชาที่ได้รับมอบหมายเต็มเวลา เต็มความสามารถ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในฐานะเป็นสถาบันหลักให้การผลิตและพัฒนาครูตามเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวดที่ 7 จึงได้จัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาโรงเรียนต้นแบบ บริหารจัดการการศึกษาสู่ความเป็นเลิศของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน จังหวัดสมุทรสงคราม โรงเรียนได้มีกระบวนการบริหารจัดการสถานศึกษาที่เป็นมาตรฐานและใช้บริหารจัดการสถานศึกษา มีความเป็นเลิศได้เป็นแบบอย่างที่ดีแก่สถานศึกษาอื่นให้นำไปใช้ปฏิบัติได้

ในปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยได้บูรณาการโครงการวิจัยและพัฒนาโรงเรียนต้นแบบออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นกระบวนการบริหารสถานศึกษาของผู้บริหารโรงเรียน 5 กระบวนการ และส่วนหลังกระบวนการจัดการชั้นเรียน 4 กระบวนการ เพื่อให้ครูที่เข้าร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบฯ ได้มีคู่มือการปฏิบัติงานในการจัดการเรียนรู้แก่นักเรียนในระดับชั้นและวิชาของตน เพื่อให้การปฏิบัติหน้าที่ของครูบรรลุผล ตามมาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษาด้านการปฏิบัติงานตามบทบาทและหน้าที่และการจัดการเรียนรู้ของครู บรรลุผลตามมาตรฐาน การประกันคุณภาพการศึกษาด้านคุณภาพผู้เรียน จากเหตุผลดังกล่าว ข้างต้นโรงเรียนจำเป็นต้องมีแนวทางในการส่งเสริมและสนับสนุนให้ครูสามารถออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะให้เป็นไปตามมาตรฐานการศึกษา โดยจัดทำเป็นคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนา

โดยผลการดำเนินงานของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดพื้นที่การศึกษาสมุทรสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2554 ตามประเด็นยุทธศาสตร์ พบว่า ยุทธศาสตร์ด้านพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาให้ได้มาตรฐานมีผลการบรรลุเป้าหมายเพียง 25% โดยมีผลการดำเนินงานที่ไม่บรรลุตามเป้าหมาย จำนวน 6 ประเด็นจากทั้งหมด 8 ประเด็น และมีผลการทดสอบผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) นักเรียนชั้น ป. 6 ทุกกลุ่มสาระวิชาปีการศึกษา 2552 เทียบกับปีการศึกษา 2553 มีค่าคะแนนลดลงเฉลี่ย -2.11 แต่เมื่อเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยระดับ สพฐ. สพป. สมุทรสงคราม มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าทุกกลุ่มสาระวิชา ยกเว้นวิชาภาษาอังกฤษ

ชั้น ม.3 ปีการศึกษา 2552 เทียบกับปีการศึกษา 2553 มีค่าคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.99 แต่เมื่อเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยระดับ สพฐ. สพป. สมุทรสงคราม มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า ทุกกลุ่มสาระวิชา ยกเว้นวิชาสังคมศึกษา และวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้น ป.3 ปีการศึกษา 2553 อ่านออก ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 96.69 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 3.31 เขียนได้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 86.75 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 13.25 คิดเลขเป็น ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 87.33 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 12.67 รวมเฉลี่ยอ่านออก เขียนได้ คิดเลขเป็นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 90.26 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 9.74 (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม, 2554, 65)

วัตถุประสงค์

1.เพื่อออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนโดยใช้การออกแบบกระบวนการใหม่

2.เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ออกแบบใหม่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำแนกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรก ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประเภทที่สอง ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้เครื่องมือคุณภาพที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1 แบบสอบถามวิธีปฏิบัติครู เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติในการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ครูนำมาพัฒนา เป็นแบบสอบถามรายการที่ครูปฏิบัติ คือ ปฏิบัติกับไม่ปฏิบัติ จำนวน 2 ส่วน รวม 24 ข้อ สร้างโดยอาศัยแนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามเกณฑ์ประกันคุณภาพการศึกษาภายในมาตรฐานที่ 7 ตัวบ่งชี้ที่ 7.1 และตัวบ่งชี้ที่ 7.2

1.2 แบบตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการปฏิบัติงานใหม่ ใช้สอบถามความคิดเห็นของครูเกี่ยวกับความเหมาะสม ขั้นตอน วิธีปฏิบัติ และแบบฟอร์มการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน ค่าเฉลี่ยประมาณ 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด จำนวน 3 ตอน รวม 26 ข้อ สร้างโดยใช้แนวคิดการวัดตามระบบ Likert Scales

2. เครื่องมือคุณภาพที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการ ประกอบด้วย

2.1 การระดมสมอง (Brainstorming) เป็นเทคนิคการประชุมกลุ่มย่อยขนาด 8-10 คน โดยกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมประชุมเสนอความคิดเห็นที่ใหม่ เพื่อแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานและการออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน

2.2 ผังกระบวนการปฏิบัติงานที่มีคุณภาพ (Quality Work Process) เป็นแผนผังที่แสดงขั้นตอนการทำงานค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของครูของผู้เรียนที่ผู้วิจัยเสนอจากข้อมูลการสำรวจ แบบสัมภาษณ์และการประชุมระดมสมอง

2.3 เทคนิค 5W1H เป็นวิธีการเก็บข้อมูล ที่ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อเป็นรายละเอียดในปฏิบัติแต่ละขั้นตอน ตามแนวคำถาม 5 รายการ คือ ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไร อย่างไร นำมาวิเคราะห์วิธีปฏิบัติในเรื่องนั้น ๆ

ผลการทดลอง หรือ ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ศึกษา ปัญหากระบวนการปฏิบัติค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนจากแบบการสัมภาษณ์ครูรายวิชาและหัวหน้ากลุ่มสาระ จำนวน 10 คน โดยใช้แนวคิด 5W 1H โดยได้การปฏิบัติของครูในการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน สรุปได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมการ ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินงานการพัฒนาผู้เรียน ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาผู้เรียน จากผลการวิเคราะห์ ควรพัฒนาขั้นตอนแบบฟอร์มการตรวจสอบค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน การตั้งค่าเป้าหมาย และแบบอนุมัติรายการค้นหาคุณลักษณะ โดยการเสนอโครงการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการ เพื่อสอดคล้องกับเกณฑ์ประกันคุณภาพการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติในค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนา โดยได้ตัดขั้นตอนทิ้ง 3 ขั้นตอน ในขั้นตอนการวางแผน (PLAN) 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนสรุปผลการวิเคราะห์คุณลักษณะ 2) ขั้นตอนจัดกลุ่มมาตรฐานผู้เรียน พร้อมทั้งพัฒนาแบบฟอร์มใหม่ ได้แก่ 1) แบบรายงานการศึกษาเอกสาร 2) แบบคัดเลือกรายการคุณลักษณะของผู้เรียน 3) แบบตรวจสอบรายการคุณลักษณะของผู้เรียนกับแผนยุทธศาสตร์และเนื้อหาวิชา ส่วนขั้นตอนตรวจสอบ/ประเมินผล (CHECK) 1 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1)ขั้นตอนจัดกลุ่มสนทนา/วิพากษ์รายการคุณลักษณะที่ได้ พร้อมทั้งพัฒนาแบบฟอร์ม ได้แก่ 1) แบบตรวจสอบความเหมาะสมของขั้นตอนคัดเลือกคุณลักษณะ 2) แบบตรวจสอบความสอดคล้องของขั้นตอนการปฏิบัติกับมาตรฐานด้านครู 3) แบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกระบวนการทั้งหมด ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติจะเหลือขั้นตอนที่นำไปใช้ในการปฏิบัติ 4 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย 11 ขั้นตอนย่อย ตามความเห็นของที่ประชุมระดมสมองได้ผังกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนใหม่ และดัชนีวัดคุณภาพตามเกณฑ์ประกันคุณภาพมาตรฐานที่ 7 ตัวบ่งชี้ที่ 7.1 และ 7.2 คือ 1) ครูมีการกำหนดเป้าหมายคุณภาพผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ สมรรถนะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 2)ครูมีการวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคลและใช้ข้อมูล เพื่อศักยภาพของผู้เรียน ในขั้นตอนต่อไป โดยการออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนาใหม่ มีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนวางแผน ขั้นตอนดำเนินการ ขั้นตอนตรวจสอบและขั้นตอนนำไปใช้ โดยจำแนกออกเป็น 11 ขั้นตอนย่อย คือ

1. ขั้นตอนวางแผน (PLAN) ประกอบด้วย ขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์แผนยุทธศาสตร์ เกณฑ์ประกันคุณภาพภายใน 2) ขั้นตอนการคัดเลือกรายการคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน และ 3) ขั้นตอนตรวจสอบคุณลักษณะของผู้เรียน จากขั้นตอนดังกล่าว มีดัชนีวัดคุณภาพการปฏิบัติงาน 1 ตัวชี้วัด คือ ครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน ตามมาตรฐานที่ 7 ตัวบ่งชี้ที่ 7.1 ครูมีการกำหนดเป้าหมายคุณภาพผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ สมรรถนะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ตัวบ่งชี้ที่ 7.2 ครูมีการวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคลและใช้ข้อมูลเพื่อศักยภาพของผู้เรียน
2. ขั้นตอนการปฏิบัติการ (DO) ประกอบด้วย ขั้นตอนย่อย 4 ขั้นตอน 1) การตั้งค่าเป้าหมายของคุณลักษณะที่ต้องการ 2) ขั้นตอนการตั้งค่าเป้าหมายระดับคุณลักษณะนักเรียนรายบุคคล 3) ขั้นตอนทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ 4) ขั้นตอนการเสนอโครงการพัฒนาคุลักษณะ จากขั้นตอนดังกล่าว มีดัชนีวัดคุณภาพการปฏิบัติงาน 1 ตัวชี้วัด คือ ครูได้รายการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน 1 รายการ
3. ขั้นตอนตรวจสอบ/ประเมินผล (CHECK) ประกอบด้วย ขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน 1) ขั้นตอนการตรวจสอบความเหมาะสมของขั้นตอน 2) ขั้นตอนตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างขั้นตอนปฏิบัติ 3) ขั้นตอนตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกระบวนการทั้งหมด จากขั้นตอนดังกล่าว มีดัชนีวัดคุณภาพการปฏิบัติงาน 1 ตัวชี้วัด คือ ครูได้นำผลการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาไปพัฒนาการเรียนการสอนตามกลุ่มสาระและคุณลักษณะอันพึ่งประสงค์
4. ขั้นตอนนำไปใช้งาน(ACT) ประกอบด้วย ขั้นตอนย่อย 1 ขั้นตอน 1) ขั้นตอนเสนอเอกสารรายงานผลการคัดเลือกคุณลักษณะผู้เรียน จากขั้นตอนดังกล่าว มีดัชนีวัดคุณภาพการปฏิบัติงาน 1 ตัวชี้วัด คือ ครูมีการเผยแพร่ผลการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน

จากแบบประเมินตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.90) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า แต่ละขั้นตอนที่ 1 - 11 มีความเหมาะสมในระดับมาก คือ มีค่าเฉลี่ย ระหว่าง 3.84-3.94 และส่วนเบี่ยงเบนขั้นตอนที่ 1 - 11 มีค่าระหว่าง 0.656 - 0.764

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยข้างต้น มีหลายประเด็นที่นำมาพิจารณาเพื่อให้ทราบสภาพแท้จริงที่เป็นไปได้ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. การออกแบบกระบวนการให้เป็นไปตามแนวคิดวีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล การออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนได้ดำเนินการตามตามแนวคิดวีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล คือ องค์กรต้องมีการดำเนินการ และมีการปรับปรุงโดยใช้กระบวนการ PDCA ในการดำเนินการให้สัมพันธ์

กระบวนการค้นหาคุณลักษณะนั้น การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะ ผู้วิจัยได้นำหลักการจัดทำเอกสารมาตรฐาน ISO 9001 : 2000 มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำคู่มือกระบวนการปฏิบัติงาน

2. การปฏิบัติให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน การออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนได้ดำเนินการตามเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้านการจัดการศึกษา มาตรฐานที่ 7 ข้อ 7.1 ที่ว่า “ครูมีการกำหนดเป้าหมายคุณภาพผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ สมรรถนะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์” ข้อ 7.2 ที่ว่า “ครูมีการวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล และใช้ข้อมูลในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน” โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ 1) ครูมีการศึกษาค้นคว้า แสวงหาความรู้และมีความรู้เกี่ยวกับการการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน 2) ทำการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน อย่างน้อยปีละ 1 เรื่องในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ตนรับผิดชอบ 3) ผลงานเป็นแบบอย่างที่ดีและสามารถให้คำแนะนำ ชี้แนะแก่ผู้อื่นได้ 4) นำผลจากการคนหาคุณลักษณะไปแก้ปัญหาและหรือพัฒนาผู้เรียน 5) มีการเผยแพร่ผลงานการค้นหาคุณลักษณะและมีการแก้ปัญหาและหรือพัฒนาผู้เรียนโดยการค้นหาคุณลักษณะอย่างต่อเนื่อง 6) ส่งเสริมผู้เรียนจนได้รับรางวัลระดับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขึ้นไป 7) ครูปฏิบัติงานสอนตามกลุ่มสาระที่ได้รับมอบหมายครบตามเวลาที่กำหนด

3. การปฏิบัติให้เป็นไปตามตัวชี้วัดหลักของกระบวนการ กระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนกำหนดให้บรรลุตัวชี้วัดหลัก 4 ตัว คือ 1) ครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน 2) ครูได้รายการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนา 1 รายการ 3) ครูนำผลการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาไปพัฒนาการเรียนการสอนและ 4) ครูมีการเผยแพร่ผลการค้นหาคุณลักษณะ

สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนและตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการที่ออกแบบขึ้น ประกอบด้วย ขั้นตอน กิจกรรม ตัวชี้วัด และแบบฟอร์ม ได้ดังนี้

1. กระบวนการค้นหาคุณลักษณะ

1.1 กระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน สถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 1 กระบวนการหลัก 4 กระบวน กระบวนการการย่อย 11 ขั้นตอน 4 ตัวชี้วัด และแบบฟอร์ม โดยกระบวนการหลัก คือ กระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียน ประกอบด้วย 4 ขั้น คือขั้นวางแผน มี 1 ขั้น 1 ตัวชี้วัด ขั้นดำเนินการ มี 4 ขั้น 1 ตัวชี้วัด ขั้นตรวจสอบ มี 3 ขั้น 1 ตัวชี้วัดและขั้นนำไปใช้งาน มี 1 ขั้น 1 ตัวชี้วัด รวมทั้งหมดมีทั้งสิ้น 11 ขั้น และ 4 ตัวชี้วัด

1.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน การในกระบวนการย่อยทั้งหมด จำแนกออกได้เป็น 11 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) วิเคราะห์แผนยุทธศาสตร์และวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพการศึกษาภายใน 2) การคัดเลือกรายการคุณลักษณะของผู้เรียน 3) การตรวจสอบคุณลักษณะของผู้เรียน 4) การตั้งค่าเป้าหมายของคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนา 5) การตั้งค่าเป้าหมายระดับคุณลักษณะนักเรียนรายบุคคล 6) ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ 7) การเสนอโครงการพัฒนาคุณลักษณะ 8) การตรวจสอบความเหมาะสมของขั้นตอนคัดเลือกคุณลักษณะ 9) การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างขั้นตอนปฏิบัติกับมาตรฐานการศึกษา 10) การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกระบวนการทั้งหมด 11) เสนอเอกสารรายผลการคัดเลือกคุณลักษณะผู้เรียน

1.3 ตัวชี้วัดหลัก ในกระบวนการ มีตัวชี้วัดหลักกำกับ 4 ตัวคือ 1) ครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน 2) ครูได้รายการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนา 1 รายการ 3) ครูนำผลการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาไปพัฒนาการเรียนการสอน และ 4) ครูมีการเผยแพร่ผลการค้นหาคุณลักษณะ

1.4 แบบฟอร์ม 13 รายการ ได้แก่ FORM 1 แบบรายงานการศึกษาเอกสาร FORM 2 แบบคัดเลือกรายการคุณลักษณะของผู้เรียน FORM 3 แบบตรวจสอบรายการคุณลักษณะของผู้เรียนกับแผนยุทธศาสตร์และเนื้อหาวิชา FORM 4 แบบตั้งค่าเป้าหมายของการพัฒนาคุณลักษณะ FORM 5 แบบตั้งค่าเป้าหมายของการพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียน FORM 6 แบบรายงานผลการทบทวนทฤษฎีคุณลักษณะ FORM 7 แบบเสนอโครงการพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียน FORM 8 แบบตรวจสอบความเหมาะสมของขั้นตอนคัดเลือกคุณลักษณะ FORM 9 แบบ

ตรวจสอบความสอดคล้องของขั้นตอนการปฏิบัติกับมาตรฐานการศึกษาด้านครู FORM 10 แบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกระบวนการทั้งหมด FORM 11 แบบรายงานผลการคัดเลือกคุณลักษณะของผู้เรียน FORM 12 แบบปกเอกสารรายงาน และ FORM 13 แบบอนุมัติรายงาน

2. ตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียน

2.1 คู่มือกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ต้องการพัฒนาของผู้เรียนมีความเหมาะสมในระดับมากทุกรายการ คือมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.84-3.94 และส่วนเบี่ยงเบนอยู่ระหว่าง 0.656-0.764 โดยมีความต้องการจะได้รายการตัวชี้วัดเพิ่มเติมและเพิ่มมาตรฐานการศึกษาระดับปฐมวัยให้ชัดเจนมากขึ้นกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานมาตรฐานที่ 7 ตัวบ่งชี้ 7.1-7.2

ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัย เพื่อออกแบบกระบวนการค้นหาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนาในครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลไปใช้

1.1 ก่อนนำกระบวนการค้นหาคุณลักษณะที่ออกแบบไปใช้ควรจัดกิจกรรมเพิ่มเติมในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การค้นหาคุณลักษณะ การออกแบบกระบวนการ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ นำไปปฏิบัติเป็นทิศทางเดียวกันแก่สำหรับครูใหม่ที่ยังไม่เข้าใจงานในสถานศึกษา

1.2 การนำกระบวนการค้นหาคุณลักษณะไปใช้ ผู้บริหารและครูประจำการทั้งเก่าและใหม่ควรจัดกิจกรรมดำเนินการทั้งโรงเรียนให้เป็นแผนยุทธศาสตร์ทั่วทั้งองค์กร โดยการทำ workshop เป็นกลุ่มโรงเรียนรายกลุ่มสาระ เพื่อเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อเนื่อง

2.1 โครงการวิจัยควรบูรณาการคุณลักษณะเดียวกันทั้งโรงเรียน เพื่อพัฒนาคุณภาพทั้งสถานศึกษาและสร้างจุดเน้นสถานศึกษา

2.2 ควรทำวิจัยรอบใหม่ ต่อเนื่องหลาย ๆ รอบเพื่อให้ได้กระบวนการที่เป็นมาตรฐานและกระบวนการต้นแบบ

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, สำนักงาน. (2549). **หลักเกณฑ์และวิธีการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน รอบที่สอง (พ.ศ. 2549 – 2553)**. กรุงเทพฯ: จุดทอง จำกัด.

วรภัทร์ ภู่เจริญ และโศภณา. (2545). **คู่มือ ISO 9001: 2000 สำหรับผู้บริหารการศึกษาไทย**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2544). **จากหลักสูตรแกนกลางสู่หลักสูตรสถานศึกษา : กระบวนทัศน์ใหม่การพัฒนา**.กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล. (2544). **TQM LIVENG HANDBOOK ภาคห้า การบริหารกระบวนการอย่างมีคุณภาพ Quality Process Management ตอนที่ 2 การปรับปรุงกระบวนการ**. กรุงเทพฯ: โทเร อินเตอร์เนชั่น แนลเทรดดิ้ง.

ช่วงโชติ พันธุเวช. (2547). **การจัดการคุณภาพ**. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี. (2545). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: ด่าน สุธาการพิมพ์.

ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์. (2544). **การพัฒนาจัดทำและปรับเข้าสู่ระบบ ISO 9001 : 2000.** กรุงเทพฯ: ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ขัตติยา กนกภากร. (2551). **กระบวนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระภาษาไทยอย่างมีคุณภาพของโรงเรียนวชิรมกุฎ**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ชนาธิป พรกุล. (2544). **รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผุสดี เครือนก. (2548). **การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาและวัฒนธรรมในโรงเรียนนานาชาติ**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

พรทิพย์ อรชุน. (2548). **กระบวนการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนที่สัมพันธ์กับความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน**. ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหาร การศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มยุเรศ ยอดคำ. (2551). การปรับปรุงกระบวนการบริการส่วนหน้าของกองทะเบียน และประมวลผล มหาวิทยาลัยมหิดล. **วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.** 1 (2), 80-87 รับรอง

ศุภรา จิตภักดีรัตน์. (2547). **การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษ ระดับขั้นพื้นฐาน**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สิริพร อัลภาชน์. (2546). **การออกแบบกระบวนการฝึกอบรมทนายความฝึกหัด บริษัท เบเดอร์ แอนด์แม็คเค็นซี่ จำกัด**.ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

เสรี คงรัตน์. (2550). **การออกแบบกระบวนการกลุ่มอำนวยการ ของสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดระนอง**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการคุณภาพมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สุจิตต์ ขำประเสริฐพร. (2551). **การปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ผู้เขียน

นางสาวกฤษณา อารีย์ นักวิชาการศึกษา กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 hungbee@windowslive.com

ED2003: การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

Design and Fabrication of an Experimental Set for Measuring the Thermal Expansion Coefficient of Metal Using Dial Gauge

อรสิริ ตันสกุล* และ อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ และทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ 3 ชนิด ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และอลูมิเนียม โดยทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 35°C ถึง 90°C จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม มีค่าเท่ากับ 1.73×10^{-5} °C^{-1} 1.92×10^{-5} °C^{-1} และ 2.40×10^{-5} °C^{-1} มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.67% 3.89% และ 0.07% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชุดทดลอง สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

ABSTRACT

The objectives of this research are to design and fabrication experimental apparatus for measuring thermal expansion coefficient of metal. The three metals that were studied were, copper, brass, and aluminum. The experiment was carried out at different temperatures ranging from 35°C to 90°C. The results showed that the thermal expansion coefficient of copper, brass and aluminum were 1.73×10^{-5} °C^{-1}, 1.92×10^{-5} °C^{-1} and 2.40×10^{-5} °C^{-1}. Errors were 1.67%, 3.89%, 0.07%, respectively

Keyword: Experiment apparatus, Thermal expansion coefficient of metal

---

* ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)
e-mail: moo_praewa@hotmail.com

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษ ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระดับปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2553

บทนำ

บทเรียนเรื่องความร้อน เป็นเนื้อหาสำคัญส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื้อหาบทเรียนได้มีการกล่าวถึงการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขว้าง เช่น การเว้นรอยต่อของรางรถไฟ การเว้นช่องว่างของหัวสะพาน การประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์ การขึงสายไฟระหว่างเสา การเว้นช่องวางระหว่างถนนคอนกรีต และการติดตั้งเทอร์โมสแตตไฟฟ้า เพื่อใช้ควบคุมระดับอุณหภูมิของเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

การขยายตัวเนื่องจากความร้อน เป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุ สามารถอธิบายได้จากค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัตถุชนิดนั้นๆ การทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยทั่วไป สามารถทำได้โดยใช้หลักการของการขยายตัวเชิงเส้น โดยการวัดความยาวของโลหะที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง แต่การขยายตัวนั้นเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ ทำให้มีการวิจัยเกี่ยวกับวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะมากมาย เช่น วิธีการวัดโดยอาศัยหลักการสะท้อนของแสง (นิศาชล, 2551) หรือวิธีการวัดการเลี้ยวเบนทางแสงผ่านสลิตเดี่ยว (ปิยรัตน์, 2551) หรือ ใช้เทคนิคไมเคิลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (Rran School, 2009) ซึ่งวิธีดังกล่าวมานั้นเป็นการใช้ความรู้เรื่องความร้อนและแสงมาบูรณาการเข้าด้วยกัน

อย่างไรก็ดี สำหรับการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา ได้มีการสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในบทเรียนเรื่องความร้อน โดยใช้เทคนิคการวัดที่แตกต่างกันไป เช่น การใช้ระบบคานอย่างง่าย (สุพัตรา, 2554) หรือ การใช้สเฟียร์โรมิเตอร์ (นภดล, 2554)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ เพราะเป็นเครื่องมือวัดขนาดที่ใช้งานง่าย มีความแม่นยำ นำมาทดสอบกับโลหะตัวอย่าง 3 ชนิด คือ ทองแดง ทองเหลือง และอลูมิเนียม เพื่อนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา และเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างชุดการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจและทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะชนิดต่างๆ

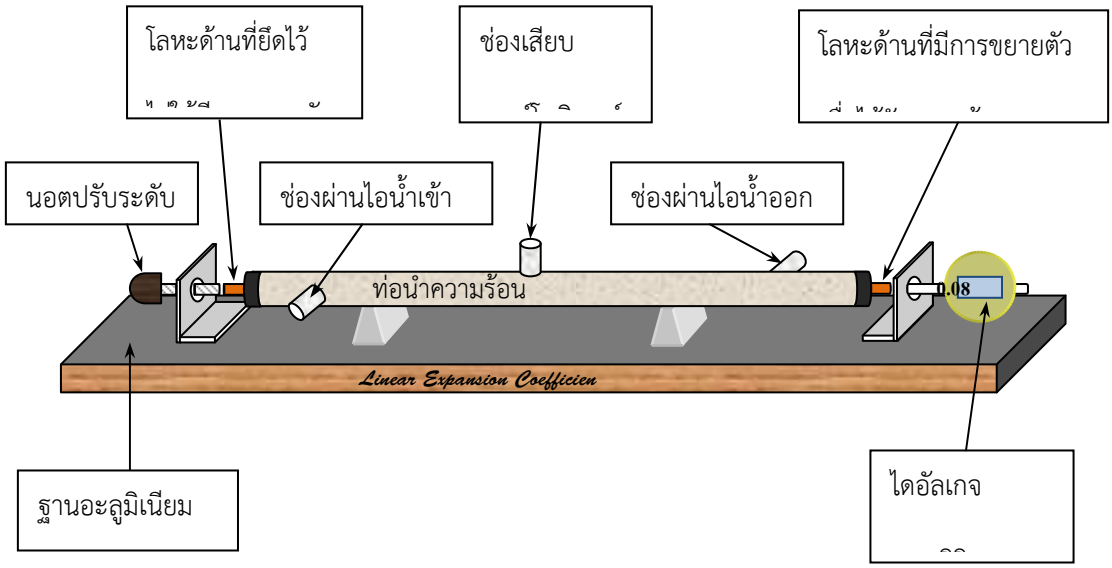
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินงานของงานวิจัยนี้ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ และส่วนที่สองเป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ที่สร้างขึ้นในงานวิจัย มีส่วนประกอบหลักดังนี้ คือ

1. ท่อนำความร้อน ทำจากท่อสแตนเลส ยาว 80 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 inch ปลายท่อทั้งสองข้างมีจุกยางเจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 inch ปิดอยู่ ต่อท่อยาว 2 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 inch ออกด้านข้าง 3 ท่อ เพื่อใช้เป็นช่องผ่านไอน้ำเข้า ช่องเสียบเทอร์โมมิเตอร์ และช่องผ่านไอน้ำออก ตามลำดับ
2. ฐานวางท่อนำความร้อน ทำจากอลูมิเนียมแบบแผ่น ที่ปลายด้านหนึ่งติดเหล็กฉากเจาะรู้และมีนอตปรับระดับเสียบอยู่ เพื่อใช้ยึดปลายโลหะด้านที่ไม่ต้องการให้มีการขยายตัว อีกด้านหนึ่งติดเหล็กฉากเจาะรู้เพื่อใช้เป็นช่องเสียบไดอัลเกจที่ทำหน้าที่วัดการขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อน



ภาพที่ 1 การออกแบบชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

ส่วนที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

ส่วนนี้เป็นการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้น มาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ (α) ซึ่งมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างความยาวของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) ต่อความยาวเดิมของวัตถุ (L_0) และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ΔT) ดังสมการ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{(L - L_0)}{L_0 (T - T_0)} \quad (1)$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัว
L_0 คือ ความยาวที่เริ่มต้น
L คือ ความยาวที่อุณหภูมิ T ใดๆ
T_0 คือ อุณหภูมิเริ่มต้น
T คือ อุณหภูมิขณะใดๆ

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ 1 ชุด
2. เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล จำนวน 1 อัน
3. ขวดปริมาตรทรงกรวย ขนาด 1,000 mL จำนวน 1 ขวด พร้อมจุกยางปิดฝาขวด
4. สายยางซิลิโคนป้องกันความร้อน ยาว 1 m จำนวน 2 เส้น
5. เตาให้ความร้อน (Hot Plate) จำนวน 1 อัน
6. ไม้บรรทัดเหล็กความยาว 1 m จำนวน 1 อัน

วิธีการทดลอง

โลหะทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 cm ยาว 80 cm ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 35°C ถึง 90°C โดยบันทึกอุณหภูมิของโลหะ (T) ที่เพิ่มขึ้นทีละ 5°C พร้อมทั้งจดบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ (ΔL) ซึ่งอ่านค่าจากไดอัลเกจแบบดิจิตอลที่สัมพันธ์กัน ทำการทดลองกับโลหะชนิดเดิมจำนวน 3 ครั้ง เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ΔT) เพื่อนำค่าความชันของกราฟ (slope) มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ (α) จากสมการ

$$\alpha = \frac{slop}{L_0} \quad (2)$$

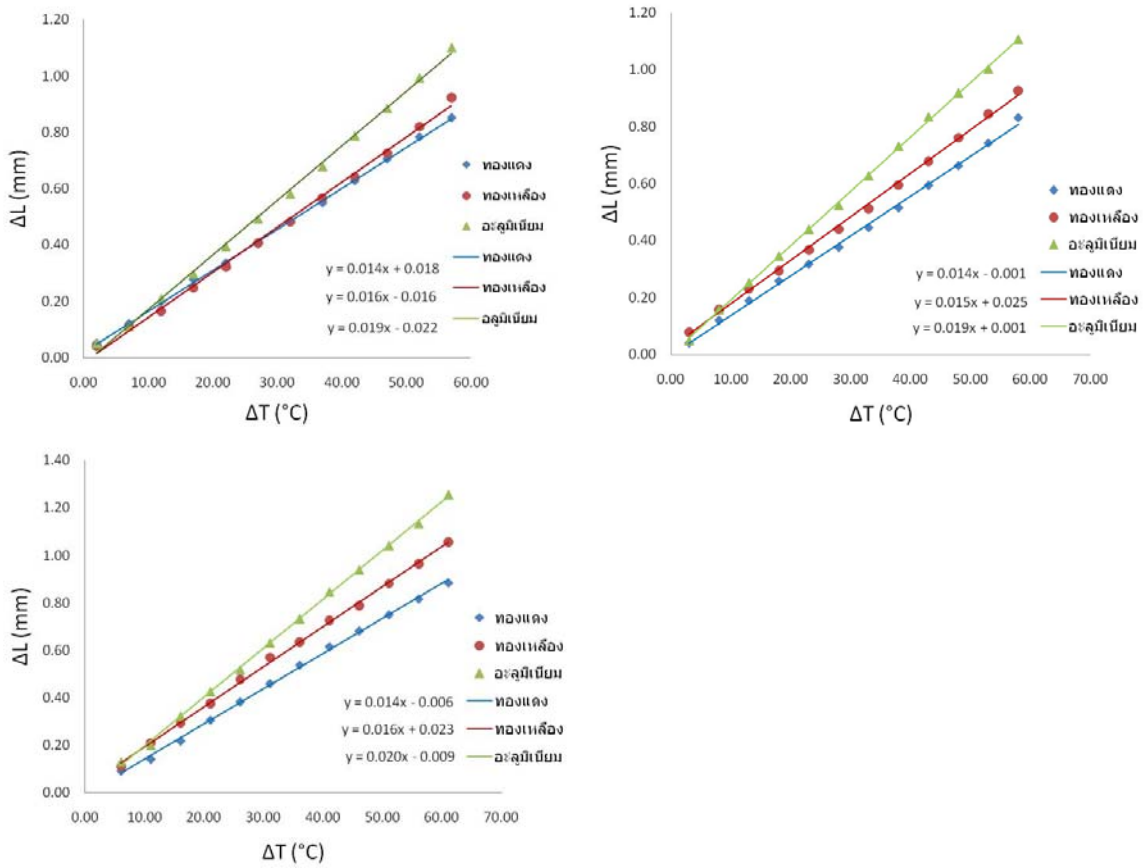
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ออกแบบ สร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ และนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ การจัดชุดทดลองแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การจัดชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

โลหะที่นำมาใช้ทดสอบมี 3 ชนิด ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม ทำการทดลองกับโลหะชนิดเดิม จำนวน 3 ครั้ง ผลของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลหะทดสอบ แสดงดังภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าความยาวของแท่งโลหะที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 ผลของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลหะทดสอบ จากการทดลองจำนวน 3 ครั้ง

เมื่อนำค่าความชันของกราฟ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม มีค่าเท่ากับ 1.73×10^{-5} °C^{-1} 1.92×10^{-5} °C^{-1} และ 2.40×10^{-5} °C^{-1} หลังจากนั้นนำค่าผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (Young, 2004) พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.67% 3.89% และ 0.07% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวได้ดี ซึ่งส่วนใหญ่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองเรื่องนี้จะมาจากการวัดค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะที่มีค่าน้อยมากและเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการออกแบบชุดทดลองในครั้งนี้จึงเลือกใช้ไดอัลเกจแบบดิจิตอลมาใช้ในการวัดการขยายตัวของโลหะ เพราะเป็นเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำ ใช้งานง่าย แสดงผลการวัดเป็นตัวเลข จึงสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความยาวของโลหะได้อย่างต่อเนื่องทุกช่วงอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่ได้จากการทดลองและค่ามาตรฐาน

โลหะ	α มาตรฐาน (°C^{-1})	α ทดลอง (°C^{-1})				Error (%)
		1	2	3	เฉลี่ย	
ทองแดง	1.70×10^{-5}	1.73×10^{-5}	1.73×10^{-5}	1.73×10^{-5}	1.73×10^{-5}	1.67
ทองเหลือง	2.00×10^{-5}	1.96×10^{-5}	1.84×10^{-5}	1.96×10^{-5}	1.92×10^{-5}	3.89
อะลูมิเนียม	2.40×10^{-5}	2.36×10^{-5}	2.36×10^{-5}	2.48×10^{-5}	2.40×10^{-5}	0.07

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจและนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยทดสอบกับโลหะทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม ผลการทดลองพบว่าโลหะทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว 1.73×10^{-5} °C^{-1} 1.92×10^{-5} °C^{-1} และ 2.40×10^{-5} °C^{-1} ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแล้ว มีค่าความคลาดเคลื่อน 1.67% 3.89% และ 0.07% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อีกทั้งชุดทดลองมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุ และยังสามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

การวัดอุณหภูมิของโลหะทดสอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ค่าที่วัดได้อาจเกิดความผิดพลาดจากการอ่านค่า ดังนั้นจึงควรทดลองเปลี่ยนมาใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

เอกสารอ้างอิง

เรือตรีหญิง นิศาชล บุญประชม. (2551). การสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปิยะรัตน์ พราหมณี. (2551). การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะโดยวิธีการวัดการเลี้ยวเบนทางแสง. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 : สาขาวิทยาศาสตร์, 2551, 501-508.

Rran Scholl, Bruce W. Liby. (2009). *Using a Michelson Interferometer to Measure Coefficient of Thermal Expansion of Copper*. The Physics Teacher, 47, 1-3.

สุพัตรา สุกัน. (2554). การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ระบบคานอย่างง่าย. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นภดล แกมเพชร. (2554). การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้สเฟียร์โรมิเตอร์. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Young, Hugh D., (2004). *Sears and Zemansky's university physics*, (11th ed.) Pearson Education, Inc., San Franceisco.

ผู้เขียน

นางสาวอรสิริ ตันสกุล

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

e-mail: moo_praewa@hotmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

e-mail: usavadee@buu.ac.th

CH1002: การโคลนยีนและการแสดงออกของยีนเลคตินที่จำเพาะต่อลิโพโพลีแซคคาไรด์จากกุ้งแชบ๊วย

Gene Cloning and Characterization of Lipopolysaccharide-Specific Lectin From *Fenneropenaeus merguiensis*

สุพัตรา เทพณรงค์[1] ดร.อรณิชา รัตนาภรณ์[2] และ รศ.ดร.ประภาพร อุทารพันธุ์[3*]

[1,2,3]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112

Abstract

Lectins are proteins that can bind specifically to carbohydrates on cell surfaces leading to an agglutination of erythrocytes, bacteria, viruses or other cells. In invertebrates including crustaceans, lectins are known to play an important role in innate immunity. In this study, lipopolysaccharide-specific lectin (LPS-Lectin) cDNA was cloned from hepatopancreas cDNA library of banana shrimp (*Fenneropenaeus merguiensis*) by means of reverse-transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) and rapid amplification of cDNA end (RACE). The full-length cDNA of LPS-Lectin was 706 bp with a 5′ untranslated region (UTR) of 53 bp, a 3′ UTR of 101 bp with a poly (A) tail and an open reading frame (ORF) of 552 bp encoding a 184 amino acids peptide with a calculated molecular mass of 20,400 Dalton and pI value of 5.13. The deduced protein sequence contained a putative 19 amino acids signal peptide and a single carbohydrate recognition domain (CRD) with a QPD motif. The deduced amino acid sequence of *F. merguiensis* LPS-Lectin had the highest identity of 88% to that of *Penaeus monodon* lectin. By RT-PCR, LPS-Lectin gene was highly expressed in the hepatopancreas in similar to those of other shrimp lectins. This finding suggests that LPS-Lectin may play an important role in the hepatopancreas involving in the immune system of shrimp.

Keywords: Lectin, Lipopolysaccharide, Banana shrimp, *Fenneropenaeus merguiensis*

บทคัดย่อ

เลคตินเป็นโปรตีนที่จับจำเพาะกับคาร์โบไฮเดรตบนผิวเซลล์ได้ จึงทำให้เม็ดเลือดแดง ไวรัสแบคทีเรีย หรือเซลล์ชนิดต่าง ๆ เกิดการเกาะกลุ่ม เลคตินมีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง รวมทั้งครัสเตเชียน ในงานวิจัยนี้ได้โคลนยีนสายเต็มของโปรตีนที่จับจำเพาะกับลิโพโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide-specific lectin, LPS-Lectin) จากห้องสมุด cDNA ที่เตรียมจากตับของกุ้งแชบ๊วย โดยวิธี RT-PCR (reverse-transcription polymerase chain reaction) และวิธี RACE (rapid amplification reaction of cDNA ends) พบว่ามีความยาวของนิวคลีโอไทด์ 706 คู่เบส ประกอบด้วยส่วนปลาย 5′ และปลาย 3′ ที่ไม่แปลรหัส ยาว 53 และ 101 คู่เบส ตามลำดับ และมี open reading frame ขนาด 552 คู่เบส ซึ่งถอดรหัสได้เป็นสายเบปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 184 หน่วย มีมวลโมเลกุล 20,400 ดาลตัน และมีค่า pI เป็น 5.13 รวมทั้งมี Signal peptide 19 หน่วย ภายในโมเลกุลของ LPS-lectin พบโดเมนที่จดจำคาร์โบไฮเดรต 1 ตำแหน่ง ที่เป็น QPD เมื่อเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนของ LPS-Lectin พบว่ามีความเหมือนกับของเลคตินของกุ้งกุลาดำมากที่สุดคือ 88% จากการศึกษาโดยวิธี RT-PCR พบการแสดงออกของยีนเลคตินมากในตับ ในทำนองเดียวกับเลคตินชนิดอื่นๆ ของกุ้ง บ่งชี้ว่า LPS-Lectin น่าจะมีบทบาทสำคัญในการทำงานของตับที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง

คำสำคัญ: เลคติน, ลิโพโพลีแซคคาไรด์, กุ้งแชบ๊วย

---

* ผู้ประสานงาน

กิตติกรรมประกาศ ขอขอบคุณทุนโครงการความเป็นเลิศสาขาชีวเคมี ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้

บทนำ

การเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยมูลค่าปีละหลายหมื่นล้านบาท กุ้งเป็นอาหารทะเลที่ตลาดโลกมีความต้องการบริโภคสูงและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกุ้งแชบ๊วย (Banana shrimp, *Fenneropenaeus merguiensis*) เป็นกุ้งเศรษฐกิจที่สำคัญเนื่องจากมีรสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ลูกกุ้งแชบ๊วยมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ดูแลอนุบาลง่ายและโตเร็ว กุ้งแชบ๊วยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอุตสากรรมการเพาะเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเรื่องต้นทุนการผลิต

เพราะกุ้งแชบ๊วยที่เลี้ยงในบ่อดินสามารถเจริญพันธุ์เพื่อใช้ในการผลิตลูกกุ้งได้ และกุ้งแชบ๊วยมีราคาสูงกว่ากุ้งกุลาดำ แต่ก็มีปัญหาที่หลีกเลี่ยงได้ยากคือการเกิดโรคติดเชื้อในกุ้ง โดยเฉพาะจากแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* ซึ่งเมื่อกุ้งได้รับเชื้อชนิดนี้จะเกิดเป็นโรคเรืองแสงและตาย การศึกษาระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งจึงมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยง ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีกลไกการป้องกันตนเองเพื่อป้องกันการบุกรุกของจุลินทรีย์ ผ่านโปรตีนในพลาสมา (plasma protein) ในครัสเตเชียนมีเลคติน (lectin) ซึ่งเป็นโปรตีนในฮีโมลิมฟ์ (hemolymph) หรือเลือด ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตนเอง เลคตินเป็นโปรตีนที่จับจำเพาะกับคาร์โบไฮเดรตบนผิวเซลล์ซึ่งทำให้ แบคทีเรีย ไวรัส หรือเซลล์ชนิดต่างๆ เกิดการเกาะกลุ่มได้ เลคตินที่พบโดยทั่วไปเป็นแบบ C ซึ่งต้องการ Ca^{2+} ในการเกิดปฏิกิริยา เลคตินเป็น pattern recognition receptors (PRPs) ชนิดหนึ่งที่มีการศึกษากันมากในสัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลัง พบว่าทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตนเอง เลคตินมีบทบาทสำคัญในการต่อต้านการเกิดโรคโดยแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์บุกรุก โดยเลคตินจับจำเพาะกับน้ำตาลบนผิวเซลล์บุกรุกแล้วกระตุ้นให้มีการเข้าจับของเซลล์ฟาโกไซท์เพื่อทำลายเซลล์แปลกปลอม (Hatakeyama *et al*., 1995) ลิโพโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบที่ก่อโรคกุ้ง และเป็น pathogen-associated molecular patterns (PAMPs) ชนิดหนึ่งที่เลคตินสามารถจับได้อย่างจำเพาะและนำไปสู่การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาบทบาทที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของเลคตินที่จำเพาะต่อลิโพโพลีแซคคาไรด์ (LPS-Lectin) ในกุ้งแชบ๊วย โดยศึกษาเบื้องต้นระดับยีนและการแสดงออกของ LPS-Lectin ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ผลงานวิจัยครั้งนี้จะนำไปศึกษาวิจัยระดับลึกต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการในการเตรียมความพร้อมต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งพีเนียสในอนาคต

วัตถุประสงค์การทำวิจัย

1. เพื่อโคลนและศึกษาสมบัติของยีน LPS- Lectin
2. เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีน LPS- Lectin ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย

วิธีการทดลอง

1. การโคลน cDNA ของยีน LPS-Lectin และการศึกษาคุณสมบัติ

ได้ออกแบบไพรเมอร์จากบริเวณลำดับอนุรักษ์ (conserved sequence) ของกุ้งพีเนียดชนิดต่างๆ ที่มีในธนาคารยีน (GenBank) แล้วใช้เป็นไพรเมอร์ในการสร้าง cDNA ชิ้นกลางของยีน LPS-Lectin ด้วยการทำ PCR โดยใช้ cDNA library ที่เตรียมได้จากตับของกุ้งแชบ๊วย เป็น DNA แม่แบบ จากการโคลน cDNA แล้วหาลำดับเบสพบว่า cDNA ชิ้นกลางที่โคลนได้มีลำดับเบสคล้ายกับของยีน LPS-Lectin ของกุ้งพีเนียดชนิดอื่น มากกว่า 80% บ่งชี้ว่าชิ้น cDNA ที่โคลนได้เป็นชิ้นยีน LPS-Lectin ของกุ้งแชบ๊วย จากลำดับเบสของ cDNA ชิ้นกลางของยีน LPS-Lectin ที่โคลนได้นี้ ออกแบบ gene specific (GS) primer แล้วนำไปใช้ในการทำ 5’ และ 3’ RACE โดยใช้ Total RNA ที่สกัดจากตับ พบว่าโคลนได้ชิ้น cDNA ที่ปลาย 5’ และ 3’ ได้ หลังการวิเคราะห์ นำลำดับเบสของ cDNA ชิ้นกลางชิ้นปลาย5' และ 3' ไปสร้างได้ cDNA สายเต็มของยีน LPS-Lectin ซึ่งศึกษาสมบัติของยีน LPS-Lectin ต่อไป โดยการเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับเบสสายเต็มของยีน LPS-Lectin ที่ได้กับยีนเลคตินในกุ้งหรือครัสเตเชียนชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ในธนาคารยีน ผ่านฐานข้อมูล NCBI จากนั้นวิเคราะห์หาลำดับกรดอะมิโน มวลโมเลกุล บริเวณ Signal peptide รวมทั้งวิเคราะห์หาตำแหน่งโดเมน ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

2. การแสดงออกของยีน LPS-Lectin ในเนื้อเยื่อต่างๆ

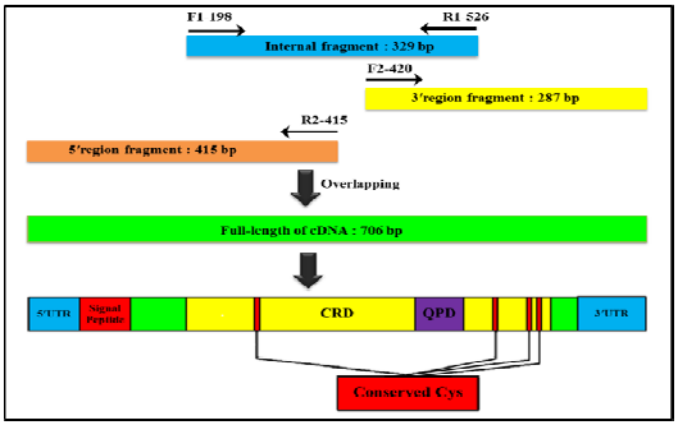
สกัด Total RNA จากเม็ดเลือดและเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย อาทิเช่น ตับ หัวใจ กล้ามเนื้อ เหงือก ต่อมน้ำเหลือง และลำไส้ โดยใช้ TriPure Isolation Reagent (Roche) จากนั้นสังเคราะห์ cDNA สายแรก ด้วยวิธี Reverse transcription โดยใช้ SuperScript™ III RT (Invitrogen) แล้วศึกษาการแสดงออกของยีนด้วยวิธี RT-PCR โดยใช้ 18s rRNA เป็นชุดควบคุม

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

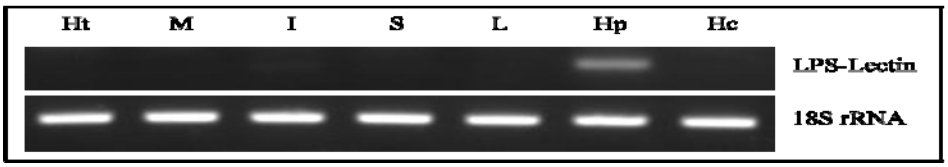
ยีน LPS-Lectin ที่โคลนได้จากตับของกุ้งแชบ๊วยมีนิวคลีโอไทด์ 706 คู่เบส (ภาพที่ 1) ประกอบด้วยปลาย 5´ 53 คู่เบส ปลาย 3´ 101 คู่เบส มี 1 ORF ขนาด 552 คู่เบส ซึ่งแปลเป็นสายเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 184 หน่วย มี

มวลโมเลกุล 20,400 Dalton และมีค่า pI เป็น 5.13 และยังมี Signal peptide ยาว 19 กรดอะมิโน มีโดเมนที่จดจำคาร์โบไฮเดรต (CRD) 1 ตำแหน่ง คือ QPD ซึ่งมีความจำเพาะต่อน้ำตาลกาแลกโตส นอกจากนี้ยีน LPS-Lectin ยังมีตำแหน่งจับ Ca^{2+} ซึ่งบ่งบอกความเป็นเลคตินแบบ C และพบ cysteine ที่อนุรักษ์ 4 หน่วย ที่ใช้ในการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) 2 พันธะ ซึ่งช่วยทำให้โปรตีนมีความเสถียร จากการเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนของ LPS-Lectin พบว่ามีความเหมือนกับของเลคติน ของกุ้งกุลาดำมากที่สุดคือ 88% (ตารางที่ 1) แต่มีความเหมือนกับเลคตินชนิด FmLC ที่เคยรายงานในกุ้งแชบ๊วย (Rattanaporn and Utarabhand, 2011) เพียง 20% บ่งชี้ว่ายีน LPS-Lectin ที่โคลนได้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเลคตินชนิดใหม่อีกชนิดหนึ่งที่พบในกุ้งแชบ๊วย

จากการศึกษาการแสดงออกของ LPS-Lectin mRNA ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย พบว่ายีน LPS-Lectin มีการแสดงออกมากในตับ และมีการแสดงออกน้อยกว่าในเม็ดเลือด (ภาพที่ 2) เลคตินที่มีรายงานในครัสเตเชียนมีหลายชนิดและมีการแสดงออกในหลากหลายเนื้อเยื่อ เช่น เลคตินของกุ้ง *Fenneropenaeus chinensis* ชนิด FcLectin พบเฉพาะในเม็ดเลือด ชนิด Fc-hsL พบในตับ แต่ชนิด FcLec4 พบในกระเพาะ เหงือก ตับ และลำไส้ ส่วนเลคติน PmLec ของกุ้งกุลาดำ พบทั้งใน ตับ ลำไส้ เม็ดเลือด และกระเพาะ เนื่องจากตับและเม็ดเลือดเป็นเนื้อเยื่อที่มีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง โดยสังเคราะห์สารน้ำหรือโปรตีนชนิดต่างๆ รวมทั้งมีบทบาทในการกำจัดจุลินทรีย์ ดังนั้นการที่พบการแสดงออกของยีน LPS-Lectin ทั้งในตับและเม็ดเลือด บ่งชี้ว่า LPS-Lectin เป็นโปรตีนหนึ่งที่น่าจะมีความสำคัญในกลไกการป้องกันตนเองของกุ้งแชบ๊วย



ภาพที่ 1 การโคลนยีน LPS-Lectin และตำแหน่งของโดเมนต่างๆ ที่สำคัญของ LPS-Lectin



รูปที่ 2 การแสดงออกของยีน LPS-Lectin ในเนื้อเยื่อของกุ้งแชบ๊วย โดยวิธี RT-PCR ซึ่งประกอบด้วย Ht, หัวใจ; M, กล้ามเนื้อ; I, ลำไส้; S, กระเพาะ; L, ต่อมน้ำเหลือง; Hp, ตับ และ Hc, เม็ดเลือด

สรุปผลการทดลอง

จากการโคลนยีน LPS-Lectin สายเต็ม พบว่า มีความยาว 706 คู่เบส ซึ่งแปลเป็นสายเปปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 184 หน่วย ยีน LPS-Lectin มีโดเมนที่จดจำคาร์โบไฮเดรต 1 ตำแหน่ง คือ QPD พบการแสดงออกของ mRNA ของ LPS-Lectin มากในเนื้อเยื่อตับและน้อยกว่าในเม็ดเลือด ซึ่งคล้ายกับเลคตินของกุ้งชนิดอื่น ๆ บ่งชี้ว่า LPS-Lectin น่าจะมีบทบาทสำคัญในการร่วมทำงานกับตับในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง ซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาบทบาทของยีน LPS-Lectin ที่ตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำกุ้งให้ติดเชื้อก่อโรคต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งและใช้ในการป้องกันและ/หรือแก้ไขปัญหาโรคติดเชื้อในกุ้งต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความเหมือนระหว่าง LPS-Lectin กับเลคตินชนิดอื่นๆ

	LPS-Lectin	AAZ29608.1 PmLec	AAX63905.1 Fclectin	ADG85661.1 MjLectinB	ACF77004.1 Sbgalectin-1
LPS-Lectin *F. merguiensis*	100	88	34	27	25
AAZ29608.1 PmLec *P. monodon*		100	37	29	26
AAX63905.1 Fclectin *F. chinensis*			100	24	16
ADG85661.1 MjLectinB *M. japonicus*				100	21
ACF77004.1 Sbgalectin-1 *Dicentrarchus labrax*					100

อ้างอิง

Hatakeyama, T., Ouchi, K., Kuroki, M. and Yamasaki, N. (1995). Amino acid sequence of a C-type lectin CEL-IV from the marine invertebrate *Cucumaria echinata*. Biosci. Biotech. Biochem. 59, 1314-1317.

Luo,T., Yang, H., Li, F., Zhang, X. and Xu, X. (2006). Purification, characterization and cDNA cloning of a novel lipopolysaccharide-binding lectin from the shrimp *Penaeus monodon*. Dev. Comp. Immunol. 30, 607-617.

Rattanaporn, O. and Utarabhand, P. (2011). Molecular cloning of a C-type lectin with two CRD domains from the banana shrimp *Fenneropenaeus merguiensis*: Early gene up-regulation after *Vibrio harveyi* infection. J. Invertebrate Pathol. 106, 196-204.

สุพัตรา เทพณรงค์ ดร. อรณิชา รัตนาภรณ์ และ รศ.ดร. ประภาพร อุทารพันธุ์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112 prapaporn.u@psu.ac.th

CH2001: การโคลนและศึกษาสมบัติของยีนโปรตีนที่มีไฟบริโนเจนโดเมนจากกุ้งแชบ๊วย

Cloning and Characterization of Fibrinogen Domain Containing Protein Gene from Banana shrimp (*Fenneropenaeus merguiensis*)

สุทธิรัก ทิพย์รัตน์[1], ประภาพร อุทารพันธุ์[2] และ อรณิชา รัตนาภรณ์[3*]

[1, 2, 3]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ถนนกาญจนวนิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Abstract

Fibrinogen-related proteins play important roles in innate immunity. In the present study, we isolated a fibrinogen domain containing protein gene (FmFBG-P) in banana shrimp *Fenneropenaeus merguiensis*. The full-length cDNA of FmFBG-P gene was 1,031 bp containing an open reading frame (ORF) of 765 bp. FmFBG-P encoded a protein of 255 amino acids with a signal peptide of 22 amino acid residues. Its calculated molecular mass is 29.14 kDa with an estimated pI of 5.97. FmFBG-P contains a 219 amino acid fibrinogen-like domain, a putative N-linked glycosylation site, a Ca^{2+} binding site and four conserved cysteiens. By BLAST analysis, the amino acid sequence of FmFBG-P has highest homology (48% identity) with Tachylectin 5A from *Tachypleus tridentatus*. RT-PCR analysis revealed that FmFBG-P transcript was expressed in all detected tissue and mainly found in hepatopancreas and stomach. The recombinant FmFBG-P was expressed in *Escherichia coli* BL21 star (DE3) and purified by Ni-NTA column. Western blot analysis showed the expression profiles of FmFBG-P proteins in intestine, hemolymph and plasma. These results suggest that FmFBG-P may be involved in the shrimp immune response.

Keywords: Fibrinogen domain, *Fenneropenaeus merguiensis*

บทคัดย่อ

โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับไฟบริโนเจนเป็นโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิด (innate immunity) การศึกษาครั้งคณะผู้วิจัยนี้ได้ทำการโคลนและศึกษาคุณลักษณะของยีนโปรตีนที่มีไฟบริโนเจนโดเมน Fibrinogen domain containing protein gene (FmFBG-P) จากกุ้งแชบ๊วย พบว่า cDNA สายเต็มมีความยาว 1,031 คู่เบส ประกอบด้วยส่วนที่แปลรหัสเป็นโปรตีน (ORF) ที่มีขนาด 765 คู่เบส ซึ่งถอดรหัสได้เป็นสายโพลีเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 255 หน่วย มี signal peptide จำนวน 22 หน่วย มีมวลโมเลกุล เท่ากับ 29.14 กิโลดาลตัน และมีค่า pI เป็น 5.97 ภายในโครงสร้างของ FmFBG-P พบโดเมนที่คล้ายกับไฟบริโนเจน 1 โดเมนซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน 219 หน่วย มีตำแหน่ง N-linked glycosylation 1 ตำแหน่ง มีบริเวณจับกับ Ca^{2+} 1 ตำแหน่ง และมีบริเวณอนุรักษ์ของกรดอะมิโน cysteien 4 ตำแหน่ง เมื่อเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนของ FmFBG-P พบว่ามีความเหมือนกับเลคติน Tachylectin 5A จากแมงดาญี่ปุ่น *Tachypleus tridentatus* มากที่สุดคือ 48% จากการศึกษาการแสดงออกของยีน FmFBG-P โดยวิธี RT-PCR พบการแสดงออกในทุกเนื้อเยื่อ แต่พบการแสดงออกมากที่ตับและกระเพาะอาหาร รีคอมบีแนนท์โปรตีนถูกผลิตใน *Escherichia coli* BL21 star (DE3) และทำให้บริสุทธิ์ด้วยนิเกิลเอ็นทีเอคอลัมน์ จากการศึกษาการแสดงออกของโปรตีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยวิธี Western blot พบปริมาณโปรตีนมากในลำไส้ ฮีโมลิมฟ์ และ พลาสมา จากผลการศึกษายีน FmFBG-P อาจจะมีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง

คำสำคัญ: ไฟบริโนเจนโดเมน กุ้งแชบ๊วย

---

* **ผู้ประสานงาน**

กิตติกรรมประกาศ ขอขอบคุณทุนโครงการความเป็นเลิศสาขาชีวเคมี ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย **และขอขอบคุณภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้**

บทนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจัดเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยในด้านเศรษฐกิจ ในจำนวนกุ้งทะเลหลายชนิด กุ้งแชบ๊วย banana shrimp (*Fenneropenaeus merguiensis*) เป็นกุ้งทะเลที่จับได้จากธรรมชาติเป็นจำนวนมาก และมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย แต่ปัญหาและอุปสรรคที่

สำคัญประการหนึ่งในการเพาะเลี้ยง อันได้แก่ การติดเชื้อก่อโรคในกุ้งที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* และเชื้อไวรัส (virus) โดยเฉพาะโรคตัวแดงดวงขาว (white spot syndrome virus, WSSV) ทำให้กุ้งตายส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาระบบภูมิคุ้มกันโรค (immune system) ในกุ้งชนิดนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลพื้นฐานเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมและแก้ไขปัญหาโรคติดเชื้อในกุ้ง (Bulgakov *et al.*, 2004) ได้ในอนาคต กุ้งเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) มีการป้องกันตัวเองโดยอาศัยระบบภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิด (innate immunity) ไม่มีภูมิคุ้มกันโรคแบบจำเพาะเจาะจงซึ่งทำงานโดยแอนติบอดี (antibody) แต่มีกลไกการป้องกันตนเองเพื่อป้องกันการบุกรุกของจุลินทรีย์ (microorganism) โดยกระบวนการแรกที่สำคัญในการป้องกันตนเองของสัตว์กลุ่มนี้ได้แก่ การจดจำโครงสร้างของผู้บุกรุกโดยอาศัย pattern recognition proteins (PRPs) โปรตีนในกลุ่มนี้มีหลายชนิด โปรตีนชนิดหนึ่งที่มีการศึกษากันมากคือ เลคติน (lectin) ซึ่งจับกับคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) บนผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้เซลล์เกาะกลุ่ม (agglutinate) ส่งผลให้เกิดกระบวนการยับยั้งหรือทำลายผู้บุกรุกต่อไป โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับไฟบริโนเจน (Fibrinogen-Related Proteins, FREPs) จัดเป็น เลคตินชนิดหนึ่งที่มี Fibrinogen (FBG) domain อยู่ภายในโครงสร้าง ซึ่งเป็นโปรตีนที่เพิ่งมีการค้นพบเมื่อไม่นานมานี้ในสัตว์ในกลุ่มนี้ และพบว่าเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อผู้บุกรุก จากรายงานก่อนหน้านี้พบว่าการแสดงออกของ FREPs จากสิ่งมีชีวิตหลายชนิดจะเพิ่มขึ้นหลังจากถูกกระตุ้นด้วยจุลินทรีย์หรือสารที่เป็นองค์ประกอบของจุลินทรีย์ ซึ่งบ่งชี้ได้ว่า FREPs มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน ในปัจจุบันเป็นที่ทราบแน่ชัดว่า FREPs ที่พบในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีคุณสมบัติเป็นเลคติน และสามารถทำให้เกิดการเกาะกลุ่มของแบคทีเรียได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจโคลนยีนและศึกษาสมบัติระดับโมเลกุลของยีน FBG domain containing protein (FmFBG-P) จากกุ้งแชบ๊วย รวมทั้งผลิต Recombinant protein จากยีน FmFBG-P โดยข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาการตอบสนองต่อเชื้อก่อโรคในกุ้งได้ ซึ่งจะทำให้เข้าใจบทบาทของ FmFBG-P ในการป้องกันตนเองหรือที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งแชบ๊วยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อโคลนและศึกษาสมบัติของยีน FmFBG-P จากกุ้งแชบ๊วย
2. เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย
3. เพื่อผลิต Recombinant protein ของ FmFBG-P (rFmFBG-P) ใน *E. coli* BL21 star (DE3)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การโคลน cDNA สายเต็มของยีน FmFBG-P

ออกแบบและสังเคราะห์ไพร์เมอร์จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับไฟบริโนเจนที่มีอยู่ในธนาคารยีน (GenBank) นำไพร์เมอร์ที่ได้มาใช้เพิ่มจำนวนดีเอ็นเอชิ้นกลางโดยใช้ cDNA สายแรกจากตับเป็นดีเอ็นเอแม่แบบ นำชิ้นดีเอ็นไปเชื่อมต่อ (ligate) กับเวคเตอร์ pGEM®-T Easy (Promega) แล้วขนย้าย (transform) เข้าสู่ competent cell *E. coli* (DH5α) นำพลาสมิดที่มีชิ้นยีนส่งหาลำดับนิวคลีโอไทด์ นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นกลางที่ได้มาใช้ออกแบบและสังเคราะห์ไพร์เมอร์สำหรับการเพิ่มจำนวนยีนบริเวณปลาย 3' และ 5' ด้วยเทคนิค RACE (rapid amplification of cDNA ends) นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนทั้ง 3 ชิ้น มาต่อกัน (overlapping) เพื่อให้ได้ลำดับนิวคลีโอไทด์สายเต็ม (full-length) ของยีน FmFBG-P นำลำดับเบสสายเต็มของยีน FmFBG-P ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับลำดับเบสของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ใน Genbank และศึกษาสมบัติต่างๆ ของยีน FmFBG-P ของกุ้งแชบ๊วย

2. การศึกษาการแสดงออกของยีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ

สกัด total RNA จากเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย ได้แก่ กล้ามเนื้อ ลำไส้ หัวใจ ตับ กระเพาะอาหาร lymphoid และเซลล์ฮีโมไซท์ จากนั้นดูการแสดงออกของ mRNA ของยีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ ด้วยวิธี semi-quantitative RT-PCR โดยใช้ β-actin เป็นยีนควบคุม

3. การผลิต Recombinant protein จาก FmFBG-P (rFmFBG-P) และการสังเคราะห์แอนติบอดีต่อ rFmFBG-P ในกระต่าย

ทำการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอของยีน FmFBG-P ในส่วนที่แปลรหัสเป็นโปรตีน (ORF) ด้วยวิธี RT-PCR และเชื่อมเข้าสู่ expression pET32a(+) vector ด้วยเอนไซม์ T4 DNA ligase แล้ว transform เข้าสู่ *E. coli* BL21 star (DE3) จากนั้นทำการกระตุ้นให้มีการสร้างโปรตีนด้วย IPTG และทดสอบการสังเคราะห์โปรตีนด้วย SDS-PAGE จากนั้นทำการสกัดและทำให้โปรตีน rFmFBG-P บริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์ Ni-nitrilotriacetic acid agarose และทดสอบความบริสุทธิ์ด้วย SDS-PAGE จากนั้นนำโปรตีน rFmFBG-P บริสุทธิ์มาทำการสังเคราะห์แอนติบอดีต่อ rFmFBG-P ในกระต่าย

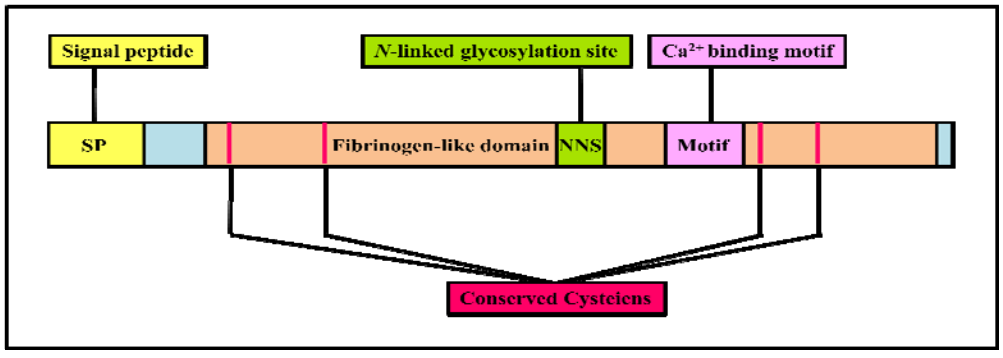
4. วิเคราะห์การแสดงออกของโปรตีน FmFBG-P ด้วยวิธี Western blot

ทำการสกัดโปรตีนจากเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย ได้แก่ กล้ามเนื้อ ลำไส้ หัวใจ ตับ กระเพาะอาหาร lymphoid และเซลล์ฮีโมไซท์ จากนั้นทำการแยกโปรตีนด้วย SDS-PAGE และขนถ่ายโปรตีนลงบนแผ่นไนโทรเซลลูโลส จากนั้นบ่มด้วยแอนติบอดีต่อ rFmFBG-P (Primary antibody) และบ่มต่อด้วยแอนติบอดีต่อ IgG ของกระต่ายซึ่งยึดติดกับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Secondary antibody) จากนั้นทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย TMB substrate kit ตรวจสอบแถบโปรตีนที่มีสีฟ้าที่ปรากฏบนแผ่นไนโทรเซลลูโลส

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การโคลนและศึกษาคุณสมบัติของยีน FBGD-CP

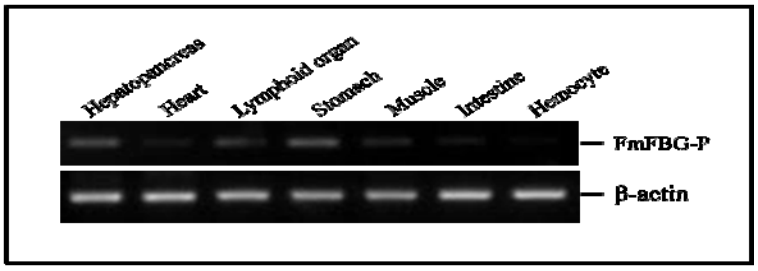
ยีน FmFBG-P มีความยาวของนิวคลีโอไทด์ทั้งหมด 1,031 bp ประกอบด้วยส่วนของ 5' UTR (49 bp), 3' UTR (214 คู่เบส) และส่วนที่แปลรหัสเป็นโปรตีน (ORF) (765 คู่เบส) ที่สามารถแปลเป็นกรดอะมิโนได้ 255 หน่วย (Mw 29.14 กิโลดาลตัน และ pI 5.97) FmFBG-P มี signal peptide จำนวน 22 หน่วย และพบโดเมนที่คล้ายกับไฟบริโนเจน 1 โดเมน ที่มีตำแหน่ง N-linked glycosylation 1 ตำแหน่ง มีบริเวณจับกับ Ca^{2+} 1 ตำแหน่ง และมีบริเวณอนุรักษ์ของกรดอะมิโน cysteien 4 ตำแหน่ง ซึ่งสามารถเกิดเป็นพันธะไดซัลไฟด์ได้ 2 พันธะ ทำให้โครงสร้างของโปรตีน FmFBG-P มีความเสถียรมากขึ้น นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนของ FmFBG-P ที่แยกได้จากกุ้งแชบ๊วยกับโปรตีนอื่นๆ ที่มีโดเมนที่คล้ายกับไฟบริโนเจน พบว่า FmFBG-P มีความเหมือนกับโปรตีน Tachylectin 5A จากแมงดาญี่ปุ่น (*Tachypleus tridentatus*) มากที่สุด คือ 48%



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งต่างๆ ของ FmFBG-P; signal peptide, FBG-likedomain, Ca^{2+} binding motif, N-linked glycosylation site, conserved cysteiens.

2. การศึกษาการแสดงออกของยีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ จากกุ้งแชบ๊วย

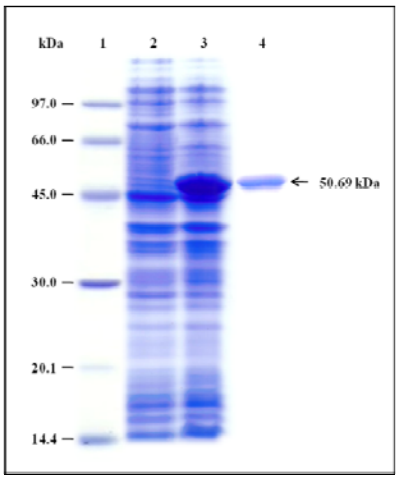
จากการทดลองพบว่ามีการแสดงออกของยีน FmFBG-P ในทุกเนื้อเยื่อ (ดังภาพที่ 2) โดยพบการแสดงออกมากที่ตับและกระเพาะอาหาร ซึ่งบ่งชี้ว่ายีน FmFBG-P อาจมีบทบาทเกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตนเองของกุ้ง เนื่องจากตับเป็นอวัยวะหลักที่มีการสังเคราะห์สารน้ำหรือโปรตีนต่างๆ ที่มีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง



ภาพที่ 2 การแสดงออกของ mRNA ของยีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ จากกุ้งแชบ๊วย ด้วยเทคนิค RT-PCR

3. การผลิต Recombinant protein ของยีน FmFBG-P (rFmFBG-P) ในเซลล์ *E. coli* BL21 star (DE3)

หลังจากกระตุ้นการสร้างโปรตีนภายในเซลล์ *E. coli* BL21 star (DE3) โดยใช้ IPTG ทำการสกัดและทดสอบการสังเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่ามีการสังเคราะห์โปรตีน rFmFBG-P อยู่ในส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble protein) จากนั้นทำให้ rFmFBG-P บริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์ Ni-nitrilotriacetic acid agarose และทดสอบความบริสุทธิ์โดย SDS-PAGE ปรากฏโปรตีนเพียงแถบเดียวที่มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 50.69 กิโลดาลตัน



ภาพที่ 3 แบบแผนโปรตีน FmFBG-P ใน SDS-PAGE ที่ย้อมด้วยสีคูมาซีบลู; แถว 1: โปรตีนมาตรฐาน แถว 2 และ 3: โปรตีนก่อนและหลังเหนี่ยวนำด้วย IPTG และแถว 4: โปรตีน rFmFBG-P บริสุทธิ์

4. การศึกษาการแสดงออกของโปรตีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยวิธี Western blot

เพื่อศึกษาการแสดงออกของโปรตีน FmFBG-P ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย โดยใช้แอนติบอดีต่อ rFmFBG-P ในการวิเคราะห์ พบแถบโปรตีนของ FmFBG-P ที่ลำไส้ ฮีโมลิมฟ์ และพลาสมา แต่ไม่พบการแสดงออกของโปรตีนชนิดนี้ในเนื้อเยื่ออื่นๆ จากผลการศึกษาการแสดงออกทั้งระดับ mRNA และโปรตีนแสดงให้เห็นว่า FmFBG-P น่าจะมีการสร้างที่ตับและกระเพาะอาหารและถูกส่งออกมายังลำไส้และฮีโมลิมฟ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากลำไส้เป็นอวัยวะที่สัมผัสกับเชื้อโดยตรง ส่วนฮีโมลิมฟ์หรือน้ำเลือดก็เป็นที่รวมของสารน้ำที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองของกุ้ง ดังนั้นก็อาจจะเป็นไปได้ที่ FmFBG-P ที่ถูกส่งมายังลำไส้และฮีโมลิมฟ์อาจมีความเกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองของกุ้ง

สรุปผลการทดลอง

การศึกษายีนโปรตีนที่มีไฟบริโนเจนโดเมนจากกุ้งแชบ๊วย พบว่ามีความยาวของนิวคลีโอไทด์ทั้งหมด 1,031 คู่เบส โดยมีส่วนที่แปลรหัสเป็นโปรตีน 765 คู่เบส ซึ่งสามารถถอดรหัสเป็นกรดอะมิโนได้ทั้งสิ้น 255 หน่วย นอกจากนี้ยังพบว่าภายในโครงสร้างของยีน FmFBG-P ประกอบด้วย Fibrinogen-like domain 1 โดเมน มี N-linked glycosylation 1 ตำแหน่ง พบการแสดงออกในระดับ mRNA ของ FmFBG-P ในทุกเนื้อเยื่อที่ทำการทดลอง โดยเฉพาะ ตับ ซึ่งเป็นอวัยวะหลักที่มีการสังเคราะห์สารน้ำหรือโปรตีนต่างๆ ซึ่งมีบทบาทและหน้าที่สำคัญในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง งานวิจัยนี้สามารถผลิต rFmFBG-P เพื่อนำไปสังเคราะห์แอนติบอดีต่อ rFmFBG-P ในกระต่ายได้ จากการทดสอบด้วยวิธี Western blot พบการแสดงออกของโปรตีน FmFBG-P มากที่สุดในลำไส้ รองลงมาคือฮีโมลิมฟ์ จากผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาบทบาทของ FmFBG-P ต่อระบบภูมิคุ้มกันตอบสนองต่อการติดโรคในกุ้งแชบ๊วยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Angthong, P., Watthanasurorot, A., Klinbunga, S., Ruangdej, U., Söderhäll, I. and Jiravanichpaisal, P. (2010). Cloning and characterization of a melanization inhibition protein (PmMIP) of the black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. Fish Shellfish Immunol. 29, 464-468.

Bulgakov, A.A., Park, K., Choi, K.-S., Lim, H.-K. and Chob, M. (2004). Purification and characterization of a lectin isolated from the Manila clam Ruditapes philipinarum in Korea. Fish Shellfish Immunol. 16, 487-499.

Söderhäll, I., Wu, C., Novotny, M., Lee, B.L. and Söderhäll, K. (2009). A novel protein acts as a negative regulator of prophenoloxidase activation and melanization in the freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*. J. Biol. Chem. 284, 6301-6310.

Chai, Y., Zhu, Q., Yu, S.S., Zhao, X.F. and Wang, J.X. (2012). A novel protein with a fibrinogen-like domain involved in the innate immune response of *Marsupenaeus japonicas*. Fish Shellfish Immunol. 32, 307-315.

ผู้เขียน

สุทธิรัก ทิพย์รัตน์, รศ.ดร.ประภาพร อุทารพันธุ์ และ ดร.อรณิชา รัตนาภรณ์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ถนนกาญจนวนิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112 onnicha_cat@hotmail.com

CH2010: การโคลนยีนและสังเคราะห์รีคอมบิแนนท์ของโปรตีนจับลิโพโพลีแซคคาไรด์และเบตา-1,3-กลูแคนจากกุ้งแชบ๊วย

Gene Cloning and Recombinant Expression of Lipopolysaccharide and β-1,3-Glucan Binding Protein (LGBP) from *Fenneropenaeus merguiensis*

อารีรัตน์ เชาว์สมบูรณ์[1] อรณิชา รัตนาภรณ์[2] และ ประภาพร อุทารพันธุ์[3*]

ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Abstract

Lipopolysaccharide and β-1,3-glucan binding protein (LGBP), one kind of the pattern recognition proteins (PRPs), plays an important role in a defense mechanism of invertebrates. It can bind specifically with components of microbial cell wall, lipopolysaccharide (LPS) and β-1,3-glucan. This interaction initiates the innate immune system of shrimp. In the present study, LGBP was cloned and characterized from haemocytes of banana shrimp (*F. merguiensis*). The full length LGBP cDNA of 1,280 bp had an open reading frame encoded a polypeptide of 366 amino acids and two putative cell adhesion (RGD) sites. The recombinant LGBP (RcLGBP) was produced and purified to raise antibody in rabbit. Western blot analysis revealed successful preparation of anti-RcLGBP antibody with a high specificity. Moreover, the expression profiles of LGBP protein were detected by Western blotting only in hepatopancreas and haemocytes, but not in other tissues. This was corresponded well with the LGBP mRNA expression analyzed by RT-PCR that was found only in hepatopancreas and haemocytes (Rattanaporn, 2010). Our data will be benefit for studying a role of LGBP in the defense mechanism of culturing shrimp against pathogenic infection.

Keywords : LGBP, *Fenneropenaeus merguiensis*, Pattern recognition proteins

บทคัดย่อ

โปรตีนที่จับจำเพาะกับลิโพโพลีแซคคาไรด์และเบตา-1,3-กลูแคน (LGBP) เป็นหนึ่งในโปรตีนจดจำที่มีความสำคัญในกลไกการป้องกันตนเองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สามารถจับจำเพาะกับลิโพโพลีแซคคาไรด์ และเบตา-1,3-กลูแคนซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์จุลินทรีย์ แล้วกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของกุ้ง งานวิจัยนี้ได้โคลน LGBP จากฮีโมไซท์ของกุ้งแชบ๊วย cDNA สายเต็มของยีนนี้มีความยาว 1,280 คู่เบส มีส่วนที่ถอดรหัสเป็นโพลีเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 366 หน่วย และมีบริเวณเกาะยึด (RGD) 2 ตำแหน่ง ได้ทำการผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน LGBP (RcLGBP) แล้วนำไปสังเคราะห์แอนติบอดีต่อ RcLGBP ในกระต่าย เมื่อทดสอบด้วยวิธี Western blot พบว่าแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์มีความจำเพาะสูง และเมื่อทดสอบด้วยวิธีเดียวกันพบการแสดงออกของโปรตีน LGBP เฉพาะในตับและเซลล์ฮีโมไซท์ แต่ไม่พบการแสดงออกของโปรตีนนี้ในเนื้อเยื่ออื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับยีน LGBP ที่แสดงออกเฉพาะในตับและเซลล์ฮีโมไซท์ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี RT-PCR (Rattanaporn, 2010). จากผลงานวิจัยนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาบทบาทของ LGBP ต่อกลไกการป้องกันตนเองจากการติดโรคในกุ้งเพาะเลี้ยงต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : โปรตีนจับจำเพาะกับลิโพโพลีแซคคาไรด์และเบตา-1,3-กลูแคน, กุ้งแชบ๊วย, โปรตีนจดจำ

---

*ผู้ประสานงาน

กิตติกรรมประกาศ งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยสงขลาครินทร์ และขอขอบคุณภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้

บทนำ

กุ้งทะเลเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ กุ้งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจคือ กุ้งแชบ๊วย (*Fenneropenaeus merguiensis*) เป็นกุ้งชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพาะเลี้ยง เนื่องจากเป็นกุ้งพื้นเมือง มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ดูแลอนุบาลง่ายและโตเร็วกว่าลูกกุ้งกุลาดำ แต่การเพาะเลี้ยงกุ้งในระบบหนาแน่น ทำให้กุ้งอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย การเพาะเลี้ยงกุ้งให้ปราศจากโรคจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตของการเลี้ยงกุ้งเพิ่มสูงขึ้นคุ้มต้นทุน การศึกษาโปรตีนที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งจึงมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยง

สัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนมีระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ทั้งแบบระบบที่อาศัยเซลล์ และ ระบบภูมิคุ้มกันในน้ำเลือด เป็นกลไกการป้องกันตนเองผ่านโปรตีนในพลาสมา ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะถูกออกแบบเพื่อจดจำรายละเอียดที่บอกถึงความแตกต่างของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด LGBP จัดเป็นโปรตีนจดจำ (pattern recognition proteins, PRPs) ชนิดหนึ่งที่พบว่าทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตนเองในสัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเกิดจากการที่ LGBP จับกับองค์ประกอบของผนังเซลล์จุลินทรีย์ คือลิโพโพลีแซคคาไรด์ (LPS) หรือเบตา-1,3-กลูแคน จากนั้นสารประกอบเชิงซ้อนนี้จะไปกระตุ้นตัวรับบนเมมเบรนของเซลล์ฮีโมไซท์ที่มีกรานูล (Duvic and Söderhäll, 1990) แล้วชักนำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ตามมา งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาโมเลกุลระดับยีนและบทบาทของ LGBP ในกุ้งแชบ๊วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อโคลนและศึกษาสมบัติของยีน LGBP
2. เพื่อผลิต Recombinant protein จากยีน LGBP ซึ่งจะนำไปใช้สังเคราะห์แอนติบอดี เพื่อใช้ศึกษาการแสดงออกของโปรตีน LGBP ในเนื้อเยื่อต่างๆ ด้วยวิธี Western blot

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การโคลนและศึกษาสมบัติของยีน LGBP

โคลน cDNA ของยีน LGBP จากฮีโมไซท์ของกุ้งแชบ๊วยโดยอาศัยเทคนิค PCR จากนั้นนำผลผลิต PCR ที่บริสุทธิ์เชื่อมต่อกับ cloning vector แล้ว transform เข้า competent cell และสกัดพลาสมิดเพื่อส่งวิเคราะห์หาลำดับเบส เพื่อให้ได้ cDNA สายเต็มของยีน LGBP ออกแบบไพรเมอร์จากส่วนปลายทั้งสองข้างของชิ้น cDNAนำไปทำ 5’ และ 3’ RACE นำลำดับเบสสายเต็มของยีน LGBP ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับยีน LGBP ของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ใน Genbank และศึกษาสมบัติต่างๆ ของยีน LGBP ของกุ้งแชบ๊วย

2. การผลิต Recombinant protein จากยีน LGBP และการสังเคราะห์แอนติบอดี

โคลน cDNA สายเต็มที่มีตำแหน่งจำเพาะกับ *Sac* I และ *Xho* I และย่อยด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Sac* I และ *Xho* I เช่นเดียวกับใน expression pET32a(+) vector จากนั้นเชื่อมชิ้นส่วนยีนกับ vector แล้วขนย้ายเข้าสู่ *Escherichia coli* BL21 (DE3) star กระตุ้นการสร้างโปรตีนด้วย IPTG แล้วสกัดแยกโปรตีน และทำให้ RcLGBP บริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์ Ni-nitrilotriacetic acid agarose (Ni-NTA) นำโปรตีน RcLGBP บริสุทธิ์ไปฉีดกระต่าย จากนั้นทำบริสุทธิ์แอนติบอดี ด้วยคอลัมน์ DEAE-Sephacel และทดสอบความจำเพาะของแอนติบอดีโดยการทำ Western blot

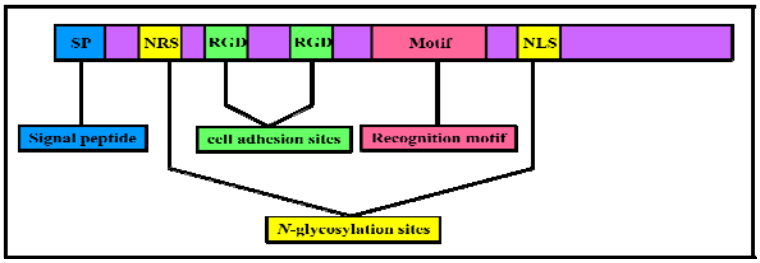
3. การศึกษาการแสดงออกของโปรตีน LGBP ในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยวิธี Western blot

บดเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งแชบ๊วย ได้แก่ ฮีโมลิมฟ์ พลาสมา เซลล์ฮีโมไซท์ กล้ามเนื้อ ลำไส้ หัวใจ ตับ กระเพาะอาหาร และ lymphoid แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี SDS-PAGE และ Western blot ต่อแอนติบอดีของ LGBP

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การโคลนและศึกษาสมบัติของยีน LGBP

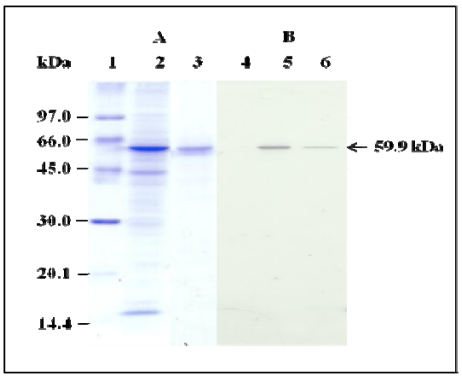
cDNA สายเต็มของยีน LGBP ที่โคลนได้จากกุ้งแชบ๊วยมีนิวคลีโอไทด์ 1,280 คู่เบส ประกอบด้วยส่วนปลาย 5’ และ 3’ UTR ขนาด 30 และ 152 คู่เบส ตามลำดับ และส่วนที่แปลรหัสเป็นโปรตีน (ORF) 1,098 คู่เบส ซึ่งสามารถแปลเป็นสายโพลีเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 366 หน่วย และมีส่วนของ signal peptide ยาว 17 หน่วย มีมวลโมเลกุลของ mature protein 41.6 kDa และมีค่า pI เป็น 4.43 ยีน LGBP มีตำแหน่ง *N*-glycosylation และ RGD ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับการจับของเซลล์ฮีโมไซท์กับสิ่งแปลกปลอมต่างๆ นอกจากนี้ยังพบตำแหน่ง glucanase-like domain และตำแหน่งจดจำสำหรับโพลีแซคคาไรด์ เมื่อเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับกรดอะมิโนของยีน LGBP ของกุ้งแชบ๊วยกับกุ้งชนิดอื่น พบว่าเหมือนกับของกุ้ง *Fenneropenaeus chinensis* มากที่สุด คือ 96%



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งต่างๆ ภายในยีน LGBP

2. การผลิต Recombinant protein จากยีน LGBP (RcLGBP) ในเซลล์ *E. coli*

หลังจากกระตุ้นการสร้างโปรตีนด้วย IPTG ทำการสกัดโปรตีน พบว่ามีการสังเคราะห์โปรตีน LGBP ในส่วนที่ไม่ละลาย (insoluble fraction) (ภาพที่ 2 แถวที่ 4) จากการทำบริสุทธิ์โปรตีนด้วยคอลัมน์ Ni-NTA และทดสอบความบริสุทธิ์โดย SDS-PAGE ปรากฏโปรตีนเพียงแถบเดียวที่มีมวลโมเลกุล 59.9 kDa (ภาพที่ 2 แถวที่ 5)



ภาพที่ 2 แบบแผนโปรตีน LGBP ใน SDS-PAGE ที่ย้อมด้วยสีคูมาซีบลู : แถว 1 โปรตีนมาตรฐาน, แถว 2 crude protein ก่อนกระตุ้นด้วย IPTG, แถว 3 และ 4 crude protein ที่กระตุ้นด้วย IPTG (soluble และ insoluble fraction ตามลำดับ) และแถว 5 RcLGBP บริสุทธิ์

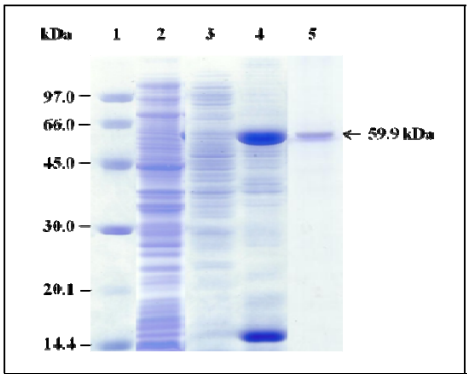
3. การผลิตแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์

ในการเตรียมแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์ พบว่าสามารถกระตุ้นให้กระต่ายสร้างแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์ได้ เมื่อทดสอบความจำเพาะของแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์โดยวิธี Western blot ปรากฏเฉพาะแถบโปรตีน 1 แถบ ดังแสดงผลในภาพที่ 3B แถวที่ 5 และ 6 ซึ่งมีมวลโมเลกุล 59.9 kDa ไม่เกิดปฏิกิริยากับโปรตีนแถบอื่น ๆ ในโปรตีนมาตรฐาน (ภาพที่ 3B แถวที่ 4) หรือของ crude protein (ภาพที่ 3B แถวที่ 5) บ่งชี้ว่าแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์ที่สังเคราะห์ได้มีความจำเพาะสูง

4. การศึกษาการแสดงออกของโปรตีน LGBP ในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยวิธี Western blot

เพื่อศึกษาการแสดงออกของโปรตีน LGBP ในเนื้อเยื่อต่างๆของกุ้งแชบ๊วย โดยใช้แอนติบอดีต่อ RcLGBP ในการวิเคราะห์ พบแถบโปรตีน LGBP ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 39.9 kDa และมีการแสดงออกของโปรตีน LGBP ในตับและเซลล์ฮีโมไซท์ แต่ไม่พบการแสดงออกของโปรตีนชนิดนี้ในเนื้อเยื่ออื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการแสดงออกในระดับ mRNA ของยีน LGBP (Rattanaporn, 2010) ที่พบเฉพาะในตับและเซลล์ฮีโมไซท์ จากผลการศึกษาการแสดงออกทั้งระดับ mRNA และโปรตีนแสดงให้เห็นว่า LGBP น่าจะมีการสร้างและทำงานที่ตับและเซลล์ฮีโมไซท์ของกุ้งแชบ๊วย

ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่มีบทบาทต่อกลไกป้องกันตนเองของกุ้ง และยังพบในทำนองเดียวกับยีนอื่นที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน บ่งชี้ว่า LGBP น่าจะมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งแชบ๊วยเช่นกัน



ภาพที่ 3 แบบแผนโปรตีนของ LGBP บริสุทธิ์ ใน SDS-PAGE ที่ย้อมด้วยสีคูมาซีบลู (A) และใน Western blot ซึ่งบ่มด้วยแอนติบอดีต่อ LGBP บริสุทธิ์ (B) : แถวที่ 1 และ 4 โปรตีนมาตรฐาน, แถวที่ 2 และ 5 crude protein และแถวที่ 3 และ 6 RcLGBP บริสุทธิ์

สรุปผลการทดลอง

การศึกษายีน LGBP ของกุ้งแชบ๊วย พบว่ามีนิวคลีโอไทด์ 1,280 คู่เบส ที่สามารถถอดรหัสเป็นสายโพลีเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน 366 หน่วย และมีตำแหน่ง RGD 2 ตำแหน่ง งานวิจัยนี้สามารถผลิต RcLGBP เพื่อนำไปสังเคราะห์แอนติบอดีต่อ RcLGBP ในกระต่ายได้ จากการทดสอบด้วยวิธี Western blot พบว่าแอนติบอดีต่อ RcLGBP บริสุทธิ์มีความจำเพาะสูง และพบการแสดงออกของโปรตีน LGBP มากที่สุดในตับ รองลงมาคือเซลล์ฮีโมไซท์ โดยไม่พบการแสดงออกในเนื้อเยื่ออื่น ๆ ของกุ้ง จากผลการศึกษานี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาบทบาทของ LGBP ต่อระบบภูมิคุ้มกันตอบสนองต่อการติดโรคในกุ้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Duvic, B. and Söderhäll, K. (1990). **Purification and characterization of β-1,3-glucan binding protein from the plasma of the crayfish *Pacifastacus leniusculus*.** J. Biol. Chem. 265, 9332-9337.

Rattanaporn, O. (2010). **Molecular cloning and characterization of lectin and lipopoly-saccharide and β-1,3-glucan binding protein genes from banana shrimp, *Fennero-penaeus merguiensis*.** Ph.D. Thesis in Biochemistry, Prince of Songkla University.

ผู้เขียน

อารีรัตน์ เชาว์สมบูรณ์ ดร. อรณิชา รัตนาภรณ์ และ รศ.ดร. ประภาพร อุทารพันธุ์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112 prapaporn.u@psu.ac.th

A.N.H.SCIENTIFIC MARKETING CO.,LTD.

A.N.H. Scientific Marketing Co., Ltd. was established in 1983 with the goals to provide high quality products and high standards of customer services in the field of Life Sciences. We have strong commitment in providing customers with an efficient manner and complete service experiences. Customer satisfaction is our priority strategy.



CORNING LAB

JRScientific Inc. advantage inside Bellco BIOTECHNOLOGY

TEL: 0-2973-5070-3 FAX: 0-2973-5074 Website: www.anhsci.com

CERNTEK : YOUR CERTIFIED TECHNOLOGY

CERNTEK COMPANY LIMITED

AT CERNTEK, WE PROVIDE CERTIFIED TECHNOLOGY WITH HIGH-END TECHNIQUES



ADVANCED EQUIPMENTS		Field of Applications
BALANCE UNIT	-	Food/ Agriculture
UV-Visible Spectrometer	-	Forensic Science
Fluorescent Spectrometer	-	Material Science
Gas Chromatography	-	Environmental
High Performance Liquid Chromatography	-	Pharmaceutical
Auto Titration	-	Building materials
X-ray Fluorescence Spectrometer	-	Quality Control
Particle Size Analyzer	-	Quality Assurance
C/S and N/O Analyzer	-	Research and Development
Water Quality		

OUR PARTNER :

EDWARDS HORIBA Explore the future Precisa Hitachi High-Technologies Corporation

CERNTEK Co.,LTD
ADDRESS :257 Soi Phetkasem 102/2 Bangkae Sub-district,, Bangkae District, Bangkok 10160, Thailand
Tel : (66)-2-8093050 FAX : (66)-2-8094118

· G i b t h a i P r o d u c t s ·

LABORATORY PRODUCTS DIVISION



GOnDO

Benchtop pH Meter combines with Stirrer



GT SCIEN

TOGA Clean Systems for Improvement of Laboratory Environment



Metertech

AccuReader - Absorbance Microplate Reader



DATHAN Scientific

Autoclave



MECASYS

OPTIZEN 3220UV bio NanoBiometer



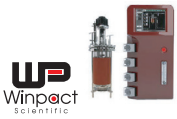
Amerex Instruments, Inc.

Benchtop & Upright Incubator Shaker



Dometic

Blood Bank Refrigerators



Winpact Scientific

Cell Cultivation, Fermentation System and Software



Julabo

Shaking Water Bath



ClorDiSys

Chlorine Dioxide Gas Generators / Gas Vacuum Sterilization Chambers



TORREY PINES SCIENTIFIC

Hot Plate Stirrer, 9 Positions



ESCO

Biohazard Class II Safety Cabinet



SHEL LAB

Incubator & Oven



MPW MED. INSTRUMENTS

Laboratory & Medical Centrifuges



LabArmor

Waterless Bead Bath



GPERON

Bulk Tray Type Freeze Dryer



ROCKER

Laboratory Filtration Equipment



CONSOLIDATED STERILIZER SYSTEMS

Steam Sterilizer (Autoclaves)



sigma Laborzentrifugen

Laboratory Table top Centrifuge



adrona

Water Purification System



sartorius stedim biotech

Combisart® Multi-Branch Manifold, with funnels and lids



sartorius stedim biotech

BIOSTAT® B plus Laboratory Bioreacter



Haier

Inspired living

Blood Bank/Pharmacy Refrigerators, Deep Freezer



Biosafe Life Sciences

Alkaline Hydrolysis Tissue Digestor

Cuisine Market



fusion Chef by Julabo

Premium Sous Vide Culinary Equipment



ORVED

Vacuum Packaging Machine & Sous Vide Cooking Bag



OPTIPURA

Air Purifier, Sanitizer, Deodorizer



Freshield

Vacuum Sealer & canister

LIFE SCIENCE PRODUCTS DIVISION



HIMEDIA

Dehydrated Culture Media Bases & Supplements, Cell Culture Media



UVP

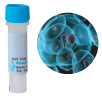
GelDoc-It TS Stand Alone Bioimaging System



BIOSAN

Medical–Biological Research & Technologies

Boxes of Biosafety - UV cabinet



PEPROTECH

Not Just Cytokines!

Cytokines, ELISA Kits, Recombinant Proteins And Antibodies



SPL LIFE SCIENCES

Culture Flasks & Plasticwares



MicroDigital Co., Ltd.

Sample Banking System



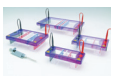
Biotix

Neptune Filter Tip & Tube



BIOHIT

Proline Plus Pipettors, Fully Autoclavable



Cleaver Scientific Ltd

Multi Sub Electrophoresis System



ambion | RNA by life technologies

Ambion® products represent years of RNA expertise



invitrogen by life technologies

Countess® Automated Cell Counter



gibco | cell culture by life technologies

GIBCO® - The Most Trusted Brand for Cell Culture Products

molecular probes | labeling & detection by life technologies

Qubit® Quantitation System

NanoEnTek

JuLI™ Smart Fluorescent Cell Analyzer

schuett-biotec.de

Bunsen Burner, Anaerobic Jar, Colony Counter

MS major science

Elite Dry Bath Incubator

AMRESCO®

Ultra Pure Reagents for Life Science Research

GeneDireX®

Protein and DNA Ladders, Gel Staining Reagents & Molecular Biology Reagents

BRADY

BMP™21 Portable Label Printer

RBCBioscience

Genomic Extraction Kit, Cloning Kit & Ladders

Arise BIOTECH

EzMate™ 401 Automated Pipetting System

NANOHELIX

Reliable Partner for DNA Technologies

DNA/RNA Amplification Enzymes & Kits

gibthai A 3N HOLDING COMPANY

GIBTHAI CO., LTD.

Head Office
3N HOLDING HOUSE, 44/6 Suthisarnvinitchai Road, Samsennok, Huay Kwang, Bangkok 10320, Thailand
Tel : (66) 0 2274 8331
Fax : (66) 0 2274 8336, (66) 0 2274 8580
Customer Hotline : (66) 0 2274 7480
E-mail : info@gibthai.com
Website : www.gibthai.com

Northern Branch
Hill Side 3, 1 soi 8 Nimmanhamin Rd., Suthep, Muang, Chiangmai 50200
Tel : (66) 0 5321 9818-9, (66) 0 5321 9896
Fax : (66) 0 5321 9866
E-Mail : gtchiangmai@gibthai.com

Southern Branch
43/54 Punnakan Road, KohHong, Hatyai, Songkla 90110
Tel : (66) 0 7420 1934-6
Fax : (66) 0 7420 1364
E-Mail : gthatyai@gibthai.com

บริษัท กิบไทย จำกัด

สำนักงานใหญ่
อาคาร กรีเอ็น โฮลดิ้ง เอ้าส์ 44/6 ถนนสุทธิสารวินิจฉัย แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10320
โทร : (66) 0 2274 8331
แฟกซ์ : (66) 0 2274 8336, (66) 0 2274 8580
Customer Hotline : (66) 0 2274 7480
E-mail : info@gibthai.com
Website : www.gibthai.com

สาขาภาคเหนือ
อาคารชุดฮิลล์ไซด์ 3 เลขที่ 1 ซอย 8 ถนนนิมมานเหมินทร์ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทร : (66) 0 5321 9818-9, (66) 0 5321 9896
แฟกซ์ : (66) 0 5321 9866
E-Mail : gtchiangmai@gibthai.com

สาขาภาคใต้
43/54 ถนนปุณณกันท์ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
โทร : (66) 0 7420 1934-6
แฟกซ์ : (66) 0 7420 1364
E-Mail : gthatyai@gibthai.com