



วารสารวิจัย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2560)

ISSN : 2465-4507

Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University

Vol. 2 No. 1 (January - June 2017)

01
LEARN

02
EXPLORE



03
THINK

04
COMMUNICATE



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



วารสารวิจัย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2560)

ISSN : 2465-4507

Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University

Vol. 2 No. 1 (January - June 2017)

01
LEARN

02
EXPLORE

03
THINK

04
COMMUNICATE



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นสื่อกลางการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยี และ การวิจัย
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระตุ้นการวิจัยและการพัฒนา การเรียนการ
สอนเพื่อเพิ่มจำนวนผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิทยาศาสตร์ และเป็นสื่อกลางในการ
ติดต่อสื่อสารระหว่างนักวิทยาศาสตร์

กำหนดออก ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม

สถานที่ติดต่อ

งานวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักงานคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาคารปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้น 2
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์
ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-009-009 ต่อ 3295, 3222, 3260
โทรศัพท์/โทรสาร 044-272-939
E-mail : scijournal@nrru.ac.th suwichak.p@nrru.ac.th
Website : <http://www.sciencetech.nrru.ac.th>

ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิเชียร ฝอยพิกุล
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผศ.รุจิรา อุพานิช
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ดร.ดวงธิดา โคตรโยธา
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.วาสนา ภาณุรักษ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

รองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.บุปผชาติ ตอบุญสูง มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ฝ่ายจัดการวารสาร

นายสุวิจักขณ์ ปรีกกระโทก
นางสาวนวรรณ ถกจิตรัส
นางสาวพิชานันท์ ศรีหมื่นไวย

กองบรรณาธิการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

รศ.กมลทิพย์ กลีภักดิ์
รศ.ดร.ณภัทร น้อยน้ำใส
รศ.ดร.ไทยปัญญา จันทุม
รศ.สุกัญญา กล่อมจ่อหอ
ผศ.ดร.นิรันดร์ คงฤทธิ์
ผศ.ดร.แสงเพชร พระฉาย
ดร.จิณณวัตร มานะเสถียร
ดร.วราวุธ ธนะมูล
ดร.ณพฐ์ โสภพันธ์
ดร.จิรารัตน อุ่นเมตตาอารี
ดร.สายฝน อาชนะชัย คอห์นฮอร์สต์
ดร.อาภา สอนเสาวภาคย์
ดร.อ่อนลมี กมลอินทร์
อาจารย์เจษฎา ทิพย์สุขศรี
อาจารย์สุทธรรค์ ดันสิริ

กองบรรณาธิการภายนอกมหาวิทยาลัย

ศ.(กิตติมศักดิ์) อารัง เปรมปรีดี
ศ.ดร.ประนอม จันทโรทัย
ศ.ดร.บงอร ศรีพานิชกุลชัย
ศ.ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ
ศ.ดร.สุสันต์ หอพิบูลสุข
รศ.ดร.นฤมล แสงประดับ
รศ.ดร.สมจิตร์ อาจอินทร์
ผศ.ดร.รัชดาภรณ์ เบญจวัฒน์นันท์
รศ.ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ
รศ.ดร.พรรณธิภา ณ เชียงใหม่
รศ.ดร.วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ
รศ.ดร.นิตยา เกิดประสพ
รศ.ดร.กิตติศักดิ์ เกิดประสพ
รศ.ดร.ทัศนีย์ เสาวนะ
รศ.ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง
รศ.ดร.กรกช อินทรพิเชฐ
รศ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล
รศ.ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห์
ผศ.ดร.เขมวิทย์ จันตะมา
ผศ.ดร.ปราโมทย์ พงศ์คำ
ผศ.ดร.รัชฎาพร อุ่นศิริวิไลย์
ผศ.ดร.จิตรา สิงห์ทอง
ผศ.ดร.ชิตชล ผลารักษ์
รศ.ยุทธนา สมิตะสิริ
ผศ.ดร.ญาณิศา ละอองอุทัย
ผศ.ดร.นพดล ตั้งสกุล
ผศ.ดร.ชจิตพรพรณ กฤตพลวิมาน
ดร.สรวิศ เผ่าทองสุข
ผศ.ดร.เฉลิมพล เยื้องกลาง
ดร.จารุพงษ์ บรรเทา

รศ.สุพรรณิ ภูงาม
รศ.ดร.ธิดา ผาดีแสนะ
รศ.วัฒนาภรณ์ ไชยรัตนชัย
ผศ.ดร.สายสุนีย์ จักร
ผศ.ดร.ธราพงษ์ เพ็ชรประยูร
ดร.บุษราคัม ป้อมทอง
ดร.ศิวพร พงศ์คำ
ดร.ทฤษฎ์ลักษณ์ วิริยะ
ดร.อังคณา ชาดิโก้น
ดร.วิชรพงษ์ วงศ์เขียว
สพ.ญ.ดร.แคทรียา สุวรรณ
ดร.ทองทิพย์ สละวงศ์ลักษณ์
ดร.วรุทธิ์ เดชตานนท์
อาจารย์เอนก ศรีสุวรรณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยี
ชีวภาพแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

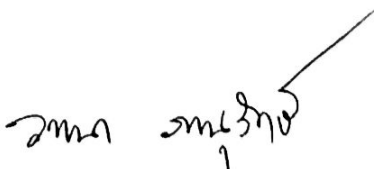


บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2560) ได้จัดทำขึ้น โดยหน่วยวิจัยและบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นวารสารทางวิชาการซึ่งบทความวิจัยทุกเรื่องจะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา วารสารนี้รับผลงานทางวิชาการที่เป็นต้นฉบับ ในรูปแบบบทความวิจัย บทความวิจัยสื่อสารอย่างสั้น และบทความวิชาการปริทรรศน์ สามารถเลือกส่งได้ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการที่มีคุณค่าแก่ผู้ที่สนใจทั่วไป เป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าในการวิจัย และเป็นการแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการวิจัย โดยวารสารเคร่งครัดในเรื่องผลงานวิชาการที่เป็นต้นฉบับ และไม่ใช้ผลงานที่คัดลอก วารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ เป็นรายหกเดือน (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม) โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (journal online) ในรูปวารสารทางอิเล็กทรอนิกส์ และมีการเผยแพร่ในรูปแบบเล่มสำหรับจัดส่งให้ห้องสมุดหรือหน่วยงานอื่นที่สนใจ มีขอบเขตบทความวิจัยที่สามารถลงตีพิมพ์ได้ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ
2. วิทยาศาสตร์สุขภาพ
3. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. วิทยาศาสตร์เพื่อสังคมและชุมชน

ในการตีพิมพ์ฉบับนี้กองบรรณาธิการได้พิจารณาบทความที่ได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอก ลงตีพิมพ์เผยแพร่จำนวน 8 บทความ ในการนี้กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอเชิญชวนนักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา เครือข่ายหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องรวมถึงภาคเอกชน ภาคประชาสังคม ส่งบทความที่ดี ๆ มีประโยชน์เผยแพร่ต่อสาธารณชนในการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิชาการ และการพัฒนาต่างๆ ต่อไป และหากท่านใดประสงค์ที่จะสมัครเป็นสมาชิก สามารถสมัครได้ตามระเบียบการตีพิมพ์แนบท้ายวารสารนี้


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา พานุรักษ์)
บรรณาธิการ

สารบัญ

ระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศสำหรับประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง Air Quality Monitoring System for Health Impact Assessment Using Internet of Things Technology ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์ Chaiwut Wuttisit	1
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไม้ตามระยะเวลาการปลูกกับพื้นที่ดินเค็มอำเภอนนสูง จังหวัดนครราชสีมา The Correlation Analysis of bamboo Plamtation time with saline area in Non Song District, Nakhon Ratchasima province. วิฑูรย์ ประจวบสุข, อโนทัย ฮวบขุนทด และอภิสิทธิ์ พร้อมจันทร์ Wittawat Prajuabsook, Anothai Huabkhunthod and Aphisit Promchanthuek	10
การผลิตและทดสอบสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัส Production and Physical Properties of Charcoal Briquette by Cassava Rhizome Mix Eucalyptus ยุทธนา ปานนท์, อรพรรณ คำภาพันธ์ และบุปผชาติ ต่อบุญสูง	20
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตกะทิเสริมด้วยโปรไบโอติก Development of Coconut Milk Yogurt Ice Cream Supplemented with Probiotics อนุศักดิ์ ไทยโคกสูง, ปริญญา พงษ์นิติย์, อารยา รานอก, กิ่งนาง ตะมะรวย และชนิดา กุประดิษฐ์	30
การพัฒนาและสร้างแบบจำลองหมู่บ้านจัดสรรต้นแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม The Development and Modeling of Environmentally Housing Estate สุรศักดิ์ เทศประสิทธิ์	42
การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานบางประการจากการเจริญเติบโตของแอมฟิพอด Changing of some morphological characters due to the development of <i>Floresorchestia boonyanusithii</i> กรรณิการ์ ปัทมัย, วรณิภา คุ่มหมู่, ชัยฉัตร บุญญานุสิทธิ์ และกรรกร วังษ์กำแหง	48
Effect of Low Cost Organic Compost on Growth of Water Spinach (Ipomoea aquatica Forsk) Duangkamon Tongtawon, Nisachol Komkaew, Yupa Pootaeng-on, Monnat Yamyang, Chanika Chanthasa, Saowapar Khianggam, Mana Kanjanamaneesathian and Pantipa Na Chiangmai	54
Changes in Culm Height and Lodging of Upland Rice Grown in Amended Soil with Organic Compost Monnat Yamyang, Naline Kaewked, Yupa Pootang-on, Chanika Chanthasa, Mana Kanjanamaneesathian, Weerapun Kunkeaw and Pantipa Na Chiangmai	60

ระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศสำหรับประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Air Quality Monitoring System for Health Impact Assessment Using Internet of Things Technology

ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์
Chaiwut Wuttisit

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการทางด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศสำหรับประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากมลพิษทางอากาศจากปริมาณความหนาแน่นของฝุ่นละอองและควันในระดับ PM2.5 และ PM10 โดยอาศัยหลักการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศแบบเวลาจริงด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง หรือ IOT โดยมองเห็นความสำคัญทางด้านการเตรียมความพร้อมการป้องกันในเบื้องต้นในการที่จะสามารถเข้าไปตรวจสอบหรือบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบจากฝุ่นละอองและควัน โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนทางด้านฮาร์ดแวร์ ได้ออกแบบการทำงานโดยใช้ NodeMCU ในการประมวลผลจากเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควัน และในส่วนซอฟต์แวร์จะใช้เก็บข้อมูลสภาพอากาศที่ได้จากการตรวจวัดระดับฝุ่นละอองและควันและแสดงผลบนหน้าปัดของคลาวด์ IOT และเก็บข้อมูลระดับดัชนีคุณภาพอากาศ หรือ AQI จากผลการทดสอบพบว่าระบบที่ออกแบบสามารถทำงานและแยกระดับดัชนีคุณภาพอากาศได้จริงตามตารางมาตรฐานและยังสามารถบอกสถานะระดับความรุนแรงได้

คำสำคัญ : พีเอ็ม 2.5 พีเอ็ม 10 ดัชนีคุณภาพอากาศ อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Abstract

This article presents modern technological methods used monitoring and examine for health impact assessment of air pollution from PM2.5 and PM10 based on the principle of real-time air quality monitoring with internet of things technology. By looking at the importance of initial preparedness protection for initial for exposure to dust and smoke by divides into two parts : the hardware part design using NodeMCU for processing effect from dust and smoke sensor and the software part to collect the weather data from dust and smoke levels and display visualize on dashboard of IOT Cloud Service and air quality index or AQI. From Test Result showed that the design system was able to operate and classify the air quality index in accordance with the standard schedule and also to indicate to severity status.

Keywords : PM2.5, PM10, Air Quality Index, Internet Of Things

บทนำ

การติดตามและเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศได้รับความสนใจเป็นอย่างมากทั้งในด้านการวิจัยเพื่อกำหนดคุณภาพของอากาศและสิ่งแวดล้อมรวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดที่สำคัญ เนื่องจากระดับคุณภาพอากาศมีปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทั้งในด้านสุขภาพและระบบทางเดินหายใจ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นดังกล่าวมีสาเหตุมาจากกิจกรรมที่ดำเนินในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็น ด้านการเกษตร ด้านคมนาคมขนส่ง หรือแม้แต่ในบริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรม การปล่อยควันเสียหรือฝุ่นละออง เป็นผลทำให้ประชากรที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศเหล่านี้ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อาทิเช่น ระบบทางเดินหายใจ โรคหอบหืด โรคหลอดเลือดสมองและมะเร็งปอดล้วนเป็นผลมาจากมลพิษทางอากาศ สำหรับคนที่มีการหายใจเข้าไปหรือได้รับปริมาณฝุ่นละอองและควันในปริมาณมากหรืออยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงในด้านสุขภาพของประชากรรวมถึงสภาพแวดล้อม ซึ่งในปี 2010 คณะกรรมาธิการยุโรปได้ออกกฎหมายห้ามฝ้ายหรือก่อให้เกิดระดับอันตรายของฝุ่นละอองและควันระดับ PM10 (Wei Ying Yi, et al., 2015) สำหรับการควบคุมคุณภาพอากาศเพื่อเป็นการลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันในเมืองใหญ่ ๆ ยังไม่มีแผนการจัดการคุณภาพอากาศที่ดีเนื่องจากยังขาดระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศแบบเวลาจริง (Real-Time) และในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับคุณภาพอากาศ (สุดจิต คุรุจิต และ นเรศ เชื้อสุวรรณ, 2556) ยังมีขนาดใหญ่ ขั้นตอนการตรวจวัดที่ซับซ้อนและงบประมาณที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ที่ค่อนข้างสูง และในการตรวจสอบในบริเวณที่มีพื้นที่คับแคบในการตรวจหาสาเหตุของมลพิษทางอากาศยังไม่มีระบบที่สามารถเข้าถึงและหาสาเหตุได้ทันทั่วทั้งที่ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) (Jonathan Holdowsky, et al., 2015) จึงเป็นแนวคิดและกระบวนการวิธีใหม่ที่เริ่มเป็นนิยามกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ซึ่งถูกนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์และพัฒนาเป็นระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและควันเพื่อตรวจสอบปริมาณคุณภาพอากาศแบบไร้สายโดยจะเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศดังกล่าวไว้บน Cloud Service ของระบบ IoT ซึ่งสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังเพื่อนำมาวิเคราะห์ได้

เทคโนโลยี IoT มีขอบเขตการทำงานแบบอัจฉริยะ ไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมอัจฉริยะรวมถึงการตรวจสอบสภาพแวดล้อมในระบบ IoT จะมีเซนเซอร์ คอยตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ เช่น ลักษณะคุณภาพอากาศ สภาพแวดล้อมทั่วไป ระดับอุณหภูมิ ความชื้นและความกดอากาศ รวมไปถึงระดับฝุ่นละอองและควัน จากนั้นจะนำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หรือการ

แจ้งเตือนเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามารถควบคุมการทำงานเป็นระบบอัจฉริยะได้ ในบทความนี้ฟังก์ชันในการทำงานสำหรับ IoT สำหรับการตรวจสอบคุณภาพอากาศการดำเนินงานของระบบดังกล่าวได้นำเสนอวิธีการในการตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นฝุ่นละอองและควันระดับ PM2.5 และ PM10 รวมถึงดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index หรือ AQI) ในการบอกระดับความรุนแรง และการใช้อุปกรณ์ที่ง่ายและสามารถติดตั้งบนยานพาหนะได้หรือการใช้แหล่งจ่ายสำรองเช่นเดียวกับอุปกรณ์พกพาได้และมีราคาไม่แพง การพัฒนาระบบดังกล่าวจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศที่มีประสิทธิภาพที่แสดงผลแบบเวลาจริงได้

การทบทวนวรรณกรรม

ระบบที่พัฒนาโดย (S. Syamala Devi and G. Vijaykiran., 2017) นำเสนอทางเลือกในการใช้เทคโนโลยี IoT ในการเฝ้าระวังตรวจสอบสภาพแวดล้อมโดยใช้เซนเซอร์ตรวจสอบคุณภาพอากาศ เปรียบเทียบกับเซนเซอร์ในการตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นแต่ระบบยังไม่มีการบอกถึงระดับความรุนแรงและอันตรายจากคุณภาพอากาศที่ได้รับ และยังได้มีการนำระบบสมองกลฝังตัวไปใช้ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศและวิเคราะห์บนพื้นฐานทางด้าน IoT โดยนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมซึ่งพัฒนาโดย (Jadhav Aditya S., et al., 2016) โดยเน้นในด้านการตรวจสอบก๊าซแต่ละชนิดทั้งภายในพื้นที่หรือที่อยู่อาศัยเพื่อตรวจสอบการแพร่กระจายของก๊าซที่เป็นอันตราย

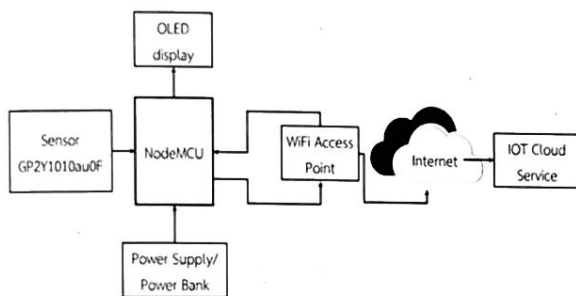
ระบบที่นำเสนอ

ในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการที่สามารถบอกระดับความรุนแรงของดัชนีคุณภาพอากาศ โดยอาศัยหลักการเขียนโปรแกรมจากตารางมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศมาทำการเปรียบเทียบกับตัวเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควันรุ่น GP2Y1010au0F โดยในบทความนี้จะทดสอบการตรวจวัดปริมาณคุณภาพอากาศโดยกำหนดบริเวณ 2 ส่วน คือ การติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและควันในบริเวณสภาพแวดล้อมทั่วไปและการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ในบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองและควัน ซึ่งจะนำข้อมูลที่เป็นค่าอนาล็อก (Analog Data) มาทำการประมวลผลด้วย NodeMCU โดยจะแสดงผลบนหน้าปัด (Dashboard) และจัดเก็บข้อมูลระดับดัชนีคุณภาพอากาศที่เกิดจากฝุ่นละอองและควันจากระดับ PM2.5 และ PM10 บน Cloud Service ของ IoT และที่บอร์ด NodeMCU จะมีอุปกรณ์แสดงผลแบบเวลาจริงที่สามารถดูค่าระดับความหนาแน่นฝุ่นละอองและควันและดัชนีคุณภาพอากาศ จากนั้นจะนำผลที่ได้มาประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นที่มี

ผลต่อสุขภาพ หากได้รับในปริมาณที่มาก และยังสามารถแสดงสถานะแจ้งเตือนระดับความรุนแรงของการวัดดัชนีคุณภาพอากาศได้

วิธีการออกแบบระบบ

ในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการออกแบบโดยใช้ Node MCU ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานเป็นหลัก จากภาพที่ 1 ซึ่งจะเป็นบล็อกไดอะแกรมหลักของระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและควันเพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยอาศัยเทคโนโลยี IOT



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมหลักของระบบตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศด้วย NodeMCU

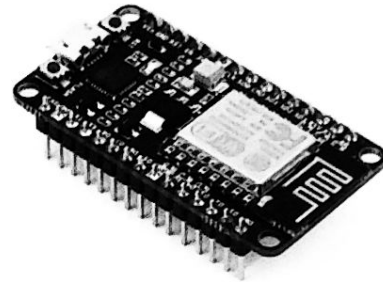
จากภาพที่ 1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศโดยอาศัยรูปแบบการทำงานของ IOT Cloud Service ในการเก็บข้อมูลและแสดงผลการทำงานแบบเวลาจริง ซึ่งเริ่มต้นจากการวางแผนเซอร์ในตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับฝุ่นละอองและควันเพื่อวัดปริมาณคุณภาพอากาศซึ่งข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเซนเซอร์ GP2Y1010au0F จะเป็นแบบอนาล็อกผ่านขา ADC หรือ Analog to Digital Conversion ของ NodeMCU และยังสามารถแสดงข้อมูลความหนาแน่นฝุ่นละอองและควันและบอกค่าดัชนีคุณภาพอากาศผ่านจอแสดงผล OLED และเช่นเดียวกันก็จะมีการส่งข้อมูลไปยัง Cloud Service ของ IOT ในรูปแบบกราฟบน Cloud Visualize Freeboard มีสถานะแจ้งเตือนระดับความรุนแรงบนตัวระบบ และเก็บข้อมูลระดับดัชนีคุณภาพอากาศ 7 ระดับ บน Thingspeak IOT ซึ่งผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบหรือเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบจากระดับฝุ่นละอองและควันได้จากทุกแห่ง

การออกแบบการใช้งาน

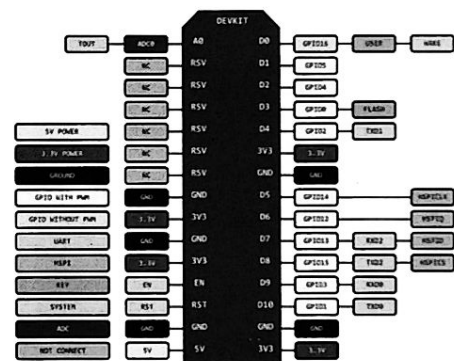
1. NodeMCU V1.0

ในการทำงานหลักของระบบได้ออกแบบการทำงานโดยใช้ NodeMCU V1.0 ดังภาพที่ 2 ในการประมวลผล ซึ่งตัว NodeMCU จะมีขา (Pin) ในการต่อใช้งานทั้งทางด้านอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งในภาพที่ 3 จะแสดงลักษณะไดอะแกรมขาบนตัว

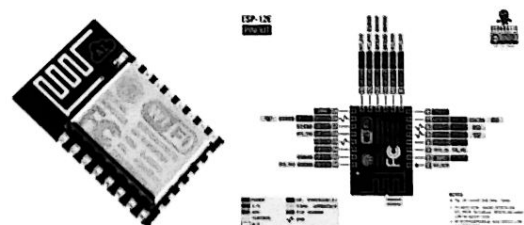
บอร์ด NodeMCU เพื่อนำไปกำหนดการทำงานในโปรแกรมเป็นแพลตฟอร์มแบบ Open Source ของ IOT รวมถึงการอัปเดต Firm ware ที่สำคัญซึ่งสามารถทำงานได้โดยใช้ชิพประมวลผล ESP8266 WiFi รุ่น 12E และไดอะแกรมการใช้งานของ ESP8266 ดังภาพที่ 4 ซึ่งถูกบรรจุลงในบอร์ด NodeMCU และในบทความนี้ได้พัฒนาโปรแกรมในการทำงานสำหรับ NodeMCU บน Compiler ของ Arduino IDE เวอร์ชัน 1.6.8 (Simon Monk., 2014)



ภาพที่ 2 ลักษณะตัวบอร์ด NodeMCU V1.0



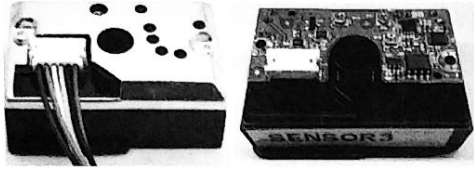
ภาพที่ 3 ลักษณะไดอะแกรมขาบนตัวบอร์ด NodeMCU



ภาพที่ 4 ลักษณะชิพ ESP8266-12E และขาที่ใช้ใช้งาน (ธนสรสวรรค์ วรรณมงคล, 2015)

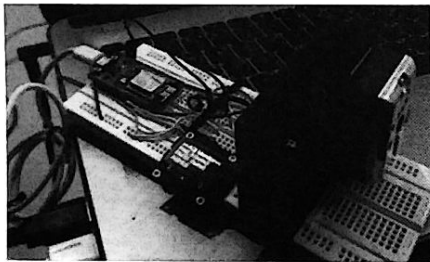
2. เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควัน

เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควัน รุ่น GP2Y1010 auf (Texas Instruments, 2015) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ โดยสามารถวัดได้ตั้งแต่ขนาดอนุภาคเล็กกว่า 2.5 ไมครอน หรือ PM2.5 ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและควันแบบอนาล็อก

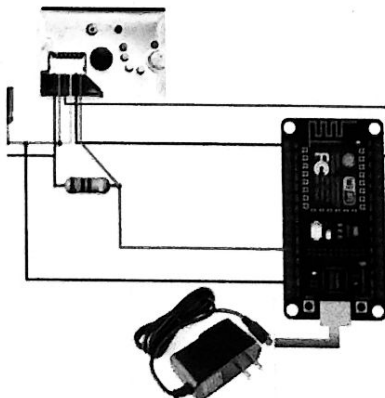
จากภาพที่ 5 เป็นโครงสร้างภายในตัวเซนเซอร์แบบ Optical ใช้พลังงานต่ำ ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบอนาล็อกมีหน่วยวัดมาตรฐานเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) มีเกนที่ผู้ใช้แบ่งช่วงคุณภาพของอากาศเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเซนเซอร์ ทำให้ง่ายต่อการนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผล และในภาพที่ 6 เป็นลักษณะการต่อใช้งานกับ NodeMCU



ภาพที่ 6 ลักษณะของอุปกรณ์ตรวจวัด

3. วงจรการทำงาน

ในบทความนี้ได้ออกแบบลักษณะวงจรการทำงานของระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศโดยใช้อุปกรณ์หลัก 2 ส่วน คือ NodeMCU V1.0 และเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควัน GP2Y1010au0F ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วงจรการทำงานของระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและควันเพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศ

จากภาพที่ 7 เป็นวงจรการทำงานพื้นฐานของระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและควันเพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยเทคโนโลยี IOT โดยจะประกอบไปด้วยส่วนของวงจรตัวเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควัน โดยข้อมูลจากตัวเซนเซอร์จะเป็นแบบอนาล็อกไปยังขา ADC ของบอร์ด NodeMCU โดยจะมีตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองความถี่ต่ำผ่านให้กับตัวเซนเซอร์ ตัวเก็บประจุที่ใช้งาน จะใช้ขนาด 220 μF โดยจะใช้ Micro USB เป็นตัวทำหน้าที่อัปโหลดโปรแกรม หรือใช้แหล่งจ่ายไฟสำรองผ่านสาย Micro USB เพื่อทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรได้

4. การทำงานร่วมกับอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IOT) (Kevin Ashton, 1999) ได้เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 โดย Kevin Ashton แห่ง MIT's Media Center ในบทความนี้ได้ออกแบบการทำงานผ่าน Cloud Service ของ IOT 2 ลักษณะ คือ การเก็บข้อมูลและการแสดงผลแบบเวลาจริง ดังภาพที่ 8 และ 9 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 หน้าโปรแกรมแสดงการทำงานแบบเวลาจริงผ่านหน้าปัด Visualize Freeboard



ภาพที่ 9 หน้าโปรแกรมแสดงการทำงานแบบเวลาจริงพร้อมเก็บลงใน Storage ของ Thingspeak

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความเสี่ยง

ความสัมพันธ์ความเสี่ยง (Relative Risk) ถูกนำมาวิเคราะห์ถึงคุณภาพอากาศและเป็นการเฝ้าระวังผลกระทบจากฝุ่นละอองและควันในระดับ PM2.5 และ PM10 ดังในตารางที่ 1 จากการนำผลที่ได้จากระดับดัชนีคุณภาพอากาศมาทำการวิเคราะห์ถึงระดับความเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพลงในตาราง จากนั้นนำค่าที่ได้จากตารางที่ 1 มาวิเคราะห์ดังสมการที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

Risk Topic	Sensitive-Group		
	Present	Absent	
Sensitive-Group	a	B	a+b
Non-Sensitive	c	d	c+d

$$RR = \frac{d_{\text{SensitiveGroup}}}{d_{\text{Non-Sensitive}}} = \frac{a / (a + b)}{c / (c + d)} \quad (1)$$

จากสมการที่ 1 เป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตารางความสัมพันธ์ความเสี่ยงที่อาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพจากระดับ PM2.5 และ PM10 จากกลุ่มผู้ที่มีความไวทางด้านระบบทางเดินหายใจกับระดับของฝุ่นละอองและควันจากระดับความรุนแรงของ PM2.5 และ PM10

ผลการทดลอง

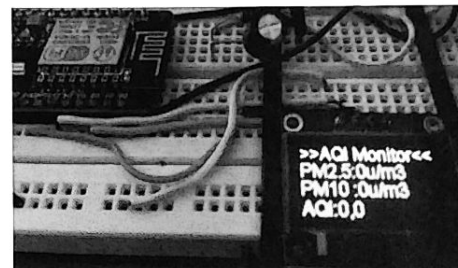
1. การทำงานในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 10 ลักษณะการแสดงผลเมื่อตรวจพบระดับฝุ่นละอองและควันที่มีความหนาแน่นสูง



ภาพที่ 11 ลักษณะการแสดงผลเมื่อไม่มีการตรวจพบฝุ่นละอองและควัน

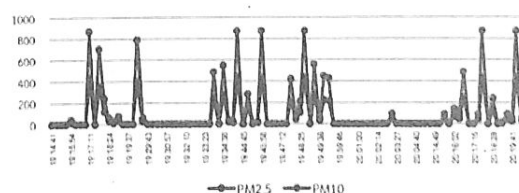


ภาพที่ 12 หน้าส่วนแสดงผลการทำงานด้วย OLED

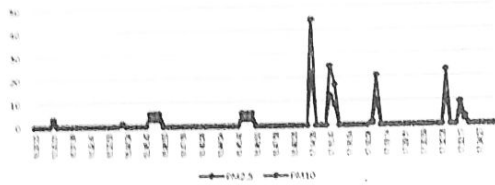
จากภาพที่ 10 และภาพที่ 11 เป็นลักษณะของการแสดงผลการทำงานของระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและควันเพื่อตรวจวัดระดับคุณภาพอากาศโดยในภาพที่ 10 จะเป็นสถานะเมื่อมีการตรวจพบฝุ่นละอองและควันมีปริมาณความหนาแน่นสูงหรือในปริมาณที่มาก ส่วนในภาพที่ 11 จะเป็นสถานะเมื่อไม่มีการตรวจพบฝุ่นละอองและควัน และภาพที่ 12 จะเป็นลักษณะจอแสดงผลการทำงานการตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นของฝุ่นละอองและควันในระดับ PM2.5 และ PM10 เทียบกับดัชนีคุณภาพอากาศด้วยจอแสดงผลแบบ OLED

2. ผลการทดลองการตรวจวัดระดับฝุ่นละอองและควัน

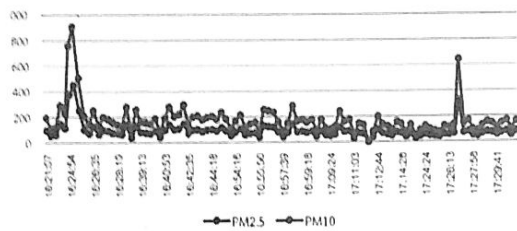
ผลการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศโดยแสดงกราฟความหนาแน่นของระดับฝุ่นละอองและควันจากระดับ PM2.5 และ PM10 โดยมีรายละเอียดดังนี้



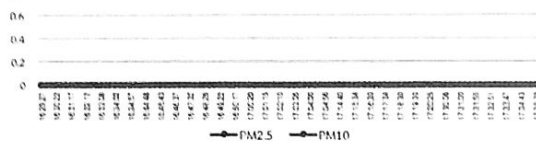
ภาพที่ 13 ลักษณะกราฟการตรวจวัดระดับ PM2.5 และ PM10 ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น



ภาพที่ 14 ลักษณะกราฟการตรวจวัดระดับ PM2.5 และ PM10 ในบริเวณที่มีอากาศปลอดโปร่ง



ภาพที่ 15 ลักษณะกราฟการตรวจวัดระดับ PM2.5 และ PM10 ในบริเวณที่มีการเผาไหม้ขยะมูลฝอย



ภาพที่ 16 ลักษณะกราฟการตรวจวัดระดับ PM2.5 และ PM10 ในบริเวณที่อยู่ในห้องปิด

จากภาพที่ 13 เป็นลักษณะของกราฟความหนาแน่นฝุ่นละอองและควันจากระดับ PM2.5 และ PM10 จากการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นจะมีลักษณะความหนาแน่นเป็นช่วงๆ แต่จะมีขนาดความหนาแน่นค่อนข้างสูง ในส่วนภาพที่ 14 จะเป็นลักษณะของกราฟความหนาแน่นฝุ่นละอองและควันที่ตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศบริเวณที่มีอากาศปลอดโปร่งมีโอกาสเพียงเล็กน้อยที่จะตรวจจับระดับฝุ่นละอองและควันได้ ซึ่งมีขนาดความหนาแน่นค่อนข้างน้อย และในภาพที่ 15 จะเป็นการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองและควันโดยตรงและมีระยะใกล้โดยการทดสอบนี้จะวัดปริมาณจากบริเวณที่มีการเผาไหม้ของขยะมูลฝอยจะมีลักษณะความหนาแน่นของระดับ PM2.5 และ PM10 ที่มีค่าความหนาแน่นไม่สูงมากนัก แต่จะมีความต่อเนื่องซึ่งทำให้ความหนาแน่นโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงและในส่วนของภาพที่ 16 จะเป็นการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในบริเวณที่เป็นห้องปิดจะมีโอกาสตรวจจับระดับฝุ่นละอองและควันน้อยมาก ซึ่งจากภาพที่ 13 ถึงภาพที่ 16 จะเป็นการทดสอบการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในหัวข้อนี้จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยง (Relative Risk) โดยจะแสดงการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มผู้ที่มีความไวต่อระบบทางเดินหายใจ จากตารางดัชนีคุณภาพอากาศดังภาพที่ 17 จากผลกระทบของความหนาแน่นฝุ่นละอองและควัน ในระดับอนุภาค PM2.5 และ PM10 (Texas Instruments, 2015) ดังแสดงในตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 5 ตามลำดับ

PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	AQI	Category
0.0 to 12.0	0 to 54	0 to 50	Good/Perfect
12.1 to 35.4	55 to 154	51 to 100	Moderate
35.5 to 55.4	155 to 254	101 to 150	Unhealthy for sensitive groups
55.5 to 150.4	255 to 354	151 to 200	Unhealthy
150.5 to 250.4	355 to 424	201 to 300	Very unhealthy
250.5 to 350.4	425 to 504	301 to 400	Hazardous
350.5 to 500.4	505 to 604	401 to 500	Very hazardous

ภาพที่ 17 ดัชนีคุณภาพอากาศทั้ง 7 ระดับ

จากผลการเลือกการวิเคราะห์ระดับดัชนีคุณภาพอากาศที่มีผลกระทบด้านสุขภาพสำหรับผู้ที่มีความไวต่อระบบทางเดินหายใจที่อยู่ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น จากระดับ PM2.5 และ PM10 ในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ คือ มีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบเท่ากับ 0.06 คือ มีโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจที่มีความไวต่อการได้รับฝุ่นละอองและควันจะเพิ่มไปถึง 0.06 เท่า เนื่องจากความหนาแน่นจากบริเวณการจราจรเป็นจะมีการกระจายตัวในอากาศได้รวดเร็ว จึง

พบว่าจะมีการตรวจพบความหนาแน่นของฝุ่นละอองและควันเป็นบางช่วง

ในส่วนของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากกลุ่มผู้ที่มีความไวต่อระบบทางเดินหายใจที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองและควันในระดับ PM2.5 และ PM10 ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองและควันจากแหล่งกำเนิดโดยตรงที่มีการเผาไหม้ของขยะมูลฝอย ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของ PM2.5 ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น

Risk Topic for PM2.5	Respiratory diseases		
	Present	Absent	
Sensitive-Group	7	113	120
Non-Sensitive	113	7	120

$$RR_{PM2.5} = \frac{7 / (120)}{113 / (120)} = 0.06$$

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของ PM10 ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น

Risk Topic for PM10	Respiratory diseases		
	Present	Absent	
Sensitive-Group	7	113	120
Non-Sensitive	113	7	120

$$RR_{PM10} = \frac{7 / (120)}{113 / (120)} = 0.06$$

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของ PM2.5 ในบริเวณที่มีการเผาไหม้ขยะมูลฝอย

Risk Topic for PM2.5	Respiratory diseases		
	Present	Absent	
Sensitive-Group	93	27	120
Non-Sensitive	26	94	120

$$RR_{PM2.5} = \frac{93 / (120)}{26 / (120)} = 3.58$$

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของ PM10 ในบริเวณที่มีการเผาไหม้ขยะมูลฝอย

Risk Topic for PM10	Respiratory diseases		
	Present	Absent	
Sensitive-Group	58	62	120
Non-Sensitive	64	56	120

$$RR_{PM10} = \frac{58 / (120)}{64 / (120)} = 0.91$$

จากผลการเลือกการวิเคราะห์ระดับดัชนีคุณภาพอากาศที่มีผลกระทบด้านสุขภาพสำหรับผู้ที่มีความไวต่อระบบทางเดินหายใจที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองและควันในระยะใกล้อย่างต่อเนื่อง จากระดับ PM2.5 ในตารางที่ 4 พบว่ามีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบเท่ากับ 3.58 คือ มีโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจที่มีความไวต่อการได้รับฝุ่นละอองและควันจะเพิ่มไปถึง 3.58 เท่า และผลกระทบจากระดับ PM10 ในตารางที่ 5 พบว่ามีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบเท่ากับ 0.91 คือ มีโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจที่มีความไวต่อการได้รับฝุ่นละอองและควันจะเพิ่มไปถึง 0.91 เท่า

จากตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 5 เป็นการเลือกระดับดัชนีคุณภาพอากาศ ในระดับที่ 3 คือ ผู้ที่มีความไวในการได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองและควันที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจหรือระดับที่เริ่มมีความรุนแรงและเป็นอันตรายต่อสุขภาพในระยะเริ่มต้น

สรุปผลการวิจัยและแนวทางการพัฒนา

ในบทความวิจัยนี้จะอธิบายเกี่ยวกับหลักการออกแบบและใช้งานระบบตรวจสอบระยะใกล้เพื่อตรวจวัดและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศโดยวัดระดับความหนาแน่นของปริมาณฝุ่นละอองและควันในระดับอนุภาค PM2.5 และ PM10 เพื่อวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ โดยอาศัยเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งร่วมกับการใช้งานเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและควัน โดยใช้ NodeMCU V1.0 ในการประมวลผลการทำงาน โดยอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมีขนาดเล็ก ราคาไม่แพงสามารถนำไปติดตั้งเพื่อทำการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศได้ในสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงสามารถใช้แหล่งพลังงานสำรองพร้อมจอแสดงผลแบบเวลาจริงได้ และสามารถตรวจสอบการทำงานผ่านหน้าเว็บบน Cloud Service ของ IOT ระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนแนวทางในการพัฒนาครั้งต่อไปอาจมีการออกแบบระบบให้สามารถ

วิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละอองและควันที่ปะปนและกระจายอยู่ในอากาศหรือสภาพแวดล้อมว่าเป็นชนิดใดเพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ผลในเชิงลึกได้หรือหาแนวทางป้องกันเพื่อทำให้ระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยฉบับนี้และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่เอื้อเฟื้อสถานที่ปฏิบัติการทดสอบและอุปกรณ์การทดสอบ ขอขอบคุณบริษัท วินัสค์ ซัพพลาย จำกัด สำหรับการอนุเคราะห์ให้คำแนะนำการใช้งานอุปกรณ์และแหล่งข้อมูลความรู้

เอกสารอ้างอิง

- Wei, Ying, Yi, Kin, Ming, Lo, Terrence, Mak, Kwong, Sak, Leung, Yee, Leung, and Mei Ling Meng (2015). A Survey of Wireless Sensor Network Based Air Pollution Monitoring Systems. *Sensors* 2015, 15, 31392-31427.
- สุดจิต ครุจิต และ นเรศ เชื้อสุวรรณ (2556). ระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศบูรณาการระยะที่ 2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Jonathan Holdowsky, Monika Mahto, Michael E., Raynor and Mark Cottleer (2015). *Inside the Internet of Things (IoT). A primer on the technologies building the IOT* Deloitte Development LLC All rights reserved.
- S. Syamala Devi and G. Vijaykiran (2017). *Things of Internet Based Smart Environmental Monitoring Using NodeMCU*. *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, Vol.06.

Jadhav Aditya, S., Pawar Vishwajeet P., Jorwekar Sagar R., and Jadhav Vidya P., (2016). **Industrial Air Pollution Monitoring and Analysis System**. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 6, Issue 3, March.

Texas Instruments (2015). **PM2.5/PM10 Particle Sensor Analog Front-End for Air Quality Monitoring Design**. TIDUB65C- December Revised May Texas Instruments Incorporated.

ธนสรสวรรค์ วรณมงคล (2015). รู้จักกับ Arduino ESP8266 (NodeMCU). [Online] available; <http://www.ayarafun.com/2015/08/>.

Kevin Ashton, (1999). **Internet of Things**. MIT's Media Center.

Simon Monk. (2014). **Programming Arduno Next Steps**. McGraw-Hill Education New York.

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไผ่
ตามระยะเวลาการปลูกกับพื้นที่ดินเค็ม
อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

The Correlation Analysis of bamboo Plamtation time
with saline area in Non Song District,
Nakhon Ratchasima province.

วิทวัส ประจวบสุข, อโนทัย ฮวบขุนทด และอภิสิทธิ์ พร้อมจันทร์

Wittawat Prajuabsook, Anothai Huabkhunthod and Aphisit Promchanthuek

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไผ่ตามระยะเวลาการปลูกกับพื้นที่ดินเค็ม ใน อ.โนนสูง จ.นครราชสีมา และเพื่อนำข้อมูลดินเค็มที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรวจสอบความสอดคล้องกับชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน โดยนำมาวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และจัดทำแผนที่ดินเค็ม จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม เพื่อนำมาซ้อนทับกับชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง และความน่าเชื่อถือของข้อมูลต่อไป

ผลการศึกษาพบว่า ไผ่แต่ละพันธุ์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ปลูกและพื้นที่ดินเค็มโดยรอบแบบตรง กล่าวคือหากระยะการปลูกเพิ่มขึ้นแต่ละปี จะส่งผลให้ปริมาณระดับค่าความเค็มลดลง ผลการวิเคราะห์พบว่าไผ่สีสุกมีความสามารถในการลดระดับความเค็มของดินได้มากที่สุด รองลงมาคือไผ่เลี้ยง และไผ่พันธุ์อื่นๆ ชนิดพันธุ์ไผ่แต่ละพันธุ์และระยะเวลาการปลูกเพิ่มขึ้นแต่ละปีมีประสิทธิภาพในการแสดงความสัมพันธ์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดินได้ถูกต้องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R^2 ของไผ่เลี้ยง เท่ากับ 0.9939 ไผ่สีสุก เท่ากับ 0.7581 ไผ่พันธุ์อื่น ๆ เท่ากับ 0.7941 แสดงว่าระยะเวลาการปลูกไผ่แต่ละพันธุ์ สามารถใช้พยากรณ์ตัวแปรตามได้ และผลจากการซ้อนทับข้อมูลระหว่างแผนที่ดินเค็มที่จัดทำขึ้นจากผลการแผนที่ดินเค็มที่ได้จากการสำรวจ และแผนที่ดินเค็มจากชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 65.71

คำสำคัญ : ไผ่ , การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ,การซ้อนทับข้อมูล

Abstract

Objective of this study is to an analysis of the relationship between age of bamboo plamtation and saline soil in Non Song District, Nakhon Ratchasima province. And to bring the data at the salt from the Analysis to verify compliance with the data of the Land Development Department. By applying the analysis of the equation linear regression line is easy and create a plan that salt from the survey field information to overlap with the ground floor of the Land Development Department to verify the consistency and reliability of the following information

The study found that the bamboo species of each have a relationship with the amount of time the growing area and salt around the straight-that is, if the distance to grow up each year will result in the amount of the salinity value down. The results of the analysis found that the bamboo, cooked has the ability to reduce

หลักสูตรสาขาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 30000

"corresponding outhor,e-mail Anothai2537@hotmail.com

the level of salt and ground of the most is bamboo banquet and bamboo species of others. The type species of bamboo species of each phase and grown up each year the performance to show the relationship to the change the salinity value of the land is valid from the Correlation Coefficient R^2 of *Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. is equal to 0.9939 *Bambusa blumeana* equal to 0.7581 bamboo species of more equal to 0.7941. Show that the duration of the plant species but now plants can use to forecast variables by and the results from the overlapping data between the map salt that is created from the results of the plan that salt from the survey and the map salt from the data of the Land Development Department found that has the correct percent 65.71

Keywords : Bamboo , Simple linear regression , Overlay Data

บทนำ

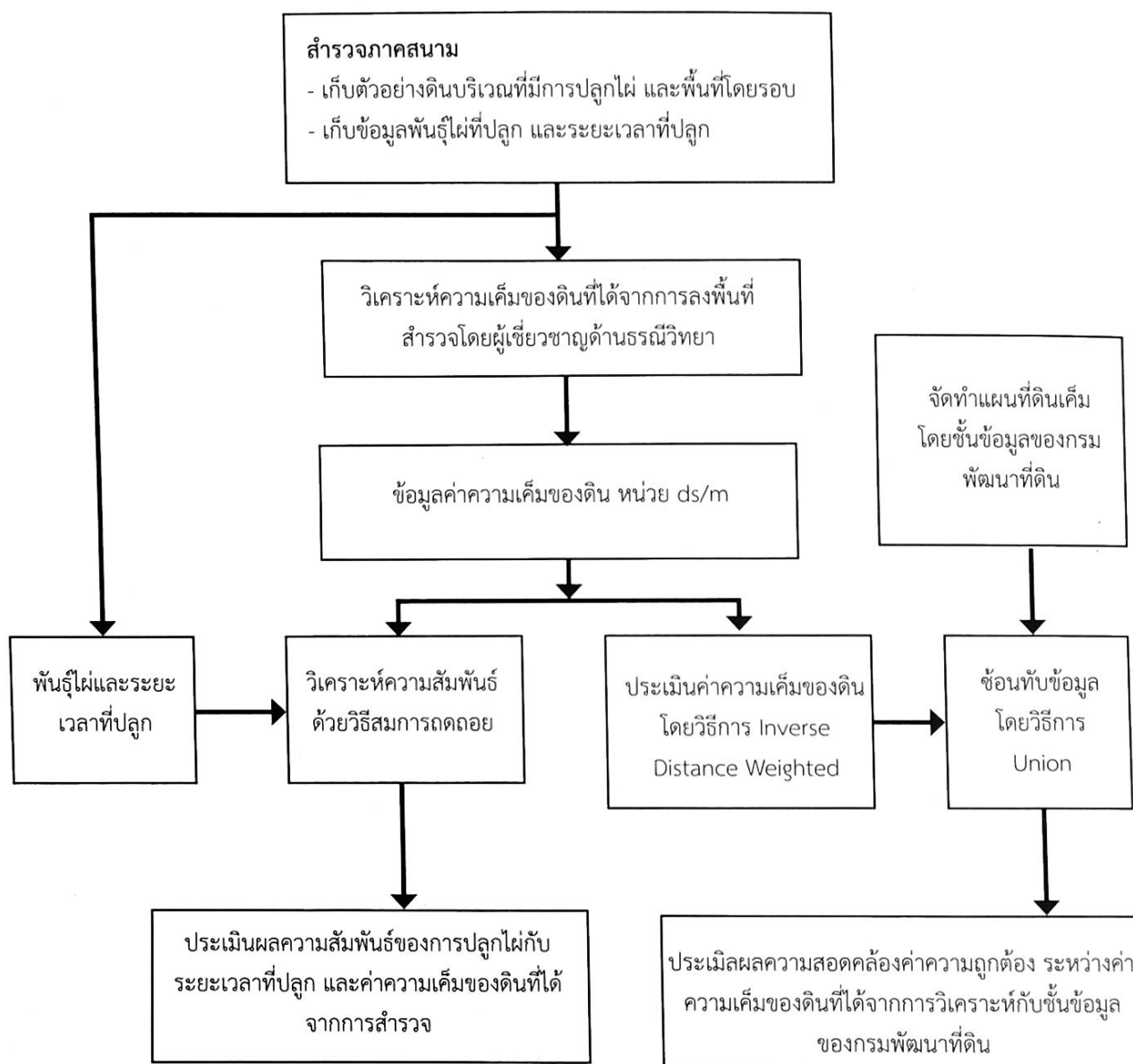
ไม่นับว่าเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และสังคมของไทย ในประเทศไทยสำรวจพบไผ่มากกว่า 72 ชนิด ใน 17 สกุล ที่มีการกระจายตามภูมิภาคต่างๆตั้งแต่ยอดเขาจนถึงตาม เกาะแก่งต่าง ๆ ในทะเล ไผ่หลายชนิดมีคุณค่า มีความสำคัญต่อวิถีชีวิต วัฒนธรรม ความเชื่อ ประเพณีของชุมชนท้องถิ่นไทย และกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งในวิถีบริโภค อาหารการกิน ขนม ของเล่นเด็ก เครื่องมือ เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องจักสานหัตถกรรม เครื่องมือจับสัตว์น้ำ แหล่งผลิตถ่าน และไม้ฟืน อีกบทบาทหนึ่งที่สำคัญคือ บทบาท ในระบบนิเวศทั้งการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ในป่าริมน้ำ ช่วยยึดหน้าดิน และริมตลิ่งลำน้ำ ช่วยบรรเทาภัยพิบัติ โดยเฉพาะการพังทลายของตลิ่งท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของฝน ไผ่ยังมีศักยภาพในการเก็บกักคาร์บอนและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญด้านเศรษฐกิจของสังคมไทย ทั้งภาพรวมของประเทศและเศรษฐกิจท้องถิ่นจากรายงานการนำเข้าและส่งออกไม้ไผ่ล่าสุดของกรมป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2550 มีมูลค่านำเข้า 40 ล้านบาท และส่งออก 60 ล้านบาท ในส่วนของหน่อไม้ มีมูลค่าการแปรรูปภายในประเทศประมาณ 1,400 ล้านบาท และส่งออกไม่ต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท ซึ่งยังไม่มีกรรวบรวมข้อมูลภาพรวมมูลค่าเศรษฐกิจ และระบบการตลาดภายในประเทศ และที่เชื่อมโยงกับการค้าระหว่างประเทศ ปัจจุบันมีผู้รับซื้อไผ่ราว 40-50 ราย โดยแต่ละรายรับซื้อปีละ 12,000 ตัน ปริมาณรวมในการซื้อขายประมาณ 480,000-600,000 ตันต่อปี โดยแหล่งผลิตไผ่เพื่อการค่านั้นได้จากการตัดในป่าธรรมชาติแถบจังหวัดกาญจนบุรี เพชรบุรี และการส่งเสริมการปลูกไผ่นอกพื้นที่ป่า ทั้งนี้แนวโน้มความต้องการในประเทศไทยมีเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทั้งการใช้ในภาคการเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การประมงและการลดการกัดเซาะชายฝั่ง สำหรับประเทศไทยเราสามารถพบเห็นไผ่ได้ทั่วประเทศ โดยจะพบในภาคกลางมากที่สุด (458,500 ไร่) รองลงมาคือภาคอีสาน 248,312 ไร่ ภาคเหนือ 125,500 ไร่ ภาคตะวันออก 97,875 ไร่ และภาคใต้ 9,437 ไร่

อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 446,250 ไร่ 714 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.47 ของจังหวัดนครราชสีมา พื้นที่โดยทั่วไปพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง สภาพดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย และมีพื้นที่ดินเค็มปะปนอยู่โดยมีพื้นที่ประมาณ 422 ตารางกิโลเมตร โดยเฉพาะบริเวณตำบลใหม่ ตำบลดอนหวาย ตำบลโดนด ตำบลขามเฒ่า ตำบลพลสงคราม ตำบลธารปราสาท มีการทำนาเกลือหลากหลายพื้นที่ ทำให้มีปัญหาต่าง ๆ ตามมามากมาย ทั้งทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ บริเวณโดยรอบพื้นที่ทำนาเกลือไม่สามารถปลูกพืชได้ และบริเวณอื่น ๆ สามารถปลูกพืชได้อย่างจำกัดชนิด ผลผลิตที่ได้จากการทำการเกษตรไม่คุ้มทุน ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้ จากการศึกษาดูงานต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบว่า ไผ่สามารถปรับความสมดุลของดิน และช่วยให้สภาพอากาศดีขึ้นในระยะยาว และยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถใช้ทดแทนพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ที่ไม่สามารถเจริญเติบโตในดินเค็มได้ด้วย และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไผ่ตามระยะเวลาการปลูกกับพื้นที่ดินเค็ม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ใช้เทคนิควิธีภูมิสารสนเทศช่วยวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โดยการนำผลวิเคราะห์ค่าความเค็มของดินมาจัดทำแผนที่ดินเค็ม เพื่อนำมาซ้อนทับข้อมูลกับแผนที่ดินเค็มที่จัดทำขึ้นจากชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไผ่ตามระยะเวลาที่ปลูกกับพื้นที่ดินเค็ม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อนำข้อมูลดินเค็มที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรวจสอบความสอดคล้องและความถูกต้องกับชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน

กรอบแนวคิดในการทำวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิด

เทคนิควิธีการวิจัย

การดำเนินการศึกษาการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการปลูกไผ่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการปลูกไผ่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

- 1.1.1 คอมพิวเตอร์ (Computer)
- 1.1.2 เครื่องกำหนดพิกัดบนพื้นโลก (GPS)
- 1.1.3 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camara)
- 1.1.4 เครื่องวัดความเค็มในดิน

1.2 โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา

- 1.2.1 โปรแกรม Arc GIS
- 1.2.2 โปรแกรม Microsoft excel

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น ศึกษาและรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- พื้นที่ดินเค็ม ในอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

- พื้นที่ปลูกไผ่ ในอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

2.2 จัดทำแผนที่ขอบเขตอำเภอโนนสูง และแผนที่ศักยภาพความเค็มของดิน เป็นข้อมูลประกอบในการสำรวจภาคสนาม

2.3 การสำรวจภาคสนาม (ข้อมูลปฐมภูมิ)

ในการสำรวจภาคสนาม ได้มีการลงไปยังสถานที่ที่ทำการศึกษามีการปลูกไผ่ โดยมีวิธีการสำรวจดังต่อไปนี้

2.3.1) การบันทึกการสำรวจ เป็นการเก็บข้อมูลพันธุ์ไผ่ที่ปลูกในอำเภอโนนสูง และสอบถามผู้ปลูกไผ่ว่าพันธุ์ไผ่ที่ปลูกคือพันธุ์อะไร ระยะเวลาที่ปลูกมาประมาณกี่ปี จุดประสงค์การปลูกคืออะไร และไผ่ที่ปลูกใช้ประโยชน์ด้านใด

2.3.2) จัปพิกัดพื้นที่ปลูกไผ่เพื่อนำมาจัดทำฐานข้อมูล GIS

2.3.3) เก็บตัวอย่างดินบริเวณที่มีการปลูกไผ่โดยมีการเก็บตัวอย่างดินบริเวณห่างจากต้นไผ่ 300 เมตร (จากผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม ผศ.ดร.นิรันดร์ คงฤทธิ์ และ รศ.ดร.ณภัทร น้อยน้ำใส) และเลือกบริเวณที่มีการปลูกไผ่ โดยเน้นให้ปริมาณ ความกว้างและจำนวนกอไผ่ให้อยู่ในสัดส่วนที่เท่าๆกัน เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบกับไผ่พันธุ์อื่นๆ รวมทั้งสิ้น 24 จุด แล้วนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาค่าความเค็มของดิน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านดินเค็มช่วยวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์ค่าความเค็มในดิน

3.1. นำตัวอย่างดินที่ได้บริเวณพื้นที่ปลูกไผ่มาวิเคราะห์หาค่าความเค็มในดิน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อม (ผศ.ดร.นิรันดร์ คงฤทธิ์ และ รศ.ดร.ณภัทร น้อยน้ำใส)

3.2. นำตัวอย่างดินที่ได้จากพื้นที่ห่างจากพื้นที่ปลูกไผ่ 300 เมตรมาวิเคราะห์หาค่าความเค็มในดิน

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Simple linear regression

วิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอย่างง่ายทำได้โดยการสร้างแผนภาพกระจาย (scatter diagram) ระหว่างตัวแปรทั้งสองเพื่อดูว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

หรือไม่ โดยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ไผ่กับพื้นที่ดินเค็มมีวิธีคือ

4.1 นำข้อมูลไผ่มาจัดหมวดหมู่โดยแบ่งเป็นพันธุ์และช่วงเวลาปลูก

4.2 ให้ค่าตัวแปรที่ 1 ค่า x เป็นระยะเวลาของการปลูกไผ่แต่ละสายพันธุ์ ข้อมูลจากการสอบถามผู้ปลูก ในอำเภอโนนสูง

4.3 ให้ค่าตัวแปรที่ 2 ค่า y เป็นค่าความเค็มของดินที่ลดลงตามระยะเวลาของการปลูกไผ่แต่ละสายพันธุ์

4.4 นำค่าตัวแปรทั้ง 2 มาหาความสัมพันธ์โดยวิธีการ Simple linear regression ในโปรแกรม Microsoft excel

5. การตรวจสอบความถูกต้องระหว่างค่าความเค็มของดินจากข้อมูลที่ทำการศึกษาเองกับชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน

5.1 นำชั้นข้อมูลดินเค็มของกรมพัฒนาที่ดินมาจัดทำแผนที่ดินเค็ม

5.2 นำข้อมูลพิกัด GPS ที่ได้จากการสำรวจมาทำการประเมินค่าโดยวิธี Inverse Distance Weight โดยใช้ข้อมูลค่าความเค็มของดิน ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเค็มในดินจากจุดที่เก็บมาทั้งหมด แล้วทำการแปลงภาพจาก Raster เป็น vector

5.3 นำข้อมูลแผนที่ที่ได้ทั้งหมดมาทำการซ้อนทับโดยวิธี Union เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของค่าความเค็มของดินจากข้อมูลที่ทำการศึกษาเองกับชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินว่าชั้นข้อมูลของระดับความเค็มตรงกันมากน้อยเพียงใด คิดความถูกต้องเป็นร้อยละ

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

ผลจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อบันทึกข้อมูลพันธุ์ไผ่ที่ปลูกในอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา และเก็บตัวอย่างดินจากการเลือกพื้นที่ปลูกไผ่จากสัดส่วนที่เท่า ๆ กัน และพื้นที่โดยรอบระยะห่าง 300 เมตร ผลการสำรวจพบว่าพันธุ์ไผ่ที่ปลูกมากที่สุดคือสีสุก และไผ่เลี้ยง โดยส่วนใหญ่ปลูกเพื่อนำหน่อไม้มาไว้สำหรับการทำอาหารและขายหน่อไม้ โดยส่วนใหญ่ระยะเวลาที่ปลูกอยู่ที่ 5-15 ปี รองลงมาคือไผ่หวานโดยส่วนใหญ่ปลูกเพื่อนำหน่อไม้มาไว้สำหรับการทำอาหารและขายหน่อไม้เช่นกัน ส่วนใหญ่ระยะเวลาที่ปลูกอยู่ที่ 5-15 ปี ข้อมูลพิกัดที่ลงสำรวจ ชนิดพันธุ์ไผ่ และระยะเวลาที่ปลูก

ตารางที่ 1 พิกัดที่ทำการสำรวจพันธุ์ไม้ และบริเวณที่เก็บตัวอย่างดิน

Easting	Northing	ชนิดพันธุ์ไม้	ระยะเวลาที่ปลูก
203336	1670030	ไม้สีสุก	9
209296	1681774	ไม้สีสุก	10
206052	1671459	ไม้สีสุก	14
208920	1684535	ไม้สีสุก	15
198327	1689798	ไม้เลื้อย	7
200358	1675030	ไม้เลื้อย	10
212289	1675504	ไม้เลื้อย	15
201993	1672781	ไม้เลื้อย	15
201978	1673030	ไม้หวาน	5
206650	1663952	ไม้กิมซุง	15
207852	1698264	ไม้หวาน	10
197994	1671963	ไม้กิมซุง	5

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ดินบริเวณต้นไม้ และพื้นที่ห่างออกไป 300 เมตร

Easting	Northing	ชนิดพันธุ์ไม้	อายุ	EC (μ S)	dS/m	ระดับความเค็มของดิน
203336	1670030	ไม้สีสุก	9	88.6	0.0886	ไม่เค็ม
203415	1670036			440	0.44	เค็มปานกลาง
209296	1681774	ไม้สีสุก	10	270	0.27	เค็มน้อยมาก
209045	1681418			831.2	0.8312	เค็มจัด
206052	1671459	ไม้สีสุก	14	191.5	0.1915	เค็มน้อยมาก
209224	1672213			787	0.787	เค็มจัด
208920	1684535	ไม้สีสุก	15	342	0.342	เค็มปานกลาง
209529	1685129			1156	1.156	เค็มจัด
198327	1689798	ไม้เลื้อย	7	99.5	0.0995	ไม่เค็ม
198327	1689798			142.4	0.1424	ไม่เค็ม
200358	1675030	ไม้เลื้อย	10	87.7	0.0877	ไม่เค็ม
200644	1675187			486	0.486	เค็มปานกลาง
212289	1675504	ไม้เลื้อย	15	149.9	0.1499	ไม่เค็ม
212179	1675829			1285	1.285	เค็มจัดมาก
201993	1672781	ไม้เลื้อย	15	185.5	0.1855	เค็มน้อยมาก
201915	1672795			1394	1.394	เค็มจัดมาก
197994	1671963	ไม้กิมซุง	5	134.3	0.1343	ไม่เค็ม
198243	1671794			148.9	0.1489	ไม่เค็ม
201978	1673030	ไม้หวาน	5	119	0.119	ไม่เค็ม
202254	1673564			151.1	0.1511	ไม่เค็ม
207852	1698264	ไม้หวาน	10	116.8	0.1168	ไม่เค็ม
198014	1692527			155.3	0.1553	ไม่เค็ม
206650	1663952	ไม้กิมซุง	15	247	0.247	เค็มน้อยมาก
206543	1669059			586	0.586	เค็มปานกลาง

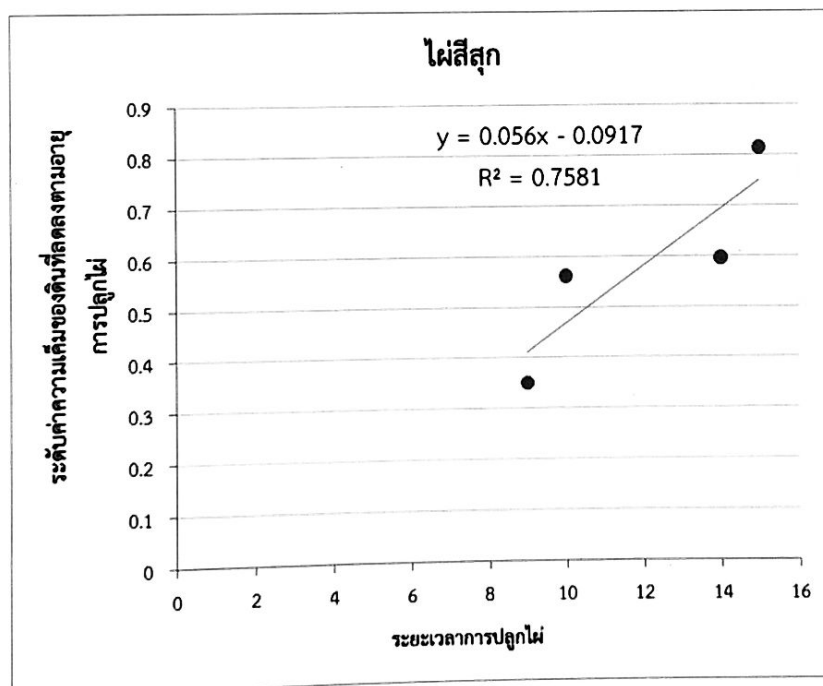
2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดที่ปลูกในอำเภอโนนสูงกับความเค็มของดิน โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการดูดซับ

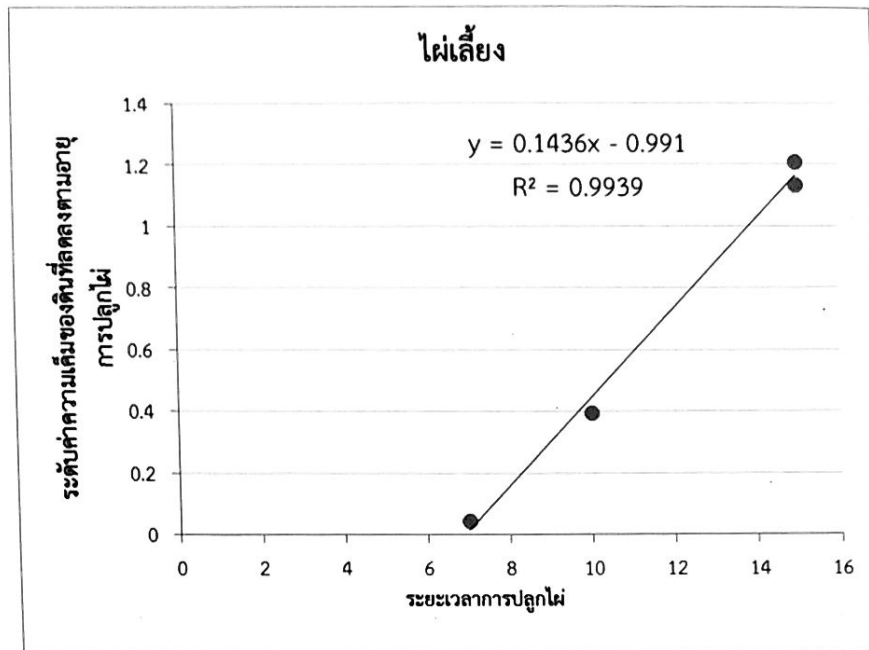
ความเค็มของดินขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ปลูก และชนิดของพันธุ์ไม้ กราฟความสัมพันธ์ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดที่ปลูกในอำเภอโนนสูงกับความเค็มของดิน แสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 2, 3, 4

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ไม้แต่ละชนิดกับค่าความเค็มของดินในบริเวณต้นไม้มและพื้นที่โดยรอบ

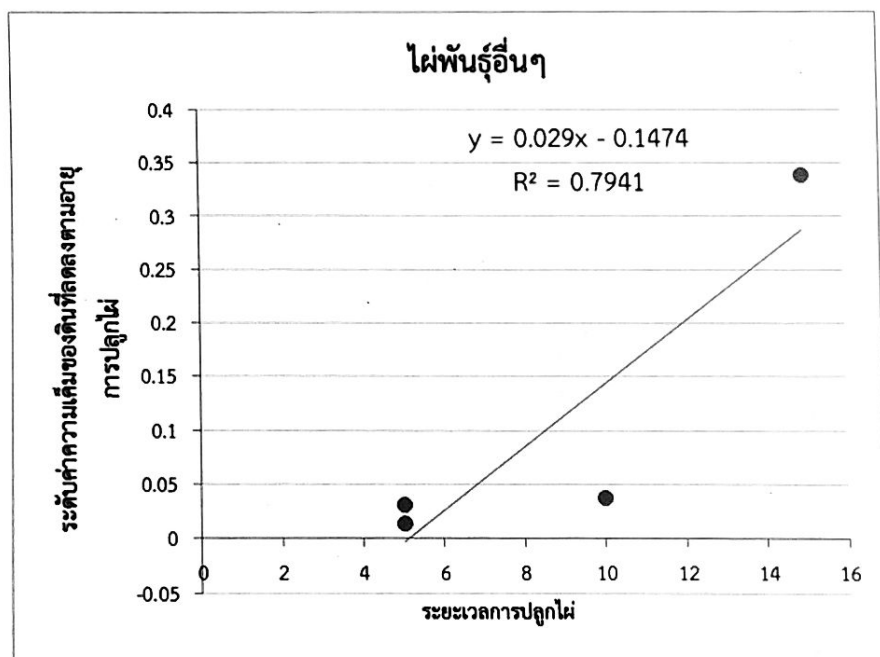
พันธุ์ไม้	อายุ	ค่าความเค็มบริเวณต้นไม้ dS/m	ค่าความเค็มบริเวณโดยรอบ (ระยะห่าง 300 เมตร) dS/m	สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย
ไม้สีสุก	9	0.0886	0.440	$y = 0.056x - 0.0917$ $R^2 = 0.7581$
	10	0.270	0.8312	
	14	0.1915	0.787	
	15	0.342	1.156	
ไม้เลื้อย	7	0.099	0.1424	$y = 0.1436x - 0.991$ $R^2 = 0.9939$
	10	0.0877	0.486	
	15	0.1855	1.394	
	15	0.1499	1.285	
ไม้พันธุ์อื่นๆ	5	0.1343	0.1489	$y = 0.029x - 0.1474$ $R^2 = 0.7941$
	5	0.119	0.1511	
	10	0.1168	0.1553	
	15	0.247	0.586	



ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ของไม้พันธุ์สีสุก กับพื้นที่ดินเค็มโดยรอบบริเวณพื้นที่ปลูกไม้



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ของไผ่เลี้ยง กับพื้นที่ดินเค็มโดยรอบบริเวณพื้นที่ปลูกไผ่



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ของไผ่พันธุ์อื่นๆ กับพื้นที่ดินเค็มโดยรอบบริเวณพื้นที่ปลูกไผ่

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ไผ่แต่ละพันธุ์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ปลูกและพื้นที่ดินเค็มโดยรอบแบบตรง กล่าวคือ หากระยะเวลาการปลูกไผ่ยิ่งนานขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณระดับค่าความเค็มลดลงอย่างมาก จากกราฟในภาพที่ 2-4 เราจะเห็นได้ว่า ไผ่สีสุกมีความสามารถในการลดระดับความเค็มของดินได้มากที่สุด

3. การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

หลังจากที่ได้สมการเส้นตรง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y แล้ว จะพบว่า b ของไผ่แต่ละพันธุ์ ไผ่สีสุก ไผ่เลี้ยง และไผ่พันธุ์อื่น มีค่า 0.056, 0.1436 และ 0.029 ตามลำดับ ซึ่ง b ก็คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยมีค่าเป็นบวก แสดงว่าเมื่อระยะเวลาการปลูกไผ่ยิ่งนานขึ้น ค่าความเค็มของดินยิ่งลดลงมากขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากสมการดังกล่าวนี้จะพบว่า เมื่อ X มีค่าเป็นศูนย์ (ในที่นี้ก็คือระยะเวลาปลูกไม้ = 0) แต่ค่าความต่างของความเค็มของดินบริเวณต้นไม้ กับพื้นที่โดยรอบติดลบ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น ค่าของ a (ค่าคงที่ของสมการถดถอยอย่างง่าย) บางครั้งก็ไม่สามารถตีความในลักษณะดังกล่าวได้ ทั้งนี้เนื่องจากสมการถดถอยจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อ ค่าของตัวแปรอิสระ

หรือตัวแปรต้นอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดไว้เท่านั้น ไม่ได้หมายความว่าสมการถดถอยผิดพลาด จากสมการถดถอยของไม้แต่ละพันธุ์สามารถนำไปคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปร Y ได้ โดยแทนค่าลงในสมการและเขียนลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าที่แท้จริง (Y) ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของไม้สีสุก

พันธุ์ไม้	ระยะเวลา ที่ปลูก	ค่าความเค็ม บริเวณต้นไม้ dS/m	ค่าความเค็ม บริเวณโดยรอบ (ระยะห่าง 300 เมตร) dS/m	ค่าความต่าง ความเค็มของดิน dS/m	$y = 0.056x - 0.0917$	ความคลาดเคลื่อน
ไม้สีสุก	9	0.0886	0.440	0.3514	0.4123	- 0.0609
	10	0.270	0.8312	0.5612	0.4683	0.0929
	14	0.1915	0.787	0.5955	0.6923	- 0.0968
	15	0.342	1.156	0.814	0.7483	0.0657

ตารางที่ 5 แสดงความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของไม้เลื้อย

พันธุ์ไม้	ระยะเวลา ที่ปลูก	ค่าความเค็ม บริเวณต้นไม้ dS/m	ค่าความเค็ม บริเวณโดยรอบ (ระยะห่าง 300 เมตร) dS/m	ค่าความต่าง ความเค็มของดิน dS/m	$y = 0.056x - 0.0917$	ความคลาดเคลื่อน
ไม้เลื้อย	7	0.099	0.1424	0.0434	0.0142	0.0292
	10	0.0877	0.486	0.3983	0.445	- 0.0467
	15_1	0.1855	1.394	1.2085	1.163	0.0455
	15_2	0.1499	1.285	1.1351	1.163	- 0.0279

* 15_1, 15_2 เลขกำกับต้นไม้ ใช้ข้อมูลคนละต้น

ตารางที่ 6 แสดงความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของไม้พันธุ์อื่นๆ

พันธุ์ไม้	ระยะเวลา ที่ปลูก	ค่าความเค็ม บริเวณต้นไม้ dS/m	ค่าความเค็ม บริเวณโดยรอบ (ระยะห่าง 300 เมตร) dS/m	ค่าความต่าง ความเค็มของดิน dS/m	$y = 0.056x - 0.0917$	ความคลาดเคลื่อน
ไม้พันธุ์อื่นๆ	5_1	0.1343	0.1489	0.0146	-0.0024	0.017
	5_2	0.119	0.1511	0.0321	-0.0024	0.0345
	10	0.1168	0.1553	0.0385	0.1426	- 0.1041
	15	0.247	0.586	0.339	0.2876	0.0514

* 5_1, 5_2 เลขกำกับต้นไม้ ใช้ข้อมูลคนละต้น

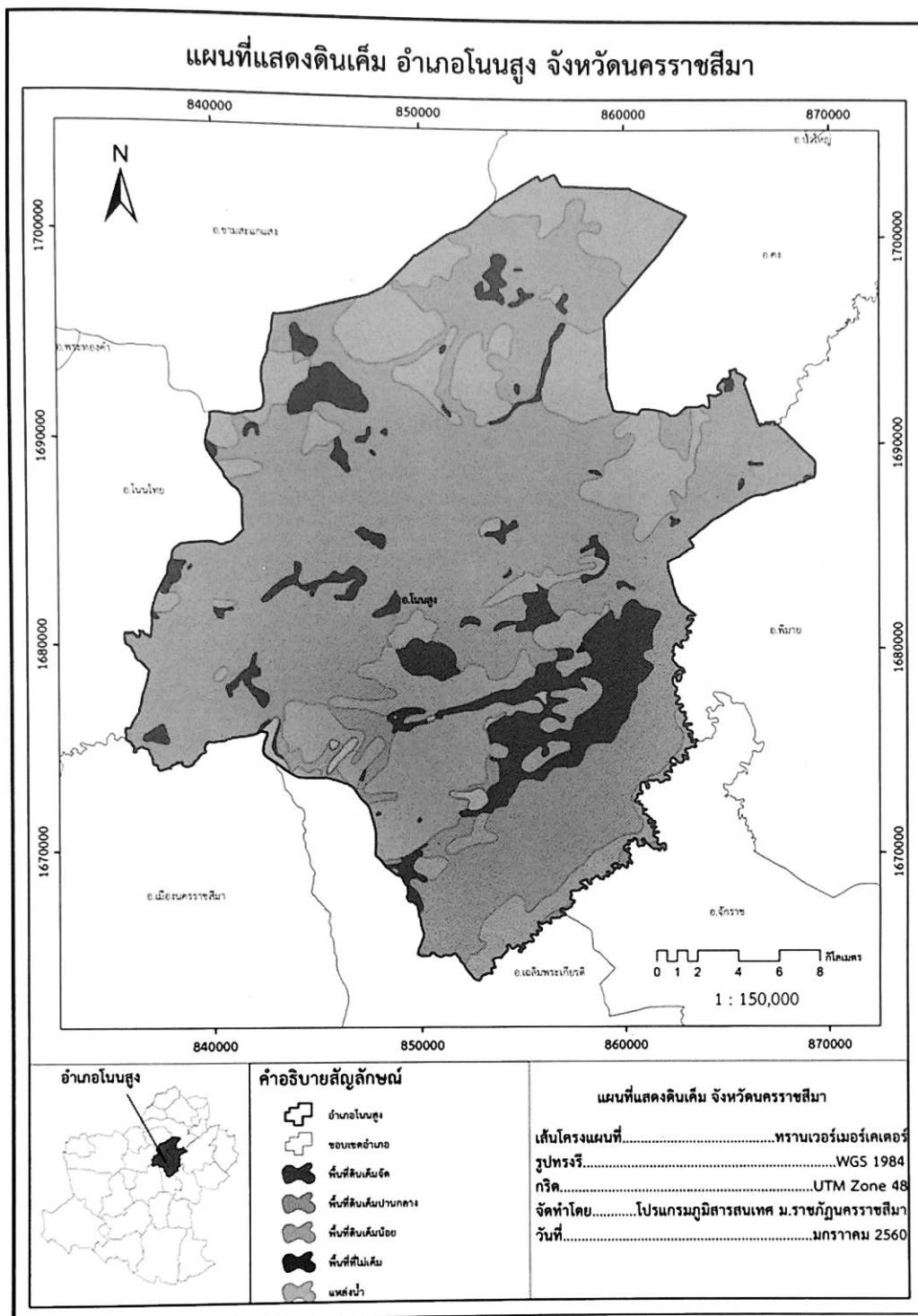
เมื่อพิจารณาจากตาราง จากการพยากรณ์โดยใช้สมการถดถอย $y = 0.056x - 0.0917$ ของไผ่สีสุก จะพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันไป ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดก็คือ ระยะเวลาที่ปลูก 9 ปี มีค่าความต่างของค่าความเค็มของดินบริเวณที่ปลูกไผ่ กับพื้นที่โดยรอบอยู่ที่ 0.3514 dS/m ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ค่าความเค็มของดินที่ลดลงตามระยะเวลาที่ปลูก โดยใช้สมการถดถอยก็คือ 0.4123 dS/m แสดงว่าเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากข้อมูลจริง - 0.0609 ในขณะที่ระยะเวลาปีที่ปลูก 14 ปี เกิดความคลาดเคลื่อนมากที่สุดถึง - 0.0968 จากการพยากรณ์โดยใช้สมการถดถอย $y = 0.1436x - 0.991$ ของไผ่เลี้ยง จะพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดก็คือ ระยะเวลาที่ปลูก 7 ปี มีค่าความต่างของค่าความเค็มของดินบริเวณที่ปลูกไผ่ กับพื้นที่โดยรอบอยู่ที่ 0.0434 dS/m ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ค่าความเค็มของดินที่ลดลงตามระยะเวลาที่ปลูก โดยใช้สมการถดถอยก็คือ 0.0142 dS/m แสดงว่าเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากข้อมูลจริง 0.0292 ในขณะที่ระยะเวลาปีที่ปลูก 10 ปี เกิดความคลาดเคลื่อนมากที่สุดถึง - 0.0467 จากการพยากรณ์โดยใช้สมการถดถอย $y = 0.029x - 0.1474$ ของไผ่พันธุ์อื่น ๆ จะพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดก็คือ ระยะเวลาที่ปลูก 5_1 มีค่าความคลาดเคลื่อนไปจาก ข้อมูลจริงอยู่ที่ 0.017 ในขณะที่ระยะเวลาปีที่ปลูก 10 ปี เกิดความคลาดเคลื่อนมากที่สุดถึง -0.1041

4. การวิเคราะห์ R^2

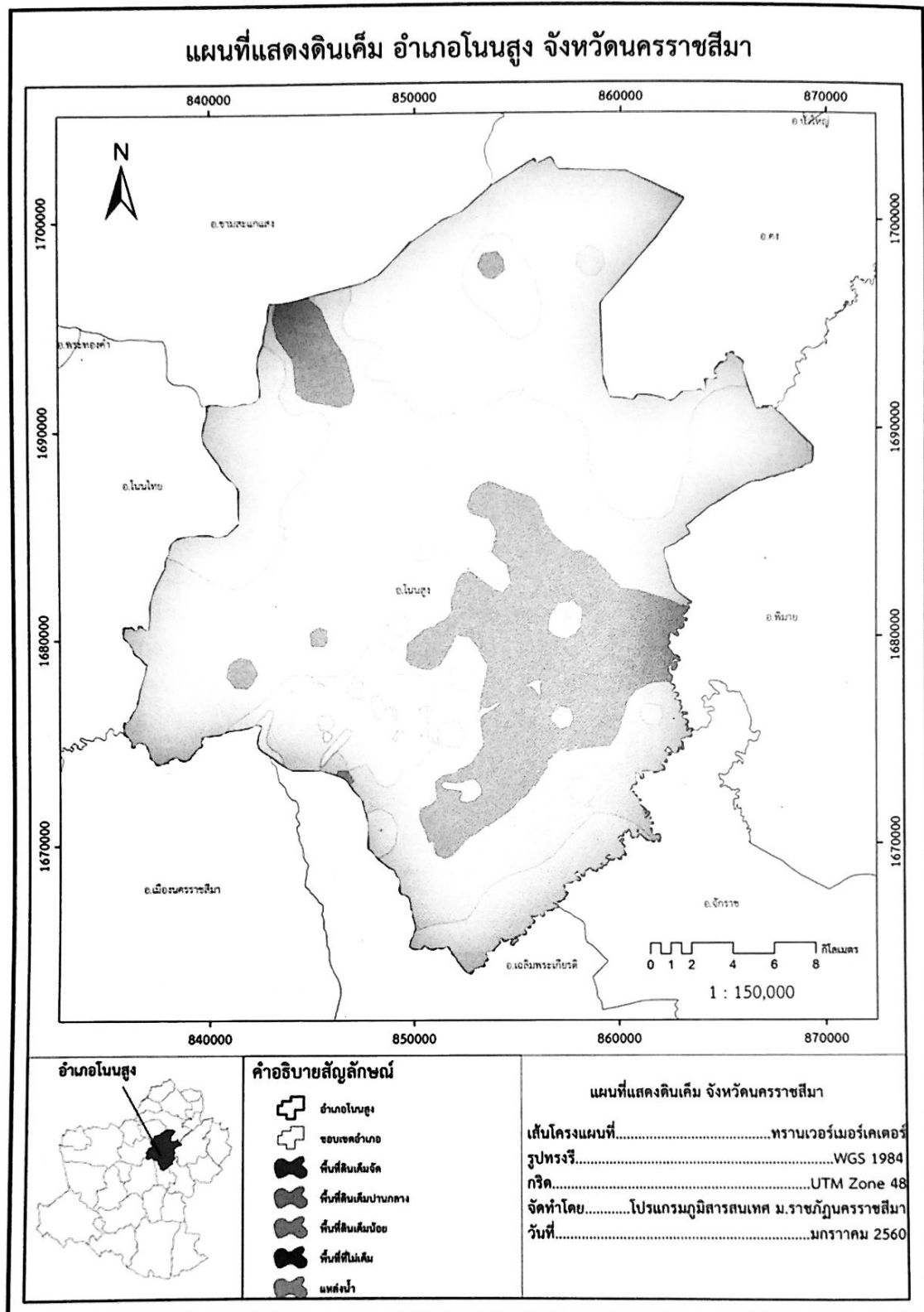
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R^2 ของไผ่สีสุก เท่ากับ 0.7581 คิดเป็นอัตราร้อยละ 75.81 ไผ่เลี้ยง เท่ากับ 0.9939 คิดเป็นอัตราร้อยละ 99.39 ไผ่พันธุ์อื่น ๆ เท่ากับ 0.7941 คิดเป็นอัตราร้อยละ 79.41 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ระยะเวลาของการปลูกไผ่ในแต่ละพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการแสดงความสัมพันธ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดินได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 75.81 (ไผ่สีสุก), 99.39 (ไผ่เลี้ยง), 79.41 (ไผ่พันธุ์อื่น ๆ) ซึ่งถือได้ว่ามีความถูกต้องสูง แสดงว่าระยะเวลาการปลูกไผ่แต่ละพันธุ์ สามารถใช้พยากรณ์ตัวแปรตามได้

5. การวิเคราะห์ความสอดคล้อง และความถูกต้อง

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องถึงความน่าเชื่อถือระหว่างชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและจากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจขึ้นเอง โดยได้จากการนำจุดพิกัดที่ได้ลงพื้นที่สำรวจเก็บตัวอย่างดินบริเวณต้นไผ่ และพื้นที่โดยรอบ แล้วได้ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณอื่น ๆ เพิ่ม รวมทั้งสิ้น 50 จุด สำหรับนำมาจัดทำแผนที่ดินเค็ม เพื่อทำการซ้อนทับกับแผนที่ดินเค็มที่ได้จัดทำขึ้นโดยใช้ชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน มีความน่าเชื่อถือสูงจากการจัดทำขึ้นอย่างละเอียดถี่ถ้วนจากผู้ชำนาญ และในการวิเคราะห์ค่าความเค็มของดินที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นพื้นที่ที่ตรงกันเกิน 60% ขึ้นไปนับว่ามีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 5 แผนที่ดินเค็ม จากชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 6 แผนที่ดินเค็มจากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ทำการเก็บข้อมูลเอง

ผลจากการซ้อนทับเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือ แสดงได้จากตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 แสดงพื้นที่ระดับความที่ตรงกันหลังการซ้อนทับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน

ระดับความเค็ม	พื้นที่ที่ตรงกันจากการซ้อนทับ (ไร่)	พื้นที่ไม่ตรงกันจากการซ้อนทับ (ไร่)
พื้นที่เค็มน้อย	83,230.06	41,942.32
พื้นที่เค็มปานกลาง	224,039.05	46,669.30
พื้นที่เค็มมาก	22,769.55	13,933.78
รวม	330,038.66	102,545.41
	76.29 %	23.70 %

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการซ้อนทับข้อมูลระหว่างแผนที่ดินเค็มที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความเค็มของดินที่ได้ทำการสำรวจขึ้นเอง กับแผนที่ดินเค็มจากชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พื้นที่เค็มน้อย 83,230.06 ไร่ พื้นที่เค็มปานกลาง 224,039.05 ไร่ และพื้นที่เค็มมาก 22,769.55 ไร่ รวม 330,038.66 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 76.29 และมีพื้นที่ที่ไม่ตรงกันจากการซ้อนทับ 102,545.41 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 23.70

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการปลูกไม้กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอนนทบุรี จ.นครราชสีมา และเพื่อนำข้อมูลดินเค็มที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรวจสอบความสอดคล้องกับชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน จากผลการศึกษาพบว่า ไม้แต่ละพันธุ์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ปลูกและพื้นที่ดินเค็มโดยรอบแบบตรง กล่าวคือ หากระยะเวลาการปลูกไม้ยืนนานขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณระดับค่าความเค็มลดลงอย่างมาก จะเห็นได้ว่าไม้สักมีความสามารถในการลดระดับความเค็มของดินได้มากที่สุดในช่วงระยะเวลาการปลูก 9-10 ปี คำนวณได้จากสมการ $y = 0.056x - 0.0917$ (x คือจำนวนปี) แต่หากปลูกในช่วงระยะเวลา 10 ปีขึ้นไป ไม้เลื้อยสามารถลดระดับความเค็มได้ดีที่สุด คำนวณได้จากสมการ $y = 0.1436x - 0.991$ และไม้พันธุ์อื่นๆสามารถลดระดับความเค็มได้น้อย คำนวณได้จากสมการ $y = 0.029x - 0.1474$ ส่วนค่าความถูกต้อง ของไม้สัก เท่ากับ 0.7594 คิดเป็นอัตราร้อยละ 75.94 ไม้เลื้อย เท่ากับ 0.994 คิดเป็นอัตราร้อยละ 99.4 ไม้พันธุ์อื่น ๆ เท่ากับ 0.7964 คิดเป็นอัตราร้อยละ 79.64 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ระยะเวลาของการปลูกไม้ในแต่ละพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการแสดงความสัมพันธ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดินได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 75.94

(ไม้สัก), 99.4 (ไม้เลื้อย), 79.64 (ไม้พันธุ์อื่นๆ) ซึ่งถือได้ว่ามีความถูกต้องสูง แสดงว่าระยะเวลาการปลูกไม้แต่ละพันธุ์ สามารถใช้พยากรณ์ตัวแปรตามได้ และไม้เลื้อยถือว่ามีค่าความถูกต้องสูงสุด ส่วนผลจากการซ้อนทับข้อมูลระหว่างแผนที่ดินเค็มที่จัดทำขึ้นจากผลการวิเคราะห์ค่าความเค็มของดินที่ได้จากการสำรวจ และแผนที่ดินเค็มจากชั้นข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ปรากฏว่ามีข้อมูลที่ตรงกัน มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 65.71

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์ไม้ตามระยะเวลาการปลูกกับพื้นที่ดินเค็ม ในอำเภอนนทบุรีครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ไม้ที่สามารถช่วยลดค่าความเค็มของดินได้ดีในช่วงระยะเวลา 9-10 ปี คือไม้สัก แต่ในช่วงระยะเวลาการปลูก 10 ปีขึ้นไป ไม้เลื้อยสามารถลดระดับความเค็มได้ดีที่สุด ส่วนความสัมพันธ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดินได้ถูกต้อง ไม้สัก เท่ากับร้อยละ 75.81 ไม้เลื้อยเท่ากับร้อยละ 99.39 และไม้อื่น ๆ เท่ากับ 79.41 ซึ่งถือได้ว่าไม้เลื้อยมีความถูกต้องสูงที่สุด งานวิจัยครั้งนี้ อาจจะมีผลคลาดเคลื่อนทางด้านข้อมูลที่ได้จากการสอบถามผู้ที่ทำปลูกไม้ในส่วนของระยะเวลาการปลูก เนื่องจากผู้ที่ทำการปลูกไม้ไม่สามารถให้ข้อมูลเรื่องระยะเวลาการปลูกไม้ได้อย่างชัดเจน ผลจากการวิเคราะห์จึงอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้สุดท้ายการปลูกไม้เพื่อช่วยลดความเค็มของดินเป็นวิธีการที่ใช้ระยะเวลานานพอสมควร และอาจจะต้องมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เข้ามาช่วย เช่น เรื่องของน้ำฝน การระบายน้ำ และคุณสมบัติของดิน แต่การปลูกไม้เพื่อช่วยลดความเค็มของดินยังสามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นตามมาได้ด้วย เช่น หน่อไม้สามารถนำไปขายและประกอบอาหารได้ ถ้าไม้สามารถนำไปจักสานสิ่งต่าง ๆ หรือขายลำไม้ เพื่อใช้ประกอบอาชีพก็ยิ่งได้ อีกทั้งสามารถนำไปปลูกกระท่อมหรือที่พักอาศัยได้อีกด้วย และการปลูกไม้ยังใช้ต้นทุนที่ไม่สูง ไม่ต้องมีความรู้ก็สามารถทำได้ แต่วิธีการแก้ไขปัญหาดินเค็มอื่น ๆ อาจจะต้องใช้ต้นทุนที่สูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราณา ภานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และคณาจารย์สาขาวิชาภูมิสารสนเทศที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ ให้คำปรึกษาแนะนำในด้านวิชาการ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ขอขอบพระคุณผศ. ดร.นิรันดร์ คงฤทธิ์ และ รศ.ดร.ณภัทร น้อยน้ำใส สาขาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ที่ช่วยสอนวิเคราะห์ค่าความเค็มของดิน และยังให้คำแนะนำต่าง ๆ ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 3 ที่ได้ให้ข้อมูลเรื่องดิน และให้คำแนะนำเรื่องดินเค็ม และขอขอบพระคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้อง ได้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือตลอดจนเข้าร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ของงานวิจัย จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอบคุณ การวิจัยจาก กองทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา ประจำปีการศึกษา 2559 ที่ได้สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2556).

การจัดการดินเค็มและดินต่าง. กรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา. (2558). ปริมาณน้ำฝน. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงจาก <http://hydromell.tmd.go.th/Reports/report-rf->

จรัส เห็นพิทักษ์ (2553) ลักษณะการเจริญเติบโตของไม้ 5 ชนิด ที่ปลูก ณ สถานีวิจัย กาญจนบุรี สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนากระบวนการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จามจุรี อยู่มาลัย. (2557). แนวคันไม้ไผ่ป้องกันการกัดเซาะ ชายฝั่งทะเล บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปรัชญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.

ฉวีวรรณ ไช้กระโทก. (2551). การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาพื้นบ้านในการพัฒนาไม้ไผ่เชิงพาณิชย์จังหวัด นครราชสีมา. สาขาวิชาวัฒนธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธวัช แทนโฮ. (2549). ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในโครงการกำแพงไม้ไผ่ เพื่อป้องกันการกร่อนของดิน ชายฝั่งทะเลในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านสีลัง ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปรัชญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก (2558) การศึกษาการเจริญเติบโตและความต้องการน้ำของต้นไผ่ 10 พันธุ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก และคณะ (2556) การศึกษาการเจริญเติบโตของไม้บางพันธุ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก และคณะ (2558) การศึกษาการเจริญเติบโตของไม้ 4 สายพันธุ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก และ สากล ลำดวนหอม (2558) การศึกษาการเจริญเติบโตของไม้ที่เกิดจากเมล็ด ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

นิปก ฌอนมบุญ. (2557). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการทรัพยากรไม้ไผ่ : ศึกษากรณีป่าชุมชนบ้านเขาขาวเทียนทอง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปรัชญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

พงศ์ธร เพียรพิทักษ์. (2545). การศึกษาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาความหลากหลายของพืชพรรณในพื้นที่ดินเค็ม ของลุ่มน้ำย่อยห้วยสามบาทและห้วยคลองแค จังหวัดนครราชสีมา. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2559, จาก <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=4691>

วิศวะ กลชนะ, วิทยา ตรีโลเกศ, บุปผา โตภาคนาม, และลำอาน หอมชื่น. (2555) การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของดินบางประการกับความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่ดินเค็มมากในพื้นที่แม่น้ำชี. สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุธี ยมดี. (2558) การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

- สมศักดิ์ สุขจันทร์. (2552). ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : การสำรวจและทำแผนที่จากคราบเกลือ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพมหานคร.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. (2558). เรื่อนำรู้เกี่ยวกับไฟ. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงจาก forprod.forest.go.th/forprod/nana/PDF/7.pdf
- ลำอาง ชื่นหอม, บุปผา โตภาคงาม, ชุติมาศ บุญไทย อิวาย. (2552). การศึกษาความหลากหลายของพืชพรรณและสิ่งมีชีวิตในดินบนพื้นที่ดินเค็มที่มีการปลูกไม้ยืนต้นหลากชนิด. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2559 จาก http://ora.kku.ac.th/RES_KKU/ATTACHMENTS_RESPROJECT_ABSTRACT/1729322260.pdf
- เบญจวรรณ ชิวปรีชา. (2557). โครงการวิจัย ความหลากหลายจุลลักษณะ และคุณสมบัติบางประการของไม้ ฝในจังหวัดสระแก้ว และจังหวัดปราจีนบุรี. ภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไทยเกษตรศาสตร์. (2559). การปลูกไฟ. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงจาก <http://www.thaikaset.com/การปลูกไฟ/>
- S-Nongsung. (2559). อำเภอนนสูง. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงจาก https://sites.google.com/site/nongwaa/want_oNGWaa/khxmuf/pkkrhxng/prawati-xaphex-nongsung
- คู่มือการใช้ ArcGis (2557). การประมาณค่าในช่วง (Interpolation). (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2559, เข้าถึงจาก <http://eakgis2.blogspot.com/2014/02/6-surface-analysis.html>
- สุภาพดี (2559). สรรพคุณ...ประโยชน์ของหน่อไม้. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2559, เข้าถึงจาก <http://sukkap-hap-d.com/10-สรรพคุณ-ประโยชน์ของหน่อไม้>

การผลิตและทดสอบสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง จากเหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัส

Production and Physical Properties of Charcoal Briquette by Cassava Rhizome Mix Eucalyptus

ยุทธนา ปานนท์, อรพรรณ คำภักดิ์ และบุปผชาติ ต่อบุญสูง

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเหง้ามันสำปะหลังผสมผงถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัสในอัตราส่วนของเหง้ามันสำปะหลังต่อเศษไม้ยูคาลิปตัส 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3 ผลการทดสอบพบว่า ความหนาแน่น ค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัสในอัตราส่วน 3 : 7 มีความเหมาะสมที่สุดในการเป็นถ่านอัดแท่ง โดยมีค่าความร้อน 6,014.7 cal/g ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.79 ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.95 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 6.86 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 81.40 และความหนาแน่น 0.422 g/cm³

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง, มันสำปะหลัง, ยูคาลิปตัส,

Abstract

This study was proposed to produce Charcoal Briquette from Cassava Rhizome charcoal powder and eucalyptus charcoal powder in ratio of 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4 and 7 : 3. It was found that the density, heat value, moisture content, ash content, volatile matter content and the amount of carbon constant were shown the optimum charcoal briquetting at the 3 : 7 ratio of Cassava Rhizome charcoal and Eucalyptus charcoal. It's noted that the optimum charcoal briquetting was shown the heat value of 6,014.7 cal/g, the moisture content of 6.79 percent, the ash content of 4.95 percent, the volatile content of 6.86 percent, the carbon content of 81.40 percent and the density was 0.422 g/cm³.

Keyword: Charcoal Briquette, Cassava Rhizome, Eucalyptus

บทนำ

พลังงานถือเป็นปัจจัยที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญ ในภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม รัฐบาลจึงต้องจัดหาแหล่งพลังงาน ให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ ในราคาที่เหมาะสมและมีคุณภาพที่ดีสอดคล้องกับความต้องการ การหันมาพิจารณาการใช้พลังงานอย่างประหยัดโดยเริ่มที่ตัวเรา ช่วยกันลดปริมาณการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นในชีวิตออกไป จะเป็นการช่วยให้การใช้พลังงานได้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้นในสภาวะวิกฤติการณ์ราคาน้ำมัน

เพิ่มสูงขึ้นเป็นรายวัน เช่นนี้การเลือกใช้พลังงานทางเลือกอื่น ๆ ได้แก่ แสงอาทิตย์ น้ำ ลม ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดใช้ไม่มีวันหมด รวมทั้ง ชีวมวล ซึ่งจัดว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแหล่งพลังงานชนิดนี้อยู่ภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และมีผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมน้อย พลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่รัฐต้องหันมา ให้ความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพ และสร้างความเชื่อมั่นให้ประชาชนเห็นความสำคัญของการใช้พลังงานหมุนเวียน

การใช้พลังงานชีวมวลโดยกระบวนการที่ใช้ความร้อน จะเห็นได้ทั่วไปในลักษณะของการนำถ่านไม้ หรือฟืนมาเผาเพื่อให้เกิดความร้อน สำหรับนำไปใช้ในการหุงต้มอาหาร หรือประโยชน์ในด้านอื่นๆ ปัจจุบัน ทรัพยากรป่าไม้ ถ่าน และฟืน หาได้ยาก และมีราคาแพงขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาการใช้พลังงานจากชีวมวลให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและให้มีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ให้น้อยที่สุด ปัญหาอย่างหนึ่งคือการเก็บ ถ่านสำหรับเผาและการตัดต้นยูคาลิปตัสไปขายจะเหลือเศษที่ไม่สามารถนำไปขายได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงปัญหาต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา จึงได้ศึกษานำถ่านไม้สำหรับเผาผสมกับเศษไม้ยูคาลิปตัสเพื่อนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งและเป็นพลังงานทดแทนอีกทางเลือกหนึ่งอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ทำการศึกษา

- (1) ไม้สำหรับเผาที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวจากการทำไร่ ของหมู่บ้านตากแดด ต.นางรอง อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์
- (2) เศษไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการตัดต้นยูคาลิปตัสไปขายของหมู่บ้านตากแดด ต.นางรอง อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์

กำหนดอัตราส่วนผสม

โดยการนำถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผาที่ได้จากการบดที่เป็นถ่านแล้วมาผสมกับถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการบดที่เป็นถ่านแล้วมาทำการผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมดังนี้

- A1 (ถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผา: ถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัส) เป็น 3 ต่อ 7
- A2 (ถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผา: ถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัส) เป็น 4 ต่อ 6
- A3 (ถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผา: ถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัส) เป็น 5 ต่อ 5

A4 (ถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผา: ถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัส) เป็น 6 ต่อ 4

A5 (ถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผา: ถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัส) เป็น 7 ต่อ 3

หมายเหตุถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผาและถ่านเศษไม้ยูคาลิปตัสผสมกัน 1 กิโลกรัมตามอัตราส่วนผสม แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม น้ำใช้อัตราส่วนผสม 2 ลิตร

ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง

(1) นำถ่านไม้สำหรับเผาและเศษไม้ยูคาลิปตัสมาเผาจนเป็นถ่านในเตาเผาถ่านถึงน้ำหนัก 200 ลิตรแบบตั้งที่ทำเป็นเตาเผาถ่านใช้เวลาเผาประมาณ 7 วัน

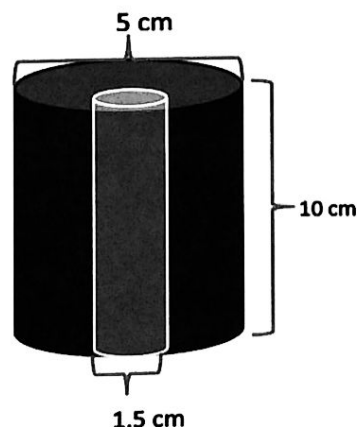
(2) เมื่อเผาจนเป็นถ่านแล้วจากนั้นนำถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผาและถ่านจากเศษไม้ยูคาลิปตัสมาบดโดยวิธีการใช้ครกกับสากตำจนให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงเพื่อไม่ให้มีชิ้นที่ยังไม่ละเอียดหลงเหลืออยู่

(3) นำถ่านจากถ่านไม้สำหรับเผาและถ่านจากเศษไม้ยูคาลิปตัสที่เป็นผงแล้วนำมาผสมกันในอัตราส่วนที่กำหนดโดยมีแป้งมันสำปะหลังและน้ำเป็นตัวประสาน แป้งมันสำปะหลังจะใช้ในอัตราส่วนผสม 0.2 กิโลกรัม ต่อ 1 อัตราส่วนผสม น้ำ 2 ลิตร ต่อ 1 อัตราส่วนผสม

(4) จากนั้นนำแต่ละอัตราส่วนผสมมาอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่ง มีรูปทรงของถ่านอัดแท่งเป็นทรงกระบอกมีลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีลักษณะรูกลวงระบายอากาศตลอดทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร

(5) นำถ่านอัดแท่งไปตากแดดใช้เวลา 5 วันขึ้นอยู่กับสภาพของภูมิอากาศ ดังภาพที่ 1

(6) เมื่อถ่านแห้งนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เพื่อหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่สามารถนำไปเป็นถ่านหุงต้มในครัวเรือนได้ ณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



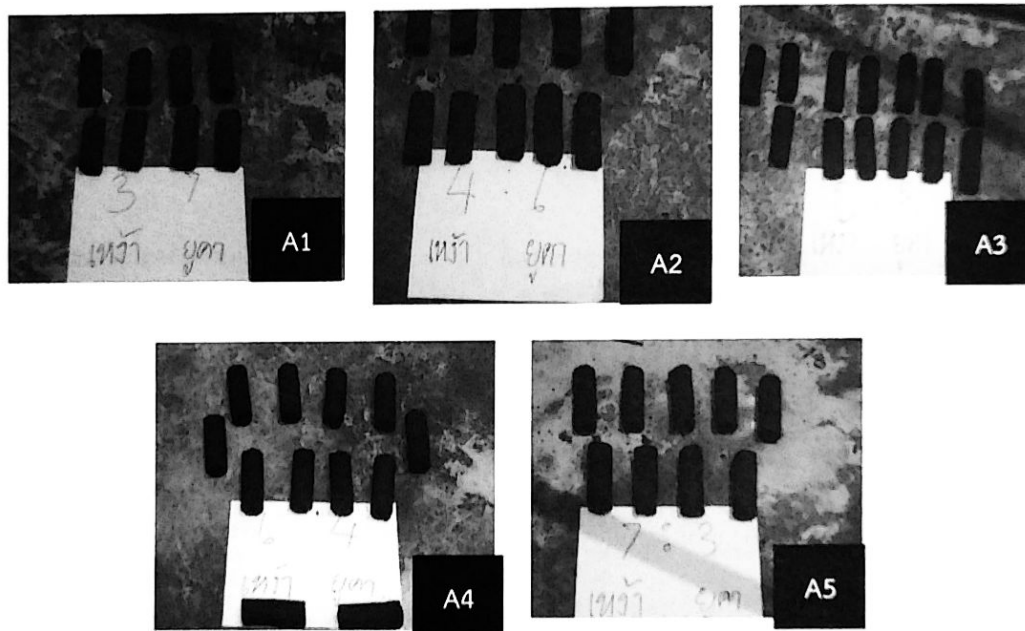
ภาพที่ 1 แบบถ่านอัดแท่ง

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมในการอัดแท่ง การนำถ่านเหล่านี้นำมาใส่หลังและด้านเศษไม้ยูคาลิปตัสมาผสมกัน ในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ผลการอัดแท่งดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการอัดแท่งถ่านเหล่านี้นำมาใส่หลังและด้านเศษไม้ยูคาลิปตัสที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

อัตราส่วน	ถ่านเหล่านี้นำมาใส่หลัง (กิโลกรัม)	ด้านเศษไม้ยูคาลิปตัส (กิโลกรัม)	แบ่งมันสำปะหลัง (กิโลกรัม)	น้ำ (ลิตร)	ผลการอัดแท่ง
A1	0.3	0.7	0.2	2	สามารถอัดแท่งได้
A2	0.4	0.6	0.2	2	สามารถอัดแท่งได้
A3	0.5	0.5	0.2	2	สามารถอัดแท่งได้
A4	0.6	0.4	0.2	2	สามารถอัดแท่งได้
A5	0.7	0.3	0.2	2	สามารถอัดแท่งได้



ภาพที่ 2 ถ่านอัดแท่งจากถ่านเหล่านี้นำมาใส่หลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัสในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากถ่านเหล่านี้นำมาใส่หลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัส

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากถ่านเหล่านี้นำมาใส่หลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัส

อัตราส่วน (g/cm ³)	ความหนาแน่น (Ca/g)	ค่าความร้อน (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	สารระเหย (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว
A1 = 3 : 7	0.422	6014.7	6.79	4.95	6.86	81.40
A2 = 4 : 6	0.396	5833.1	6.02	6.93	7	80.05
A3 = 5 : 5	0.394	5851.2	6.79	6	6.93	80.21
A4 = 6 : 4	0.367	5643.9	6.86	7.92	7.92	77.30
A5 = 7 : 3	0.351	5595.0	6.86	7.92	8.91	76.31

ภาพที่ 3 (ก) แสดงผลการหาความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วน ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 คือถ่านเห้งามันสำปะหลัง ผสมกับถ่านเคหะไม้มูลาปลดัดสในอัตราส่วนผสม 3 : 7 มีความหนาแน่นมากที่สุดคือ 0.422 g/cm^3 และถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A2 คือถ่านเห้งามันสำปะหลังผสมกับถ่านเคหะไม้มูลาปลดัดสในอัตราส่วนผสม 7 : 3 มีความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 0.351 g/cm^3 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของถ่านเคหะไม้มูลาปลดัดสลดลงความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ก็จะลดลงด้วย ซึ่งความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งมากก็ให้พลังงานความร้อนและระยะเวลาในการเผาไหม้สูงกว่าถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นน้อย

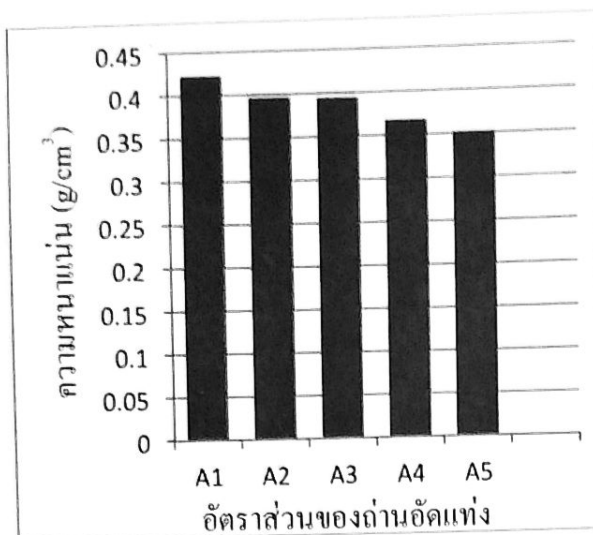
ภาพที่ 3 (ข) แสดงผลค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 มีค่าความร้อนสูงสุดคือ $6,014.7 \text{ cal/g}$ และถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A5 มีค่าความร้อนต่ำสุดคือ $5,595 \text{ cal/g}$ จะเห็นว่า ในปริมาณอัตราส่วนที่มีเคหะไม้มูลาปลดัดสผสมอยู่มากก็จะส่งผลให้ในอัตราส่วนนั้นมีค่าความร้อนสูงกว่าและในอัตราส่วนที่มีเห้งามันสำปะหลังอยู่มากก็จะส่งผลให้ค่าความร้อนต่ำกว่าอัตราส่วนอื่น เนื่องจากเคหะไม้มูลาปลดัดสมีค่าความร้อนสูงในการเป็นถ่านอัดแท่ง

ภาพที่ 3 (ค) แสดงผลการหาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A2 มีปริมาณความชื้นน้อยสุดคือ ร้อยละ 6.02 และในอัตราส่วน A4 และ A5 มีปริมาณความชื้นมากที่สุดคือ ร้อยละ 6.89 โดยความชื้นของถ่านอัดแท่งมีผลทำให้ถ่านอัดแท่งแตกร่วนได้ โดยปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่ง จะต้องไม่เกินร้อยละ 10

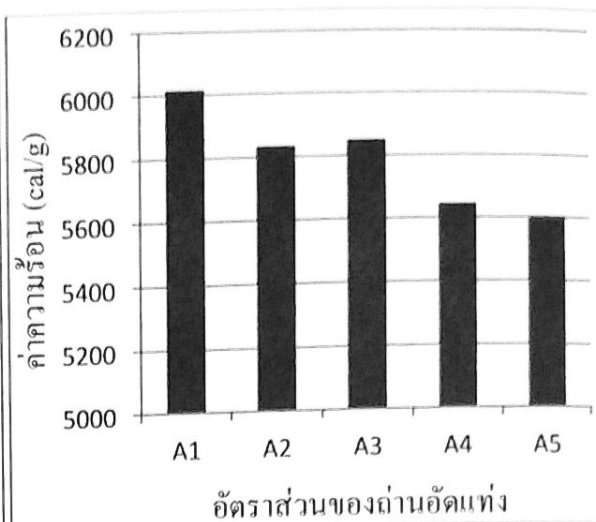
ภาพที่ 3 (ง) แสดงผลการหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 มีปริมาณเถ้าน้อยสุดคือ ร้อยละ 4.95 และในอัตราส่วน A4 และ A5 มีปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ ร้อยละ 7.92 จากทั้ง 5 อัตราส่วนจะเห็นว่าเมื่อเทียบกับตารางที่ 3.2 แล้วปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าปริมาณเถ้าของถ่านจากเห้งามันสำปะหลังที่มีปริมาณเถ้าถึงร้อยละ 21.69

ภาพที่ 3 (จ) แสดงผลการหาปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 มีปริมาณสารระเหยน้อยสุดคือ ร้อยละ 6.86 และในอัตราส่วน A5 มีปริมาณสารระเหยมากที่สุดคือ ร้อยละ 8.91 จากปริมาณสารระเหยของถ่านทั้ง 5 อัตราส่วนเมื่อเทียบกับปริมาณสารระเหยจะน้อยกว่าถ่านไม้มูลาปลดัดสที่มีปริมาณสารระเหยถึง ร้อยละ 16.7 ซึ่งปริมาณสารระเหยเยอะก็จะส่งผลทำให้ถ่านมีควันมากและในปริมาณสารระเหยน้อยก็จะส่งผลให้ถ่านนั้นมีควันน้อยหรือไม่มีเลย

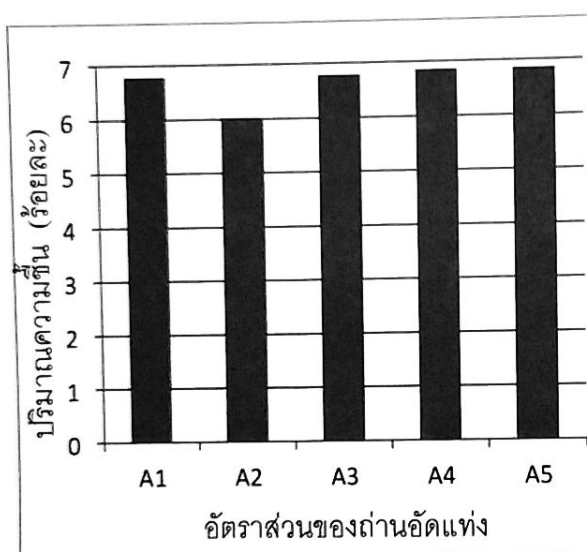
ภาพที่ 3 (ฉ) แสดงผลการหาปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดคือ ร้อยละ 81.4 และในอัตราส่วน A5 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อยสุดคือ ร้อยละ 76.31 ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวก็คือ ค่าที่แสดงถึงส่วนที่เผาไหม้ได้ของถ่านอัดแท่ง ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงและเมื่อเทียบกับ คุณสมบัติของถ่านไม้แต่ละชนิดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแล้ว ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วนถือว่ามปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงเมื่อเทียบกับถ่านไม้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



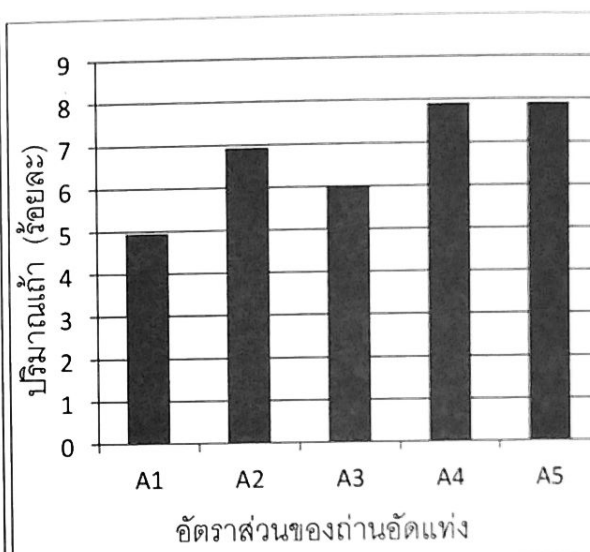
(1)



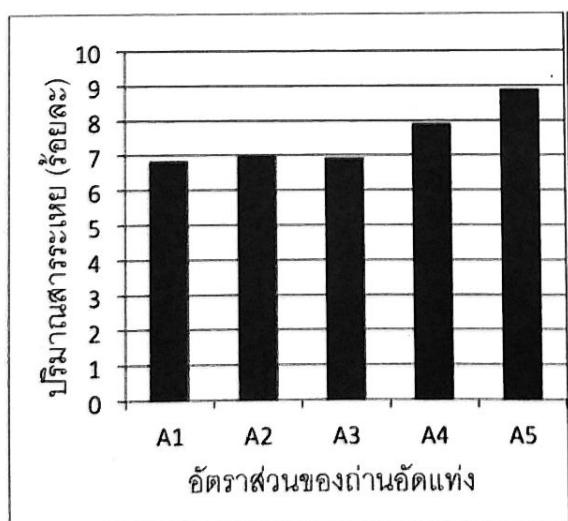
(2)



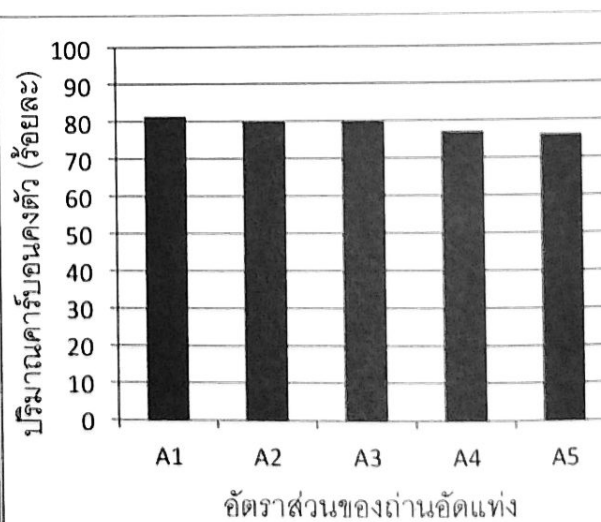
(3)



(4)



(5)



(6)

ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วน (ก) ความหนาแน่น (ข) ค่าความร้อน (ค) ปริมาณความชื้น (ง) ปริมาณเถ้า (จ) ปริมาณสารระเหย (ฉ) ปริมาณคาร์บอนคงตัว

3.3 การเลือกค่าถ่านอัดแท่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 ก: 1-3)

ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูง ปริมาณสารระเหยไม่เกินร้อยละ 70 ปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 50 มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ถ่านอัดแท่งที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดี (ชาญยุทธ เทพพานิช. 2552 : 59) และเมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.) ถ่านอัดแท่งจะต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 cal/g ดังนั้นจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงปรากฏว่า ถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัสในอัตราส่วน 3 : 7 มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ เนื่องจากมีค่าความร้อนสูงสุด คือ 6,014.7 cal/g มีค่าคาร์บอนคงตัวสูงคือ ร้อยละ 81.40 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 4.95 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.79 และมีปริมาณสารระเหยร้อยละ 6.89 และมีค่าความหนาแน่น 0.422 g/cm³ ดังตารางที่ 2

สรุปผล

คุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเชื้อเพลิงของ ถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัส ทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 คือ เหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัสในอัตราส่วน 3:7 มีความเหมาะสมที่สุดในการเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีค่าความร้อนสูงสุด คือ 6,014.7 cal/g เมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง คือ ถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 cal/g ดังนั้นถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน A1 มีค่าความร้อนสูงสุด มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 คือ ร้อยละ 6.79 มีปริมาณเถ้า ร้อยละ 4.95 มีปริมาณสารระเหย ร้อยละ 6.86 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 81.4 และมีความหนาแน่น 0.422 g/cm³ เพราะฉะนั้นถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังผสมเศษไม้ยูคาลิปตัสในอัตราส่วน 3:7 มีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงดีที่สุด

บรรณานุกรม

ชาญยุทธ เทพพานิช. 2552. การผลิตและทดสอบคุณสมบัติของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลัง และกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ของโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

บุญจรัตน์ โจลานันท์, อาทิตย์ พุทธรักษาดี และจันสุดา คำด้อย. (มกราคม 2554). “พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์.” วารสารวิจัย มช. 16(1) : 20-31.

รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. 2553. การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้ง้ามันสำปะหลัง. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตกะทิเสริมด้วยโปรไบโอติก

Development of Coconut Milk Yogurt Ice Cream Supplemented with Probiotics

อนุศักดิ์ ไทยโคกสูง, ปริญญา พงษ์นิตย, อารยา รานอก,
กัณณาง ตะมะรวัย และชนิดา กุประดิษฐ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นพัฒนาสูตรผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตจากกะทิที่เสริมด้วยโปรไบโอติกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยศึกษาปริมาณกะทิที่เหมาะสม คุณลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และผลการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โปรไบโอติกระหว่างขั้นตอนการผลิตและเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่า องค์ประกอบทางเคมีที่มีมากในไอศกรีมสูตรที่มีกะทิ คือ ไขมันและคาร์โบไฮเดรต โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกะทิ ส่วนปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของนม ค่า % overrun มีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของนม ส่วนเวลาในการละลายหยดแรกขึ้นกับปริมาณของกะทิ ผลการรอดชีวิตของเชื้อโปรไบโอติก พบว่า กระบวนการผลิตไม่มีผลต่อการรอดชีวิตของเชื้อโปรไบโอติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลของระยะเวลาในการเก็บรักษา 29 วัน พบว่า เชื้อโปรไบโอติกในไอศกรีมแต่ละสูตรมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามยังคงมีจำนวนมากกว่า 106 CFU/g ซึ่งเป็นจำนวนที่กำหนดไว้ขั้นต่ำที่ยังคงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่มีความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ สูตรกะทิ 100 % ที่มีลักษณะเด่น คือ ด้านเนื้อสัมผัส และลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกัน จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ปริมาณกะทิที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต คือ สูตรกะทิ 100 %

คำสำคัญ: ไอศกรีม โยเกิร์ต กะทิ โปรไบโอติก

Abstract

This study aimed to investigate the effect of coconut milk concentration on physicochemical, culture survival and sensory characteristics in order to develop a yogurt ice cream supplemented with probiotic. The results showed that yogurt ice cream with coconut milk 100 % had the high content of fat and carbohydrate and the trend increased with percent of coconut milk. Whereas moisture, protein, and ash increased with percent of milk. The increase of overrun percent had affected with percent of milk whereas the increase of first dripping time had affected with percent of coconut milk. The culture survival of probiotic was evaluated during processing and storage at -18°C for 29 days. Initial freezing of ice cream mix followed by hardening was no effect on a survival probiotics. During 29 days of frozen storage caused a reduction of probiotics but the ice cream may be considered as a probiotic food, since the remained was above the recommended minimum limit of 106 cfu/g. Sensory evaluation was carried out. The results showed that the highest overall score was 100 % coconut milk formula because the characteristics of texture and homogeneous. This study indicated that the suitable formula of yogurt ice cream was 100 % coconut milk formula.

Keywords: Ice Cream, Yogurt, Coconut Milk, Probiotics

หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม (ต่อเนื่อง) สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กรุงเทพมหานคร 30000

บทนำ

ปัจจุบันการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วและแพร่หลาย เนื่องจากผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสำคัญของอาหารและสุขภาพ (Salem, Fathi, and Awad, 2005) อาหารเพื่อสุขภาพจึงถูกพิจารณาว่ามีประโยชน์ทางด้านโภชนาการและอาจทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์อาหารจึงได้ถูกพัฒนาในด้านส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เช่น แบคทีเรียกลุ่มโปรไบโอติกและส่วนประกอบที่ผลิตจากพืชต่าง ๆ (Shori, and Baba, 2014) ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม มีการเสริมโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับสุขภาพ อาหารโปรไบโอติกถูกจำแนกให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีจุลินทรีย์กลุ่มโปรไบโอติกในปริมาณที่เพียงพอ โปรไบโอติกมีประโยชน์สำหรับสุขภาพในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและรักษาอาการท้องเสีย ยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ก่อโรค และโรคที่เกิดจากการไม่ย่อยน้ำตาลแลคโตสในนม (Lactose Intolerance) ต่อต้านการเกิดโรคมะเร็ง และการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน (Shori, and Baba, 2015)

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่มีสารอาหารและมีรสชาติเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนั้น ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่มีสารอาหารและมีประโยชน์ต่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น จึงนำไปสู่การผลิตไอศกรีมที่มีส่วนผสมพิเศษที่ได้การยอมรับในคุณสมบัติทางโภชนาการ เช่น โปรไบโอติก (Akin, Akin, and Kirmac, 2007; Alamprese, et al., 2002) พรไบโอติก (Akalin, and Erisir, 2008; Akin, et al., 2007; Leandro, et al., 2013) และสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติ (Soukoulis, Lebesi, and Tzia, 2009) การบริโภคไอศกรีมที่มีโปรไบโอติกสามารถลดระดับแบคทีเรียในช่องปากที่ทำให้ฟันผุได้ (Caglar, et al., 2008) ยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคบางชนิด (Singh, Damle, and Chawla, 2011) ทำให้จุลินทรีย์ในลำไส้ทำงานได้ดีขึ้นและกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Ranadheera, et al., 2013)

เนื่องจากการผลิตไอศกรีมนั้นใช้ส่วนผสมหลักคือนมวัว ดังนั้นเพื่อทดแทนส่วนผสมในไอศกรีมจากนํ้านมสัตว์เป็นนํ้านมที่ได้จากพืชจึงมีความสำคัญ นักวิจัยจึงได้พยายามทำการทดสอบโดยใช้นํ้านมจากพืช เช่น นมถั่วเหลืองในการผลิตผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกที่มีคุณสมบัติทางโภชนาการและสุขภาพ (Aboufazel, Shori, and Baba, 2016; Bisla, Archana, and Sharma, 2011; Heenan, et al., 2004; Hermanto, and Masdiana, 2011) นมถั่วเหลืองถูกพบว่าเป็นสารตั้งต้นที่ดีสำหรับโปรไบโอติกที่ใช้กันทั่วไปคือ *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* (Farnworth, et al., 2007; Wang, Yu, and

Chou, 2004) การเปลี่ยนจากนมวัวทดแทนด้วยสารสกัดจากถั่วเหลืองเป็นที่รู้จักกันดีว่ามีผลในการปรับลดค่า pH ของไอศกรีมโปรไบโอติกและทำให้ความอยู่รอดของโปรไบโอติกเพิ่มขึ้น (Heenan, et al., 2004) เลซิตินที่มีในสารสกัดจากถั่วเหลืองยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์จึงช่วยป้องกันความเสียหายจากการแช่แข็งและความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร ด้วยการห่อหุ้มเซลล์โปรไบโอติกเอาไว้ นอกจากนี้โปรตีนจากถั่วเหลืองยังสามารถสร้างโครงสร้างเหมือนเจล ทำให้ไอศกรีมมีความคงตัวเพิ่มมากขึ้น (Akesowan, 2009) แต่การบริโภคไอศกรีมจากถั่วเหลืองยังมีข้อจำกัดเนื่องจากกลิ่นและรสชาติของสารสกัดจากถั่วเหลือง (Wang, et al., 2004)

กะทิเป็นส่วนผสมจากพืชชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนนมวัวในการทำไอศกรีมโปรไบโอติก เนื่องจากสะดวกในการเตรียม ย่อยง่าย และมีความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร (Wangcharoen, 2012) กะทิอุดมไปด้วยแร่ธาตุ (แคลเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) วิตามิน (วิตามิน C, E และ B) โปรตีน (อุดมไปด้วยกรดอะมิโนกลูตาเมต แอสพาติก และอาร์จินีน) ไขมันและสารต้านอนุมูลอิสระ (Yuliana, Rangga, and Rakhmia, 2010) กรดไขมัน (โอเลอิก และลอริก) กะทียังมีประโยชน์ในการป้องกันภาวะโรคหลอดเลือดแดงแข็งอีกด้วย (Belewu, and Belewu, 2007) เนื่องจากโปรไบโอติกโดยทั่วไปไม่ได้เจริญอย่างรวดเร็วในนมวัว ดังนั้นไอศกรีมที่ทำด้วยกะทิที่มีองค์ประกอบดังกล่าวจึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรไบโอติกโดยการตอบสนองความต้องการของจุลินทรีย์ทางด้านสารอาหาร เช่น กรดอะมิโน และคาร์โบไฮเดรต (Farnworth, et al., 2007) โดยเฉพาะโปรไบโอติกสายพันธุ์แลคโตบาซิลลัสและไบฟิโดแบคทีเรีย ที่ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเนื่องจากส่งผลดีต่อลำไส้มนุษย์ และโดยเฉพาะในกรณีของแลคโตบาซิลลัสที่ถูกนำมาใช้ในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง (Shori, and Baba, 2015)

โครงการนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาสูตรผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตจากกะทิที่เสริมด้วยโปรไบโอติกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยศึกษาปริมาณกะทิที่เหมาะสม คุณลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และผลการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โปรไบโอติกระหว่างขั้นตอนการผลิต และเก็บรักษา รวมถึงทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมโยเกิร์ตจากกะทิ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณกะทิที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมด้วย โปรไบโอติก
2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณกะทิต่อการรอดชีวิตของโปรไบโอติกระหว่างขั้นตอน การผลิตและเก็บรักษา

กรอบแนวคิดการวิจัย

1. ทดสอบหาปริมาณกะทิที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต ซึ่งประกอบด้วย 5 สูตร คือ มีส่วนผสมของกะทิ 0, 25, 50, 75 และ 100 %

2. วิเคราะห์ปริมาณกะทิต่อคุณภาพของไอศกรีม ทั้งทางด้านกายภาพ ได้แก่ % overrun และอัตราการละลาย ด้านเคมี ได้แก่ ค่า pH ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือ ของแข็งของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และทางประสาทสัมผัส

3. วิเคราะห์ผลของปริมาณกะทิต่อความอยู่รอดของโปรไบโอติก ทั้งระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วัน

ตารางที่ 1 แสดงค่า pH ของหัวเชื้อที่เติมลงในไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	ค่า pH ^{ns}
สูตรกะทิ 100 %	4.56 ± 0.07
สูตรกะทิ 75 % นม 25 %	4.44 ± 0.12
สูตรกะทิ 50 % นม 50 %	4.44 ± 0.12
สูตรกะทิ 25 % นม 75 %	4.49 ± 0.16
สูตรนม 100 %	4.57 ± 0.08

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณกะทิที่เหมาะสมต่อการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต

2.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

จากการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids; TSS) ในการบ่มโยเกิร์ตแต่ละช่วงเวลาที่ 0, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าค่า TSS ของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละชั่วโมงที่ศึกษา โดยการบ่มโยเกิร์ตที่ 0 ชั่วโมง สูตรนม 100 % มีค่า TSS มากกว่าสูตรกะทิ 100 % ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของสุวรรณ กิจภากรณ์ (2560) พบว่าในนมมีน้ำตาลแลคโตสประมาณ 4.8 % ซึ่งมากกว่ากะทิที่มีน้ำตาลเพียง 0.5 % (ไทยกริ ฟู้ดส์, เวียดนาม) ส่วนอีก 3 สูตร ที่มีส่วนผสมทั้งนมและกะทิมีค่า TSS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งทุกสูตรมีปริมาณ TSS ลดลง เมื่อระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) เนื่องจากแบคทีเรียในกลุ่ม Lactic Acid Bacteria จะใช้น้ำตาลแลคโตส (Lactose) ในนมเป็นแหล่งพลังงาน และสร้างกรดแลคติก (Lactic Acid) รวมทั้งสารที่ให้กลิ่นรสออกมา (ฟิมพ์เพ็ญพรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2560ค)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการเตรียมหัวเชื้อ

จากการเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต พบว่าค่า pH เริ่มต้นของหัวเชื้อที่เติมลงในส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตแต่ละครั้งมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.44-4.57 (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับ ฟิมพ์เพ็ญพรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2560ค) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การหมักโยเกิร์ต (Fermentation) ด้วยการเติมหัวเชื้อ (Starter) ผสมในนมหัวเชื้อควรมีค่า pH ประมาณ 4.4-4.5

จากการเปรียบเทียบกระบวนการผลิต โดยการวิเคราะห์ค่า TSS ของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร ขณะก่อนและหลังปั่นไอศกรีมพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ที่กระบวนการเดียวกันและมีแนวโน้มว่า โยเกิร์ตแต่ละสูตรมีค่า TSS ระหว่างก่อนและหลังปั่นไอศกรีมใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 2) แสดงว่ากระบวนการปั่นไม่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ หลังจากนั้นน้ำไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้ทั้ง 5 สูตร ไปเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วัน พบว่าไอศกรีมทุกสูตรมีค่า TSS ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง (28.00-30.50) โดยการเก็บรักษาทุกสูตรมีค่า TSS แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับ ฟิมพ์เพ็ญพรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2560ค) ได้ศึกษาว่าการแช่เยือกแข็ง ไม่ได้เป็นกรรมวิธีที่มุ่งทำลายจุลินทรีย์ แต่เป็นการใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อรักษาคุณภาพ และป้องกันการเกิดผลึกใหม่ (Recrystallization) ของน้ำแข็ง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพ

ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	ระยะเวลาในการบ่มโยเกิร์ต			ระหว่างการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต	
	0 ชม.	3 ชม.	5 ชม.	ก่อนปั่น ^{ns}	หลังปั่น ^{ns}
สูตรกะทิ 100%	31.00 ± 1.15a	25.50 ± 0.58 ab	26.50 ± 0.58 ab	29.00 ± 2.31	29.75 ± 0.96
สูตรกะทิ 75% นม 25%	31.75 ± 0.96 ab	26.50 ± 0.58 b	28.25 ± 1.50 b	29.25 ± 1.71	29.75 ± 0.96
สูตรกะทิ 50% นม 50%	32.00 ± 1.15 ab	27.50 ± 3.51 b	28.00 ± 3.46 b	29.00 ± 1.63	29.00 ± 0.82
สูตรกะทิ 25% นม 75%	32.25 ± 0.50 ab	30.75 ± 0.50 c	29.00 ± 1.82 b	27.75 ± 1.50	30.25 ± 0.96
สูตรนม 100%	33.00 ± 0.00 b	23.00 ± 0.00 a	23.50 ± 3.54 a	29.00 ± 0.00	30.25 ± 0.96

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	1 วัน	8 วัน ^{ns}	15 วัน	22 วัน ^{ns}	29 วัน
สูตรกะทิ 100%	29.75 ± 0.96 b	30.50 ± 0.58	29.50 ± 0.58 a	30.00 ± 1.15	28.75 ± 0.50 a
สูตรกะทิ 75% นม 25%	30.00 ± 1.15 b	30.25 ± 0.96	29.25 ± 0.50 ab	29.00 ± 1.41	29.00 ± 0.00 ab
สูตรกะทิ 50% นม 50%	28.25 ± 0.05 a	29.50 ± 1.73	28.00 ± 1.15 b	29.00 ± 0.00	28.75 ± 0.50 a
สูตรกะทิ 25% นม 75%	29.00 ± 0.00 ab	30.25 ± 0.96	30.00 ± 1.15 b	30.25 ± 0.96	29.00 ± 0.82 ab
สูตรนม 100%	29.50 ± 0.58 b	29.75 ± 0.96	30.50 ± 1.29 ab	30.50 ± 0.58	30.00 ± 1.15 b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

2) ผลวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ค่า pH)

จากการศึกษาค่า pH ในแต่ละช่วงเวลาในการบ่มโยเกิร์ตที่ 0, และ 3 ชั่วโมง พบว่าค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4) เมื่อทำการวัดที่เวลาเดียวกัน เนื่องจากกระบวนการผลิตทุกสูตรมีการใส่ปริมาณหัวเชื้อ Lactic Acid Bacteria ในปริมาณที่เท่ากัน แต่ที่ 5 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) เนื่องจากในนมมีน้ำตาลแลคโตสเป็นส่วนประกอบ ทำให้จุลินทรีย์ย่อยน้ำตาลแลคโตส แล้วสร้างกรดแลคติก ทำให้ค่า pH ของสูตรนมลดลงเยอะกว่าสูตรที่มีส่วนของกะทิเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับ สุวรรณากิจภรณ์ (2560) ที่ได้ศึกษาว่า แลคโตส (Lactose Or Milk Sugar) หรือน้ำตาลนม เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ พบในน้ำนมเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยแลคโตสสังเคราะห์ขึ้นในเต้านม พบประมาณ 4.8 % เนื่องจากแลคโตสถูกทำให้สลายตัวได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งทำให้น้ำนม มีรสเปรี้ยว

ส่วนในระยะเวลาก่อนปั่น ค่า pH มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) เนื่องจากแต่ละสูตรไม่ได้ปั่นพร้อมกัน โดยลำดับในการปั่นเกิดจากการสุ่มแบบสมบูรณ์ พอหลังจากการปั่นไอศกรีมจะเห็นได้ว่าค่า pH ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4) เนื่องจากมีปริมาณเกร็ดน้ำแข็งเพิ่มเข้ามาจากการปั่นไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมแต่ละสูตรมีอุณหภูมิที่ลดลง จึงทำให้ค่า pH ในแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Taylor (2017) ที่ได้ศึกษาว่าการนำอากาศใส่เข้าไปในขณะที่ปั่นไอศกรีม เรียกกระบวนการนี้ว่า “overrun” ซึ่งจะมีสัดส่วนตั้งแต่ 0-60 % ของเนื้อไอศกรีม อากาศเป็นตัวแปรหลักในการทำให้รสชาติของไอศกรีมชนิดนี้แตกต่างกันออกไป และอาจเกิดเป็นเกร็ดน้ำแข็ง

หลังจากนั้นนำไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้ทั้ง 5 สูตร ไปเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วัน พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตแต่ละสูตร มีค่า pH ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยทุกสูตรมีค่า pH ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตเดียวกัน โดยค่า pH ของ

แต่ละสูตรมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการเก็บรักษา เป็นการนำไอศกรีมไปแช่เยือกแข็ง จึงทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับ พิมพ์เพ็ญพรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2560ก) ได้ศึกษาว่า

การแช่เยือกแข็งเป็นการเปลี่ยนสถานะของโมเลกุลของน้ำในอาหารให้เป็นน้ำแข็ง เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีของอาหาร ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ตารางที่ 4 แสดงค่าปริมาณความเป็นกรดต่างที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	ระยะเวลาในการบ่มโยเกิร์ต			ระหว่างการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต	
	0 ชม. ^{ns}	3 ชม. ^{ns}	5 ชม.	ก่อนปั่น	หลังปั่น ^{ns}
สูตรกะทิ 100%	6.36 ± 0.01	5.18 ± 0.38	4.98 ± 0.33 b	4.81 ± 0.20 b	4.75 ± 0.27
สูตรกะทิ 75% นม 25%	6.26 ± 0.16	4.98 ± 0.01	4.68 ± 0.06 a	4.56 ± 0.09 a	4.59 ± 0.10
สูตรกะทิ 50% นม 50%	6.27 ± 0.04	4.88 ± 0.02	4.55 ± 0.13 a	4.50 ± 0.05 a	4.51 ± 0.20
สูตรกะทิ 25% นม 75%	6.47 ± 0.15	5.17 ± 0.21	4.79 ± 0.10 ab	4.67 ± 0.10 ab	4.64 ± 0.09
สูตรนม 100%	6.31 ± 0.04	4.94 ± 0.15	4.67 ± 0.12 a	4.78 ± 0.08 b	4.78 ± 0.10

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงค่าปริมาณความเป็นกรดต่างที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	1 วัน	8 วัน	15 วัน	22 วัน	29 วัน
สูตรกะทิ 100%	4.83 ± 0.12 b	4.76 ± 0.10 b	4.75 ± 0.11 b	4.56 ± 0.21 b	4.50 ± 0.22 b
สูตรกะทิ 75% นม 25%	4.55 ± 0.12 b	4.31 ± 0.09 a	4.26 ± 0.10 a	4.30 ± 0.04 a	4.26 ± 0.04 a
สูตรกะทิ 50% นม 50%	4.44 ± 0.07 a	4.36 ± 0.11 a	4.36 ± 0.08 a	4.32 ± 0.02 a	4.24 ± 0.06 a
สูตรกะทิ 25% นม 75%	4.48 ± 0.23 a	4.39 ± 0.10 a	4.39 ± 0.10 a	4.33 ± 0.06 a	4.32 ± 0.06 ab
สูตรนม 100%	4.59 ± 0.08 a	4.64 ± 0.02 b	4.66 ± 0.04 b	4.52 ± 0.06 b	4.30 ± 0.17 ab

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร พบว่าปริมาณความชื้นของสูตรนม 100% จะมีความมากกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของกะทิ ซึ่งปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของนม (ตารางที่ 6) เนื่องจากนมมีปริมาณของน้ำเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้ไอศกรีมสูตรที่มีนมเป็นส่วนผสมมีความชื้นสูงกว่าสูตรกะทิ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พิมพ์เพ็ญพรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2560ง) ที่พบว่า นม (Milk) เป็นอาหารเหลว ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำ มีปริมาณมากกว่า 85% โดยน้ำเป็นตัวกลางให้โปรตีน ไขมันนมกระจายตัวอยู่ เกิดลักษณะเป็นอิมัลชัน (Emulsion) ชนิด Oil-In-Water Emulsion และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นัยวิท เกลิมนนท์ (2559) พบว่า องค์ประกอบของกะทิ ประกอบด้วยไขมัน 50-54 % โดยสัดส่วนขององค์ประกอบในกะทิ

ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์ อายุ สภาพแวดล้อม ในการเจริญเติบโต โดยพบว่าปริมาณของของแข็งสอดคล้องกับปริมาณความชื้น โดยพบว่าสูตรกะทิ 100 % มีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อมีส่วนผสมของนมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ที่เป็นองค์ประกอบหลักของกะทิ แสดงดังตารางที่ 6

ส่วนปริมาณโปรตีน และเถ้าจะมีปริมาณมากขึ้น เมื่อมีส่วนผสมของนมในแต่ละสูตรเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 6) เนื่องจากในนมมีปริมาณโปรตีน และแร่ธาตุมากกว่ากะทิ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พิมพ์เพ็ญพรเฉลิมพงศ์ และ นธิยา รัตนานนท์ (2560ง) พบว่า เคซีน (Casein) เป็นฟอสโฟโปรตีน (Phosphoprotein) ที่พบ 80 % ของโปรตีนทั้งหมดในนม เป็นโปรตีนที่มี กรดอะมิโน (Amino Acid) ที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน

ตารางที่ 6 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	ความชื้น	ของแข็ง	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต*
สูตรกะทิ 100%	59.79±0.34 a	40.21±0.34 d	3.10±0.14 a	4.40±0.30 a	0.83±0.04 a	31.88
สูตรกะทิ 75% นม 25%	63.77±0.42 b	36.23±0.42 c	3.28±0.23 ab	3.27±0.46 b	0.94±0.09 a	28.74
สูตรกะทิ 50% นม 50%	65.64±0.37 c	34.37±0.37 b	3.59±0.13 bc	3.13±0.60 b	0.89±0.04 a	26.75
สูตรกะทิ 25% นม 75%	66.08±0.28 c	33.92±0.28 b	3.92±0.14 c	2.88±0.64 b	0.90±0.02 a	26.22
สูตรนม 100%	68.51±0.07 d	31.49±0.07 a	4.37±0.19 d	1.70±0.19 c	1.13±0.13 b	24.29

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

* หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = น้ำหนักแห้ง - (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

2.2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

1) ผลการวิเคราะห์ % Overrun

จากการศึกษาพบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรนม 100 % จะมีค่า % overrun สูงที่สุด คือ 85.07 % ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีส่วนของกะทิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ตารางที่ 6) ที่พบว่า

ไอศกรีมสูตรนม 100 % มีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ 68.51 % ซึ่งปริมาณความชื้นในไอศกรีมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการกระจายตัวของอนุภาคและเสริมให้เกิดการอุ้มน้ำภายในโครงสร้างของไอศกรีม ส่วนไอศกรีมสูตรที่มีกะทิจะมีความชื้นที่น้อยกว่าและมีปริมาณของแข็งที่มากกว่า โดยเฉพาะไขมันจึงทำให้อากาศแทรกตัวเข้าไปในเนื้อไอศกรีมได้น้อยกว่า ปิยวรรณ ศุภวิทย์พัฒนา (2553)

ตารางที่ 7 แสดงค่า % Overrun ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร %	Overrun
สูตรกะทิ 100 %	57.18 ± 8.34 b
สูตรกะทิ 75 % นม 25 %	61.36 ± 16.23 b
สูตรกะทิ 50 % นม 50 %	63.04 ± 14.68 b
สูตรกะทิ 25 % นม 75 %	64.84 ± 5.46 b
สูตรนม 100 %	85.07 ± 4.33 a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) เวลาที่ตัวอย่างหยดแรกละลาย (First Dripping Time)

จากการวิเคราะห์เวลาที่ไอศกรีมเริ่มมีการละลายหยดแรก พบว่าไอศกรีมสูตรที่มีนม 100% จะมีการละลายของหยดแรกในเวลาที่เร็วกว่าไอศกรีมสูตรที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบ โดยเวลาของการละลายจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามสัดส่วนของกะทิ (ตารางที่ 8) โดยไอศกรีมสูตรกะทิ 100% จะมีการละลายช้ากว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น ไอศกรีมจะมีการละลายเพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนของนม

ทั้งนี้เนื่องจากไอศกรีมสูตรที่มีกะทิจะมีความชื้นต่ำและมีปริมาณไขมันที่มากกว่าทำให้อากาศแทรกตัวได้น้อยกว่า และเกิดแรงยึดเหนี่ยวภายในระหว่างของแข็งได้มากกว่าสูตรที่มีความชื้นสูง จึงเกิดความหนืดทำให้มีการละลายได้ช้ากว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่า % overrun และสอดคล้องกับ ปิยวรรณ ศุภวิทย์พัฒนา (2553) ที่พบว่าเมื่อไอศกรีมมีปริมาณความชื้นสูง อากาศที่ถูกห่อหุ้มไว้และกลายเป็นน้ำแข็งระหว่างกระบวนการแช่แข็ง เมื่อสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งจึงเกิดการละลายได้เร็วกว่าสูตรที่มีความชื้นน้อย

ตารางที่ 8 แสดงเวลาที่ตัวอย่างหยดแรกละลาย (First Dripping Time)

สูตรไอศกรีม	เวลาที่หยดแรกละลาย (นาที)				
	วันที่ 1	วันที่ 8	วันที่ 15	วันที่ 22	วันที่ 29
สูตร 1 กะทิ 100 %	42.11 ± 8.82 a	34.42 ± 5.65 a	38.09 ± 5.97 a	33.19 ± 2.05 a	45.03 ± 8.74 a
สูตร 2 กะทิ 75 % นม 25 %	39.57 ± 5.92 a	27.21 ± 9.00 b	27.55 ± 3.39 b	28.70 ± 3.54 ab	34.06 ± 9.82 b
สูตร 3 กะทิ 50 % นม 50 %	30.22 ± 9.23 b	23.25 ± 4.58 b	26.13 ± 0.90 b	27.58 ± 3.64 b	24.01 ± 1.42 c
สูตร 4 กะทิ 25 % นม 75 %	28.56 ± 4.31 b	23.83 ± 4.88 b	25.94 ± 1.21 b	25.61 ± 2.04 bc	23.20 ± 2.88 c
สูตร 5 นม 100 %	23.94 ± 9.66 b	20.77 ± 5.73 b	25.85 ± 7.35 b	22.85 ± 5.43 c	20.83 ± 6.96 c

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2.3 ผลการวิเคราะห์หัตถการการรอดชีวิตของเชื้อโปรไบโอติก

การวิเคราะห์จำนวนเชื้อโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร เมื่อพิจารณาที่กระบวนการผลิต คือก่อนปั่นและหลังปั่นไอศกรีมในแต่ละสูตร พบว่า การเหลือรอดของเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 9) นั้นหมายความว่ากระบวนการผลิตไม่ส่งผลต่อการอยู่รอดของเชื้อ และเมื่อพิจารณาที่อายุการเก็บรักษาที่เวลาต่าง ๆ โดยไอศกรีมโยเกิร์ตจะถูกแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 29 วัน พบว่าจำนวนเชื้อโปรไบโอติกในไอศกรีมแต่ละสูตรมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 10) โดยหลังจากการแช่แข็ง 1 วัน ปริมาณการเหลือรอดของเชื้อลดลงจากหลังการปั่น ทั้งนี้เนื่องจากการแช่เยือกแข็งทำให้เซลล์จุลินทรีย์บาดเจ็บ

และทำให้เซลล์บางส่วนถูกทำลาย ซึ่งสอดคล้องกับ Hagen และ Narvhus (1999) พบว่า จำนวนของแบคทีเรียโปรไบโอติกจะลดลง $0.7 - 0.8 \log \text{CFU/กรัม}$ ตัวอย่าง ระหว่างกระบวนการแช่แข็ง และจำนวนเชื้อโปรไบโอติกมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 2) อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากกระบวนการปั่นไอศกรีม การแช่แข็ง ร่วมกับการมีออกซิเจนแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของไอศกรีมส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ไอศกรีมโยเกิร์ตก็ยังคงมีจำนวนเชื้อโปรไบโอติกมากกว่า 10^6CFU/g ซึ่งเป็นจำนวนที่กำหนดไว้ขั้นต่ำที่ยังคงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 346) พ.ศ. 2555 เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกในอาหาร)

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณโปรไบโอติกเชื้อ *Lactobacillus* spp. ($\log \text{CFU/มล.}$) ที่เวลาก่อนปั่นและหลังปั่น

สูตร	ก่อนปั่น ^{ns}	หลังปั่น ^{ns}
สูตร 1 กะทิ 100 %	9.88 ± 0.06	9.68 ± 0.35
สูตร 2 กะทิ 75 % นม 25 %	9.43 ± 0.08	9.37 ± 0.80
สูตร 3 กะทิ 50 % นม 50 %	9.73 ± 0.76	9.69 ± 0.83
สูตร 4 กะทิ 25 % นม 75 %	9.32 ± 0.64	9.07 ± 0.46
สูตร 5 นม 100 %	9.30 ± 0.56	9.18 ± 0.57

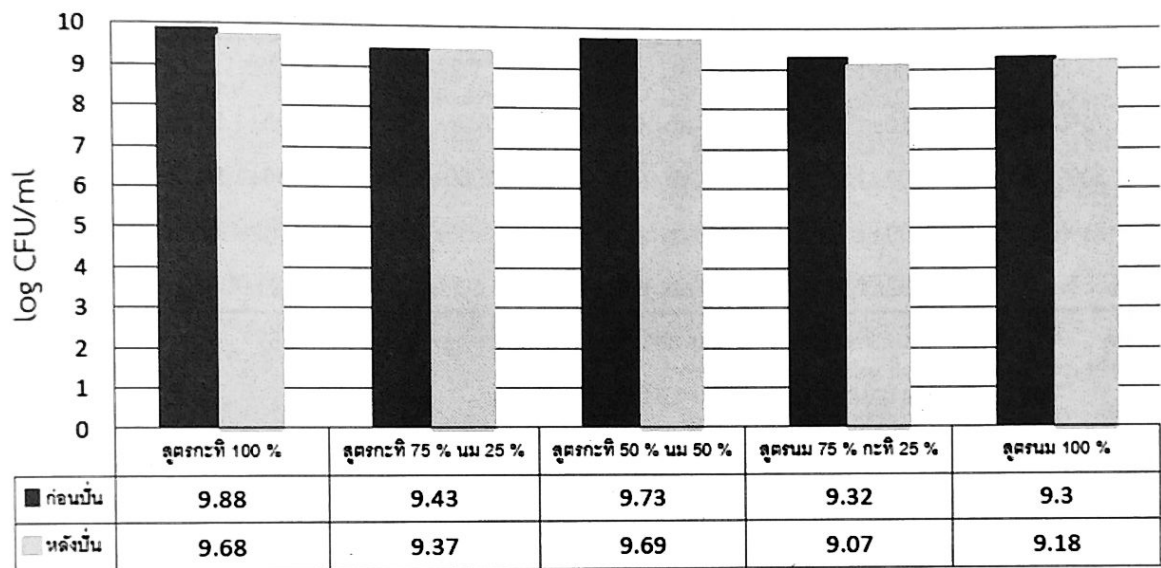
หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณโปรไบโอติกเชื้อ Lactobacillus spp. (log CFU/มล.) ที่เวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

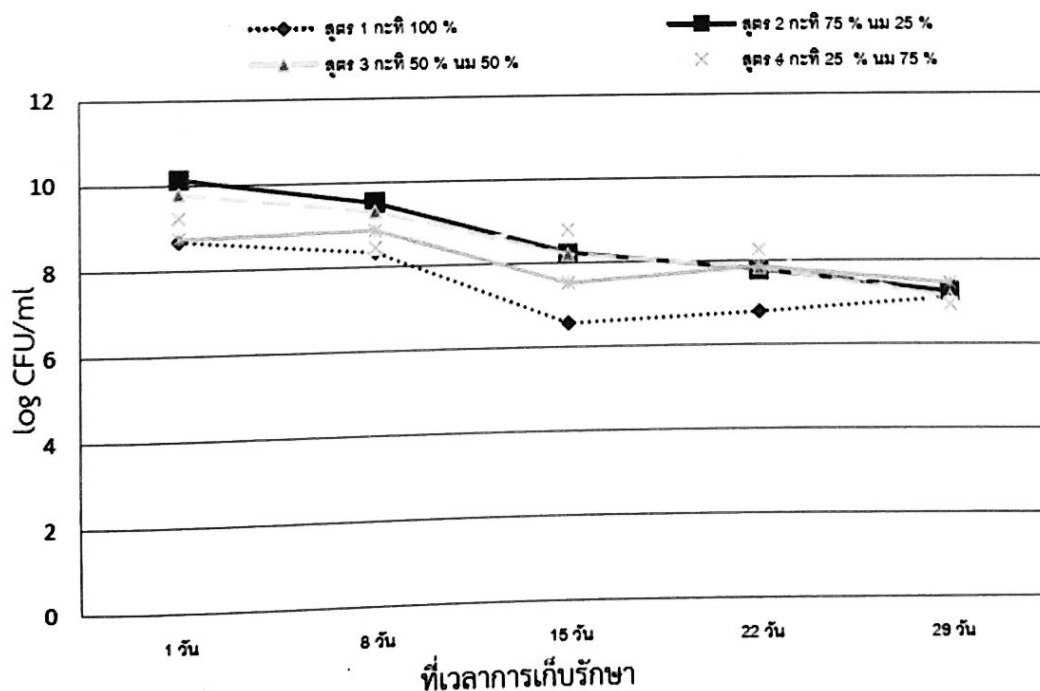
สูตร	1 วัน	8 วัน	15 วัน	22 วัน	29 วัน
สูตร 1 กะทิ 100 % ^{ns}	8.66 ± 0.32	8.32 ± 2.86	6.55 ± 0.53	6.78 ± 0.25	7.10 ± 0.23
สูตร 2 กะทิ 75 % นม 25 % ^{ns}	10.13 ± 2.06	9.50 ± 1.48	8.23 ± 0.65	7.77 ± 0.32	7.24 ± 0.30
สูตร 3 กะทิ 50 % นม 50 %	9.78 ± 0.82 a	9.30 ± 0.88 a	8.20 ± 0.15 ab	7.82 ± 1.18 ab	7.10 ± 0.15 b
สูตร 4 กะทิ 25 % นม 75 %	9.22 ± 0.68 a	8.44 ± 0.51 a	8.77 ± 0.20 a	8.24 ± 0.74 a	6.92 ± 0.06 b
สูตร 5 นม 100 %	8.73 ± 0.24 ab	8.86 ± 0.36 a	7.50 ± 0.57 c	7.85 ± 0.18 bc	7.44 ± 0.20 c

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณโปรไบโอติกเชื้อ Lactobacillus spp. (log CFU/มล.) ที่เวลาก่อนปั่นและหลังปั่น



ภาพที่ 2 แสดงปริมาณโปรไบโอติกเชื้อ Lactobacillus spp. (log CFU/มล.) ที่เวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

2.4 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ระดับคะแนน 1-9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 11) ด้านกลิ่นรส และรสชาติ ผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มชอบไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบ ส่วนด้านเนื้อสัมผัสและความเป็น

เนื้อเดียวกัน พบว่า ผู้ทดสอบชิมมีความชอบไอศกรีมสูตรที่มีส่วนผสมของกะทิมากกว่าสูตรนม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะทางเคมีที่มีไอศกรีมสูตรกะทิมีปริมาณความชื้นต่ำ ไขมันสูง และคุณลักษณะทางกายภาพที่มี % overrun ต่ำกว่าสูตรที่มีนมเป็นองค์ประกอบ ทำให้ไอศกรีมโยเกิร์ตกะทิมีเนื้อสัมผัสที่เนียนเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบมีความชอบไอศกรีมที่มีส่วนผสมของกะทิ 100 % แตกต่างจากสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีระดับความชอบที่ 7.13 ± 1.34

ตารางที่ 11 แสดงคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ใช้ปริมาณกะทิแตกต่างกัน

สูตร	สี ^{ns}	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	ความชอบโดยรวม
สูตรกะทิ 100%	7.20±1.54	6.57±1.56 a	6.77±1.56 a	7.20±1.40 a	7.32±1.33 a	7.13±1.34 a
สูตรกะทิ 75% นม 25%	7.10±1.59	6.12±1.76 ab	6.17±1.91 ab	6.95±1.45 ab	6.95±1.58 ab	6.58±1.77 b
สูตรกะทิ 50% นม 50%	7.02±1.51	6.13±1.70 ab	6.20±1.92 ab	6.80±1.39 ab	6.88±1.58 ab	6.60±1.64 b
สูตรกะทิ 25% นม 75%	6.80±1.70	6.07±1.78 b	6.08±1.86 b	6.55±1.67 bc	6.72±1.66 b	6.53±1.60 b
สูตรนม 100%	6.82±1.56	6.18±1.76 ab	6.33±2.14 ab	6.15±2.00 c	6.23±1.97 c	6.62±1.75 b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตกะทิเสริมโปรไบโอติกทั้งสิ้น 5 สูตร ได้แก่ สูตรกะทิ 100%, 75%, 50%, 25% และ 0% โดยศึกษาปริมาณกะทิที่เหมาะสม คุณลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และผลการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โปรไบโอติกระหว่างขั้นตอนการผลิต และเก็บรักษา พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตทุกสูตรมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 28.00-30.50 % ค่า pH ของไอศกรีมสูตรกะทิ 100 % มีค่าลดลงน้อยที่สุดในกระบวนการบ่มโยเกิร์ต และที่อายุการเก็บรักษา 29 วัน ไอศกรีมทุกสูตรมีค่า pH ลดลงเล็กน้อย ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีมากที่สุด ในไอศกรีมสูตรที่มีกะทิ 100% คือ 4.4% และ 31.88% ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกะทิ ส่วนปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของนม ซึ่งไอศกรีมสูตรนม 100% มีค่า 68.51%, 4.37%, 1.13% ตามลำดับ ค่า % overrun ไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรนม 100% จะมีค่าสูงที่สุด คือ 85.07% และมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีสัดส่วนของกะทิเพิ่มสูงขึ้น การละลายของหยดแรกจะมีแนวโน้มนานมากขึ้นตามสัดส่วนของกะทิ โดยไอศกรีมสูตรกะทิ 100% จะมีการละลายช้ากว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากจำนวนเชื้อโปรไบโอติกที่กระบวนการผลิต พบว่า

กระบวนการผลิตไม่ส่งผลต่อการอยู่รอดของเชื้อ และที่อายุการเก็บรักษา 29 วัน พบว่า ปริมาณเชื้อในไอศกรีมแต่ละสูตรมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ไอศกรีมโยเกิร์ตทุกสูตรยังคงมีจำนวนเชื้อโปรไบโอติกมากกว่า 10^6 CFU/g ซึ่งเป็นจำนวนที่ยังคงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า มีสูตรที่มีความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ สูตรกะทิ 100% ที่มีลักษณะเด่น คือ ด้านเนื้อสัมผัส และลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกัน ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า ปริมาณกะทิที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต คือ สูตรกะทิ 100%

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสูตรที่เลือกคือกะทิ 100% มีราคาต้นทุนสูงในการผลิตเนื่องจากกะทิมีราคาแพง ถ้าหากสามารถผลิตกะทิพาสเจอร์ไรส์ขึ้นเองได้ จะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้

บรรณานุกรม

กิตตินันท์ รูปแก้ว และปิยะนุช ทิพวัฒนา. (2553). "โยเกิร์ตแซ่แข็งโปรไบโอติก." โครงการพิเศษเภสัชศาสตร์บัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- จิรนาถ บุญคง และนงคณัฐ วงษ์แก้ว. (2548). "การผลิตไอศกรีมหน้านมถั่วเหลือง." *วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม*. 1(1): 31-40.
- ณรงค์ โฉมเฉลา. (2555). *กะทิที่มีประโยชน์ล้ำรู้จักกัน*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://talk.mthai.com/topic/347148.html>. (23 มีนาคม 2560)
- นัยวิท เกลิมนันท. (2559). "คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง." รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- นฤมล ประภาสวรรณกุล, สุพัฒน์ชลี สิริโชควรกิตต์, นันทพร อัครนิจ และสุภาวโรจน์ แสนทวีสุข. (2555). "การผลิตไอศกรีมจากน้ำมันมะพร้าว." รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา. (2553). "โครงการการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตจากกะทิ." รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์. (2560ก). *การแช่เยือกแข็ง*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2989.html>. (29 มีนาคม 2560)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์. (2560ข). *น้ำกะทิ*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3066/coconut-milk.html>. (24 มีนาคม 2560)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์. (2560ค). *โยเกิร์ต*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1077/yogurt.html>. (27 มีนาคม 2560)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์. (2560ง). *ส่วนประกอบของน้ำมัน*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2954.html>. (29 มีนาคม 2560)
- วรุณี ประดิษฐ์ศรีกุล. (2548). "จุลินทรีย์เพื่อชีวิต: โปรไบโอติกส์." *วารสารอาหาร*. ต.ค.-ธ.ค. 35: 249-257.
- วรรณดา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. (2531). *นมและผลิตภัณฑ์นม*. กรุงเทพฯ: โอเดียน สโตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2544). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 222*. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข. 41
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2555). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 346*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P346.pdf. (18 เมษายน 2560)
- สุนัดดา โยมญาติ. (2560). *โยเกิร์ต*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://biology.ipst.ac.th/?p=987>. (29 มีนาคม 2560)
- สุนิดา เมืองโคตร. (2552). "จุลินทรีย์โปรไบโอติก." *การเกษตรราชภัฏ*. 8(2): 47-58.
- สุนิดา เมืองโคตร. (2554). "ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตจีนโปรไบโอติก." *การเกษตรราชภัฏ*. 10(2): 7-21.
- สุวรรณา กิจภากรณ์. (2560). *แลคโตส*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/37/che_034.html. (29 มีนาคม 2560)
- อุทัยวรรณ ฉัตรธง. (2555). "ผลของรำข้าวต่อคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน." *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร*. 7(1): 44-51.
- Abadia-García, L., Cardador, A., Campo, S., Arvizu, S., Castaño-Tostado, E., Regalado-González, C., et al. (2013). "Influence of probiotic strains added to cottage cheese on generation of potentially antioxidant peptides, anti-listerial activity, and survival of probiotic microorganisms in imulated gastrointestinal conditions." *International Dairy Journal*. 33: 191-197.
- Abghari, A., Sheikh-Zeinoddin, M., and Soleimanian-Zad, S. (2011). "Non-fermented ice cream as a carrier for Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus rhamnosus." *International Journal of Food Science and Technology*. 46: 84-92.
- Aboulfazli, F., Shori, A. B., and Baba, A. S. (2016). "Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on probiotics and nutritional profile of fermented ice cream." *LWT - Food Science and Technology*. 70: 261-270.
- Akalin, A. S., and Erisir, D. (2008). "Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream." *Journal of Food Science*. 73: 184-188.
- Akesowan, A. (2009). "Influence of soy protein isolate on physical and sensory properties of ice cream." *Thai Journal of Agricultural Science*. 42: 1-6.
- Akin, M., Akin, M., and Kirmac, Z. (2007). "Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream." *Food Chemistry*. 104: 93-99.

- Alamprese, C., Foschino, R., Rossi, M., Pompei, C., and Savani, L. (2002). "Survival of *Lactobacillus johnsonii* La1 and influence of its addition in retail-manufactured ice cream produced with different sugar and fat concentrations." *International Dairy Journal*. 12: 201-208. 42
- Andreasen, T. G., and Nielsen, H. (1992). "Ice Cream and Aerated Dessert." In Early, R. (ed.). *The Technology of Dairy Products*. New York: VCH Publishers.
- AOAC Official Method of Analysis. (2005). *AOAC Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Maryland: AOAC International
- Baboota, R., Bishnoi, M., Ambalam, P., Kondepudi, K., Sarma, S., Boparai, R., et al. (2013). "Functional food ingredients for the management of obesity and associated co-morbidities-a review." *Journal of Functional Foods*. 5: 997-1012.
- Bisla, G., Archana, P. V., and Sharma, S. (2011). "Development of ice creams from soybean milk & watermelon seeds milk and evaluation of their acceptability and nourishing potential." *Research Journal of Dairy Sciences*. 5: 4-8.
- Caglar, E., Kuscu, O. O., Kuvvetli, S. S., Cildir, S. K., Sandalli, N., Twetman, S., et al. (2008). "Short-term effect of ice-cream containing *Bifidobacterium lactis* Bb-12 on the number of salivary mutans streptococci and lactobacilli." *Acta Odontologica Scandinavica*. 66(3): 154-158.
- Farnworth, E., Mainville, I., Desjardins, M. P., Gardner, N., Fliss, I., Champagne, C., et al. (2007). "Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation." *International Journal of Food Microbiology*. 116: 174-181.
- Hagen, M., and Narvhus, J.A. (1999). "Production of ice cream containing probiotic bacteria." *Milchwissenschaft*. 54: 265-268.
- Heenan, C., Adams, M., Hosken, R., and Fleet, G. (2004). "Survival and sensory acceptability of probiotic microorganisms in a non-fermented frozen vegetarian dessert." *LWT -Food Science and Technology*. 37: 461-466.
- Hermanto, M. P., and Masdiana, P. (2011). "Fate of yoghurt bacteria in functional ice cream in the presence of soy extract powder as prebiotic." *The 12th asean food conference*. (pp. 263-269). Bangna, Bangkok, Thailand: BITEC..
- Leandro, E. D. S., Araújo, E. A. D., Conceição, L. L. D., Moraes, C. A. D., and Carvalhoc, A. F. D. (2013). "Survival of *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 in ice cream produced with different fat levels and after submission to stress acid and bile salts." *Journal of Functional Foods*. 5(1): 503-507.
- Moussa, M. E. Salem, Fatma A. Fathi, and Awad, R. A. (2005). "Production of Probiotic Ice cream." *Pol. J. Food Nutr. Sci*. 14/55(3): 267-271.
- Muse, M.R., HARTEL, R.W. (2001) "Ice cream structural elements that affected melting rate and hardness" *Journal of Dairy Science*. 87: 1-10. 43
- Ranadheera, C. S., Evansa, C. A., Adamsa, M., and Baines, S. K. (2013). "Production of probiotic ice cream from goat's milk and effect of packaging materials on product quality." *Small Ruminant Research*. 112: 174-180.
- Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter, J., and Bressollier, P. (2013). "An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field." *LWT -Food Science and Technology*. 50: 1-16.
- Salem, M. M., Fathi, F. A., and Awad, R. (2005). "Production of probiotic ice cream." *Pol. J. Food Nutr. Sci*. 14: 267-271.
- Shori, A. B., and Baba, A. S. (2014). "Comparative antioxidant activity, proteolysis and in vitro α-amylase and α-glucosidase inhibition of *Allium sativum*-yogurts made from cow and camel milk." *Journal of Saudi Chemical Society*. 18(5): 456-463.
- Shori, A. B., and Baba, A. S. (2015). "Survival of *Bifidobacterium bifidum* in cow-and camel-milk yogurts fortified with *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*." *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*. 18: 7-11.

- Singh, R. P., Damle, S. G., and Chawla, A. (2011). "Salivary mutans streptococci and lactobacilli modulations in young children on consumption of probiotic ice cream containing Bifidobacterium lactis Bb12 and Lactobacillus acidophilus La5." *Acta Odontologica Scandinavica*. 69(6): 389-394.
- Soukoulis, C., Lebesi, D., and Tzia, C. (2009). "Enrichment of Ice Cream with Dietary Fibre: Effects on Rheological Properties, Ice Crystallisation and Glass Transition Phenomena." *Food Chemistry*. 115:665-671.
- Taylor, (2017). ความแตกต่างระหว่างไอศกรีมซอฟต์เสิร์ฟและไอศกรีมฮาร์ดเสิร์ฟ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sweetcreationsthailand.com/single-post/2014/05/26.html>. (29 มีนาคม 2560)
- Urala, N., and Lahteenmaki, L. (2007). "Consumers' changing attitudes towards functional foods." *Food Quality and Preference*. 18: 1-12.
- Varnam, A. H., and Sutherland, J. P. (1994). *Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and microbiology*. London: Chapman & Hall.
- Wang, Y. C., Yu, R. C., and Chou, C. C. (2004). "Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soymilk after drying, subsequent rehydration and storage." *International Journal of Food Microbiology*. 93: 209-217.
- Wangcharoen, W. (2012). "Development of ginger-flavoured soya milk ice cream: comparison of data analysis methods." *Maejo International Journal of Science and Technology*. 6: 505-513.
- 44
- Yuliana, N., Rangga, A., and Rakhmia. (2010). "Manufacture of fermented coco milk drink containing lactic acid bacteria cultures." *African Journal of Food Science*. 4(9): 558-56

การพัฒนาและสร้างแบบจำลองหมู่บ้านจัดสรรต้นแบบ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

The Development and Modeling of Environmentally Housing Estate

สุรศักดิ์ เทศประสิทธิ์

บทคัดย่อ

การวิจัยเพื่อศึกษารูปแบบโครงการหมู่บ้านจัดสรรวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากโครงการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม ประกอบด้วยสถาปนิก 5 คน ผู้อยู่อาศัย จำนวน 250 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และวิเคราะห์เนื้อหา

ผลวิจัยพบว่าการริเริ่มโครงการหมู่บ้านจัดสรร นักพัฒนาโครงการ มีวิสัยทัศน์ วัตถุประสงค์เพื่อจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี เลือกพื้นที่ ใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพแวดล้อม รวมถึงกฎหมาย ผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ รายงานวิเคราะห์ผลกระทบ สรุปผลเพื่อทำรายงานการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม หน้าที่ของสถาปนิกต้องมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติวิชาชีพ ออกแบบ แก้ไขปัญหา วางแผน วิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม พัฒนการบริหารจัดการหมู่บ้านจัดสรรเพื่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ผู้อยู่อาศัยโครงการหมู่บ้านพบว่าต้องการอยู่ใกล้แหล่งคมนาคม ใกล้แหล่งบริการชุมชน และเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ช่วยแก้ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

Abstract

This research study the model and environmental impact analysis of housing estate. The research methodology is that the questionnaires were administered to collect data from the samples were 5 architects and 250 members in the researched housing estates. The collected data later were analyzed by utilizing the qualitative and quantitative methods, percentage (%), median ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D).

The results present that the initiation and modeling of housing estate should develop and model by an estate developer which has good knowledge and vision about the objective of the eco-friendly housing estate, planning, planning permission, environmental obligations and public law. The estate developer should conclude the environmental impact assessment report. The responsible architect must have a good knowledge about eco-friendly housing estate, problem-solving, planning, environmental impact analysis and modeling of the eco-friendly housing estate. Moreover, the research presents that residents require living nearby a transportation, living in an urban area and living in open area which provides a good environment.

Keywords : Modeling of Environmentally Housing Estate

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 30000

บทนำ

บ้านจัดสรรในประเทศไทยมีเป็นจำนวนมาก จากการเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจไปสู่แบบทุนนิยม บริโภคนิยม ผู้ประกอบการมุ่งหวังเฉพาะกำไรในระยะสั้นโดยปราศจากการควบคุมที่เหมาะสมของรัฐ ทำให้เกิดการพัฒนาแบบที่ไม่ยั่งยืนและไม่สมดุลได้ทำให้คนมุ่งแสวงหาแต่ความเจริญมั่งคั่ง ทำให้ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติตกอยู่ในสภาวะที่เสี่ยง การส่งเสริมให้การพัฒนาโครงการหมู่บ้านจัดสรรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีมากขึ้น โครงการมีคุณภาพจึงจำเป็นต้องใช้แนวคิดการพัฒนาสีเขียว (Green development) การพัฒนาโครงการทุกประเภทที่รวมเอาเป้าหมายทางสังคม สิ่งแวดล้อม การเงิน อื่น ๆ สามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ กระบวนการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์สีเขียวไว้โดยละเอียด พร้อมยกตัวอย่างโครงการจริงที่เป็นกรณีศึกษาประกอบทุกขั้นตอนสำหรับเปลี่ยนแปลงทางด้านวัฒนธรรม ความเจริญทางธุรกิจได้เข้ามาสู่ชุมชนเมืองนครราชสีมาทำให้ประชากรมีความต้องการที่อยู่อาศัยมากขึ้น สภาพการณ์ปัจจุบันมีโครงการบ้านจัดสรรที่อยู่อาศัยเกิดขึ้นในทุกมุมเมือง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขาดการวางแผนระยะสั้นและระยะยาวในเรื่องของการบริหารจัดการที่ดี ทั้งในเรื่องความแออัดของชุมชน การคมนาคม การจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อการนำไปสู่มาตรฐานการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้อง จึงเป็นแนวคิดให้เกิดการวิจัยทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมในหมู่บ้านจัดสรร เพื่อฟื้นฟูแหล่งที่อยู่อาศัย มีการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ เกิดการผสมผสานและใช้ประโยชน์จากพื้นที่สูงสุด ทั้งป้องกันและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมโครงการหมู่บ้านจัดสรร
2. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการออกแบบโครงการ
3. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาและการจัดการหมู่บ้านจัดสรรที่มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการสิ่งแวดล้อม ในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied research) ดังนี้

การพัฒนาบ้านจัดสรรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ศึกษาการริเริ่มโครงการจัดหาที่ดิน การกำหนดผังโครงการ การออกแบบ การตลาด การเงิน การก่อสร้าง ตลอดจนศึกษาถึงการบริหารหลังการก่อสร้าง

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ศึกษาการนำเสนอรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การจัดการสิ่งแวดล้อม ศึกษาการกำหนดนโยบายหรือกรอบดำเนินการ การวางแผน การดำเนินการ การใช้การมีส่วนร่วมในการจัดการสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบและการแก้ไข

กรอบแนวคิดในการวิจัย

มีแนวคิดดังนี้

การพัฒนาโครงการหมู่บ้านจัดสรรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หมายถึง กระบวนการทำงานและการจัดการให้มีสินทรัพย์เกิดขึ้น โดยผ่านลำดับขั้นตอนต่างๆ ที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมหลาย ๆ กิจกรรมตามลำดับ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่งานจัดหาที่ดินไปจนถึงการบริหารโครงการหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเพื่อนำไปสู่วัตถุประสงค์ที่เป็นผลกำไรทางการเงินเป็นการตอบแทน

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม หมายถึง การศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อคาดการณ์ผลกระทบทั้งในทางบวกและทางลบจากการพัฒนาโครงการ แล้วกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจพัฒนาโครงการการศึกษาโดยจัดทำเป็นเอกสาร เรียกว่า รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การจัดการสิ่งแวดล้อม หมายถึง กระบวนการสร้างศักยภาพการคงสภาพความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมและการควบคุมกิจกรรมการจัดการ เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบและการแก้ไข

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา เป็นการเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกโครงการหมู่บ้านจัดสรรในเขตพื้นที่ อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 โครงการ โดยโครงการหมู่บ้านจัดสรรอยู่ในระดับปานกลาง มีจำนวนหน่วยพักอาศัยตั้งแต่ 100 หน่วยขึ้นไป ที่อยู่ในระดับราคาตั้งแต่ 1 ล้านบาทขึ้นไป และเป็นโครงการหมู่บ้านจัดสรรที่มีผู้อยู่อาศัยมาตั้งแต่ปี 2550 จนถึงปัจจุบัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย 3 กลุ่ม คือ สถาปนิกและนักพัฒนาโครงการ เป็นกลุ่มของผู้ที่ทำการศึกษาและพัฒนาโครงการหมู่บ้านจัดสรรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่การริเริ่มโครงการจนกระทั่งการบริหารหลังการก่อสร้าง เลือกตัวอย่างด้วยวิธีการกำหนดแบบเจาะจงหมู่บ้านละ 1 คน รวมทั้งหมด 5 คน

กรรมการนิติบุคคลหมู่บ้านจัดสรรและผู้จัดการหมู่บ้านจัดสรรเป็นผู้ที่รับผิดชอบการจัดการสิ่งแวดล้อมของโครงการหมู่บ้านจัดสรร ซึ่งเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงหมู่บ้านละ 1 คน จำนวน 5 หมู่บ้าน รวมทั้งหมด 5 คน ผู้อยู่อาศัยหมู่บ้านละ 50 คน รวมทั้งหมด 250 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์สถาปนิก แนวคิดการพัฒนาและการดำเนินงานตามขั้นตอนโครงการ ได้แก่ ความเป็นมาของโครงการ การดำเนินการ และด้านการออกแบบ

แบบสัมภาษณ์กรรมการนิติบุคคล ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การกำหนดนโยบาย การวางแผน การดำเนินงาน การมีส่วนร่วม การตรวจสอบและแก้ไขในการจัดการสิ่งแวดล้อม

แบบสอบถามผู้อยู่อาศัยในโครงการหมู่บ้านจัดสรร เพื่อสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้น ความพึงพอใจในการออกแบบอาคาร การจัดการสิ่งแวดล้อม และการวางแผนโครงการ

พัฒนาขั้นตอนการออกแบบและสร้างหุ่นจำลอง (Model) การร่างแบบการพัฒนาแบบ และการทำหุ่นจำลอง และสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของหุ่นจำลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสัมภาษณ์เก็บข้อมูลจากสถาปนิกและนักพัฒนาโครงการ เกี่ยวกับแนวความคิดพัฒนาโครงการ รวมถึงการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของหมู่บ้านจัดสรรในการพัฒนาโครงการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. แบบสัมภาษณ์เก็บข้อมูลจากกรรมการนิติบุคคลหมู่บ้านจัดสรร เกี่ยวกับโครงการที่มีการจัดการสิ่งแวดล้อม

3. แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากผู้อยู่อาศัยในโครงการหมู่บ้านจัดสรร เกี่ยวกับการออกแบบอาคาร การจัดการสิ่งแวดล้อม และการวางแผนโครงการ

4. แบบสอบถามความคิดเห็นของสถาปนิก เพื่อประเมินความพึงพอใจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์บุคคลต่างๆ มาเปรียบเทียบกับ แล้วหาข้อสรุปเชิงเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากเครื่องมืออื่น ๆ

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3. แบบสอบถาม ตอนที่ 1 การทำวิเคราะห์ แจกแจงความถี่หาค่าร้อยละ

4. แบบสอบถาม ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้อาศัยเพื่อประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดการสิ่งแวดล้อม

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าร้อยละ

2. ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาโครงการหมู่บ้านจัดสรรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การริเริ่มโครงการเริ่มจากนักพัฒนาโครงการที่มีพื้นฐานสายวิชาชีพ ออกแบบได้ทั้งวิสัยทัศน์และวัตถุประสงค์ของโครงการ การเลือกพื้นที่ คำนึงถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงกฎหมายและข้อบังคับต่าง ๆ เช่น กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม กฎหมายควบคุมอาคาร เป็นต้น การกำหนดผังโครงการ การออกแบบอาคาร ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดของการพัฒนาแนวสีเขียว ปัจจัยหรือตำแหน่งของการออกแบบก่อสร้างให้สัมพันธ์สีเขียว เริ่มตั้งแต่การออกแบบ การพิจารณาขนาด พื้นที่ดิน การใช้น้ำ ระบบบำบัดน้ำเสีย การคมนาคมขนส่ง ระบบรักษาความปลอดภัย อัคคีภัย ไฟฟ้าและพลังงาน การตลาดจะเน้นให้บุคคล ชุมชนรู้ถึงความต้องการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ และที่จะเกิดขึ้นใหม่ ด้านการเงินต้องศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ทำงบประมาณ จัดหาแหล่งเงินทุน จัดต้นทุน ด้านการก่อสร้างคำนึงถึงมลภาวะที่จะเกิด การบำบัดและการระบายน้ำ กำจัดขยะมูลฝอย บริหารหลังการก่อสร้างทำให้เกิดประโยชน์ต่อโครงการ การจัดการบ้านจัดสรร คำนึงได้แก่ จิต พฤติกรรม วัฒนธรรม และระบบทางสังคม สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ คำนึงถึงเป้าหมายระยะยาว เศรษฐกิจพอเพียงเน้นการพึ่งพาตัวเอง คือ จัดตั้งองค์กรบริหารที่มีความสามารถ บำรุงรักษาทุกระบบ อุปกรณ์ ดูแลภูมิทัศน์ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและเอาใจใส่ต่อการประเมินการทำงาน

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต้องทำก่อนการดำเนินการก่อสร้าง ทำให้การจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำตามหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ แนวทางในการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รายงานจะต้องมีรายละเอียดที่ถูกต้องและครบถ้วน ประกอบด้วย บทนำ รายละเอียดโครงการ สภาพสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการ มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม รายงานสรุปเฉพาะประเด็นที่สำคัญของส่วนต่าง ๆ

ที่ได้เสนอไว้ในรายงานฉบับหลัก เป็นบทสรุปผล การว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาเพื่อจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การคัดเลือกบริษัทที่ปรึกษา ที่ต้องมีคุณสมบัติตามที่กฎกระทรวงฉบับที่ 2 ได้กำหนดไว้ บทบาทหน้าที่ของสถาปนิก ต้องมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติวิชาชีพและยังต้องมีความเข้าใจในเรื่องของสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ในการออกแบบที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การจัดการสิ่งแวดล้อม พบว่าจะต้องมีการกำหนดนโยบาย เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม มีการวางแผนวิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม กฎหมาย พันธกรณีทางสิ่งแวดล้อม กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการดำเนินการ จัดทำแผนปฏิบัติการ เพื่อให้การจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและได้รับการปรับปรุงพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง

แบบสอบถามผู้อยู่อาศัย จำนวน 5 โครงการ จำนวน 250 คน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ต้องการอยู่ใกล้แหล่งคมนาคม คิดเป็นร้อยละ 77.20 ความพึงพอใจการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.89$) การจัดการสิ่งแวดล้อมภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.62$) หมู่บ้านที่มีส่วนร่วมในการจัดการสิ่งแวดล้อมภาพรวมอยู่ในระดับ ($\bar{X} = 3.68$) หมู่บ้านที่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการจัดสิ่งแวดล้อมของหมู่บ้าน ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.29$) หมู่บ้านมีการออกแบบโครงการที่มีผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านการจัดการน้ำเสีย ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.14$) หมู่บ้านมีการออกแบบโครงการที่มีผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านการจัดการขยะมูลฝอย ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.17$) หมู่บ้านมีการออกแบบโครงการที่มีผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม พื้นที่สีเขียว ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.11$) หมู่บ้านมีการออกแบบโครงการที่มีผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม ด้านการจราจร ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.09$) หมู่บ้านมีการพัฒนาโครงการกับการสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อม ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.63$)

จากแบบสอบถามความพึงพอใจสถาปนิก จำนวน 10 คน เกี่ยวกับความพึงพอใจด้านการออกแบบ การจัดการสิ่งแวดล้อม โครงการหมู่บ้านจัดสรรต้นแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.22$) ข้อที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ พื้นที่ที่การกระทำกิจกรรมหรือพื้นที่ส่วนกลางของหมู่บ้านเหมาะสมเพียงใดกับการจัดสภาพกายภาพของโครงการหมู่บ้าน มีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.50$)

การอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. การขยายตัวเมืองอย่างรวดเร็ว หมู่บ้านจัดสรรที่จะเกิดขึ้นสอดคล้องกับผลการวิจัยพบว่าผู้ที่ตอบแบบสอบถามพบว่ามีความต้องการอยู่ใกล้แหล่งคมนาคม ใกล้แหล่งบริการชุมชน และการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามลำดับ กำลังมองหาพื้นที่และหมู่บ้านในเขตเมืองถึงชานเมืองเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยในอนาคต

ดังนั้นโครงการหมู่บ้านจัดสรรจึงควรมีระบบสาธารณูปโภคที่สมบูรณ์ พร้อมกับมีสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. การพัฒนาที่ดินเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับที่ดินทำให้สามารถพัฒนาที่ดินเปล่าที่ไม่มีราคาทำให้มีราคาสูงขึ้น พัฒนาไปเป็นที่อยู่อาศัย ถ้าที่ดินอยู่ในทำเลที่ดีสามารถพัฒนาไปเป็นที่อยู่อาศัยได้นักพัฒนาที่ดินจะมีความสนใจซื้อที่ดินเพื่อนำไปเพิ่มมูลค่าได้ แต่ถ้าที่ดินมีขนาดเล็กราคาแพง อยู่ในทำเลหรือในแหล่งชุมชน จะพัฒนาให้เป็นอาคารสูงเพื่อเพิ่มเนื้อที่การขาย ถ้าที่ดินเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ นักพัฒนาที่ดินจะออกแบบวางผังโครงการเป็นที่อยู่อาศัยในแนวราบ การพัฒนาที่ดิน สอดคล้องกับเริ่มตั้งแต่หาแหล่งที่ดินที่มีราคาไม่แพงมากพิจารณาจากตำแหน่งที่ตั้งมีความเหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยหรือไม่ กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มลูกค้าเป็นใคร การตั้งราคาขายควรจะเป็นเท่าใด เมื่อขายเสร็จแล้วจะหรือกำไรเท่าใด นำมาวิเคราะห์ว่าจะลงทุนหรือไม่ ก็จะนำปราคาผู้ออกแบบหรือสถาปนิก ทำการร่างแบบ ออกแบบแนวคิดที่อยู่ออาศัย วางพื้นที่ใช้สอย ออกแบบพื้นที่ส่วนกลาง เช่น สโมสรหรือคลับเฮาส์ ทำรูปแบบสำหรับการก่อสร้าง ศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การจัดสรรที่ดิน การแบ่งแยกที่ดิน เมื่อขั้นตอนต่าง ๆ ได้รับการอนุมัติ หาแหล่งเงินทุนจะขอจากสถาบันการเงิน ดังนั้นจะต้องหาแหล่งเงินทุนมาเริ่มโครงการและคิดวิเคราะห์ค่าตัวเลขต่างๆ รายรับ รายจ่าย ค่าวงจรงาน ดอกเบี้ย การขาย การก่อสร้างบ้านตัวอย่าง พื้นที่ส่วนกลาง สโมสรหรือคลับเฮาส์ของโครงการและส่วนต่างๆ แล้วมีกลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจนเมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งก็จะสามารถไปขอสินเชื่อจากสถาบันการเงินต่อไป จะทำให้โครงการประสบความสำเร็จได้

3. รูปแบบที่ดินในแต่ละพื้นที่จะมีการวางผังโครงการที่มีความแตกต่างกันจะส่งผลต่อการจัดสภาพแวดล้อม แปลงที่ดินที่มีความเหมาะสมกับโครงการหมู่บ้านจัดสรร ที่ดินจะมีรูปทรงหลัก การเลือกที่ดินจะส่งผลต่อการจัดสภาพของโครงการ ลูกค้าที่ต้องการโครงการหมู่บ้านจัดสรรจะต้องมีความมั่นใจว่าโครงการนั้น ๆ มีสภาพแวดล้อมที่ดี มีความร่มรื่น มีสถานที่ออกกำลังกาย สวนสาธารณะที่เหมาะสม มีคลับเฮาส์ พื้นที่ส่วนกลางที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้อยู่อาศัย ต้องมั่นใจว่าทำเลที่ตั้งของโครงการไม่ห่างจากตัวเมืองมากเกินไป มีเส้นทางคมนาคมที่สะดวก ในตัวโครงการหมู่บ้านมีทางสัญจรหลักที่ได้มาตรฐาน ถนนสายรอง ขอยมีความสะดวก เข้าออกง่าย บ้านพักอาศัยอยู่ประเภทใด ขนาดพื้นที่ดิน กว้าง ยาว ที่สำคัญคือ คุณภาพในการก่อสร้าง วัสดุที่มีคุณภาพ อายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างพร้อมการดูแลรักษาได้ง่าย มีการรับรองและการบริการหลังการขาย บริการค่าส่วนกลาง มีการดูแลสภาพแวดล้อมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง มีการบริการรักษาความปลอดภัยต่อลูกค้า ทำให้โครงการประสบผลสำเร็จ

4. พื้นที่สีเขียวในโครงการ นักพัฒนาโครงการ สถาปนิก จะกำหนดให้เป็นพื้นที่ส่วนกลาง จัดทำเป็นสวนสาธารณะ ปลุกต้นไม้ ไม่ได้เป็นมาตรฐาน ระยะเวลาผ่านไปก็จะได้มีการดูแลรักษา โครงการหมู่บ้านจัดสรรเพื่อเป็นต้นแบบควรมีการกำหนดพื้นที่สีเขียว มีสวนสาธารณะ พื้นที่สีเขียวอื่น ๆ ให้เห็นถึงคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย เป็นจุดขายและเป้าหมายการตลาดในระยะเริ่มต้นโครงการ จึงได้รับการบำรุงรักษาอย่างดีในระยะแรก ๆ ผู้อยู่อาศัยที่ต้องร่วมกันดูแลรักษาให้คงสภาพความสวยงาม และใช้ประโยชน์ได้

5. โครงการบ้านจัดสรรที่ส่งเสริมด้านการขาย พื้นที่ส่วนกลางจะสร้างพื้นที่สำหรับการออกกำลังกาย สนามกีฬา และระบบนันทนาการต่างๆ การส่งเสริมด้านสุขภาวะ สุขภาพ ความสัมพันธ์ทางสังคมในชุมชน โครงการหมู่บ้านจัดสรรโดยมากจะพบว่าในช่วงเริ่มต้นของโครงการจะมีพื้นที่สำหรับเครื่องออกกำลังกาย สนามกีฬา เพียงพอและอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน แต่เมื่อโครงการเริ่มต้นได้ไปสักระยะหนึ่งหรือสิ้นสุดหลังการขายแล้ว อุปกรณ์ต่าง ๆ จะไม่มีการดูแลรักษาและการคงสภาพของเครื่องเล่นหรือเครื่องออกกำลังกาย โครงการหมู่บ้านจัดสรรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควรมีมาตรการรักษาสภาพ สนับสนุนให้คนในชุมชนได้มีส่วนร่วมรับผิดชอบร่วมกัน มีการดูแลรักษาเครื่องมือ เครื่องเล่น อย่างต่อเนื่อง สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องเพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้งาน แนวคิดความสัมพันธ์การออกแบบโครงการหมู่บ้านจัดสรรระยะเริ่มต้นโครงการคาดการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพของสังคมในชุมชนมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการวางแผนระบบสาธารณูปโภค การใช้งานและบำรุงรักษาในปัจจุบันและในอนาคต

6. สโมสร คลับเฮาส์ โครงการหมู่บ้านจัดสรรต่าง ๆ จะเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในโครงการ เพื่อให้บริการผู้ซื้อบ้านส่วนใหญ่จะเป็นหมู่บ้านจัดสรรระดับราคาค่อนข้างสูงหรือมีระดับ เพราะราคาขายในหมู่บ้านที่มีสโมสรมักสูงกว่าโครงการที่ไม่มี แต่ผู้ซื้อยินดีที่จะซื้อเพราะมีสโมสร ถ้าไม่มีอาจไม่ซื้อก็ได้ ปัจจุบันผู้ซื้อบ้านจะเลือกโครงการที่ให้ความสำคัญกับการบริการชุมชนระยะยาว มีการจัดระบบสาธารณูปโภค บริการสาธารณะที่เกินกว่ามาตรฐานโครงการจัดสรร ยิ่งถ้าโครงการไหนมีการบริการจัดการชุมชนที่ดี และสามารถรักษามาตรฐานโครงการให้มีสภาพเหมือนเมื่อครั้งที่มีการเปิดการขายในระยะแรกด้วยยังเป็นการเลือกสำคัญ ดังนั้นผู้ประกอบการจะมีการออกแบบจะมีการออกแบบและจัดวางตำแหน่งของสโมสร คลับเฮาส์ ไว้ในโครงการตั้งแต่เริ่มแรกเพื่อเป็นการส่งเสริมการขายในระยะแรก รวมถึงต้องมีการรักษาสภาพสโมสร คลับเฮาส์ในระยะยาว มีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยตัดสินใจที่จะเลือกโครงการที่ตอบสนองความต้องการของตนเอง

7. การจัดการสิ่งแวดล้อม มีสถานที่ด้านกายภาพไว้สำหรับการพักผ่อนหย่อนใจ มีการระบบกำจัดขยะ ระบบบำบัดน้ำเสีย การมีส่วนร่วมของผู้อยู่อาศัย มีสำรวจความพึงพอใจของผู้อาศัย ประชาชนที่อยู่อาศัยมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม ให้ชุมชนนำอยู่อาศัย การใช้ระบบสาธารณูปโภคหมู่บ้านจัดสรรที่เน้นความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการกำหนด วางนโยบายตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ วางแผนระบบบำบัดน้ำเสียจากตัวอาคารจะต้องมีบำบัดน้ำ ส่วนมากผู้ออกแบบนิยมใช้ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ปลายท่อจะต่อเข้ากับรางระบายน้ำแล้วนำไปปล่อยลงสู่รางธรรมชาติ รางระบายน้ำของชุมชนเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อชุมชน เน้นความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชน โดยนำน้ำเสียจากตัวอาคารไปบำบัดให้เป็นน้ำดีที่สามารถนำกลับมาใช้งานในชุมชน นำมารดน้ำต้นไม้ในชุมชน การจัดเก็บขยะ จัดเตรียมพื้นที่สำหรับวางถังขยะในโครงการจะมีการจัดวางถังขยะไว้ตามริมถนนให้หน่วยงานมาดำเนินการจัดเก็บขยะเพื่อความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในชุมชนควรมีมาตรการสำหรับการทิ้งและการจัดเก็บขยะให้เป็นวัน เวลา กำหนดให้ผู้ทิ้งขยะมีการจัดเก็บให้มิดชิด การใช้ถุงดำ คัดแยกขยะ รูปแบบถังขยะหรือสถานที่วางถังขยะควรออกแบบรูปร่างให้มีความกลมกลืนกับธรรมชาติให้มากที่สุด กำหนดพื้นที่สำหรับวางถังขยะมีมาตรการในชุมชนเฝ้าความสะอาดต่อผู้มีส่วนหน้าที่จัดเก็บขยะเพื่อไปบำบัดให้ถูกวิธี

8. การเลือกโครงการบ้านจัดสรรดูจากการขาย การลงเสาเข็มหรือการก่อสร้างใกล้แล้วเสร็จ จึงทำการเปิดการจองผู้ซื้อบ้านจัดสรรจะไม่รู้ถึงสภาพที่ดินเดิม สภาพการก่อสร้าง นอกจากการสอบถามคนละแวกนั้นหรือหาข้อมูลว่าที่ดินแถวนั้นเดิมจริงเป็นอย่างไร ขั้นตอนก่อสร้าง วัสดุต่างๆ ตัวอย่างวัสดุจะระบุไว้ในสัญญาการขาย เพื่อให้ลูกค้าได้เปรียบเทียบกับโครงการอื่น ๆ เพราะการแข่งขันด้านอสังหาริมทรัพย์มีสูง มีแบรนด์โครงการใหม่ ๆ จึงเน้นกันที่คุณภาพของบ้าน และชื่อเสียงของแบรนด์ แต่คุณภาพที่ผู้ซื้อบ้านต้องใส่ใจคือ คุณภาพของตัวบ้าน ต้องตรวจด้วยตัวเอง สามารถขอเข้าดูตัวบ้านได้จากทางโครงการที่สนใจ ก่อนการจองสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมคร่าว ๆ ภายในโครงการได้ ดูการก่อสร้าง ที่สามารถดูได้ เลือกซื้อหลังจากการก่อสร้างเสร็จแล้ว สอบถามคนที่เข้าอยู่ก่อนว่าบ้านดีหรือไม่ดีอย่างไร บางคนให้เหตุผลว่าบ้านตัวอย่างที่มีให้ดูก่อนโครงการเสร็จมักจะทำเต็มคุณภาพ ทำดีกว่าบ้านขาย ตามความเป็นจริงโครงการจะใช้ผู้รับเหมาทำในแต่ละส่วนงาน โดยใช้เจ้าหน้าที่โครงการตรวจสอบ ปัจจัยที่ควรใส่ใจก่อน เลือกโครงการ เช่น ราคา บริการหลังการขาย การจัดตั้งนิติบุคคล พื้นที่ส่วนกลาง ระบบสาธารณูปโภค การรักษาความปลอดภัย การตัดสินใจซื้อบ้านต้องมียอดประกอบต่าง ๆ และตัดสินใจก่อนการทำสัญญาจองบ้านสักหลังเพื่อให้บ้านที่เราเลือกคุ้มค่าที่สุด

9. โครงการบ้านจัดสรรเมื่อลูกค้าได้จองซื้อบ้าน จะเริ่มก่อสร้างไปในระยะแรกก็ทำการเปิดจอง และขาย ทำให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจระหว่างก่อสร้าง ลูกค้าโครงการสามารถตรวจสอบขั้นตอน ของการก่อสร้างว่าการดำเนินการถูกต้องตามเทคนิคการก่อสร้างหรือไม่ หากลูกค้าไม่ได้เข้าตรวจสอบโครงการก่อสร้าง ควรมีมาตรการหรือช่องทางในการส่งข้อมูลให้ลูกค้ามั่นใจได้ว่าการดำเนินการก่อสร้างเป็นไปตามแบบรูป รายการ วัสดุการก่อสร้างถูกต้องที่ได้ตกลงกับลูกค้าไว้ตั้งแต่เริ่มต้น ขั้นตอนก่อสร้างถูกต้องตามเทคนิคก่อสร้างที่ดี เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จให้ลูกค้าร่วมตรวจสอบหากมีการแก้ไขตามที่ระบุหรือร้องขอจะต้องดำเนินการแก้ไขทันที หลังการขายบ้านจัดสรรหากลูกค้ามีการจดจำร่วมกับสถาบันการเงินโครงการจะต้องให้ความสำคัญเตรียมเอกสาร ข้อมูลต่างๆ ไว้ให้กับลูกค้า ผ่อนชำระหรือชำระครบตามสัญญา โครงการมีมาตรการดูแลบำรุงรักษาน้อยอย่างต่อเนื่อง เช่น ระบบสาธารณูปโภค ป้องกันมอด ปลวก แมลง รวมทั้งการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยมั่นใจในโครงการที่ส่งเสริมความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

10. ผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับความสะอาดรอบโครงการมากที่สุด ควรจัดการในเรื่องขยะให้ดีขึ้น เพิ่มพนักงานทำความสะอาดและเพิ่มรอบของรถเก็บขยะหรือจัดที่สำหรับเก็บขยะให้เป็นสัดส่วนและจัดเพิ่มถังขยะให้มากขึ้นภายในโครงการผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่เห็นว่าควรปรับปรุงพนักงานซ่อมแซมจัดอบรมการบริการที่ดีให้กับพนักงานและจัดทำมาตรฐานการบริการให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. รูปแบบการจัดวางผังโครงการหมู่บ้านจัดสรร และการออกแบบ
2. ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกลุ่มนักออกแบบวางผังโครงการ สถาปนิก นักพัฒนาโครงการบ้านจัดสรร
3. ป้องกันปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการพัฒนาโครงการหมู่บ้านจัดสรรและเสนอแนะเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบตั้งแต่การขั้นตอนการริเริ่มโครงการจนถึงขั้นการดูแลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายหลังโครงการแล้วเสร็จ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. มีการศึกษาแนวทางการพัฒนาพื้นที่ส่วนกลางของโครงการหมู่บ้านจัดสรร
2. การจัดการน้ำเสียในชุมชนหมู่บ้านจัดสรรอย่างเป็นระบบชุมชนมีส่วนร่วมและน้ำเสียผ่านการบำบัดกลายเป็นน้ำดีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงผู้อยู่อาศัยในชุมชนมีสุขภาวะที่ดี
3. ผลกระทบของกิจกรรมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทรัพยากรทั้งในและนอกโครงการหมู่บ้านจัดสรร

บรรณานุกรม

- เกษม จันทรแก้ว. (2545). การจัดการแบบผสมผสาน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทรงพล จิตรหาญ. (2550). แนวทางการจัดทำรายการประกอบรายงานการผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทอาคารอยู่อาศัยรวม. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาเคหการ, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- วิมลสิทธิ์ ทรายงู. (2537). การจัดทำโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวรรณ โรจนไพบูลย์. (2551). “การวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม (EIA) สำหรับเขียว.” วารสารสถาปัตยกรรมสถาปนิกสยามในพระบรม 81.
- ธณภณ พันธเสน. (2549). กระบวนการสู่การพัฒนาแบบยั่งยืน : จากทัศน์อัตรสู่บูรณาการ. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสหวิทยาการ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานบางประการตามการเจริญเติบโต ของแอมฟิพอด

Changing of some morphological characters due to the development of *Floresorchestia boonyanusithii*

กรรณิการ์ ปัทมัย, วรรณภา คุ่มหมู่, ชัยฉัตร บุญญานุสัทธิ
และกรรณ วรชัฏแห่ง

บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัณฐานบางประการตามการเจริญเติบโตของแอมฟิพอด *Floresorchestia boonyanusithii* จากบึงพุทซา อ.เมือง จ.นครราชสีมา เก็บตัวอย่างด้วยมือเปล่าจากดินริมบึงและการวางกับดัก (Trap) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รักษาสภาพด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 80% เก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2559 ถึงเดือนตุลาคม 2559 ทำการวัดความยาวของบางอวัยวะ นับจำนวนปล้องของ flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 และจำนวนหนามบน และทำการวาดภาพอวัยวะสำคัญภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่ต่อกับชุดวาดภาพ ในการศึกษาสามารถเก็บตัวอย่างแอมฟิพอด เพศผู้ 30 ตัว ซึ่งมีจำนวนปล้องของ flagellum 11, 12 และ 13 ปล้อง และเพศเมีย 30 ตัวที่มีจำนวนปล้องของ flagellum 7, 8, 10, 11 และ 12 ปล้อง พิจารณาที่ลักษณะสัณฐานตัวผู้พบว่า dactylus ของ gnathopod 2 มีลักษณะปลายเรียวยาวขึ้น (attenuated) ตามการเจริญเติบโต หนวดและปล้อง propodus มีความยาวมากขึ้น

คำสำคัญ: การเจริญในวัยหลังเอมบริโอ อ่างเก็บน้ำพุทซา แอมฟิพอด

ABSTRACT

Changing of some morphological characters due to the development of *Floresorchestia boonyanusithii* was investigated. Amphipods in littoral zone of Phutsa Reservoir, Muang District, Nakhon Ratchasima Province were collected twice a month since August to October 2016 by hand collecting and pitfall traps which were applied for 6 hours per sampling occasion. Samples were immediately preserved in 80% alcohol solution. Length of second antenna and male propodus was measured. Number of segment of flagellum of second antenna and number of spine on uropod were counted. The important appendages were illustrated by camera lucida fit on compound light microscope. Thirty male having 11, 12 and 13 segments of flagellum and 30 female having 7, 8, 10, 11 and 12 segments of flagellum were collected. Examination of morphology of the male showed that attenuation of gnathopod 2 is increased according to the development.

Keywords: Postembryonic development, Amphipods, Phutsa Reservoir

บทนำ

แอมฟิพอดเป็นสัตว์จำพวกครัสเตเชีย (Crustaea) อันดับ Amphipoda (Martin and Davis, 2001) มีลำตัวแบนข้าง (laterally compressed) มีความยาวตั้งแต่ 2-3 มิลลิเมตร จนถึง 28 เซนติเมตร และพบได้ทั้งในน้ำทะเล และน้ำจืด รวมถึงบริเวณดินชื้นแฉะใกล้ริมน้ำ (Schmitz, 1992) แอมฟิพอดมีการปรับตัวในการดำรงชีวิตหลากหลาย เช่น การดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนลอยในมวลน้ำ เกาะอยู่ตามสาหร่ายหรือพืชน้ำ คืบคลานหรือฝังตัวในตะกอนดินที่ชื้น สว่างทอ และบางชนิดเป็นปรสิต (Kaestner, 1970; Schmitz, 1992)

แอมฟิพอดสกุล *Floresorchestia Bousfield, 1984* เป็นแอมฟิพอดบกที่พบได้ทั้งระบบนิเวศทะเลและแหล่งน้ำจืด โดยปัจจุบันมีรายงานแอมฟิพอดสกุลนี้ 3 ชนิดทั่วโลก แพร่กระจายตั้งแต่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลเล็กน้อยถึงกว่า 1,800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (Lowry and Springthorpe, 2015; Wongkamhaeng et al., 2016) ในประเทศไทย มีแอมฟิพอดสกุลนี้ 3 ชนิด ได้แก่ *Floresorchestia samroi-yodensis* Azman, Wongkamhaeng & Dumrongrojwattana 2014, *F. buraphana* Wongkamhaeng, Dumrongrojwattana and Pattaratumrong, 2016 และ *F. Boonyanusithii* Wongkamhaeng, Dumrongrojwattana and Pattaratumrong, 2016 (Azman et al., 2014; Wongkamhaeng et al., 2016) ทั้งนี้ *F. boonyanusithii* ถูกพบครั้งแรก ณ บึงพุดซา จังหวัดนครราชสีมา

การศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของแอมฟิพอดในซูเปอร์แฟมิลี Talitroidea ชี้ว่าบรรพบุรุษของแอมฟิพอดที่อาศัยอยู่บนบกมีบรรพบุรุษกำเนิดจากทะเลโดยอาจเป็นพวกที่อาศัยในเขตน้ำขึ้นน้ำลง (Serejo 2004) ก่อนขึ้นมาอาศัยอยู่บนบก จึงนำมาสู่คำถามที่น่าสนใจประการหนึ่งเกี่ยวกับรูปแบบการเจริญของสัตว์กลุ่มนี้ นำมาซึ่งการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับ

รูปแบบการเจริญของสัตว์โดยพยายามที่จะหาจำนวนระยะการเจริญและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัตว์ก่อนเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย ซึ่งอาจสะท้อนรูปแบบการปรับตัวของสัตว์จากบรรพบุรุษที่อยู่ในทะเลก่อนที่สมาชิกบางกลุ่มจะขึ้นมาอยู่บนบกอย่างถาวร ข้อมูลนี้อาจใช้ในการจำแนกชนิดของแอมฟิพอดสกุลนี้ รวมทั้งอาจนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับการศึกษาความเป็นพิษของสารได้ (Prato et al., 2013)

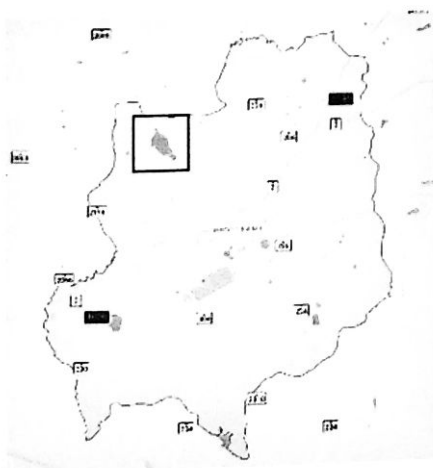
วิธีการดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

บึงพุดซาเป็นหนองน้ำสาธารณะขนาดใหญ่ในพื้นที่ ต.พุดซา อ.เมือง จ.นครราชสีมา ห่างจากตัวจังหวัดนครราชสีมา ประมาณ 23 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 2,000 ไร่ สามารถเก็บกักน้ำได้ประมาณ 5,000,000 ลูกบาศก์เมตร โดยในช่วงฤดูน้ำหลากยังเป็นแก้มลิงรองรับน้ำจากระบบการผันน้ำออกนอกพื้นที่เขตเศรษฐกิจชุมชนเมือง และจากลำตะคอง (สำนักชลประทานที่ 8, 2550) บริเวณริมฝั่งมีต้นธูปฤาษี *Typha angustifolia* เป็นพืชเด่น และมีต้นหญ้าขึ้นแซมในบางบริเวณ บริเวณที่เก็บตัวอย่างเป็นคันดินคันกลางอ่างเก็บน้ำ

การเก็บตัวอย่าง

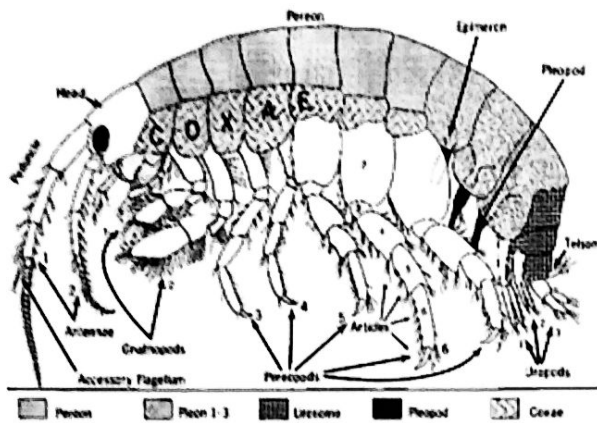
เก็บตัวอย่างแอมฟิพอดในอ่างเก็บน้ำพุดซา ต.พุดซา อ.เมือง จ.นครราชสีมา บริเวณคันดินกลางอ่างเก็บน้ำ (ภาพที่ 1) บริเวณดังกล่าวมีต้นธูปฤาษีขึ้นเจริญกระจายตลอดแนวยาวของริมฝั่งแต่ไม่หนาแน่นและมีพื้นที่ว่างพอที่จะสามารถเก็บตัวอย่างได้ ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนสิงหาคม 2559 ถึงเดือนตุลาคม เดือนละ 2 ครั้ง เก็บตัวอย่างด้วยมือเปล่าหลังจากโกยดินและเศษซากพืชจากบริเวณฝั่งใกล้ริมน้ำโดยเฉพาะบริเวณโคนต้นธูปฤาษีซึ่งมักมีเศษซากใบไม้ทับถม นอกจากนี้ ยังวางกับดักโดยฝังกล่องพลาสติกความสูงประมาณ 2.5 เซนติเมตรที่เติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 80 ทำการวางกับดักช่วงเวลา 9.00-13.00 น. จากนั้น คัดแยกตัวอย่างและรักษาสภาพในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 80



ภาพที่ 1 ขอบเขตอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา ตำแหน่งของอ่างเก็บน้ำและจุดเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำ (สามเหลี่ยมสีขาว)

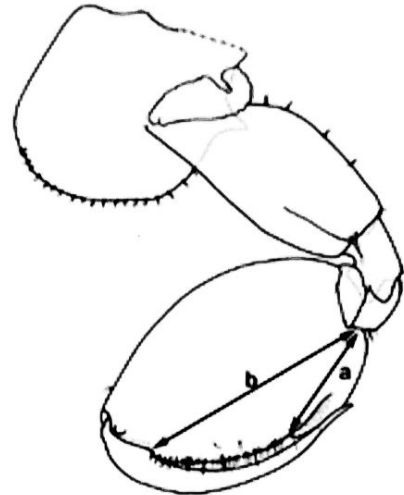
การศึกษาลักษณะสัณฐานและการเก็บข้อมูลเชิงตัวเลข

คัดแยกแอมฟิพอดที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน จากนั้น นับจำนวนปล้องของ flagellum และคัดแยกแอมฟิพอดที่มีจำนวนปล้องของ flagellum เท่ากันไว้ด้วยกัน จากนั้นศึกษา ลักษณะสัณฐานของโครงสร้างต่างๆ โดยเริ่มต้นจากการนำตัว แอมฟิพอดวางในกลีเซอร์ลินบริสุทธิที่หยดบนสไลด์แก้วและทำการ ตัดรยางค์ต่างๆ ออกแล้วปิดทับโครงสร้างเหล่านั้นด้วยกระจก



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของแอมฟิพอด (Barnard and Karaman, 1991)

ปิดสไลด์ ทำการนับจำนวนของซีตบนยูโรพอดทั้งสามและหาง (telson) (ภาพที่ 2) รวมทั้งวัดความยาวของ flagellum ของ หนวดคู่ที่ 2 ความยาวจากมุมส่วนต้นของ profundus ไปยังซีตแรก (a) และความยาวจากมุมส่วนต้นของ profundus ไปยังซีตสุดท้าย (b) (ภาพที่ 3) การวัดความยาวทำภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ ประกอบยี่ห้อ Nikon รุ่น eclipse E200 ที่มีไมโครมิเตอร์อยู่ใน ชุดเลนส์ใกล้ตา และทำการวาดภาพโครงสร้างที่สนใจภายใต้ กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบแบบใช้แสงที่ต่อกับชุดวาดภาพ



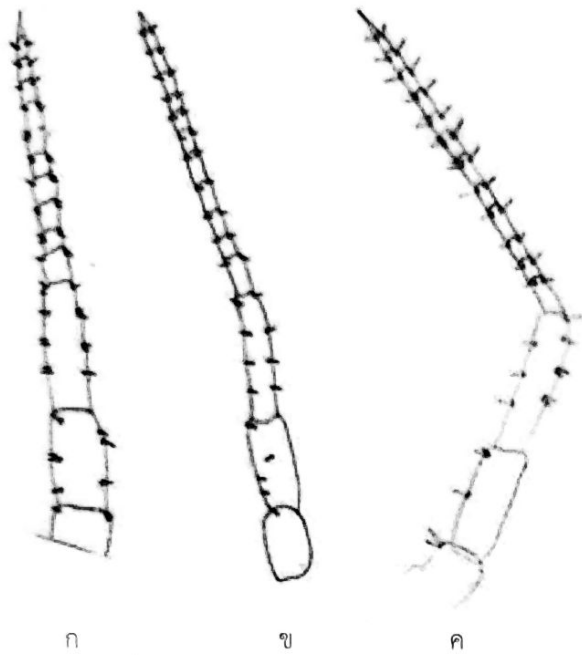
ภาพที่ 3 การวัดความยาวที่ profundus ของ gnathopod 2 ในเพศผู้ (Lowry and Springthorpe, 2015)

ผลการวิจัย

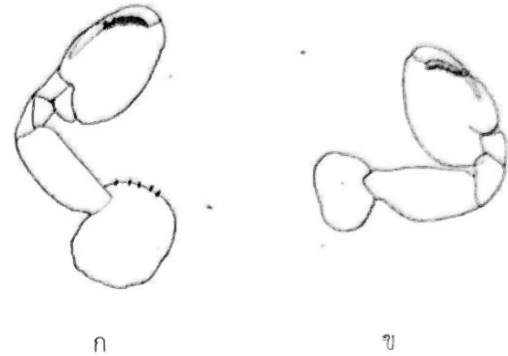
การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานในเพศผู้

เก็บตัวอย่างแอมฟิพอด *F. boonyanusithii* เพศผู้ได้ 28 ตัว โดยตัวอย่างแอมฟิพอดที่เก็บตัวอย่างได้มีจำนวนปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 เท่ากับ 11, 12 และ 13 ปล้อง (ภาพที่ 4) dactylus ของ gnathopod 2 มีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะสัณฐานตามการเจริญเติบโตโดยปลายของปล้องเรียวยาว ขึ้น (attenuated) ค่าเฉลี่ยความยาวของหนวดคู่ที่ 2 และความยาวจากมุมส่วนต้นของ profundus ไปยังซีตสุดท้าย (b) แสดงให้เห็นว่าหนวดและปล้อง propodus มีความยาวเพิ่มขึ้น อย่างต่อเนื่อง ความยาวจากมุมส่วนต้นของ profundus ไปยัง

ซีตแรก (a) ของแอมฟิพอดที่มีปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 จำนวน 12 และ 13 ปล้องมีค่าไม่ต่างกันมากนัก ชี้ให้เห็นว่าปล้อง propodus มีการเติบโตในตามแนวยาวมากกว่าตามแนวขวาง (ภาพที่ 5) จำนวนสลิดในแต่ละข้างของ epimera II และ epimera III มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น 1 - 2 ช่อง เมื่อแอมฟิพอด เจริญเติบโตจากระยะที่มีปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 จำนวน 11 ปล้องเป็น 13 ปล้อง และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ จำนวนหนามบน uropod I uropod II, uropod III ในแอมฟิพอด ที่อยู่ต่างระยะการเจริญกัน (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 4 Anntenna 2 ของเพศผู้ที่มีจำนวนปล้อง flagellum 11 (ก) 12 (ข) และ 13 ปล้อง (ค) ตามลำดับ



ภาพที่ 5 Gnathopod 2 ของเพศผู้ที่มีจำนวนปล้อง flagellum 11 ปล้อง (ก) และ 12 ปล้อง (ข) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะที่สังเกตจากแอมฟิพอดเพศผู้ที่มีจำนวนปล้อง flagellum ต่างกัน ตัวเล็กในวงเล็บ คือจำนวนตัวของแอมฟิพอดที่ศึกษาที่ flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 มีจำนวนปล้องตามที่ระบุไว้

ลักษณะ	จำนวนปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2		
	11 (14)	12 (6)	13 (8)
ความยาวหนวดคู่ที่ 2	226.4 ± 19.7	259.5 ± 14.4	273.6 ± 12.1
ความยาว a	39.4 ± 7.4	48.3 ± 3.7	48.6 ± 6.5
ความยาว b	54.4 ± 9.1	69.2 ± 7.3	73.5 ± 12.6
อัตราส่วนของ a/b	27.8 ± 4.1	29.8 ± 4.8	32.9 ± 8.5
จำนวน slit บน epimera II	21.6 ± 1.4 (20 - 24)	22.2 ± 2.6 (20 - 27)	23.6 ± 2.7 (21 - 28)
จำนวน slit บน epimera III	18.1 ± 3.2 (15 - 28)	17.3 ± 1.2 (16 - 19)	19.4 ± 2.3 (16 - 22)
จำนวนหนามบน uropod 1	25.6 ± 2.5	25.8 ± 3.2	26.5 ± 2.0
จำนวนหนามบน uropod 2	23.4 ± 2.7	23.2 ± 1.8	23.6 ± 1.6

การเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นฐานในเพศเมีย

เก็บตัวอย่างแอมฟิพอดเพศเมียได้ 30 ตัว ที่มีจำนวนปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 7, 8, 10, 11 และ 12 ปล้อง ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ แสดงแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับเพศผู้โดยความยาวของหนวดคู่ที่ 2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จำนวนสลิตใน

แต่ละข้างของ epimera II มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1 - 2 ช่อง เมื่อแอมฟิพอดเจริญเติบโตจากระยะที่มีปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 จำนวน 7 ปล้องเป็น 12 ปล้องส่วนจำนวนสลิตในแต่ละข้างของ epimera III มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1 ช่อง ในการเจริญเดียวกัน ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยจำนวนสลิตของเพศเมียมีค่าใกล้เคียงกับเพศผู้มาก

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะที่สังเกตจากแอมฟิพอดเพศผู้ที่มีจำนวนปล้อง flagellum ต่างกัน ตัวเล็กในวงเล็บ คือจำนวนตัวของแอมฟิพอดที่ศึกษาที่ flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 มีจำนวนปล้องตามที่ระบุไว้

ลักษณะ	จำนวนปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2				
	7 (3)	8 (5)	10 (7)	11 (12)	12 (3)
ความยาวหนวดคู่ที่ 2	117.3 ± 8.8	133.6 ± 4.6	192.7 ± 17.8	216.8 ± 8.5	238.7 ± 6.0
จำนวน slit บน epimera II	20.0 ± 1.7	17.6 ± 1.1	23.4 ± 2.8 (20 - 24)	22.1 ± 1.9 (20 - 27)	22.3 ± 1.2 (21 - 28)
จำนวน slit บน epimera III	17.0 ± 1.0	15.4 ± 3.4	18.1 ± 2.0 (15 - 28)	17.4 ± 1.8 (16 - 19)	18.0 ± 0.0 (16 -- 22)
จำนวนหนามบน uropod 1	25.0 ± 4.0	22.4 ± 3.4	26.3 ± 2.1	26.3 ± 2.0	26.7 ± 2.3
จำนวนหนามบน uropod 2	19.3 ± 0.6	21.4 ± 1.5	20.4 ± 2.3	23.8 ± 3.0	22.0 ± 3.6

อภิปรายผลการศึกษา

เมื่อพิจารณาข้อมูลความยาวหนวดคู่ที่ 2 ของเพศผู้ จะพบว่าแอมฟิพอด *F. boonyanusithii* มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยโดยความยาวของหนวดจะมีค่าสูงสุดเมื่อมีจำนวนปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 เท่ากับ 13 ปล้อง ซึ่งเป็นจำนวนปล้อง flagellum ที่ถูกบรรยายลักษณะไว้แล้วก่อนหน้านี้โดยไม่มีการระบุถึงความผันแปรของจำนวนปล้อง flagellum (Wongkamhaeng et al., 2016) และในการศึกษานี้ พบเพศเมียที่มีจำนวนปล้อง flagellum ของหนวดคู่ที่ 2 12 ปล้อง ซึ่งมากกว่าที่มีรายงานไว้ 11 ปล้อง ความแตกต่างนี้อาจเชื่อมโยงไปถึงความผันแปรของการเพิ่มจำนวนปล้องในระยะ juvenile ของแอมฟิพอดชนิดเดียวกัน ดังเช่นที่ปรากฏใน *Hyaella pleoacuta* ที่ถูกพบว่าการลอกคราบแต่ละครั้งของแอมฟิพอดส่วนใหญ่ที่เจริญเติบโตจากระยะ juvenile จะมีจำนวนปล้อง flagellum เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ปล้อง แต่บางตัวกลับมีจำนวนปล้องเท่าเดิมและบางตัวอาจมีจำนวนปล้องเพิ่มขึ้นถึง 2 ปล้อง หลังจากการลอกคราบครั้งที่ 2 (Garcia-Schroeder and Araujo, 2009) ในการศึกษารูปแบบการเพิ่มจำนวนปล้องของหนวดคู่ที่ 2 ของชนิดหนึ่งอาจใช้เป็นตัวแทนของแอมฟิพอดชนิดอื่นในสกุลเดียวกันไม่ได้ เช่น ในการลอกคราบ 2 ครั้งแรกของ *H. asteca* ไม่ทำให้จำนวนปล้องเพิ่มขึ้น (Geisler, 1944)

ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของแอมฟิพอดสกุล *Floresorchestia* คือ การขยายขนาดบริเวณมุมล่างด้านท้ายของปล้อง merus carpus และ propodus ของ gnathopod 1 ในเพศผู้และของ gnathopod 2 ในเพศเมียซึ่งผลการศึกษาชี้ว่าโครงสร้างบริเวณนี้พัฒนาขึ้นตั้งแต่ก่อนที่ตัวเต็มวัยจะมีจำนวนปล้อง flagellum 11 ปล้อง สำหรับเพศผู้ gnathopod 2 เป็นลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้แยกเพศผู้ออกจากเพศเมียของแอมฟิพอดทั่วไป ด้วยระยะเวลาที่มีจำกัดทำให้การศึกษานี้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างแอมฟิพอดในระยะ juvenile จึงไม่ทราบแน่ชัดว่าการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างนี้ให้ต่างไปจากเพศเมียเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงใด อย่างไรก็ตาม เป็นไปได้ว่าลักษณะการขยายขนาดบริเวณมุมล่างด้านท้ายของปล้อง merus carpus และ propodus ของ gnathopod 2 ของทั้งสองเพศ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของ gnathopod 2 ในเพศผู้เกิดขึ้นตั้งแต่เป็น juvenile ตามที่ปรากฏใน *Platochestia platensis* (Morino, 1981) มีประเด็นที่น่าสนใจว่าลักษณะการขยายขนาดของปล้องทั้งสามใน gnathopod 1 ของเพศเมียปรากฏตั้งแต่วัย juvenile ด้วยหรือไม่เมื่อลักษณะนี้เป็นลักษณะนี้ปรากฏอย่างชัดเจนใน gnathopod 1 ในตัวเต็มวัยของเพศผู้

สลิดที่พบใน ephimera II และ ephimera III เป็นลักษณะเฉพาะของแอมฟิพอดสกุล *Floresorchestia* แต่การไม่พบ juvenile ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถทราบได้ว่าสลิดปรากฏตั้งแต่ระยะใด อย่างไรก็ตาม การพบสลิดในเพศเมียตั้งแต่ระยะที่มี flagellum ตั้งแต่ 7 ปล้องทำให้ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าสลิดอาจปรากฏตั้งแต่ช่วงกลางของระยะการเจริญหลังเอ็มบริโอโดยมีจำนวนคงที่ การเพิ่มขึ้นของจำนวนสลิดในผลการศึกษานี้อาจเป็นผลจากช่องสลิดเดิมที่อาจยังพัฒนาไม่เต็มที่ในระยะเริ่มต้นกลับปรากฏชัดเจนมากขึ้นเมื่อเจริญเติบโตมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- สำนักชลประทานที่ 8. (2550). โครงการกักเก็บน้ำแก้มลิงบึงพุฒา ระยะที่ 3. กรมชลประทาน กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2559, จาก : <http://www.rid8.go.th>
- Azman, B.A.R., Wongkamhaeng, K., & Dumrongrojwattana, P. (2014). Description of *Floresorchestia samroiyodensis*, a new species of landhopper (Crustacea, Amphipoda, Talitridae) from Thailand. *Zoosystematics and Evolution*, 90, 7–19.
- Barnard, J.L. & Karaman, G.S. (1991). The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). Part 2. *Records of the Australian Museum, Supplement*, 13, 419–866.
- Garcia-Schroeder, D.L. & Araujo, P.B. (2009). Post-marsupial development of *Hyaella pleoacuta* (Crustacea: Amphipoda): stages 1–4. *Zoologia*, 26, 391–406.
- Giesler, S.S.J. (1944). *Studies on the postembryonic development*. Catholic University of America.
- Kaestner, A. (1970). *Invertebrate Zoology (Volume II)*. New York: Wiley (Interscience).
- Lowry, J.K. & Springthorpe, R.T. (2015). The tropical talitrid genus *Floresorchestia* (Crustacea, Amphipod, Talitridae). *Zootaxa*, 3935, 1–68.
- Martin, J.W. & Davis, G.E. (2001). *An updated classification of the recent crustacea*. Los Angeles, California: Natural History Museum of the Los Angeles County.
- Morino, H. (1981). Studies on the Talitridae (Amphipoda, Crustacea) in Japan-IV. The development of gnathopod II in *Ochestia platensis* Kroyer. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 26, 1–13.
- Prato, E., Parlapiano, I., & Biandolino, F. (2013). Sublethal effects of copper on some biological traits of the amphipod *Gammarus aequicauda* reared under laboratory conditions. *Chemosphere*, 93, 1015–1022.
- Schmitz, E.H. (1992). Amphipoda. pp 443–528. In: Harrison F.W., (Ed), *Microscopic anatomy of invertebrates*. New York: Wiley-Liss.
- Serejo, C.S. (2004). Cladistic revision of talitroidean amphipods (Crustacea, Gammaridea), with a proposal for a new classification. *Zoologica Scripta*, 33, 551–586.
- Wongkamhaeng K., Dumrongrojwattana P., & Pattaratumrong, M.S. (2016). Two new species of *Floresorchestia* (Crustacea, Amphipoda, Talitridae) in Thailand. *ZooKeys*, 635, 31–51.

Effect of Low Cost Organic Compost on Growth of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Duangkamon Tongtawon¹, Nisachol Komkaew¹,
Yupa Pootaeng-on¹, Monnat Yamyang¹,
Chanika Chanthasa¹, Saowapar Khiangnam¹,
Mana Kanjanamaneesathian¹
and Pantipa Na Chiangmai^{1*}

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of types and concentrations of organic compost formulas amended in soil on some growth characteristics of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) has been grown in that soil. The nine treatments were studied including nil control and eight treatments of applied low cost organic compost included as Formula 1, Formula 2, Formula 3, and Formula 4 in two ratios in pots at 1:120 and 1:12 w/w between organic compost and soil. The result showed that soil containing organic compost of Formula 1, Formula 2 and Formula 4 either at ratios at 1:120 w/w or 1:12 w/w (organic compost : soil) provided significant differences in increasing in all characteristics included at fresh weight, dry weight and root score compared with nil control. Higher values in these parameters (fresh and dry weight and root score) were observed on water spinach has been planted in soil received supplementing organic compost in higher ratio (at 1:12 w/w ratio of organic compost and soil) more than supplementing organic compost in lower ratio (at 1:120 w/w ratio of organic compost and soil).

Keywords: Low cost compost, Bamboo Soil, Rice Straw, Organic Fertilizer, Water Spinach

Introduction

The problem of nutrient depletion in the soil which has been cultivated continuously and resulted to the decreasing of crop yield productive was reported in many areas around the world (Oteng and Sant' Anna, 1999; Mghase et al., 2011). Soil-improving by organic compost supplementation is one way has been solved this problem in that cultivating area because it can be improved both physical and chemical of soil properties (Adeoye et al., 2005; Ojobor

et al., 2014). The level of benefits or the values of the nutrients in composts were consistent with both raw material and the process for composing (Hue and Liu, 1995; Irshad et al., 2013; Louisa and Taguiling, 2013).

Furthermore, the low-cost production of organic compost is major one consideration for the farmers because high physical of soil improvement from applying high fertility of organic fertilizer do not always return into high profit or income to own or farmers

¹Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Cha-Am, Phetchaburi, 76120, Thailand.

* Corresponding author: mchiangmai@gmail.com

(FAO, 1995). The aim of this study was to evaluate effect of added and no adding organic compost from different formulas on water spinach growth which has a short growth period, high biomass yield and popular in consumption in tropical regions (Luyen and Preston, 2004).

Material and Methods

Organic compost

Four formulas of organic compost were produced within 63 days at Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University in Phetchaburi Province (12° 65'N and 99° 86'E, at 58.9 meters above means sea level) in 2015. Two formulas (low cost formula) produced from rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75

v/v) were compared in the study. The following main material are on every day watering (Formula 1) and one time per three days watering (Formula 2) and two other recommended formulas by agricultural involving organization (Formula 3; rice straw: cow manure: urea (5: 1: 0.01 w/w) and ½ of microorganism produce 1 package (developed by Land Development Department, Thailand, and Formula 4; rice straw: cow manure (4: 1 v/v) which it received every day watering). The chemical components of some raw material for organic compost production in formulas were presented in Table 1. Both physical (electrical conductivity and pH) and chemical (organic carbon, organic matter, nitrogen percentage and potassium percentage) properties in all formulas were presented in Table 2 (Komkaew et al., 2016).

Table 1 The chemical components of some raw material for organic compost production.

Raw materials ¹	Rice straw	Cow manure	Fresh plant debris	Bamboo soil
Moisture (%)	9.36	21.56	84.90	19.21
Total nitrogen (%)	0.54	0.38	0.26	0.37
Total organic carbon (%)	36.81	14.68	32.72	5.49
Total organic matter (%)	89.05	38.72	87.79	22.42
Total phosphorus (%)	0.15	0.11	0.03	0.13
Total potassium (%)	0.15	0.11	0.03	0.13
pH	6.44	9.32	10.08	8.10
Electrical conductivity (ds/m)	3.42	0.24	4.00	3.46

¹Formula 1: rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75 v/v) which every day watering.

Formula 2: rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75 v/v) which one time per three days watering.

Formula 3: rice straw: cow manure: urea (5: 1: 0.01 w/w) and ½ of microorganism produce 1package.

Formula 4: rice straw: cow manure (4: 1 v/v) which it received every day watering.

Planting, organic compost application and determination

Five seeds of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) were sowing into each plastic plot (size: 26 cm in height and 35 cm in diameter) which filled with soil about 80 percent of fill capacity. The nine treatments were studied including nil control and eight treatments

of applied organic compost Formula 1, Formula 2, Formula 3, and Formula 4 in soil at two rations between organic compost and soil at 1:120 w/w (about two ton/rai) and at 1:12 w/w (about twenty ton/rai). The pots contained growing water spinach received watering every day in the evening. Plants have been harvested at 27 days after seeding. The data were collected on

three characteristics included as fresh weight, dry weight and root score (root score; 1 = very low root density, 2 = low root density, 3 = moderate root density, 4 = high root density, 5 = very high root density). All plants in each pot were determined and then they had been averaged before the analysis.

Statistical analysis

An experiment was conducted in Completely Randomized Design (CRD) for four replications. Data were analysed using analysis of variance and means of treatments were compared by using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at 0.05 probability level

Table 2 Physical and chemical properties of organic compost formulas at 63 days after production.

Organic compost formulas ¹	EC ² (dS m ⁻¹)	pH	Organic carbon (g/kg)	Organic matter (g/kg)	%N	%P	%K
Formula 1	0.93±0.04 ^b	8.18±0.03 ^b	102.48±18.03 ^c	176.69±10.46 ^c	0.03±0.01 ^c	0.15±0.05	0.35±0.05 ^c
Formula 2	1.64±0.48 ^a	8.03±0.02 ^b	99.91±13.55 ^c	172.25±7.86 ^c	0.03±0.02 ^c	0.14±0.00	0.63±0.01 ^b
Formula 3	0.48±0.46 ^{bc}	8.31±0.37 ^b	318.19±33.30 ^a	548.19±19.31 ^a	1.63±0.05 ^a	0.18±0.02	1.34±0.07 ^a
Formula 4	0.17±0.01 ^c	8.93±0.01 ^a	145.80±10.53 ^b	251.37±6.10 ^b	0.11±0.01 ^b	0.17±0.04	1.27±0.04 ^a
P-value	0.0032	0.0017	0.0032	0.0017	<0.0001	0.5134	<0.0001
CV (%)	42.16	2.24	42.16	2.24	6.04	20.36	5.48

¹Formula 1: rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75 v/v) which every day watering.

Formula 2: rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75 v/v) which one time per three days watering.

Formula 3: rice straw: cow manure: urea (5: 1: 0.01 w/w) and ½ of microorganism produce 1 package.

Formula 4: rice straw: cow manure (4: 1 v/v) which it received every day watering.

² EC = Electrical conductivity, N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium

Results

The results showed that there were statistical significant differences in all characteristics including fresh weight, dry weight and root score in water spinach between it received different treatments containing different either types of organic compost formulas or concentration that it amended in soil (Table 3). The water spinach which received organic compost in Formula1 showed higher fresh weight more than nil control on both concentrations (1:12 and 1:120 w/w ratios between organic compost and soil at 3.89 and 3.46 g/plant, respectively) of application. However,

water spinach has been supplemented with organic compost from Formula 2 (3.44 g/plant) and Formula 4 (6.93 g/plant) showed higher in fresh weight than that nil control (2.16 g/plant) only at 1:12 w/w ratio between organic compost and soil (Table 3). For dry weight and root score of water spinach have been grown in treatments that soil contained all organic compost formulas; not included Formula 3, showed higher value more than nil control especially at 1:12 w/w ratio between organic compost and soil (Table 3).

Table 3 Fresh weight, root scores and dry weight of water spinach have been grown in amended soil with organic fertilizer from different formulas.

Treatments	Fresh weight (g/ton ¹)	Dry weight (g/ton ¹)	Root score
Nil control	2.16±0.67bc	0.24±0.06cd	2.0±0.6de
Formula 1 ¹ at 1:12 ratio ²	3.89±0.87b	0.48±0.10b	3.8±0.8ab
Formula 1 ¹ at 1:120 ratio	3.46±1.05b	0.41±0.15bc	3.3±0.5bc
Formula 2 ² at 1:12 ratio	3.44±1.27b	0.44±0.23bc	4.3±0.4a
Formula 2 ² at 1:120 ratio	2.35±0.43bc	0.29±0.05c	2.8±0.4cd
Formula 3 ³ at 1:12 ratio	1.14±0.37c	0.09±0.40d	1.8±0.4e
Formula 3 ³ at 1:120 ratio	2.55±0.91bc	0.30±0.06bc	2.3±0.4de
Formula 4 ⁴ at 1:12 ratio	6.93±2.60a	0.89±0.22a	3.8±0.7ab
Formula 4 ⁴ at 1:120 ratio	2.93±0.65bc	0.37±0.09bc	3.3±0.4bc
F-test (P-value)	**(<0.01)	**(<0.01)	**(<0.01)
%CV	36.3954	30.4069	20.2860

¹Formula 1: rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75 v/v) which every day watering.

Formula 2: rice straw, fresh plant debris, cow manure and bamboo soil (3: 1: 0.25: 0.75 v/v) which one time per three days watering.

Formula 3: rice straw: cow manure: urea (5: 1: 0.01 w/w) and ½ of microorganism produce 1 package.

Formula 4: rice straw: cow manure (4: 1 v/v) which it received every day watering.

²Ratio as organic compost : soil (w/w)

Discussions

All characteristics of water spinach included fresh weight, dry weight and root score were found higher on applying organic compost than nil control (excepted at Formula 3) (Table 3). Both physical and chemical properties of organic compost formulas (Table 2) should be considered that it may be affected for increasing in those characteristics. The result showed that all of the parameters (except on phosphorus percentage) both physical [electrical conductivity (EC) and pH] and chemical (organic carbon, organic matter, nitrogen percentage and potassium percentages) properties were highly significant difference. The EC was higher on Formula 1 and 2 (0.94 and 1.64 dS/m, respectively) compared with Formula 3 and 4 (0.48 and 0.16 dS/m) which these values did not excess than the critical limit of 4.0 dS/m (Sarwar et al., 2008). The EC is a

physical property of organic compost that indicates indirectly of soluble salts content and directly of salinity content depended on organic material (Sarwar et al., 2008). For Formula 1 and 2, all physical and chemical properties (excepted EC) were similar values, thus, once per three days for watering could be processed not different effect from every day for watering for organic compost production. Thus, these properties of organic compost applied in soil may be factor for increasing on characteristics of water spinach included fresh weight, dry weight and root score.

All raw materials included rice straw, cow manure, fresh plant debris and bamboo soil had a similar percentage of nitrogen (Table 1), and these materials were found in the component for producing organic compost in formulas. The percent of nitrogen and potassium were higher on Formula 3 compared with

other formulas. The result might be the effect of supplementing on urea (about 46 percent of nitrogen in a white crystalline solid) and microorganism produce package as only materials were added in Formula 3, which effective microorganism (EM) it can be reused organic waste and increased nutrients in the compost (Chefetz et al., 1998; Pan et al., 2012; Jusoh et al., 2013). However, the characteristics in water spinach was grown in soil received organic compost from Formula 3 showed lower values may was affected by higher dose of utilization. Formula 3 was only formula has been supplemented by urea which in the world, urea is produced in order increasing nitrogen element (Hozhbryan, 2013). However, root growth was reported is reduce from both higher and lower nitrogen levels application in plant (Costa et al., 2002).

The nutrient (the percent of nitrogen, phosphorus and potassium) was lower value in organic compost either in Formula 1 or Formula 2 compared with Formula 4. Cow manure was lower ratio in material component for composing in Formula 1 and 2; although replacing by bamboo soil in these formulas, compared with Formula 4 might be resulted because manure was reported high nutrient (such as extractable phosphorus, potassium content)(Irshad et al., 2013). This mention of high ratio of cow manure in Formula 4 might be explained on the higher values of all characteristics which reflected higher growth rate of water spinach in this study (Table 3).

Conclusions

The result showed that all of the parameters (except on phosphorus percentage) both physical (electrical conductivity and pH) and chemical (organic carbon, organic matter, nitrogen percentage and potassium percentage) properties were highly significant difference. Both Formula 1 and Formula 2 had lower values of all parameters which were significantly different, except on electrical conductivity which had higher values than Formula 3 and Formula 4 which are low-cost organic compost. However, for application by using different rations between organic compost and

soil (w/w), the result showed Formula 1, Formula 2 and Formula 4 could increase all characteristics included at fresh weight, dry weight and root score compared with nil control. Higher values in these parameters (fresh and dry weight and root score) were observed on water spinach has been planted in soil received applying organic compost in higher ratio (at 1:12 w/w ratio of organic compost and soil) more than applying in lower ratio (at 1:120 w/w ratio of organic compost and soil).

Acknowledgements

The authors would like to thank the National Research Council of Thailand (NRCT), through the Silpakorn University Research and Development Institute (SURDI), Silpakorn University, Thailand for financial support.

References

- Adeoye, G.O., Ojobor, S.A., & AdeOluwa, O.O. (2005). **Evaluation of potential of co-organic manure of rice waste, cow dung and poultry treatments for production of rice.** Conference proceeding, Soil Science Society of Nigeria Annual Conference held at Senate Chamber, University of Abeokuta, Nigeria, December 6-10, 2004. p. 213-218.
- Chefetz, B., Adani, F., Genevini, P., Tambone, F., Hadar, Y., & Chen, Y. (1998). Humic-ac transformation during composting of municipal solid waste. *Journal of Environmental Quality*, 27, 794-800.
- Costa, C., Dwyer, M.M., Zhou, X., Dutilleul, P., Hamel, C., & Reid, L.M. (2002). Root morphology of contrasting maize genotypes. *Agronomy Journal*, 94(1), 96-101.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation). (1995). **Fertilizers and plant protection agents. World agriculture: Towards 2010.** John Wiley & Sons Ltd. England. Retrieved June 3, 2017 from <http://fao.org/docrep/v4200e/V4200E00.htm#Contents>.
- Hue, N.V., & Liu, J. (1995). Predicting compost stability. *Compost Science and Utilization*, 3, 8-15.

- Hozhbryan, M. (2013). Effects of different levels of urea on the growth and yield of tomato. **Journal of Novel Applied Sciences**, 2(S3), 1031-1035.
- Irshad, M., Eneji, A.E., Hussain, Z., & Ashraf, M. (2013). Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(1), 115-121.
- Jusoh, M.L.C., Manaf, L.A., & Latiff, P.A. (2013). Composting of rice straw with effective microorganism (EM) and its influence on compost quality. **Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering**, 10, 17.
- Komkaew, N., Tongtawon, D., Na Chiangmai, P., Kanjanamaneesathian, M., Chanthasa, C., Khianngam, S., & Pootaeng-on, Y. (2016). Physical and chemical properties from different formulas of low cost organic compost. p. 77. In the International conference on inventions and innovations for sustainable agriculture (ICIISA, 2016), July 7-9, 2016, Hua-Hin, Thailand.
- Louisa, M.A., & Taguiling, G. (2013). Quality improvement of organic compost using green biomass. **European Scientific Journal**, 9(36), 319-341.
- Luyen, L.T., & Preston, T.R. (2004). Effect of level of urea fertilizer on biomass production of water spinach (*Ipomoea aquatica*) grown in soil and in water. **Livestock Research for Rural Development**, 16(10). Retrieved June 3, 2017 from <http://lrrd.org/lrrd16/10/luye16081.htm>.
- Mghase, J.J., Shiwachi, H., Takahashi, H., & Irie, K. (2011). Nutrient deficiencies and their symptoms in upland rice. **International Society for Southeast Asian Agriculture Science**, 19(1), 59-67.
- Ojobor, S.A. Obiazi, C.C., & Egbuchua, C.N. (2014). Effects of different levels of compost manure on upland rice and soil chemical properties in Asaba, Delta State, Nigeria. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, 4, 276-284.
- Oteng, J.W., & Sant' Anna, R. (1999). Rice production in Africa: current situation and issues. **International Rice Commission Newsletter**, 48.
- Pan, I., Dam, B., & Sen, S.K. (2012). Composting of common organic wastes using microbial inoculants. **3 Biotech**, 2(2), 127-134.
- Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Ibrahim, M., & Sefdar, E. (2008). Improvement of soil physical and chemical properties compost application in rice-wheat cropping system. **Pakistan Journal of Botany**, 40(1), 275-282.

Changes in Culm Height and Lodging of Upland Rice Grown in Amended Soil with Organic Compost

Monnat Yamyang¹, Nalinee Kaewked¹, , Yupa Pootang-on¹,
Chanika Chanthasa¹, Mana Kanjanamaneesathian¹,
Weerapun Kunkeaw² and Pantipa Na Chiangmai^{1*}

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of low cost organic compost application on two characteristics included culm height and score of stem lodging in upland rice varieties in highland area. The factorial in Completely Randomized Design (CRD) with four replications was used in this study. Upland rice had been grown in the Pala-u forest (12° 51' N and 99° 49' E), Thailand during the rainy season (July to November 2015). The result showed no effect of organic compost application for increasing both on culm height and score of lodging. There was no correlation between the culm height and score of stem lodging. However, both culm height and score of stem lodging were statistically different among upland rice varieties.

Keywords: Indigenous Rice Varieties, Organic Compost, Lodging, Culm height, Upland Rice

Introduction

Upland rice (*Oryza sativa* L.) has been grown around the world (IRRI, 2002) with the overall planting area of 14 million hectares globally (Sohrabi et al., 2012). This rice is very important to the small-holder rice farmers in the remote highland area where there has been the problem of water insufficiency for irrigation (Atlin et al., 2006; Mohd Din et al., 2015) and relies upon only rainfall for its cultivation (Balasubramanian et al., 2007; Kato et al., 2007).

In Thailand, the upland rice cultivating continuously in the same field without proper fertilization by the small-holder farmers in remote highland areas might give a decreased yield as a result of soil infertility (Lehmann et al., 2002). Crop rotation, particularly with legumes (Rahman et al., 2014), is not a suitable option for improving soil fertility because these rice farmers depend on rice as a main staple food for household consumption.

Soil fertility improvement with an abundant organic material might be an applicable alternative (Ojobor et al., 2014). These organic materials should be utilized as organic compost for improving soil conditions in order to maintain acceptable rice yield. Nevertheless, applying organic compost to the rice fields might aggravate lodging problem which affects both quantity and quality of rice yield (Kono, 1995; Wei et al. 2008; Yang et al. 2009; Zhang et al. 2013). However, fertility of soil has been reported might affect to the height in rice (Issaka et al., 2009) same as affected by genes (Terashima et al., 1992) and finally resulted to stem lodging.

The aimed of this study was to evaluate the low-cost and simple organic compost made from raw materials effect on the culm height and score of stem lodging of indigenous rice varieties in upland rice field.

¹Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Cha-Am, Phetchaburi, Thailand.

²The Royal Project Foundation, Chiang Mai, Thailand.

*Corresponding author. E-mail address: mchiangmai@gmail.com

Materials and Methods

2.1 Organic compost

The low-cost and simple organic compost was produced by the ethnic minority (Pa-gha-ker-yor) farmers in 2015 at Pala-u, Hau Hin District, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand. The chemical characteristics of the organic compost were 10.3% organic carbon (OC), 17.7% organic matter (OM), 13:1 C/N ratio and 0.8% total nitrogen (N).

2.2 Indigenous upland rice varieties

Fifteen indigenous upland rice varieties from Prachuap Khiri Khan Province and one variety from the Royal Project Foundation, Chiang Mai Province, Thailand were used in the experiment (Table 1). All of these varieties were used to evaluate the effect of organic compost on the lodging of indigenous rice varieties in upland rice field.

2.3 Site of the experiment, soil chemical properties and planting method

Upland rice had been grown in the Pala-u forest (12° 51' N and 99° 49' E about 300 m above sea level) during the rainy season (July to November 2015). The characteristics of the soil included pH 7.09, 0.86 dS/m electrical conductivity (EC), 9.15 mg/kg available phosphorus (P), 220.64 mg/kg exchangeable of potassium (K), 1,646.28 mg/kg calcium (Ca) and 286.50 mg/kg magnesium (Mg). Five to six upland rice seeds were sowed (per hill) into the ground at the depth of 2-3 cm. The spacing between row and hill of upland rice planting were 50 and 30 cm, respectively. The field was irrigated by rainfall and weed was controlled manually one month after seedlings had emerged from the soil.

2.4 Evaluation the effect of organic compost on lodging

Culm height was measured from soil base to base of flag leaf at the grain-drying stage (reproductive stage 8; R8). Lodging severity was scored based on the method as described by Ünán et al. (2013) with some modifications. The criteria included a 1-9 point scale where 1 represented totally upright and 9 represented totally lodged [(lodging score: 1 = no lodging (upright

stem) at 70-90° (degree angle), 3 = 50-70° slightly lodging, 5 = 30-50° moderate lodging, 7 = 10-30° rather lodging, 9 = 0-10° very lodging].

2.5 Statistical analysis

An experiment was conducted in the 2x16 factorial in Completely Randomized Design (CRD) for four replications, in which the main factors were either applied or not applied the organic compost into the soil at 1.4 kg dry weight/m² (at 48 m² in each plot) planted with 16 rice varieties. Data were analyzed using analysis of variance and means of treatments were compared by using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at 0.05 probability level.

Results

The results showed that there was no statistical significant difference in culm height between rice which received organic compost application and that which received no compost application (Table 1). However, the different of rice varieties showed significant different on culm height (Table 1). There was no statistical significant difference in culm height affected by interaction between applied or no applied organic compost in soil and rice varieties (Table 1). The value of culm height was higher at 155.98 cm in Beu Gi Poo and lower at 131.80 cm in Aung Jerng Yai (Table 1).

There was no statistical significant difference in lodging between rice which received compost application and that which received no compost application. Nonetheless, there was a statistical significant different with respect to the effect of varieties on rice lodging (Table 2). The value of rice lodging score was 2.9 (for rice which received no compost application) and 3.3 (for rice which received compost application). The value of rice lodging score in upland rice varieties ranged between 1 (var. Beu Gaw Bi) to 5.8 (var. Row Su Ya) (Table 2).

Upland rice planted in soil amended both with ($r = -0.0352$) and without ($r = -0.0762$) organic compost were not significant correlate between culm height and stem lodging score (Table 3).

Table 1 Means ($\pm$ SD) of the culm height (cm) (soil base to base of flag leaf) in upland rice varieties either without or with organic compost application (at 1.4 kg dry weight/m²).

Indigenous upland rice varieties	without organic compost	with organic compost	Mean (varieties)
<i>Prachuap Khiri Khan Province</i>			
Beu Soo Ser Lah	141.00 $\pm$ 6.63	148.25 $\pm$ 6.07	144.62 $\pm$ 7.05bcd
Beu Gaw Bi	151.30 $\pm$ 22.08	150.35 $\pm$ 6.56	150.82 $\pm$ 15.09ab
Pae Taw Po Lo	144.85 $\pm$ 17.32	141.90 $\pm$ 4.88	143.37 $\pm$ 11.89bcd
Pae Taw Ta Gi Di	138.45 $\pm$ 19.02	145.65 $\pm$ 9.21	142.05 $\pm$ 14.36bcd
Nah San	143.65 $\pm$ 21.11	145.10 $\pm$ 4.40	144.37 $\pm$ 14.13bcd
Khao Niaw Pala-u	137.35 $\pm$ 18.90	149.60 $\pm$ 6.04	143.47 $\pm$ 14.55bcd
Baw Pae Soo	137.75 $\pm$ 2.36	142.00 $\pm$ 8.04	139.87 $\pm$ 5.93cde
Beu Gi Poo	156.45 $\pm$ 4.83	155.52 $\pm$ 9.76	155.98 $\pm$ 7.15a
Gi Poo	148.20 $\pm$ 10.39	149.70 $\pm$ 13.15	148.95 $\pm$ 11.01abc
Beu Ge	130.48 $\pm$ 9.57	134.00 $\pm$ 14.14	132.23 $\pm$ 11.34e
Poo Nge	141.88 $\pm$ 6.83	139.45 $\pm$ 8.38	140.66 $\pm$ 7.19cde
Nai Luang	150.50 $\pm$ 6.24	152.20 $\pm$ 12.96	151.35 $\pm$ 9.46ab
Pae Taw Gaw Bi	139.45 $\pm$ 8.10	145.40 $\pm$ 4.30	142.42 $\pm$ 6.79bcd
<i>Phetchaburi Province</i>			
Wong Lai	133.75 $\pm$ 7.932	141.00 $\pm$ 7.874	137.38 $\pm$ 8.28de
Aung Jerng Yai	134.40 $\pm$ 6.311	129.20 $\pm$ 6.823	131.80 $\pm$ 6.69e
<i>Chiang Mai Province</i>			
Row Su Ya	133.75 $\pm$ 8.42	145.25 $\pm$ 7.27	139.50 $\pm$ 9.53cde
Mean (without/with organic compost)	141.45 $\pm$ 13.12	144.66 $\pm$ 10.01	
F-test (organic compost)	ns		
F-test (varieties)	**		
F-test (organic compost x varieties)	ns		

Means in the same column with different letters are significantly different at 95% confidence.

** = highly significant different at 99% confidence.

ns = non-significantly different at 95% confidence.

Lodging score: 1 = no lodging (upright stem) at 70-90° (degree angle), 3 = 50-70° slightly lodging, 5 = 30-50° moderate lodging, 7 = 10-30° rather lodging, 9 = 0-10° very lodging.

Table 2 Means ($\pm$ SD) of the score of stem lodging in upland rice varieties either without or with organic compost application (at 1.4 kg dry weight/m²).

Indigenous upland rice varieties	without organic compost	with organic compost	Mean (varieties)
<i>Prachuap Khiri Khan Province</i>			
Beu Soo Ser Lah	2.50 $\pm$ 1.00	2.50 $\pm$ 1.00	2.50 $\pm$ 0.87 bcd
Beu Gaw Bi	1.00 $\pm$ 0.00	1.00 $\pm$ 0.00	1.00 $\pm$ 0.00 d
Pae Taw Po Lo	1.00 $\pm$ 0.00	2.00 $\pm$ 2.00	1.50 $\pm$ 1.33 d
Pae Taw Ta Gi Di	3.50 $\pm$ 1.00	5.00 $\pm$ 2.83	4.25 $\pm$ 2.00 abc
Nah San	1.00 $\pm$ 0.00	1.50 $\pm$ 1.00	1.25 $\pm$ 0.67 d
Khao Niaw Pala-u	2.50 $\pm$ 1.91	2.50 $\pm$ 1.91	2.50 $\pm$ 1.66 bcd
Baw Pae Soo	1.50 $\pm$ 1.00	3.00 $\pm$ 2.83	2.25 $\pm$ 2.00 bcd
Beu Gi Poo	1.50 $\pm$ 1.00	2.00 $\pm$ 1.15	1.75 $\pm$ 0.97 cd
Gi Poo	1.50 $\pm$ 1.00	1.50 $\pm$ 1.00	1.50 $\pm$ 0.87 d
Beu Ge	2.50 $\pm$ 1.00	3.50 $\pm$ 3.79	3.00 $\pm$ 2.46 bcd
Poo Nge	4.00 $\pm$ 3.46	3.00 $\pm$ 4.00	3.50 $\pm$ 3.28 abcd
Nai Luang	2.50 $\pm$ 1.91	4.00 $\pm$ 3.83	3.25 $\pm$ 2.74 abcd
Pae Taw Gaw Bi	5.00 $\pm$ 2.83	6.50 $\pm$ 3.00	5.75 $\pm$ 2.65 a
<i>Phetchaburi Province</i>			
Wong Lai	5.00 $\pm$ 4.62	4.50 $\pm$ 3.42	4.75 $\pm$ 3.53 ab
Aung Jerng Yai	4.00 $\pm$ 2.58	5.75 $\pm$ 2.22	4.88 $\pm$ 2.28 ab
<i>Chiang Mai Province</i>			
Row Su Ya	7.50 $\pm$ 1.91	4.00 $\pm$ 1.15	5.75 $\pm$ 2.30 a
Mean (without/with organic compost)	2.91 $\pm$ 2.51	3.27 $\pm$ 2.68	
F-test (organic compost)	ns		
F-test (varieties)	**		
F-test (organic compost x varieties)	ns		

Means in the same column with different letters are significantly different at 95% confidence.

** = highly significant different at 99% confidence.

ns = non-significantly different at 95% confidence.

Table 3 Correlation coefficient values (r) between culm height and stem lodging score in upland rice has been grown in soil amended either without or with organic compost application (at 1.4 kg dry weight/m²).

Correlation coefficient values between culm height and stem lodging score	
Upland rice has been grown in soil that received the supplementing with organic compost	Upland rice has been grown in soil that not received the supplementing with organic compost
r = -0.0352 ns	r = -0.0762 ns
ns = non-significantly correlation 95% confidence.	

Discussions

The amendment soil with organic compost had no effect to culm height in rice varieties. The result may explain that the nutrient in organic compost was not sufficient an effect to increase the height of culm in rice varieties. The plant height in cereal was introduced at the appropriate level such as 100 cm (Crook and Ennos, 1994; Kumar et al., 2011), which was lower than that the height of culm in rice varieties that have been evaluated in this study that had the culm height averaged at 141.45 cm and 144.66 cm for growing in soil amended without and with organic compost, respectively (Table 1).

Three groups of upland rice varieties could be categorized based on the scores of stem lodging. They were (1) nine upland rice varieties with no lodging characteristic (2) five upland rice varieties with slightly lodging characteristic and (3) two varieties with moderate lodging characteristic. A highly significant difference on stem lodging score was found among 16 upland rice varieties. Rice var. Beu Gaw Bi (at 1.0) and var. Nah San (at 1.3) collected from Prachuap Khiri Khan Province had lowest lodging score while rice var. Row Su Ya and var. Pae Taw Gaw Bi (at 5.8) had highest score. Rice var. Wong Lai (at 4.8) and var. Aung Jern Yai (at 4.9) collected from Phetchaburi Province almost had the similar lodging scores (Table 2).

An excessive rate of N fertilizer was the cause of rice lodging as a result of increasing of plant height and reducing of thickness and diameter of culm wall (Huo et al., 2003; Zhang et al., 2014). However, the score of stem lodging in upland rice varieties was not significant difference between treatments because organic compost contained quite low nitrogen (at 0.8%). The organic compost used in this study was produced from the combination of soil under bamboo canopy and rice straw. Soil under bamboo canopy has high microbial activity (Mishra et al., 2014) and the rice straw is low in nitrogen (Midau et al., 2015). As a result, the compost end product has quite a high C/N ratio and this does not affect rice lodging.

However, the score of rice lodging are affected by varieties of upland rice. Both genetic and environmental conditions were reported to determine lodging resistance in rice (Kashiwagi et al., 2006; Kashiwagi et al., 2010). In this study, rice var. Beu Gaw Bi and var. Nah San have quite low score of lodging although they have the height similar to other varieties. This might be because these two varieties have the upright stem characteristic as a result of their unique morphological and physiological characteristics, contributing to the increased strength of the culm of these rice varieties (Kashiwagi et al., 2007; Ma et al., 2004; Li et al., 2011).

Therefore, further studies on both physical and chemical properties of the culm (such as culm diameter, wall thickness and starch contents) of rice var. Beu Gaw Bi and var. Nah San should be conducted to determine the effect of stem strength and lodging resistance (Kokubo et al., 1989; Ookawa and Ishihara, 1993; Zuber et al., 1999; Ma et al., 2004).

Correlation analysis showed negative values between culm height and score of stem lodging when upland rice has been grown in soil amended both with- and without organic compost (Table 3). This result supported the result from other studies that plant height is major characteristics have a direct effect to stem lodging in rice (Ookawa and Ishihara, 1992; Kashiwagi and Ishimaru, 2004). However, there were no correlations between culm height and stem lodging in upland rice grown in soil either amended with or without organic compost. Thus, low cost organic compost can use for soil improvement both on physical and chemical properties which had no negative effect from increasing both on culm height and lodging in upland rice.

Conclusions

Application of organic compost, which is a product of the mixture of soil under bamboo canopy and rice straw, had no effect to culm height and stem lodging. Both of culm height and score of lodging, however, were affected by varieties of upland rice.

Acknowledgements

The authors would like to thank the National Research Council of Thailand (NRCT), through the Silpakorn University Research and Development Institute (SURDI), Silpakorn University, Thailand for financial support.

References

- Atlin, G.N., Lafitte, H.R., & Tao, D. (2006). Developing rice cultivars for high-fertility upland systems in the Asian tropics. *Field Crops Research*, 97, 43–52.
- Balasubramanian, V., Sie, M., Hijmans, R.J., & Otsuka, K. (2007). Increasing rice production in sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities. *Advances in Agronomy*, 94, 55–133.
- Crook, M.J., & Ennos, A.R. (1994). Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 123, 167–174.
- Huo, Z.Y., Dong, M.H., Zhang, H.C., Dai, Q.G., & Chen, W.Z. (2003). Analysis of lodging index and some relate agronomic characters in japonica rice cultivars. *Journal of Southwest Agricultural University*, 25, 234–237.
- IRRI, (2002). *Rice Almanac*, third ed. International Rice Research Institute, Los Baños, The Philipines.
- Issaka, R.N., Buri, M.M., & Wakatsuki, T. (2009). Effect of soil and water management practices on the growth and yield of rice in the forest agro-ecology of Ghana. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(1), 214–218.
- Kashiwagi, T., Hirotsu, N., Madoka, Y., Oookawa, T., & Ishimaru, K. (2007). Improvement of resistance to bending-type lodging in rice. *Japanese Journal of Crop Science*, 76, 1–9.
- Kashiwagi, T., Hirotsu, N., Ujiie, K., & Ishimaru, K. (2010). Lodging resistance locus *prl5* improves physical strength of the lower plant part under different conditions of fertilization in rice (*Oryza sativa* L.). *Field Crops Research*, 115, 107–115.
- Kashiwagi, T., & Ishimaru, K. (2004). Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. *Journal of Plant Physiology*, 134, 676–683.
- Kashiwagi, T., Madoka, Y., Hirotsu, N., & Ishimaru, K. (2006). Locus *prl5* improves lodging resistance of rice by delaying senescence and increasing carbohydrate reaccumulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44, 152–157.
- Kato, Y., Kamoshita, A., Abe, J., & Yamagishi, J. (2007). Improvement of rice (*Oryza sativa* L.) growth in upland conditions with deep tillage and mulch. *Soil & Tillage Research*, 92, 30–44.
- Kokubo, A., Kuraishi, S. & Sakurai, N. (1989). Culm strength of barley correlation among maximum bending stress, cell wall dimensions, and cellulose content. *Plant Physiology*, 91, 876–882.
- Kono, M. (1995). *Physiological aspects of lodging*. In: Matsuo T, Kumazawa K, Ishii R, Ishihara K, Hirata H, eds. Science of the rice plant, Volume 2, Physiology. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Centre, p. 971–982.
- Kumar, V., & Ladha, J.K. (2011). Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. *Advances in Agronomy*, 111, 297–396.
- Lehmann, J., da Silva Jr., J P., Rondon, M., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Glaser, B. (2002). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249, 343–357.
- Li, J., Zhang, H.C., Gong, J.L., Chang, Y., Dai, Q.G., Huo, Z.Y., Xu, K., & Wei, H.Y. (2011). Effects of different planting methods on the culm lodging resistance of super rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 44, 2234–2243.
- Ma, J., Ma, W.B., Tian, Y.H., Yang, J.C., Zhou, K.D., & Zhu, Q.S. (2004). The culm lodging resistance of heavy panicle type of rice. *Acta Agronomic Sinica*, 30, 143–148.

- Midau, A., Mubi, A.A., & Kwaji, Z. (2015). Evaluation of chemical composition of treated and untreated rice straw using urea. **Scientific Journal of Animal Science**, 4(12), 163-167.
- Mishra, G., Giri, K., Panday, S., Kumar, R., & Bisht, N.S. (2014). Bamboo: potential resource for eco-restoration of degraded lands. **Journal of Biology and Earth Science**, 4(2), B130-B136.
- Mohd Din, A.R.J., Ahmad, F.I., & Wagiran, A. (2016). Improvement of efficient in vitro regeneration potential of mature callus induced from Malaysian upland rice seed (*Oryza sativa* cv. Panderas). **Saudi Journal of Biological Sciences**, 23, S69-S77.
- Ojobor, S.A., Obiaz, C.C., & Egbuchua, C N. (2014). Effects of different levels of compost manure on upland rice and soil chemical properties in Asaba, Delta State, Nigeria. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, 4(27), 276-283.
- Ookawa, T., & Ishihara, L. (1993). Varietal difference of the cell-wall components affecting the bending stress of the culm in relation to the lodging resistance in paddy rice, **Japanese Journal of Crop Science**, 62, 378-384.
- Ookawa ,T., & Ishihara K. (1992). Varietal differences of physical characteristics of the culm related to lodging in paddy rice. **Japanese Journal of Crop Science**, 61, 419-425.
- Rahman, M.M., Islam, A.M., Azirun, S.M., & Boyce, A.N. (2014). Tropical legume crop rotation and nitrogen fertilizer effects on agronomic and nitrogen efficiency of rice. **The Scientific World Journal**, ID 490841, 11 pages.
- Sohrabi, M., Rafii, M.Y., Hanafi, M.M., Akmar, A.S.N., & Latif, M.A. (2012). Genetic diversity of upland rice germplasm in Malaysia based on quantitative traits. **The Scientific World Journal**, ID 416291, 9 pages.
- Terashima, K., Akita, S., & Sakai, N. (1992). Eco-physiological characteristics related with lodging tolerance of rice in direct sowing cultivation. I. Comparison of the root lodging tolerance among cultivars by the measurement of pushing resistance. **Japanese Journal of Crop Science**, 61, 380-387.
- Ünan, R., Sezer, İ., Şahin, M., & Mur, L.A. (2013). Control of lodging and reduction in plant length in rice (*Oryza sativa* L.) with the treatment of trinexapac-ethyl and sowing density. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 37, 257-264.
- Wei, F.Z., Li, J.C., Wang, C.Y., Qu, H.J., & Shen, X.S. (2008). Effects of nitrogenous fertilizer application model on culm lodging resistance in winter wheat. **Acta Agronomica Sinica**, 34, 1080-1085.
- Yang, S.M, Xie, L., Zhen, S.L., Li, J., & Yuan, J.C. (2009). Effects of nitrogen rate and transplanting density on physical and chemical characteristics and lodging resistance of culms in hybrid rice. **Acta Agronomica Sinica**, 35(1), 93-103.
- Zhang, W., Li, G., Yang, Y., Li, Q., Zhang, J., Liu, J., Wang, S., Tang, S., & Ding, Y. (2014). Effects of nitrogen application rate and ratio on lodging resistance of super rice different genotypes. **Journal of Integrative Agriculture**, 13(1), 63-72.
- Zhang, J., Li, G.H., Song, Y.P., Zhang, W.J., Yang, C.D., Wang, S.H., & Ding, Y.F. (2013). Lodging resistance of super-hybrid rice Yliangyou 2 in two ecological regions. **Acta Agronomica Sinica**, 39, 682-692.
- Zuber, U., Winzeler, H., Mesmer, M., Keller, M., Keller, B., Schmid, J., & Stamp, P. (1999). Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, 182, 17-21.

ข้อกำหนดในการส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ประเภทของงานที่รับพิจารณาเพื่อลงตีพิมพ์

จะต้องเป็นงานที่อยู่ในกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาชุมชน และยังไม่เคยถูกเผยแพร่ หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาให้เผยแพร่ในวารสาร หนังสืออื่นใด โดยแบ่งประเภทของงาน เป็น 2 ประเภท คือ บทความวิจัย (Research Articles) และ บทความวิชาการหรือบทความปริทัศน์ (Review Articles)

2. การเขียนบทความและการเตรียมต้นฉบับ จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดนี้เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สามารถเขียนเป็นภาษาไทยล้วน หรือภาษาอังกฤษล้วนก็ได้ เป็นภาษาวิชาการที่ถูกต้อง และยึดหลักการใช้คำศัพท์ หรือการเขียนทับศัพท์ตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน

2.2 ต้นฉบับต้องพิมพ์หน้าเดียวลงบนกระดาษขาวสัน ขนาดเอ 4 เว้นระยะขอบกระดาษทุกด้าน 1 นิ้ว ใช้รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ทั้งหมด และพิมพ์ห่างบรรทัดเดียว (Single space) โดยบทความแต่ละเรื่องมีความยาวไม่เกิน 10 หน้า จะต้องประกอบด้วย

- 2.2.1 ชื่อเรื่องบทความ (Title) จะต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ข้อความที่กระชับตัวอักษรหนา ขนาด 20 จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และอักษรตัวแรกของภาษาอังกฤษต้องพิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่
- 2.2.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ใช้ชื่อ-นามสกุลเต็ม ไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ตำแหน่งหรือคุณวุฒิใช้ตัวอักษรเอน ขนาด 16 จัดชิดขวาสุด หากมี 2 คนให้ใช้ “และ/and” คั่น หากมีมากกว่า 2 คนขึ้นไป กรณีภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 ครั้งคั่น แต่กรณีภาษาอังกฤษให้ใส่ (,) คั่นและเว้นวรรค 1 ครั้งระหว่างแต่ละคน และคนสุดท้ายให้ใช้ “และ/and” คั่น และให้แสดงตัวเลขแบบตัวยก (Superscript) กำกับเพื่อระบุต้นสังกัด และใช้ (*) กำกับ Corresponding Author ซึ่งต้องระบุรายละเอียดของต้นสังกัดและที่อยู่ (จังหวัดและรหัสไปรษณีย์) ของผู้เขียนทุกคน และ E-mail ของ Corresponding Author ไว้ด้านล่างสุดของหน้าแรก ใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 12 จัดตำแหน่งชิดซ้ายสุด
- 2.2.3 บทคัดย่อ (Abstract) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้บทคัดย่อภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ หัวข้อบทคัดย่อ (Abstract) ใช้ตัวอักษรหนา ขนาด 16 จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ พิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ ไม่ควรเกิน 15 บรรทัด และใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 จัดขอบซ้ายขวาตรงกัน บรรทัดแรกย่อหน้า 1.25 ซม.
- 2.2.4 คำสำคัญ (Keywords) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนวน 3 - 5 คำ ใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 โดยระบุไว้ท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ส่วนที่เป็นชื่อหัวข้อ “คำสำคัญ” “Keywords” ให้ใช้ตัวอักษรหนา
- 2.2.5 เนื้อความ (Text) พิมพ์เป็น 2 คอลัมน์ ยกเว้นบทความทางสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีสมการทางคณิตศาสตร์ พิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ได้ โดยใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 จัดขอบซ้ายขวาตรงกัน และในการย่อหน้าถ้ามีการย่อหน้า ย่อหลายครั้งให้แต่ละย่อหน้าย่อห่างกัน 1.25 ซม. ส่วนที่เป็นหัวข้อจะพิมพ์ด้วยตัวอักษรหนา จัดขอบกระดาษด้านซ้าย และควรประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้
 - บทความวิจัย (Research Articles) ประกอบด้วย
 - บทนำ (Introduction)
 - วิธีการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)
 - ผลการวิจัย (Results)
 - วิจารณ์ผลการวิจัย (Discussion)
 - สรุปผลการวิจัย (Conclusions)
 - คำขอบคุณ หรือกิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ถ้ามี
 - เอกสารอ้างอิง (References) ทั้งภายในเนื้อความและท้ายบทความ

- บทความวิชาการหรือบทความปริทัศน์ (Review Articles) ประกอบด้วย
 - บทนำ (Introduction)
 - เนื้อความ (Text)
 - บทสรุป (Summary)
 - คำขอบคุณ หรือกิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ถ้ามี
 - เอกสารอ้างอิง (References) ทั้งภายในเนื้อความและท้ายบทความ
- 2.2.6 รูปภาพ ตาราง แผนภูมิ (Figure, Table and Diagram) สามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึง หรือนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อนั้น ๆ ได้ และสามารถวางรูปภาพหรือตารางที่มีขนาดใหญ่ให้ครอบคลุมพื้นที่ของ 2 คอลัมน์ได้ และต้องระบุหมายเลขลำดับของรูปภาพ ตาราง แผนภูมิ ในบทความด้วยตัวอักษรปกติ ขนาด 14 โดยใช้คำว่ารูปที่ x หรือแผนภูมิที่ x และคำอธิบายสั้นๆ ไว้ใต้รูปภาพหรือแผนภูมิ และตารางที่ x และคำอธิบายสั้นๆ ไว้ด้านบนของตาราง โดยใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
- 2.2.7 ระบบหน่วยที่ใช้ ใช้ระบบหน่วยเมตริกซ์ หรือ SI โดยจะใช้รูปแบบการเขียนแบบเต็มหรือแบบย่อได้อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ แต่ต้องให้เป็นรูปแบบเดียวกันทั้งบทความ

3. การเขียนเอกสารอ้างอิง (References) หรือบรรณานุกรม (Bibliography)

3.1 การอ้างอิงในเนื้อความ จะใช้ระบบ ชื่อและปี โดยจะวงเล็บชื่อผู้แต่ง (สำหรับคนไทย) หรือชื่อสกุล (สำหรับคนต่างชาติ)หรือชื่อนิติบุคคลที่จัดทำเอกสาร และระบุปีที่พิมพ์ของเอกสารที่ อ้างอิง เช่น สมศักดิ์และสมศรี (2535) รายงานว่า...หรือ ... (สมศักดิ์ และสมศรี, 2535) กรณีมีผู้เขียน 3 คนขึ้นไป ให้ใช้คำว่า “และคณะ” กรณีภาษาไทย หรือ “et al.” กรณีภาษาอังกฤษแทน หากมีอ้างอิงจากหลายรายงานในหัวข้อเดียวกัน ให้ใช้ ... (สมศักดิ์, 2535; สมศรี, 2540; Williams, 2009) โดยเรียงภาษาไทยก่อน ภาษาอังกฤษ และเรียงตามปีที่พิมพ์

3.2 การอ้างอิงท้ายเรื่อง ใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 เรียงลำดับภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ และเรียงตามตัวอักษรและสระกรณ์ผู้เขียนคนเดียวกันให้เรียงตามปีที่พิมพ์เอกสาร มีรูปแบบการเขียนสำหรับวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนี้

3.2.1 ตำรา (Textbook) หรือหนังสือ

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์). ชื่อหนังสือ. (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์: โรงพิมพ์หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ.ที่ตีพิมพ์). แทนเช่น

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2537). คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 103 - 105.

Johnson, E.A. and Schroeder, W.A. (1995). Microbial carotenoids. In Advances Biochemical Engineering and Biotechnology. Heidelberg: Springer-Verlag. pp. 119-178.

3.2.2 วารสาร (Journal)

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. เล่มที่ (ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ ได้ 2 แบบ คือ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ ชื่อวารสาร (แบบย่อ). Volume (Issue): เลขหน้าเริ่มต้น-หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ ชื่อวารสาร (แบบเต็ม) Volume (Issue): เลขหน้าเริ่มต้น-หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง. เช่น

ไพลิน จิตรขุม และลัดดา วงศ์รัตน์. (2550). องค์ประกอบชนิดและความหนาแน่นของโคฟีพอดบริเวณ อ่าวมะนาว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (section T). 6 (ฉบับพิเศษ 1): 133 - 142.

Kiho, T., Morimoto, H., Kobayashi, T., Usui, S., Ukai, S., Aizawa, K. and Inakuma, T.(2000).
Effect of a polysaccharide (TAP) from the fruiting bodies of Tremella aurantia on
glucose metabolism in mouse liver. Biosci Biotechnol Biochem.64(2): 417-419.

(กรณีข้อวารสารแบบย่อ)

Turner, J.T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic
marine food webs. Zoological Studies 43(2): 255-266. **(กรณีข้อวารสารแบบเต็ม)**

3.2.3 บทความในงานประชุมวิชาการ (Proceedings) หรือเอกสาร รายงานการวิจัย

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. ใน: ชื่องานประชุมวิชาการหรือชื่อรายงาน
การวิจัย. ชื่อผู้จัดงานประชุมหรือชื่อผู้จัดทำโครงการวิจัย, จังหวัด. เลขหน้าเริ่มต้น-หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.
ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง.(ตัวเลขปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์).
แทน เช่น

พรธนา วันชวง และละออศรี เสนาะเมือง. (2549). ความหลากหลายชนิดของไรต์เฟอร์คลาโดเซอร่าและโคฟีพอด
ในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. ใน: รายงานการวิจัยในโครงการ BRT 2549.

วิสุทธิ ใบไม้ และรังสิมา คุ่มหอม (บรรณาธิการ). บริษัทเจริญเอ็นเอ็พเรส จำกัด, กรุงเทพฯ. 105-118.

Pookpakdi, A. (1992). Soybean production under saturated soil condition in Thailand, In
C. George Kuo (eds.). In: Adaptation of food crops to temperature and water stress
proceeding of an international symposium Taiwan 13-18 August 1992. Asain
Vegetable Research and Development Center, Taiwan. 479-485.

3.2.4 วิทยานิพนธ์ (Thesis)

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์,
ชื่อมหาวิทยาลัย. จังหวัด. จำนวนหน้า.

ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์).
แทน เช่น

ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์. (2552) การศึกษาการติดสีของครามบนเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยโคโตซานจากเปลือกกุ้ง
ก้ามกราม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สกลนคร: 55 หน้า

3.2.5 แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. แหล่งข้อมูล: URL ของเว็บไซต์ที่อ้างอิงข้อมูล.
ค้นเมื่อวันที่ เดือน ปี พ.ศ..

ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์).
แทน เช่น

เอกลักษณ์ จันทะระ และ อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์. (2010). ฝักระยะพื้. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, แหล่งข้อมูล: http://www.deqp.go.th/website/20/index.php?option=com_content&view=article&id=4160%3A2010-09-30-03-37-43&catid=50&Itemid=74&lang=th. ค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2554.

3.3 การอ้างอิงเอกสารกรณีการตีพิมพ์ ให้ระบุข้อมูลของเอกสารให้มากที่สุด และใช้วงเล็บคำว่า“(ระหว่างตีพิมพ์)”
หรือ “(in press)” ในกรณีที่ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตาม ลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

4. การส่งต้นฉบับบทความ ผู้เขียนสามารถส่งต้นฉบับบทความที่พิมพ์ตามข้อกำหนดของรูปแบบของวารสาร และบันทึก
ข้อมูล ในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และรูปแบบไฟล์ .pdf ซึ่งสามารถส่งบทความได้ 2 ช่องทาง คือ

4.1 จัดส่งทางจดหมาย ส่งต้นฉบับบทความที่พิมพ์เป็นกระดาษ 2 ชุด และแผ่นซีดี (CD-Rom) 1 แผ่น พร้อมทั้งแจ้ง
ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ และ E-mail ของผู้เขียน และวงเล็บที่มุมขวาล่างของจดหมายว่า (ส่งต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ลง วารสาร
วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) มายัง บรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

4.2 ส่งทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ส่งต้นฉบับบทความที่พิมพ์และบันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และรูปแบบไฟล์ .pdf พร้อมทั้งแจ้งที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ และ e-mail ของผู้เขียน โดยระบุหัวข้อการส่งจดหมายว่า "ส่งต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" มายัง e-mail address : scijournal@nrru.ac.th

5. การพิจารณาและประเมินผลบทความ

ต้นฉบับบทความที่ส่งมาตีพิมพ์นั้นจะได้รับการอ่าน และประเมินผล โดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) จากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยในสาขาวิชานั้นๆ อย่างน้อย 2 คนขึ้นไปต่อเรื่อง และกองบรรณาธิการ จะแจ้งผลการพิจารณาให้ผู้เขียนทราบผลว่า ต้องแก้ไขก่อนการตีพิมพ์ หรือตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข หรือไม่ผ่านการพิจารณา ตีพิมพ์ ซึ่งจะจัดส่งผลการพิจารณาค้นให้ผู้เขียนทาง E-mail address ของผู้เขียนบทความและกองบรรณาธิการวารสารจะส่งต้นฉบับบทความให้ผู้เขียนตรวจพิสูจน์อักษรในลำดับสุดท้าย (Final proof) เพื่อให้ความเห็นชอบในความถูกต้องครบถ้วนของเนื้อหา ซึ่งหากไม่มีการแก้ไขใด ๆ หรือการติดต่อกลับของผู้เขียนภายในระยะเวลาที่กำหนด กองบรรณาธิการ ถือว่าบทความนั้นถูกต้องและครบถ้วนแล้ว

6. บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จะต้องเป็นบทความที่ไม่ลอกเลียนบทความอื่นที่ตีพิมพ์แล้ว และเป็น บทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ซึ่งลิขสิทธิ์ของบทความต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะถือเป็นกรรมสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นเสียแต่จะได้ระบุการอ้างอิง (Citation) เป็นลายลักษณ์อักษร และความรับผิดชอบ เนื้อหาของต้นฉบับที่ปรากฏ ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นั้น จะเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้จะไม่รวมความผิดพลาดที่เกิดจากเทคนิคการพิมพ์



ใบสมัครสมาชิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

เรียน กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ข้าพเจ้า (นาย,นาง,นางสาว) _____

สังกัด-ที่อยู่ _____

โทรศัพท์ _____ E-Mail _____

มีความประสงค์จะขอสมัครสมาชิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

() สมาชิกประเภทบุคคลรายปี 100 บาท

() สมาชิกประเภทบุคคลราย 3 ปี 250 บาท

() สมาชิกประเภทองค์กร/หน่วยงาน รายปี 100 บาท

() สมาชิกประเภทองค์กร/หน่วยงาน ราย 3 ปี 250 บาท

พร้อมนี้ ข้าพเจ้าได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน _____ บาท (_____) มาชำระพร้อมนี้แล้วโดย

() เงินสด (เฉพาะที่ชำระด้วยตนเองที่งานวารสารวิจัย)

() ธนาณัติ (ส่งจ่าย บรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.ราชภัฏนครราชสีมา
ปณ.นครราชสีมา 30000)

() โอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ชื่อบัญชี วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ม.ราชภัฏนครราชสีมา เลขที่บัญชี 419 - 1 - 75204 - 5 สาขามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และ
จัดส่ง Slip การชำระเงินที่ธนาคารออกให้มาพร้อมใบส่งชื่อนี้

ขอให้ กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จัดส่ง
วารสารให้ข้าพเจ้าตามที่อยู่ดังนี้

ชื่อ _____ นามสกุล _____

บ้านเลขที่ _____ หมู่ _____ ถนน _____ ตำบล _____ อำเภอ _____

จังหวัด _____ รหัสไปรษณีย์ _____ โทรศัพท์ _____

E-mail _____ โทรศัพท์มือถือ _____

ลงชื่อ.....

(_____)

- หมายเหตุ 1. การส่งบทความตีพิมพ์ไม่จำเป็นต้องเป็นสมาชิก
2. บุคคล/หน่วยงาน/องค์กร ที่ต้องการสมัครเป็นสมาชิกเพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าการกรอกข้อมูลตาม
แบบฟอร์มข้างต้น และจัดส่งให้วารสารดำเนินการต่อไป

แบบเสนอเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ชื่อเรื่อง ภาษาไทย.....

Title English.....

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งหลัก ภาษาไทย.....

English.....

ที่อยู่ ภาษาไทย.....

Address English.....

รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์..... โทรสาร.....

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งร่วม

1.

2.

3.

4.

5.

ประเภท ☐ บทความวิจัย (Research Articles)

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์สุขภาพ

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาชุมชน

☐ บทความวิชาการ (Review Articles)

คำยืนยันของผู้แต่งทุกท่าน

ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าบทความนี้ไม่เคยเสนอหรือกำลังเสนอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินดีให้กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เลือกสรรหาผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาต้นฉบับของข้าพเจ้าโดยอิสระ และยินยอมให้กองบรรณาธิการฯ สามารถตรวจแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวได้ตามสมควร และยินยอมให้บทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

วันที่...../...../.....

วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2560)

Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University

Vol. 1 No. 2 (January - June 2017)

www.sciencetech.nrru.ac.th



www.facebook.com/science.research.nrru

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครราชสีมา

340 ถนนสุนทรารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทร. 044-009009 ต่อ 3295, 3200 โทรสาร 044-272939