



Volume 38 Number 4 July - August 2019

ISSN (Print Edition) : 1686-9664

ISSN (Online Edition) : 2586-9795

Journal of

SCIENCE and **TECHNOLOGY**

MAHASARAKHAM UNIVERSITY

www.journal.msu.ac.th



ปีที่ 38 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม 2562

ISSN (Print Edition) : 1686-9664

ISSN (Online Edition) : 2586-9795

วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

www.journal.msu.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 38 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม 2562

Journal of SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY Volume 38 Number 4 July - August 2019



Journal of Science and Technology Mahasarakham University

We are listed in the Thai-Journal Citation Index Centre. (Tier 1)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพและวิศวกรรมศาสตร์ บทความและบทความวิจัยที่จะนำมาตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สำนักงานกองบรรณาธิการ
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์/โทรสาร 0-4375-4416

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ไข่มไฉน
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วีระชา ปรเทพา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลยา สุทธิชา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิณี พรหมเทศ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณมา บุญยสิทธิ์พรหม
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมณดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธีวงษ์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ยืน ภู่วรรณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิญา วงศ์พิริโยธยา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.อดตพร รุ่งสิทธิชัย
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.รักษิณดา วัฒนาลัย
มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Mr.Paul Alexander Dulfer
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
นางฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขานุการ

นางพักตร์วิไล รุ่งวิสัย

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางจิรรัตน์ ภูสิทธ์

กำหนดออกและตีพิมพ์เผยแพร่

ปีละ 6 ฉบับ
ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์
ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม
ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน - ธันวาคม

Aim and Scope:

The MSU Journal of Science and Technology is published quarterly and dedicated to the promotion and dissemination of scientific knowledge in the disciplines of Bioscience, Physical Science and Engineering Articles and research papers to be published in the Journal of Science and Technology Maharakham University will be subject to verification of academic luminaries both from within and outside the University to assure journal quality standards.

Ownership

Maharakham University
Editorial Office
Division of Research Support and Development,
Khamriang Sub-distict, Kantharawichai District,
Maha Sarakham Province 44150
Tel & Fax: 0 4375 4238 ext. 1754

Advisors

President of Maharakham University
Professor Dr. Visut Baimai
Professor Dr. Vichai Boonsaeng

Editor-in-Chief

Professor Dr.Preecha Prathepha

Assistant Editors

Professor Dr.Pairot Pramul
Maharakham University
Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich
Maharakham University
Associate Professor Dr.Sirithon Siriamornpun
Maharakham University
Associate Professor Dr.Vallaya Sutthikhum
Maharakham University

Editorial Board

Professor Dr.Thaweesakdi Boonkerd
Chulalongkorn University
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang
Khon Kaen University
Professor Dr.Supanee Promthet
Khon Kaen University
Professor Dr.Pranee Anprung
Chulalongkorn University
Professor Dr.Niwat Sonoamuang
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun
Maharakham University
Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Chantana Aromdee
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong
National Institute of Development Administration

Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng
Khon Kaen University
Associate Professor Yuen Poovarawan
Kasetsart University
Associate Professor Dr.Bungon Kumphon
Maharakham University
Associate Professor Dr.Sirikasem Sirilak
Naresuan University
Associate Professor Dr.Anongrit Kangrang
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Chawalit Boonpok
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana
Ubon Ratchathani Rajabhat University
Assistant Professor Dr.Seckson Sukhasena
Naresuan University
Assistant Professor Dr.Apinya Wongpiriyayothar
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Alongkorn Lamom
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Atthaporn Roongsitthichai
Maharakham University
Dr.Rakjinda Wattanalai
Siam University
Dr.Somnuk Puangpronpitag
Maharakham University
Mr.Paul Alexander Dulfer
Maharakham University
Chaweewan Akkasesthang
Maharakham University

Secretary

Phakwilai Rungwisai

Assistant secretary

Jirarat Puseerit

Six issues per year

Number 1 January - February
Number 2 March - April
Number 3 May - June
Number 4 July - August
Number 5 September - October
Number 6 November - December

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนกองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทยการจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับนี้ ประกอบไปด้วยเนื้อหาครอบคลุมในศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ ด้านเทคโนโลยี เทคโนโลยีสารสนเทศ การเกษตร และด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่เกิดจากการวิจัยที่มีคุณค่าในเชิงวิชาการอย่างยิ่ง โดยนำมารวบรวมและจัดพิมพ์เผยแพร่ เช่นเดียวกับฉบับก่อนๆ ซึ่งผู้อ่านจะได้รับความรู้และสาระที่เป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปต่อยอดในศาสตร์ที่ผู้อ่านสนใจ และพัฒนาให้เป็นนวัตกรรมที่เป็นรูปธรรม สอดคล้องนโยบายและยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ

วารสารฯ ฉบับนี้ จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับ นิสิต นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป ในการใช้ประกอบการศึกษา เพิ่มพูนความรู้ และติดตามองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่เกิดเกิดจากงานวิจัย ใช้ในการต่อยอดเป็นนวัตกรรม หรืออาจสามารถพัฒนาต่อยอดถึงขั้นเป็นนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่สร้างตลาดและมูลค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยี และส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรง หรือเรียกว่า “Disruptive Technology” ซึ่งต่างจากนวัตกรรมทั่วไปที่อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ หรือเพิ่มคุณภาพของสินค้าหรือลดต้นทุนกระบวนการผลิตเท่านั้น อย่างไรก็ตาม กองบรรณาธิการอยากเรียนให้ท่านได้ทราบว่า ในปัจจุบัน นวัตกรรมฉบับที่ส่งมาให้วารสารฯ พิจารณาเพื่อลงตีพิมพ์นั้นมีจำนวนมากขึ้น จึงทำให้กระบวนการพิจารณาคัดเลือกบทนิพนธ์เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารฯ มีความเข้มข้นและใช้เกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินโดยยึดระดับคุณภาพที่สูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการยกระดับคุณภาพงานวิจัยของนักวิจัย กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฯ ฉบับนี้ คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน และขอเชิญชวนทุกท่านส่งผลงานวิจัยหรือบทความทางวิชาการมาลงตีพิมพ์ในวารสารฯ มา ณ โอกาสนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน
กองบรรณาธิการ

สารบัญ

Physical Science

อนุภาคในสถานะที่ถูกกักภายใต้ศักย์แบบเลนาร์ด-โจนส์โดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบผลต่างจำกัด 363

Particles in Bound State System under the Lennard-Jones Potential by Using Finite Difference Methods

มฤคเณทร์ จอมเพชร, อาณาจักร พลจันทร์, ภ.พิงบุญ ปานศิลา,
ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปรากฏ, เสกสรร สุขะเสนา

Maruekhen Chomphet, Anajak Phonchantuek, P. Pungboon Pansila,
Narongrit Maneejiraprakarn, Seckson Sukhasena

Agriculture Science

ชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ 370

(*Eudrilus eugeniae*) และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือน

Effects of types of culture feed on reproduction of African Night Crawler

(*Eudrilus eugeniae*) earthworm and chemical properties of vermicompost

พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์, เบ็ญจวรรณ ชุตินุเดช, ประสิทธิ์ ชุตินุเดช

Pongsuda Chanwichaypote, Benjawan Chutichudet, Prasit Chutichudet

ผลของระดับเปลือกลำมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 382
เป็นแหล่งอาหารหายา ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก
และการย่อยได้ของโคชนะในโคเนื้อ

Effect of cassava peel levels in fermented total mixed ration (FTMR)

used Napier Pakchong as roughage on feed intake, ruminal fermentation

and nutrient digestibility in beef cattle

ศุภลักษณ์ เข็นสี, ทรงศักดิ์ จำปาอะดี, ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์

Suphaluk Khensi, Songsak Chumpawadee, Khanitta Ruangwittayanusorn

การเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัด 5 พันธุ์ ที่ปลูกภายใต้ระบบไฮโดรโปนิกส์ 391

Growth, yield and nitrate accumulation in five lettuces grown under hydroponics system

อริสรา ผาสุก, ประสิทธิ์ ชุตินุเดช, เบ็ญจวรรณ ชุตินุเดช

Arisara Phasuk, Prasit Chutichudet, Benjawan Chutichudet

การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมของการปลูกทุเรียนในระบบวนเกษตร 402
และระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ จังหวัดอุดรธานี

Environmental valuation of durian cultivation in agroforestry

and commercial agricultural systems in Uttaradit province

ชาติทอง โพธิ์แดง, สุภาวดี น้อยน้ำใส, สุกัญญา ชัตติ

Chattanong Podong, Suphawadee Noinamsai, Sukanya Khatti

สารบัญ

Biological Science

อิทธิพลน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อความหลากหลายชนิดและความชุกชุมแพลงก์ตอนพืช
ในป่าชายเลนด้านหน้าโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี 412

**The Effect of Municipal Wastewater Treatment System on Species Diversity
and Density of Phytoplankton in Mangrove Forest in front of The King's Royally
Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province**

นพิมพ์พร แสงวิเชียร, เกษม จันทร์แก้ว, นฤชิต คำปิ่น
Napimporn Sangvichien, Kasem Chunkao, Narouchit Dampin

คุณภาพน้ำเชื้อปลาทรายที่แช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและน้ำแข็งแห้ง
Sperm Quality of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) 422

milt cryopreserved with liquid nitrogen vapor and dry ice

ภาวิณี ช้วนกุล, สุบัตินิต นิมรัตน์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย
Pavinee Chuynukoon, Subuntith Nimrat, Verapong Vuthiphandchai

Chemical Science

ผลของสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ และเส้นใยกล้วยต่อสมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 429

Effect of Chain Extender and Banana Fiber on Melt-Processing Properties of Poly (vinyl alcohol)

ยศฐา ศรีเทพ, ดรรชนีย์ พลหาญ, สุพรรณ ยั่งยืน, อรปรียา เวียงอินทร์
Yottha Srithep, Dutchanee Pholharn, Supan Yangyuen, Onpreeya Veang-in

Computer and Information Science

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตด้วย
วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีของโฮลต์ 437

**A Comparison of Forecasting Method of Number of Customer Accounts that
use the Service Internet Banking using Box-Jenkins Method and Holt's method**

กัญญา บวรโชคชัย, สมฤดี พงษ์เสนา, ฑาลิศา เนียมมณี
Kanya Bowornchokchai, Somruedee Pongsena, Talisa Niemmanee

Health Science

อาการแสดงทางตาในผู้ติดเชื้อเอชไอวีหรือผู้ป่วยโรคเอดส์ในจังหวัดมหาสารคาม 444

**Ocular Manifestations in Patients with Human Immunodeficiency Virus/Acquired Immune
Deficiency Syndrome in Maha Sarakham**

พลอยทราย รุจกรกานต์, ฐานิตา ะทา, ปริญญา สีหไตร
Ploysai Rujkorakarn, Thanita Hlowchitsieng, Parinya Srihatrai

สารบัญ

- ผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง
ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด 451
**Health Promotion Program among Prehypertensive People, Chumphon Sub-District,
Moeiwadee District, Roi Et Province**
ฉัตรลดา ดีพร้อม, นิวัฒน์ วงศ์ใหญ่
Chatlada Deeprom, Niwat Wongyai
- การพัฒนาแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว
จังหวัดอุบลราชธานี 462
**The Development of Environmental Care Model for the Home Bound Elderly
by a Family, Ubon Ratchathani Province**
วีรพันธ์ ซื่อสัตย์, กชพงษ์ สารการ, รวีวรรณ เผ่ากัณหา, วรพจน์ พรหมสัตยพรต
Weerapan Suesat, Kotchamong Sarakan, Raweevan Paokanha, Vorapoj Promsatayaprot

อนุภาคในสถานะที่ถูกกักภายใต้ศักย์แบบเลนาร์ด-โจนส์โดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบผลต่างจำกัด

Particles in Bound State System under the Lennard-Jones Potential by Using Finite Difference Methods

มฤเตนทร์ จอมเพชร¹, อาณาจักร พลจันทร์², ภ.พิ้งบุญ ปานศิลา³, ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปรากฏ⁴, เสกสรร สุขะเสนา^{4*}
Maruekhen Chomphet¹, Anajak Phonchantuek², P. Pungboon Pansila³, Narongrit Maneejiraprakarn⁴,
Seckson Sukhasena^{4*}

Received: 19 December 2018; Revised: 11 April 2019; Accepted: 1 May 2019

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการคำนวณระดับพลังงานของระบบอนุภาคคู่ในศักย์เชิงควอนตัมแบบ (12-6) เลนาร์ด-โจนส์ โดยใช้ระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลขแบบผลต่างจำกัด ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ใช้การประมาณค่าความผิดพลาดอันดับสอง เพื่อสร้างเมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์ตัวดำเนินการแฮมิลโทเนียน แล้วคำนวณหาค่าเจาะจงหรือพลังงานสถานะและฟังก์ชันคลื่นของแต่ละสถานะ ของศักย์แบบเลนาร์ด-โจนส์ ซึ่งเป็นอันตรกิริยาของการผลักและการดูดกันของระบบสองอนุภาค การคำนวณหาระดับพลังงานที่ได้ก็คือพลังงานของอนุภาคที่อยู่ในสถานะกักกัน จากการคำนวณระดับพลังงานด้วยวิธีเชิงตัวเลขนี้ ทำให้ได้พารามิเตอร์ของพลังงานที่สถานะต่างๆ และได้แสดงกราฟของการกระจายของความน่าจะเป็นในแนวรัศมีมาด้วย

คำสำคัญ: ศักย์แบบเลนาร์ด-โจนส์ ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบผลต่างจำกัด กลศาสตร์ควอนตัมเชิงแมทริกซ์ ระดับพลังงานในสถานะถูกกักกัน

Abstract

This paper aims to present a calculation of energy levels of (12-6) Lennard-Jones potential of the quantum mechanical system of the bound state problem by using finite difference methods (FDMs) with a truncation error $O(h^2)$ for constructing a proper Hamiltonian matrix and calculating the eigenvalues (λ) and eigenvectors (Ψ) from this matrix. The interaction potential between two-particle system in the atom is in the kind of attraction and repulsion. As a result, we represent the energy in each level through a unitless energy parameter (ε) and the radial probability distribution of energy levels is also presented. Moreover, we also illustrate graphs of radial probability distribution with respect to the distance in each energy level.

Keywords: Lennard-Jones Potential, Finite Difference Method, Matrix Quantum Mechanics, Energy Levels in Bound State

¹ นิสิตระดับปริญญาโท, ² นิสิตระดับปริญญาเอก, ⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน “สถาบันสำนักเรียนท่าโพธิ์” มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

³ อาจารย์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา วิทยาเขตศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

¹ Master degree student, ² Ph.D. degree student, ⁴ Assistant Professor. The Institute for Fundamental Study “The Tah Poe Academia Institute” Naresuan University, Mueang District, Phitsanulok 65000, Thailand.

³ Lecturer, Department of Science and Physical Education, Faculty of Science at Siracha, Kasetsart University, Chon Buri 20230, Thailand

* Corresponding author. Seckson Sukhasena. The Institute for Fundamental Study “The Tah Poe Academia Institute” Naresuan University, Mueang District, Phitsanulok 65000, Thailand. E-mail: secksons@nu.ac.th

Introduction

The interaction at quantum scale between two atoms is often described by the Lennard-Jones potential¹⁻³:

$$v(r) = u \left[\left(\frac{r_e}{r} \right)^{2k} - \left(\frac{r_e}{r} \right)^k \right], \quad (1)$$

where $u = \hbar^2 \sigma / 2m r_e^2$, \hbar is the Plank's constant divided by 2π , m stands for the reduced mass of two atoms and r_e is the equilibrium distance or the classical turning point of atoms which is the minima of interaction potential. The σ is the intensity parameter of this potential, as in the bound state energies are defined the intensity range of $\sigma \geq 0$. The term that stands for the attractive part is r^{-k} and the repulsive term is represented by r^{-2k} . The exponents of $2k$ and k represent the short and long range parts of the potential.

These are divided into three different values, i.e., with $k = 4$ for the case of interaction between atom and ion collision⁵⁻⁶, and $k = 6$ for the two neutral atoms (the usual Lennard-Jones potential) or a familiar van der Waals potential⁷, and $k = 7$ for two retarded atoms potential as known as the Casimir-Polder potential between two neutral polarizable atoms⁸.

To explain the interaction between two-atom problems in the quantum point of view, for the simple case, we deal with the Schrödinger equation which is the equation of motion for the quantum system. It is difficult to solve the exact solution from the equation of motion which is always expressed by a second-order differential equation. Many problems reduce to the coefficients of a polynomial or to the Frobenius method⁹⁻¹¹. We can evaluate an analytical solution as well as the numerical method to solve the problem¹²⁻¹³. In this paper, we show how to solve the Schrödinger equation numerically by using a finite difference method with a specific interaction, namely the Lennard-Jones potential. The latter potential is expected to be an interaction potential in the reversed process of making a bound state for the atomic layer deposition thin film technique for our future work. So our present study will be beneficial for that future project.

The formalism and method

In order to analyze a spherically symmetric system we write the general form of Hamiltonian as

$$\hat{H}\psi = E\psi, \quad (2)$$

and for

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{\hat{L}^2}{2mr^2} + \hat{V}, \quad (3)$$

where \hat{p} stands for the linear momentum operator, \hat{L} is the angular momentum operator and \hat{V} is for the interaction potential. The (12-6) Lennard-Jones potential can be expressed in term of the radius as (numbers in round bracket are the exponent of two terms in square bracket respectively)

$$V_{LJ}(r) = \frac{\hbar^2 \sigma}{2m r_e^2} \left[\left(\frac{r_e}{r} \right)^{12} - \left(\frac{r_e}{r} \right)^6 \right], \quad (4)$$

where m is the reduced mass of two particles, r represents the relative distance between the particles, r_e is the equilibrium distance or the classical turning point and σ stands for the intensity parameter of the potential. The bound state energies, which are defined by the angular momentum quantum number ℓ , are shown in figure 1 for various values of its angular momentum. The relation of potential ($V(r)$) and the relative distance (r) following from eq. (4) is shown in Figure 2.

Substituting eq. (4) into the Hamiltonian eq. (3) leads to the Schrödinger equation; then, we use the separation of variables method to define the wave functions in term of radius, azimuthal and horizontal angles as

$$\Psi(r, \theta, \phi) = R(r)\Theta(\theta)\Phi(\phi). \quad (5)$$

This method is very useful in the spherical symmetry. Following this assumption, we obtain the partial differential equations including of radial and spherical harmonic wave functions. The equation of

motion that is obtained in the radial wave function with the spherical symmetry is shown as follows.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d}{dr} \right) R(r) + \frac{\hbar^2 \ell(\ell+1)}{2mr^2} R(r) + V_{LJ}(r) R(r) = ER(r). \tag{6}$$

For the expression of the radial wave equation in terms of unitless radial variable, we let $z = r/r_e$, and the unitless energy parameter we also let $\varepsilon = 2mr_e^2 E/\hbar^2$. So the new radial wave function is as follows.

$$w(z) = R(r). \tag{7}$$

Then the equation of motion in eq. (6) and (7) can be rewritten as

$$-\left(\frac{2}{z} \frac{d}{dz} + \frac{d^2}{dz^2} \right) w(z) + \frac{\ell(\ell+1)}{z^2} w(z) + \sigma \left(\frac{1}{z^{12}} - \frac{1}{z^6} \right) w(z) = \varepsilon w(z). \tag{8}$$

The atomic unit is usually used in the SI unit for the solutions. However, for convenience we choose the unit of physical quantities as followed in Table 1.

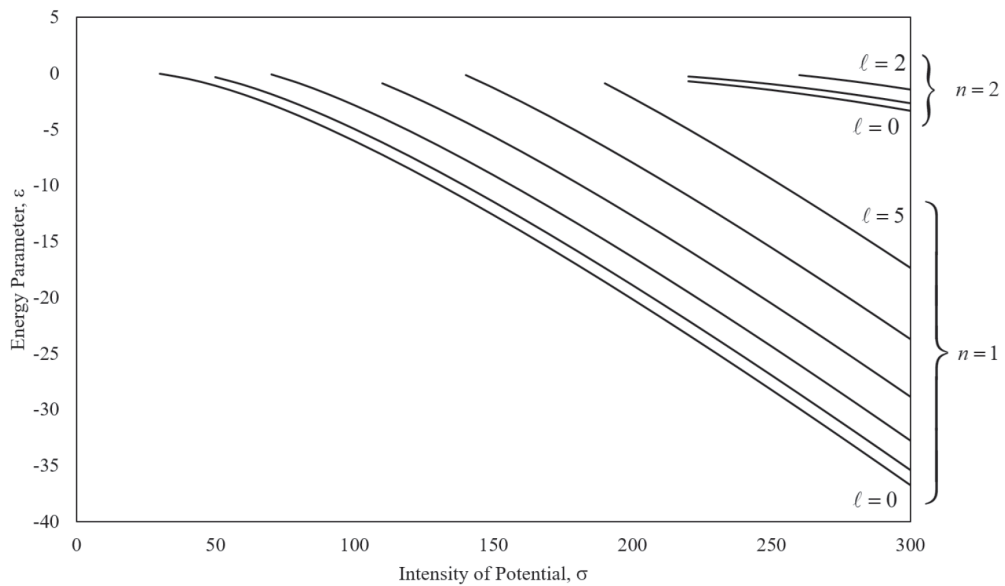


Figure 1 The bounded energy parameter versus the intensity of Lennard-Jones potential by varying the intensity of range of $0 \leq \sigma \leq 300$. This relation shows the ground state of the angular momentum quantum number $\ell = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ and the first excited state $\ell = 0, 1, 2$.

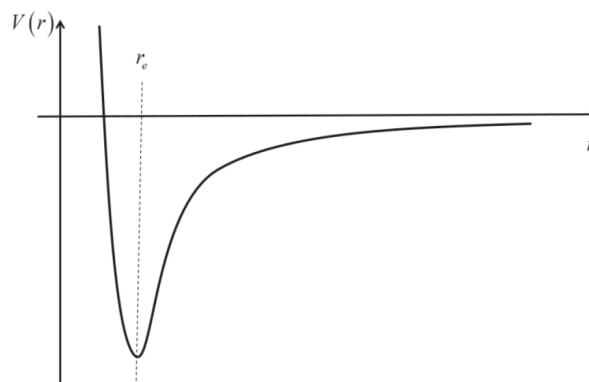


Figure 2 Generalized Lennard-Jones potential $V_{LJ}(r)$, r is the radius and r_e is the equilibrium distance (the classical turning point of the minima of potential).

Table 1 Relationship of quantity between SI and atomic units

Quantity	SI unit	Atomic Unit	Comparison
Energy	J, eV	Hatree	1 Hatree = 27.2 eV
Mass	kg, eV/c ²	m _e	1 m _e = 9.1x10 ⁻³¹ kg
Length	m, Å	Bohr's radius	1 Bohr's radius = 0.529 Å

For simplicity, we set $\hbar = 1$, $m_e = 1$, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 1$.

1. Procedures of numerical methods

According to the partial differential equations in eqs. (6)-(8), it is difficult to solve for the exact solution. To solve the approximate solution for sake of brevity, we introduce the numerical method for this problem. In this article, we prefer to present the method that is used to solve for the eigenvalues, λ and eigenvectors, Ψ (or eigenenergies and eigenstates respectively), by using the finite difference method on the real space.

The finite difference method¹⁶⁻¹⁹ is the development to estimate the solution of a differential equation. Some coefficients come from the Taylor series. The small step size is defined as h and the coefficient is brought to multiply with parameters. We show how this method works as following:

$$f(x+h) = f(x) + hf'(x) + \frac{h^2}{2!} f''(x) + \frac{h^3}{3!} f'''(x) + o(h^4), \tag{9}$$

and

$$f(x-h) = f(x) - hf'(x) + \frac{h^2}{2!} f''(x) - \frac{h^3}{3!} f'''(x) + o(h^4), \tag{10}$$

where

$$f'(x) = \frac{d}{dx} f(x), \quad f''(x) = \frac{d^2}{dx^2} f(x),$$

$$f'''(x) = \frac{d^3}{dx^3} f(x), \tag{11}$$

$o(h^n)$ is called the n^{th} truncations error. The combination between eqs. (9) and (10), leads to

$$f(x+h) + f(x-h),$$

$$= 2f(x) + h^2 f''(x) + o(h^4) \tag{12}$$

As for the centered two points stencil for the first and the centered three points stencil for the second order derivative approximation, are shown as in eqs. (13) and (14) respectively,

$$f'(x) = \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h} + o(h^2), \tag{13}$$

and

$$f''(x) = \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2} + o(h^2). \tag{14}$$

Changing the indices of implementation into i , we have the first and second derivatives in terms of i respectively as

$$f'_i = \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2h} + o(h^2), \tag{15}$$

$$f''_i = \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{h^2} + o(h^2). \tag{16}$$

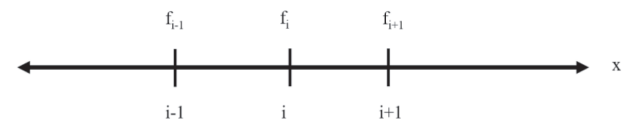


Figure 3 Define the position in finite difference method

2. The Eigenvalue equation and estimated values by using finite difference method

According to the quantum matrix mechanism as

$$\tilde{H}\tilde{\chi} = \lambda\tilde{\chi}, \tag{17}$$

where \tilde{H} is the square Hamiltonian matrix, in which every diagonal elements does not vanish. The specific vector $\tilde{\chi}$ is called the eigenvector which can span in term of matrix \tilde{H} and multiply by the constant λ , is the so-called eigenvalue. Then, we introduce the determinant equation, to find the eigenvalue as

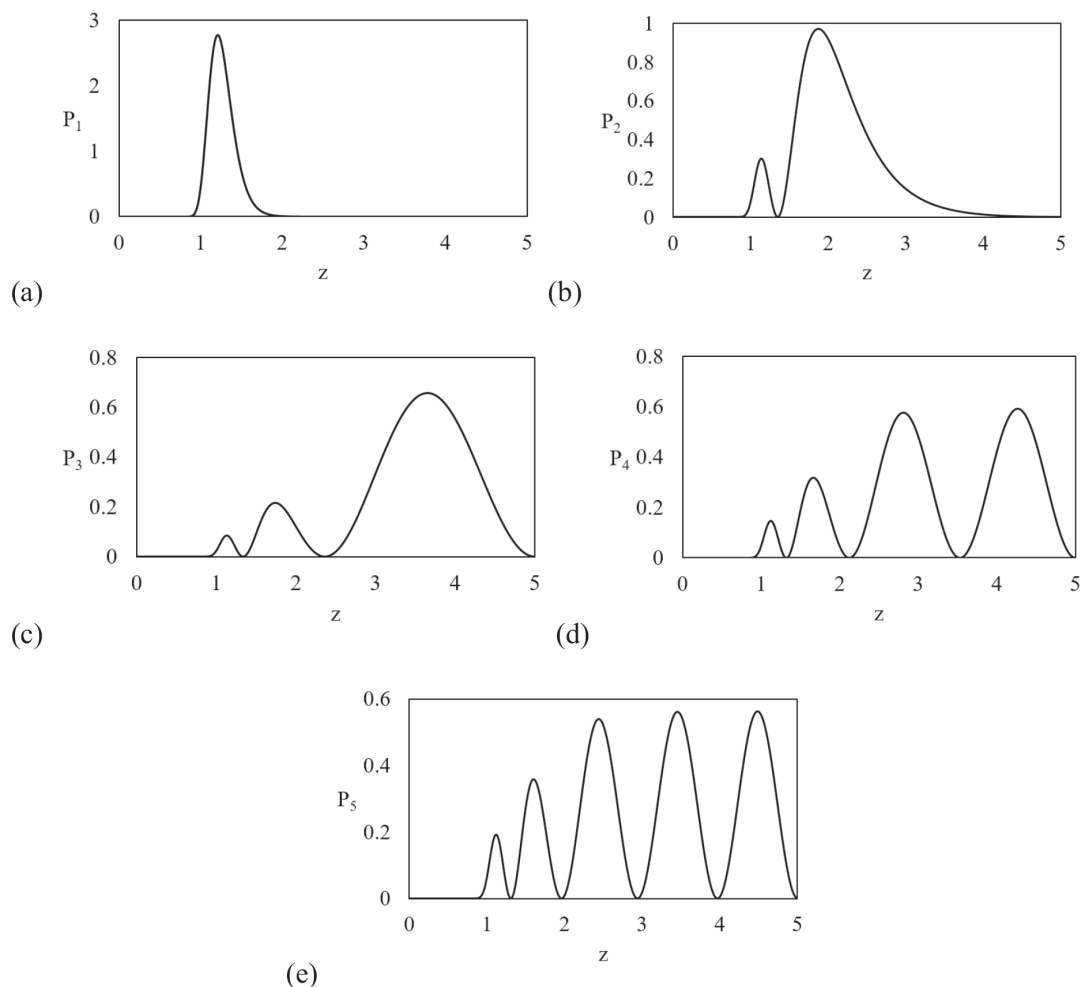


Figure 4 Plot of the radial probability distribution as a function of z where (a) The ground state $n=1, \ell=1$, and $\varepsilon=-28.5887$. (b) The 1st excited state, $n=2, \ell=1$, and $\varepsilon=-1.2399$. (c) The 2nd excited state, $n=3, \ell=1$, and $\varepsilon=1.4189$. (d) The 3rd excited state, $n=4, \ell=1$, and $\varepsilon=4.6293$. (e) The 4th excited state, $n=5, \ell=1$, and $\varepsilon=9.3165$

Discussion and conclusion

The bound state energies of two-particle system in the Lennard-Jones potential are studied in several states and correspond to the spanned wave function in each quantum state. We have considered the numerical solution by using a finite difference method and showed the graphical solution by the radial probability distribution of the first-five states, $n = 1$ to 5. The negative energy levels refer to the bound state because of the influence of the potential energy is greater than the kinetic energy. In the other way, the positive energy levels refer to the excited (unbound) state of particles, which means when we increase n (principle quantum number) then the energy level of two-particle system is also increased. So

they are in excited state or unbounded state. The numerical results show that it is easy to excite the two-particle system. The number of peaks in Figure 4 refers to the principal quantum number n ¹⁸⁻¹⁹.

The accuracy of the calculation depends on numbers of step size (Δz) or the width of potential well (L). In this implementation, we choose the width of the potential well of 5 Bohr radius then the numerical unitless max step and step size are 2000 and 0.0025, respectively. The results are represented for the energy levels of the first-five states which are illustrated in Figure 4.

As the results, the finite difference method is used to implement calculation of the energy levels and the radial probability distribution of the one dimensional

Schrödinger equation with the Lennard-Jones potential. This proposed method is highly useful, efficient and easy to implement.

The finite difference scheme is widely used in several research problems even referred to the differential equation with the truncation error of $O(h^2)$ for a centered three points stencil for a second derivative.

Acknowledgements

The authors would like to thank their colleague, B. Gumgudpai, and P. Vanichchaponjaroen at *The Institute for Fundamental Study* for their help to improve this manuscript. Finally, the authors would greatly thanks to E.B. Manoukian for a final check and remarkable comment for this manuscript.

References

- Jones, J E. On the determination of molecular fields.—II. From the equation of state of a gas. *Proc. R. Soc. Lond. A* 1924; 106(738): 463-477.
- Zhen, S, & Davies, G J. Calculation of the Lennard-Jones $n-m$ potential energy parameters for metals. *Physica Status Solidi (a)* 1983; 78(2): 595-605.
- Ishimori, Y. Solitons in a one-dimensional Lennard-Jones lattice. *Progress of Theoretical Physics* 1982; 68(2): 402-410.
- Cashion, J K. Simple Formulas for the Vibrational and Rotational Eigenvalues of the Lennard-Jones Potential. *The Journal of Chemical Physics* 1968; 48(1):94-103.
- Idziaszek, Z, Calarco, T, & Zoller, P. Controlled collisions of a single atom and an ion guided by movable trapping potentials. *Physical Review A* 2007; 76(3), 033409.
- Pade, J. Exact scattering length for a potential of Lennard-Jones type. *The European Physical Journal D* 2007; 44(2): 345-350.
- Sesma, J. Exact solution of the Schrödinger equation with a Lennard-Jones potential. *Journal of Mathematical Chemistry* 2013; 51(7): 1881-1896.
- Casimir, H B G, Polder, D. The influence of retardation on the London-van der Waals forces. *Physical Review* 1948; 73(4), 360.
- Gómez, F J, Sesma, J. Scattering length for Lennard-Jones potentials. *The European Physical Journal D* 2012; 66(1), 6.
- Lim, T C. Approximate relationships between the Generalized Morse and the Extended-Rydberg potential energy functions. *Acta Chim. Slov* 2005; 52: 149-152.
- Lim, T C. Connection among classical interatomic potential functions. *Journal of mathematical chemistry* 2004; 36(3): 261-269.
- Chachiyo, T. Lecture Note on Numerical Method for Physics and Engineers[Internet], Khon Kaen: Khon Kaen University 2011. [Cited 2018 Oct 20]. Available from: <https://sites.google.com/site/siamphysics/numerical-methods>
- Garcia, A L. Numerical methods for physics. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 2000. p. 15-16.
- King, J, Dhakal, P. Finite Difference Schemes and the Schrodinger Equation. [Internet] 2014 Jun 2 [cited 2018 Oct 20]. Available from: <http://www.dartmouth.edu/~pawan/final%20project.pdf>
- Hao, R, Simos, T E. New Runge-Kutta type symmetric two step finite difference pair with improved properties for second order initial and/or boundary value problems. *Journal of Mathematical Chemistry* 2018; 56(10): 3014-3044.
- Clougherty, D. P, Kohn, W. Quantum theory of sticking. *Physical Review B* 1992; 46(8), 4921.
- Kohn, W. Quantum Mechanics of Sticking. *Surface Review and Letters* 1994; 1(01): 129-132.
- Simos, T E, & Williams, P S. A finite-difference method for the numerical solution of the Schrödinger equation. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 1997; 79(2): 189-205.
- Simos, T E, & Williams, P S. On finite difference methods for the solution of the Schrödinger equation. *Computers & Chemistry* 1999; 23(6): 513-554.

ชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือน

Effects of types of culture feed on reproduction of African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*) earthworm and chemical properties of vermicompost

พงษ์สุดา ชาณวิชัยพจน์¹, เบญจวรรณ ชุติชูเดช², ประสิทธิ์ ชุติชูเดช²

Pongsuda Chanwichaypote¹, Benjawan Chutichudet², Prasit Chutichudet²

Received: 17 December 2018; Revised: 22 March 2019; Accepted: 27 March 2019

บทคัดย่อ

จากปริมาณวัสดุเหลือทิ้งโดยเฉพาะวัสดุอินทรีย์ซึ่งเป็นกากของเสียในชุมชนที่มีปริมาณมากขึ้นในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นต้องหาทางนำมาใช้ประโยชน์ โดยการนำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินภายใต้การให้อาหาร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยการให้อาหารจำนวน 5 ชนิด แก่ไส้เดือนดิน ได้แก่ Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุจากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวาแห้ง โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ จำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ ให้อาหารชนิดละ 20 กรัมต่อสัปดาห์ ทำการทดลองเลี้ยงไส้เดือนดินเป็นระยะเวลา 90 วัน ณ โรงเรือนเลี้ยงไส้เดือน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2561 ผลการทดลองพบว่า การให้อาหารไส้เดือนดินในรูปของฟางข้าว ช่วยส่งเสริมให้ไส้เดือนดินมีจำนวนประชากร น้ำหนักตัวรวม และปริมาณมูลมากที่สุดภายหลังจากเลี้ยงนาน 90 วัน (53.75 ตัว 6.69 กรัมต่อภาชนะ และ 25.02 กรัมตามลำดับ) ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหาร พบว่าให้มูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดภายหลังจากเลี้ยงในวันที่ 45 และวันที่ 60 (0.27 และ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ทั้งนี้การนำมูลไส้เดือนดินมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรควรทำการเก็บมูลภายหลังจากเลี้ยงนาน 15 วัน

คำสำคัญ: อาหารเพาะเลี้ยง อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์

Abstract

Consequent of the current increase in the amounts of domestic refuse, especially organic wastes, it is desirable to utilize these organic wastes by using them as food supply for feeding African Night Crawler earthworm. The aims of this research were to study the effects of feed on reproduction of the earthworm and the chemical properties of vermicompost after feeding. A randomized complete block design (RCBD) was arranged with five different types (and four replications) of feeds: control, dried brewer's yeast, rice straw, residues from sunflower sprout planting and dried water hyacinth. Each container contained thirty African Night Crawler earthworms that were fed at 20 g per week. A period of earthworm husbandry was taken for 90 days at the worm house, Faculty of Technology, Mahasarakham University, during March - July 2018. The results indicated that feeding with rice straw promoted the maximal number

¹ นิสิตระดับปริญญาโท, ²อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัยจังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master Degree Student, ²Lecturer of Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, Thailand 44150

* Corresponding author: Pongsuda Chanwichaypote, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, Thailand 44150 E-mail: p.chanwichaypote@gmail.com

of earthworm population, total earthworm weight and the contents of vermicompost after feeding 90 days (53.75 per container, 6.69 g per container and 25.02 g, respectively), whereas vermicompost from feeding earthworms with dried brewer's yeast gave the maximal contents of total nitrogen and total phosphorus on 45 and 60 days (0.27 % and 0.021 %, respectively). For agricultural use, vermicompost should be harvested after 15 days of feeding.

Keywords: feed, organic matter, total nitrogen, total phosphorus, African Night Crawler earthworm

บทนำ

ปัจจุบันจำนวนขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทั้งที่มาจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งของเสียจากบ้านเรือนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ¹ โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศประมาณ 27.40 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 ร้อยละ 1.26 ที่มีปริมาณ 27.06 ล้านตัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของชุมชนเมือง² ทำให้มีการขยายตัวเป็นชุมชนที่ใหญ่ขึ้น ส่งผลทำให้มีปริมาณของขยะอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ขณะที่บางหน่วยงานพยายามนำขยะอินทรีย์ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ แต่การนำขยะอินทรีย์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์พบว่าถูกนำมาใช้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยขยะที่พบส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ส่งกลิ่นเหม็น และเป็นแหล่งสะสมที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ โดยเฉพาะกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีกากของเสียจากการใช้ทรัพยากรซึ่งกลายเป็นเศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากซึ่งหากมีการจัดการที่ไม่ถูกวิธีหรือกากของเสียมีปริมาณที่มากเกินไป จะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องของกลิ่นเหม็น และเป็นทีที่เพาะพันธุ์ของแมลงวันและเชื้อโรคต่างๆ³ ทั้งนี้การจัดการขยะและวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ในประเทศไทยที่ผ่านมาส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการฝังกลบและการเผาทิ้ง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในดิน น้ำ และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นอย่างมาก ตลอดจนส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น⁴ วิธีการหนึ่งในการนำวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นขยะอินทรีย์เหล่านี้มาใช้ประโยชน์นิยมนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน⁵ เนื่องจากขยะอินทรีย์เหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดินในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ โดยอาหารของไส้เดือนดินส่วนใหญ่นิยมใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ขยะชุมชนและขยะอินทรีย์ เช่น มูลโคนม เศษผักและผลไม้ วัชพืช ตลอดจนวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งการกำจัดขยะอินทรีย์โดยวิธีนี้ นับว่าเป็นเทคโนโลยีในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน⁶ โดยขยะอินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักให้ดีขึ้นจากการย่อยสลาย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทั้งคุณค่าและมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง

เหล่านี้ได้อีกด้วย ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักหรือใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินส่วนใหญ่มักจะเป็นวัสดุเหลือใช้และมีอยู่ทั่วไปหลายรูปแบบ เช่น ฟางข้าว ผักตบชวา เปลือกถั่ว กากอ้อย ชีเสื่อย รวมทั้งใบไม้เศษหญ้า และมูลสัตว์ เป็นต้น⁷

โดยธรรมชาติไส้เดือนดินมีหน้าที่ย่อยเศษวัสดุอินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยหมักจึงมีการนำไส้เดือนดินมาช่วยย่อยวัสดุอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ย จึงเรียกปุ๋ยที่ผ่านการย่อยจากไส้เดือนดินว่า Vermicompost หรือปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน⁸ ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่างๆ ที่ไส้เดือนดินดูดกินเข้าไปภายในลำไส้ โดยผ่านการย่อยสลายในลำไส้ของไส้เดือนดินร่วมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้และน้ำย่อยของไส้เดือนดิน⁹ ทำให้มูลไส้เดือนดินที่ได้มีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียด สีดำออกน้ำตาล โปร่งเบา มีความพรุน ระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก¹⁰ ปัจจุบันการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเป็นวิธีการผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์แบบหนึ่งที่น่าสนใจสมบัติที่ดีของไส้เดือนดินในการย่อยอินทรีย์วัตถุต่างๆ มาใช้ประโยชน์ ซึ่งในต่างประเทศจัดว่าเป็นวิธีการที่ง่ายและสมบูรณ์แบบในการกำจัดและลดขยะเหล่านี้ และเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณขยะอินทรีย์ วัสดุเหลือใช้ทางภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม ซึ่งในการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ของขยะอินทรีย์เพื่อไปผลิตเป็นปุ๋ยที่อุดมไปด้วยธาตุอาหารพืช¹¹ อีกทั้งยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยกิจกรรมของไส้เดือนดินสามารถส่งผลที่เอื้อต่อกิจกรรมต่างๆ ภายในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม¹² นอกจากนี้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินยังประกอบด้วยธาตุอาหารหลายชนิดที่ต้นพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น¹³ ดังนั้นการเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อนำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์และเศษวัสดุเหลือทิ้งทั้งที่มาจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งยังเป็น การนำสารอินทรีย์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาการนำขยะอินทรีย์หรือเศษวัสดุเหลือทิ้งบางชนิดนำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ว่ามีผลต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินที่ได้ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในด้านการเกษตร โดยเฉพาะเกษตรกรและประชาชนทั่วไปที่จะนำผลที่ได้ไป

ประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรในพื้นที่ของตน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การทดลองครั้งนี้ใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกาไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) จำนวน 600 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการเพาะเลี้ยงในภาชนะที่เป็นกะละมังพลาสติกสีดำขนาดความสูง 12.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ซึ่งใส่วัสดุรองพื้นภาชนะละ 3 กิโลกรัม และไส้เดือนดินขนาดโตเต็มวัยจำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ โดยอาหารที่ใช้เลี้ยงมีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ Control (ชุดควบคุม) กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา โดย Control คือ การเลี้ยงไส้เดือนดินบนวัสดุรองพื้นที่ได้จากดิน มูลวัวนม และขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยไม่ให้อาหารชนิดอื่น ส่วนกากยีสต์ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด ตำบลท่าพระ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ฟางข้าว ใช้ฟางข้าวแห้ง จากชาลีฟาร์ม ตั้งอยู่ที่ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ขณะที่วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก มีลักษณะเป็นผงแห้งที่ได้จากวัสดุเพาะปนกับเปลือกของเมล็ดทานตะวัน จากผู้จัดจำหน่ายทานตะวันงอก ตั้งอยู่ที่ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม และผักตบชวา นำมาจากแปลงทดลองนิสิตเกษตร ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งก่อนนำมาใช้จะล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ เพื่อล้างคราบสิ่งปฏิกูลที่ติดมาออกและสับเป็นชิ้นขนาด 1-2 เซนติเมตร แล้วนำไปผึ่งแดดไว้ประมาณ 1 วัน ก่อนนำไปใช้ เพื่อฆ่าเชื้อโรคและไล่แมลงที่ติดมาออก ซึ่งวัสดุทั้ง 5 ชนิด จะนำมาใช้เป็นอาหารไส้เดือนดิน โดยให้อาหารชนิดละ 20 กรัมต่อสัปดาห์ ทำการทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเป็นระยะเวลา 90 วัน ที่โรงเรือนเลี้ยงไส้เดือนดิน คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2561

1. การเตรียมวัสดุรองพื้น

การเตรียมวัสดุรองพื้นที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ได้แก่ ดิน มูลวัวนม และขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1 ซึ่งดินที่ใช้ต้องนำมาตากแดดจนแห้งเป็นเวลา 7 วัน เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับดิน นำขุยมะพร้าวมาแช่น้ำเป็นเวลา 5 วัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำที่แช่ขุยมะพร้าวทุกวัน เพื่อให้ขุยมะพร้าวอืดตัวด้วยน้ำและชะล้างสารแทนนินที่มีฤทธิ์เป็นกรดออกจากขุยมะพร้าว ส่วนมูลวัวนมจะใช้ในรูปมูลแห้งนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน เพื่อลดความร้อน จากนั้นนำดิน ขุยมะพร้าวและมูลวัวนมมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันพร้อมกับริดน้ำให้ทั่วกอง

นำวัสดุผสมที่ได้หมักแบบเปิดทิ้งไว้เป็นเวลา 15 วัน (กลับกองทุก 2-3 วัน จนครบกำหนดเวลาหมัก) เพื่อเตรียมเป็นวัสดุรองพื้นต่อไป ซึ่งก่อนเริ่มทำการทดลองเตรียมภาชนะที่ใช้ใส่วัสดุรองพื้น โดยใช้ภาชนะที่เป็นกะละมังพลาสติกสีดำขนาดความสูง 12.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำการเจาะรูไว้ด้านล่างขนาด 2.5 เซนติเมตร จำนวน 1 รู และใช้มุ้งไนลอนสีฟ้ากับฝาขวดน้ำพลาสติกปิดรูที่เจาะไว้ (เพื่อไม่ให้รูที่เจาะด้านล่างกะละมังมีขนาดใหญ่เกินไป) เพื่อให้มีช่องระบายน้ำ หลังจากเตรียมวัสดุรองพื้นเรียบร้อยแล้ว นำวัสดุรองพื้นที่เตรียมไว้ใส่ในภาชนะปริมาณ 3 กิโลกรัมต่อภาชนะ ก่อนที่จะปล่อยไส้เดือนดินที่จะเลี้ยงลงในวัสดุรองพื้นให้ทดสอบการปรับตัวของไส้เดือนดินในวัสดุรองพื้นก่อน เพื่อประเมินการปรับตัวของไส้เดือนดินก่อนเริ่มให้อาหารแต่ละชนิดเป็นเวลา 7 วัน โดยการนำไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกาไนท์คลอเลอร์ ขนาดโตเต็มวัยจำนวน 30 ตัว ปล่อยลงเลี้ยงในวัสดุรองพื้น ปิดบริเวณผิวหน้ากะละมังด้วยผ้าโปร่งสีดำ เพื่อป้องกันศัตรูของไส้เดือนดินและช่วยพรางแสง และปล่อยให้ไส้เดือนกินอาหารแต่ละชนิดที่ให้ โดยทำการเปลี่ยนอาหารที่ให้ทุก 7 วัน ซึ่งในแต่ละครั้งจะให้อาหารชนิดละ 20 กรัม และหมั่นตรวจเช็คความชื้นแต่ละภาชนะพร้อมรดน้ำให้พอชื้น โดยใช้ขวดน้ำพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร มาวางรองใต้บริเวณที่เจาะรูไว้ เพื่อใช้เก็บของเหลวที่ไหลลงมา

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

ทำการจดบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของไส้เดือนดินทุก 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 90 วัน ซึ่งก่อนการบันทึกข้อมูลทุกครั้งจะทำการเก็บอาหารเก่าออกก่อน 1 วัน แล้วค่อยทำการเก็บข้อมูล เพื่อให้สะดวกต่อการเก็บมูลไส้เดือนดินที่ติดมากับเศษอาหารที่ให้ โดยการบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

1. นับจำนวนประชากรไส้เดือนดิน วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ภายหลังจากเลี้ยง
2. ชั่งน้ำหนักตัวรวมไส้เดือนดิน วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ภายหลังจากเลี้ยง
3. ชั่งปริมาณมูลไส้เดือนดิน วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน โดยเก็บเฉพาะบริเวณผิวหน้าดินซึ่งจะมีลักษณะเป็นขุย ทำการร่อนมูลไส้เดือนดินด้วยตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาเศษวัสดุที่ติดมาออก หลังจากการบันทึกข้อมูลแล้วให้ใส่ไส้เดือนดินที่ได้จากการบันทึกข้อมูลลงในภาชนะเดิม เพื่อเป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันต่อไป

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

การศึกษาสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินจากการเลี้ยงไส้เดือนดินโดยให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ประกอบด้วย Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา โดยนำมูลไส้เดือนดินที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) ด้วยเครื่อง electrical conductivity ตามวิธีการของ Lazcano *et al.*¹⁴ ปริมาณอินทรีย์วัตถุด้วยวิธี Walkley and Black ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร¹⁵ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ด้วยวิธี Kjeldahl method ตามวิธีการของ Rutherford *et al.*¹⁶ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P₂O₅) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ด้วยวิธีMolybdovanadophosphate method ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร¹⁵

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic 9

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

1. จำนวนประชากรไส้เดือนดิน

จากการศึกษาชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์ คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 5 ชนิด ผลการทดลองพบว่าจำนวนประชากรของไส้เดือนดินในช่วงแรกมีอัตราการเจริญเติบโตช้า จึงทำให้จำนวนประชากรของไส้เดือนดินค่อนข้างคงที่และไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 15 ของการเลี้ยง ขณะที่การเลี้ยงในวันที่ 30 พบว่าไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้ผักตบชวา กรรมวิธีที่ให้ฟางข้าว และกรรมวิธี Control เป็นอาหารมีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ 30.50, 30.50 และ 29.25 ตัว ตามลำดับ ภายหลังจากเลี้ยงตั้งแต่วันที่ 45 ถึงวันที่ 90 พบว่าจำนวนประชากรของไส้เดือนดินมีทิศทางไปในทางเดียวกัน โดยไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารมีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ 33.50, 44.75, 49.50 และ 53.75 ตัว ภายหลังจากเพาะเลี้ยงนาน 45, 60, 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารมีจำนวนประชากรน้อยที่สุดเท่ากับ 23.50, 17.75, 12.50 และ 7.75 ตัว ตามลำดับ

(Table 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการให้อาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อจำนวนประชากรของไส้เดือนดิน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารมีจำนวนประชากรรวมเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากสมบัติของอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยธรรมชาติของไส้เดือนดินมักจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ และต้องมีการระบายอากาศที่ดี ซึ่งฟางข้าวมีคุณสมบัติในการกักเก็บความชื้นได้ดีกว่าการให้อาหารชนิดอื่น¹⁰ สอดคล้องกับรายงานของสามารถ¹⁰ ที่กล่าวว่าสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ควรเป็นวัสดุที่สามารถกักเก็บความชื้นได้ดี ซึ่งฟางข้าวเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย และถูกนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารของไส้เดือนดิน โดยการใส่ฟางข้าวบางๆ ในชั้นบนสุดของวัสดุเพาะเลี้ยง เพื่อช่วยรักษาความชื้นและเป็นอาหารของไส้เดือนดิน โดยทิ้งไว้ประมาณ 1-5 เดือน จะทำให้ได้จำนวนประชากรไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น ซึ่งความชื้นของเศษวัสดุอินทรีย์เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกิจกรรมของไส้เดือนดิน และช่วยให้ไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายเศษวัสดุที่ใส่ลงไปในแต่ละครั้งได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนภาพร¹⁷ ศึกษาการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavates* และพบว่าวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนดิน คือ วัสดุรองพื้นที่ได้จากฟางข้าว (ฟางข้าว:ขุยมะพร้าว:มูลวัวนม) โดยพบว่ามีน้ำหนักรวมของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (198.20 กรัม) ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีจำนวนประชากรรวมเฉลี่ยลดลง เนื่องมาจากลักษณะของอาหารที่ทำให้มีความละเอียด เมื่อรดน้ำจะทำให้เกิดการอัดแน่น ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของไส้เดือนดิน จึงส่งผลเสียกระทบโดยตรงต่อจำนวนประชากรของไส้เดือนดินที่พบว่ามีจำนวนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรให้อาหารชนิดอื่น¹⁸ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนิพนธ์¹⁹ กล่าวว่าวัสดุรองพื้นที่ดีต้องมีคุณสมบัติสามารถรักษาความชื้นได้ มีความร่วนซุยระบายอากาศได้ดี และไม่ควรมีส่วนผสมที่มีปรอทหรือวัสดุอินทรีย์ที่ให้ไนโตรเจนสูง เนื่องจากเมื่อย่อยสลายจะเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งส่งผลกระทบทำให้วัสดุที่เลี้ยงไส้เดือนดินขาดออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการหายใจของไส้เดือนดิน ดังนั้นการนำกากยีสต์มาใช้เลี้ยงไส้เดือนดินจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

2. น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน

เมื่อชั่งน้ำหนักตัวรวมในแต่ละภาชนะของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันในการเพาะเลี้ยง โดยมีน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินเริ่มต้นทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 กรัมต่อภาชนะ (Control) 3.50 กรัมต่อภาชนะ (กากยีสต์) 3.51 กรัม

ต่อภาชนะ (ฟางข้าว) 3.50 กรัมต่อภาชนะ (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก) และ 3.53 กรัมต่อภาชนะ (ผักตบชวา) การชั่งน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินทำโดยใช้น้ำล้างเอาเศษของวัสดุรองพื้นที่ติดมากับลำตัวของไส้เดือนดินออกก่อนแล้วนำไส้เดือนดินมาชั่งน้ำหนักตัวรวมในแต่ละภาชนะที่เลี้ยงทุกวันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ผลการทดลองพบว่าภายหลังเพาะเลี้ยง 15 วัน ไส้เดือนดินในภาชนะที่ได้รับฟางข้าวและผักตบชวาเป็นอาหารมีน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะมากที่สุดคือ 4.81 และ 4.70 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ เมื่อผ่านการเพาะเลี้ยงนาน 30 วัน พบว่าภาชนะที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารแก่ไส้เดือนดิน ทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมมากที่สุดคือ 5.71 กรัมต่อภาชนะ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$) จากกรรมวิธีควบคุม (Control) พบว่าไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมน้อยที่สุด (4.01 กรัมต่อภาชนะ) ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 45, 60, 75 และ 90 ของการเพาะเลี้ยง พบว่าน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะที่เพาะเลี้ยงในกรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารมีน้ำหนักตัวรวมสูงที่สุดเท่ากับ 6.73, 7.55, 7.03 และ 6.69 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารพบว่าไส้เดือนมีน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะน้อยที่สุดคือ 3.27, 2.49, 1.77 และ 1.29 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ (Table 2) แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติของอาหารที่นำมาเลี้ยง โดยการให้ฟางข้าวเป็นอาหารส่งผลทำให้น้ำหนักตัวของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์มีน้ำหนักมากกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยวัสดุอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติของฟางข้าวที่สามารถเก็บกักความชื้นได้ดี จึงส่งผลให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดิน²⁰ ขณะที่จิรายุและคณะ¹⁸ ศึกษาผลของวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์ คลอเลอร์ ที่มีผลต่อน้ำหนักตัวและปริมาณมูลไส้เดือนดิน พบว่าการใช้มูลม้าเป็นวัสดุรองพื้นในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินส่งผลทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากที่สุดเนื่องจากในวัสดุรองพื้นที่ได้จากมูลม้าซึ่งมีลักษณะเป็นมูลที่มีฟางข้าวจำนวนมาก จึงสามารถเก็บกักความชื้นได้ดีส่งผลให้เกิดความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดิน ขณะที่การ

ให้อาหารไส้เดือนโดยใช้กากยีสต์ พบว่าน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินลดลงนั้น สาเหตุอาจเนื่องมาจากกากยีสต์ที่นำใช้มีความละเอียด เมื่อผสมเข้ากับวัสดุรองพื้นจะทำให้เกิดการอัดแน่น ประกอบกับการเพิ่มความชื้นจากการให้น้ำ ขณะเลี้ยงจะส่งผลทำให้วัสดุรองพื้นเกิดการแน่นแข็งตัว ซึ่งทำให้ไส้เดือนดินที่เลี้ยงขาดอากาศประกอบกับการระบายและการถ่ายเทอากาศที่ลดลงในวัสดุเลี้ยงจึงเกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และอาจเป็นผลทำให้ไส้เดือนทิ้งที่อยู่หรือตายลง

3. ปริมาณมูลไส้เดือนดิน

ปริมาณมูลไส้เดือนดินจากการให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ต่อไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลา 15, 30 และ 45 วัน หลังการเพาะเลี้ยงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติต่อมาภายหลังการเพาะเลี้ยงในวันที่ 60 และ 75 วัน พบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณต่ำที่สุด (17.52 กรัม และ ND คือ ไม่พบมูลไส้เดือนดิน) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จากกรรมวิธีที่ไส้เดือนดินได้รับฟางข้าวเป็นอาหาร พบว่าผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณมากที่สุดคือ 33.40 และ 28.73 กรัม ตามลำดับ (Table 3) แสดงให้เห็นว่าปริมาณมูลไส้เดือนดินที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน จากผลการทดลองพบว่า การให้ฟางข้าวเป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินมีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินที่เลี้ยง จึงส่งผลช่วยส่งเสริมให้มีการผลิตมูลไส้เดือนดินมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากการบันทึกน้ำหนักมูลไส้เดือนดินที่เก็บได้ภายหลังการเลี้ยงพบว่าภายหลังการเลี้ยง 15 วัน ไส้เดือนดินผลิตมูลในปริมาณสูงสุดในทุกวัสดุที่ใช้เลี้ยง ขณะที่การเลี้ยงไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาที่นานขึ้นเป็น 90 วัน ส่งผลให้ไส้เดือนดินผลิตมูลในปริมาณที่ลดลง ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานวิจัยใดที่กล่าวถึงระยะเก็บมูลไส้เดือนดินที่เหมาะสมแต่อย่างใด งานทดลองนี้จึงบันทึกข้อมูลปริมาณมูลไส้เดือนดินทุก 15 วัน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาที่นานขึ้นจะได้มูลไส้เดือนดินในปริมาณที่ลดลง

Table 1 Number of earthworms by different cultured feeds at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatments	Number of earthworms (numbers/container) at different days						
	Initial	15	30	45	60	75	90
Control	30	29.50	29.25 ^a	26.00 ^{cd}	22.50 ^c	19.00 ^c	15.00 ^c
Dried Brewer's Yeast	30	29.75	26.75 ^b	23.50 ^d	17.75 ^d	12.50 ^d	7.75 ^d
Rice straw	30	30.00	30.50 ^a	33.50 ^a	44.75 ^a	49.50 ^a	53.75 ^a
Residues from sunflower sprout planting	30	30.00	28.50 ^{ab}	26.75 ^{bc}	22.75 ^c	17.75 ^c	13.75 ^{cd}
Dried Water Hyacinth	30	30.25	30.50 ^a	29.75 ^b	28.75 ^b	27.50 ^b	23.75 ^b
F-test	-	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	-	1.59	4.47	7.26	8.15	12.79	18.56

Mean values of number of earthworms followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD),

$P < 0.05$) ns = not significant; **significantly different at $P < 0.01$

Table 2 Weight of earthworms (g) by different cultured feeds at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatments	Weight of earthworms (g/container) at different days						
	Initial	15	30	45	60	75	90
Control	3.52	3.90 ^b	4.01 ^d	4.21 ^d	3.25 ^d	2.32 ^d	1.71 ^d
Dried Brewer's Yeast	3.50	4.24 ^b	4.10 ^{cd}	3.27 ^e	2.49 ^e	1.77 ^e	1.29 ^e
Rice straw	3.51	4.81 ^a	5.71 ^a	6.73 ^a	7.55 ^a	7.03 ^a	6.69 ^a
Residues from sunflower sprout planting	3.50	4.24 ^b	4.41 ^c	4.58 ^c	3.95 ^c	2.70 ^c	2.10 ^c
Dried Water Hyacinth	3.53	4.70 ^a	4.96 ^b	5.33 ^b	5.31 ^b	4.65 ^b	3.54 ^b
F-test	-	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	-	5.78	5.18	2.95	4.99	4.51	6.71

Mean values of weight of earthworms followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) **significantly different at $P < 0.01$

Table 3 Vermicompost production after feeding at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatments	Weight of vermicompost (g) at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	50.41	40.12	29.05	19.96 ^b	16.99 ^b	13.07
Dried Brewer's Yeast	43.57	31.93	23.06	17.52 ^b	ND	ND
Rice straw	66.55	36.26	36.57	33.40 ^a	28.73 ^a	25.02
Residues from sunflower sprout planting	67.84	53.51	27.17	26.91 ^a	15.95 ^b	11.52
Dried Water Hyacinth	74.16	50.87	34.26	27.79 ^a	20.94 ^b	19.47
F-test	ns	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	24.20	25.72	24.52	17.11	17.90	30.48

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected, ns = not significant; **significantly different at $P < 0.01$

4. สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

จากการนำมูลไส้เดือนที่ได้จากการเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยให้อาหารที่แตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินที่ได้มีลักษณะดังนี้

4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ค่า pH (มูลไส้เดือน:น้ำ ในอัตราส่วน 1:2) ของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าในช่วง 15 วันแรกของการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ได้รับผักตบชวาเป็นอาหารมีค่า pH มากที่สุดคือ 7.71 ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$) และจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหาร ซึ่งพบว่ามูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีดังกล่าวมีค่า pH ต่ำที่สุดคือ 6.56 ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 30 ภายหลังการเลี้ยงเป็นต้นไป พบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารทำให้ได้มูลไส้เดือนดินที่มีค่า pH สูงที่สุดเท่ากับ 7.98, 7.71, 7.74, 7.67 และ 7.57 ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหาร ซึ่งพบว่าทำให้มูลไส้เดือนดินมีค่า pH ต่ำที่สุด ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30, 45 และ 60 (6.36 6.71 และ 6.04 ตามลำดับ) ขณะที่ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินที่ลดลง (Table 4) ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารพบว่ามีค่า pH มากที่สุด อาจเกิดจากสมบัติทางเคมีของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยพบว่าฟางข้าวมีค่า pH สูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ (pH 8.20) ในขณะที่กากยีสต์มีค่า pH 5.3 (โดยธรรมชาติของไส้เดือนดินสามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีค่า pH ประมาณ 5-8)^{19,21} เมื่อตรวจวัดค่า pH ของมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร²² พบว่ามีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.5 ถึง 8.5 ใกล้เคียงกับรายงานของนริสราและสาริตรี¹ ที่กล่าวว่าในระหว่างกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH โดยมีค่า pH เป็นต่างเล็กน้อยประมาณ 7.5 ถึง 8.5 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Haddad et al.⁴ รายงานว่าค่า pH ของมูลไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 7.9 ถึง 8.3 ซึ่งผลการทดลองเหล่านี้พบว่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานที่ดีของปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนจะถูกย่อยสลายและมีการปลดปล่อยให้แอมโมเนียออกมา²³ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของมูลไส้เดือนดินในช่วงแรกจะเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นค่า pH จะค่อยๆ ลดลงจนอยู่ในระดับเข้าสู่เป็นกลาง (pH ประมาณ 7) ซึ่งสอดคล้อง

กับงานวิจัยของ Suthar⁶ รายงานว่าการที่ค่า pH เปลี่ยนแปลงไป อาจเกิดจากการสลายตัวของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายของไส้เดือนดิน และเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลายภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน^{24,25}

4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

การตรวจวัดค่า EC (มูลไส้เดือน:น้ำในอัตราส่วน 1:10) ในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่าในช่วง 15 วันของการเลี้ยง มูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันอกมีค่า EC มากที่สุดเท่ากับ 1.72 และ 1.62 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 30, 45 และ 60 ภายหลังการเลี้ยง พบว่ามูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์มีค่า EC มากที่สุดคือ 1.56, 2.18 และ 2.62 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากกรรมวิธีที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหาร พบว่ามีค่า EC ต่ำที่สุดคือ 1.09, 1.14 และ 1.28 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอนุมูลเกลือในมูลไส้เดือนดินที่ละลายอยู่ในน้ำ จากการวิเคราะห์การละลายที่สกัดได้จากมูลไส้เดือนดินที่อิมด้วยน้ำพอดิ²⁶ เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร²² พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามเกณฑ์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้

4.3 อินทรีย์วัตถุ

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน ผลการทดลองใน Table 6 พบว่าภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 15, 45, 60 และ 75 พบว่าทุกกรรมวิธีที่ได้รับอาหารแตกต่างกันมีอินทรีย์วัตถุในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ภายหลังการเลี้ยงในวันที่ 90 พบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารและกรรมวิธีที่ให้วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันอกเป็นอาหาร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด คือ 11.10 และ 11.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณอินทรีย์วัตถุของมูลไส้เดือนดินที่ได้จากอาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร²² พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารแต่ละชนิดไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยจะต้องมีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Varma et al.²³ ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตมูลไส้เดือนดินโดยใช้ไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 8.8 ถึง 35.7 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ต่อมา Haddad *et al.*⁴ รายงานว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 29.8 ถึง 36.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินพบว่ามีความแตกต่างกัน เป็นผลเนื่องมาจากการบริโภคของไส้เดือนดิน และความเร็วในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดิน โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ที่ย่อยสลายขยะอินทรีย์ต่างกันจะให้อินทรีย์วัตถุในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายมูลโคมีปริมาณอินทรีย์วัตถุประมาณ 58.98 เปอร์เซ็นต์¹

4.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารชนิดต่างๆ แก่ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ มาย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 45 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าว 0.21 เปอร์เซ็นต์ ผักตบชวา 0.18 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันออก 0.18 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) (Figure 1) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมูลไส้เดือนดินจากอาหารชนิดอื่น ซึ่งปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันตามชนิดของอาหารที่ให้ไส้เดือนดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของธันนิตา และคณะ²⁷ กล่าวว่าขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายเป็นขยะที่มีความหลากหลายและยังเป็นแหล่งผลิตธาตุอาหารพืช โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.020-0.440 เปอร์เซ็นต์ และจากการค้นข้อมูลพบว่ากากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 3.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าในอาหารชนิดอื่น²¹ โดยทั่วไปไส้เดือนดินต้องการอาหารที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ต่ำ เพื่อให้มีการย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ซึ่งการให้อาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้มากขึ้น และใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นกว่าอาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ^{19,28} ต่อมา Varma *et al.*²³ กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนได

ออกไซด์จากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ซึ่งรวมไปถึงการสูญเสียน้ำจากการระเหยที่เกิดจากความร้อนระหว่างปฏิกิริยาออกซิเดชันของอินทรีย์วัตถุ และส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของไส้เดือนดินและกิจกรรมการตรึงก๊าซไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์บางกลุ่มที่ไส้เดือนดินหลังก่อมา สอดคล้องกับรายงานของ Suthar⁸ กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากไส้เดือนดินมีการขับเมือกของเหลวในร่างกาย เอนไซม์และเนื้อเยื่อที่ตายแล้วในกระบวนการย่อยอินทรีย์วัตถุออกมา จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลการทดลองจาก Figure 1 แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากวัสดุทุกชนิดมีปริมาณลดลงเมื่อผ่านการเลี้ยงในระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งอาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนว่าในมูลไส้เดือนดินไม่มีประโยชน์ต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในทางการเกษตร ดังนั้นงานทดลองในลำดับต่อไปจึงควรทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ต้นพืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available nitrogen) เช่น ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-) ไนไตรท์ (NO_2^-) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้สนับสนุนปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืชที่ได้จากมูลไส้เดือนดิน

4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 60 วัน รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าว 0.009 เปอร์เซ็นต์ วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันออก 0.006 เปอร์เซ็นต์ และผักตบชวา 0.004 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารต่างชนิดกันจะส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินต่างชนิดกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินกิน เนื่องจากระหว่างการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน กิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatase) ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดิน สามารถเปลี่ยนอินทรีย์วัตถุให้อยู่ในรูปของฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้²⁹ จากรายงานการวิจัยของ ฌ็องส์ชยธรและชูลีมาศ²⁴ กล่าวว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในแต่ละระยะเวลาเกิดจากจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถละลายฟอสเฟตได้ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส

ซึ่งฟอสเฟตที่ละลายได้นี้ส่วนใหญ่เกิดจากการสร้างกรดแล้วปลดปล่อยออกมา และจากรายงานการวิจัยของ Le Bayon and Binet³⁰ กล่าวว่าไส้เดือนดินเป็นสื่อกลางที่ช่วยเพิ่มปริมาณแอนไฮม์ฟอสฟาเทส ซึ่งจะไปช่วยเพิ่มปริมาณ Alkaline phosphatase โดยของเสียที่ถูกขับออกมาจากไส้เดือนจะกลายเป็นมูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น สำหรับการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูล

ไส้เดือนดินลดลงเนื่องจากอาหารที่ให้แต่ละชนิดทำให้มีความเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น โดยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะกับการทำงานของ phosphatizing bacteria ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันนิตาและคณะ²⁷ ศึกษาการเปรียบเทียบธาตุอาหารหลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากการย่อยสลายกระดาษและขยะอินทรีย์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในช่วง 0.020-0.030 เปอร์เซ็นต์

Table 4 pH levels of vermicompost after feeding at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatment	pH at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	7.65 ^{ab}	7.47 ^c	7.31 ^d	7.22 ^c	7.17 ^c	7.10 ^c
Dried Brewer's Yeast	6.56 ^c	6.36 ^d	6.71 ^e	6.04 ^d	ND	ND
Rice straw	7.64 ^b	7.98 ^a	7.71 ^a	7.74 ^a	7.67 ^a	7.57 ^a
Residues from sunflower sprout planting	7.69 ^{ab}	7.62 ^b	7.52 ^c	7.51 ^b	7.48 ^b	7.36 ^b
Dried Water Hyacinth	7.71 ^a	7.60 ^b	7.62 ^b	7.55 ^b	7.47 ^b	7.34 ^b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0.31	0.24	0.46	0.42	0.28	0.37

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected **significantly different at $P < 0.01$

Table 5 Electrical conductivity of vermicompost after feeding at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatment	EC (dS/m) at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	1.30 ^b	1.23 ^c	1.55 ^b	1.78 ^b	1.54 ^b	2.40 ^a
Dried Brewer's Yeast	1.72 ^a	1.56 ^a	2.18 ^a	2.62 ^a	ND	ND
Rice straw	1.21 ^b	1.09 ^d	1.14 ^d	1.28 ^c	1.13 ^c	1.52 ^d
Residues from sunflower sprout planting	1.62 ^a	1.19 ^c	1.34 ^c	1.69 ^b	1.98 ^a	1.87 ^c
Dried Water Hyacinth	1.32 ^b	1.37 ^b	1.47 ^{bc}	1.81 ^b	1.67 ^b	2.32 ^b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.91	2.38	4.24	2.80	3.00	0.85

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected; **significantly different at $P < 0.01$

Table 6 Organic matter contents in vermicompost after feeding at 15 30 45 60 75 and 90 days

Treatment	Organic matter (%) at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	9.55	10.92 ^b	12.04	9.45	7.97	5.95 ^c
Dried Brewer's Yeast	7.80	9.87 ^c	12.60	9.97	ND	ND
Rice straw	8.49	12.23 ^a	13.13	10.38	8.39	11.10 ^a
Residues from sunflower sprout planting	10.28	9.83 ^c	12.79	10.67	9.38	11.61 ^a
Dried Water Hyacinth	8.89	10.66 ^{bc}	12.82	10.53	8.04	7.97 ^b
F-test	ns	**	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	14.57	6.33	5.75	20.11	8.47	6.33

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected; ns = not significant; **significantly different at $P < 0.01$

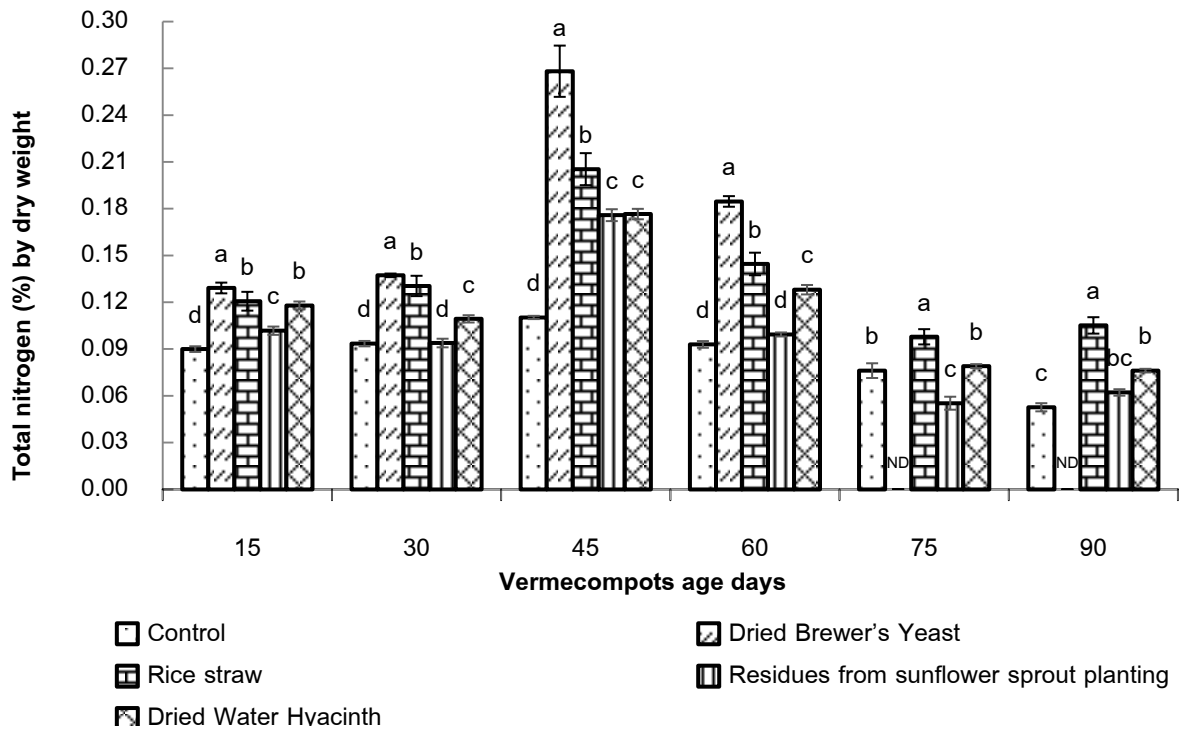


Figure 1 Total nitrogen contents in vermicompost after feeding at 15 30 45 60 75 and 90 days
A different small letter on bar indicates significant difference ($P < 0.05$) compared among treatment.

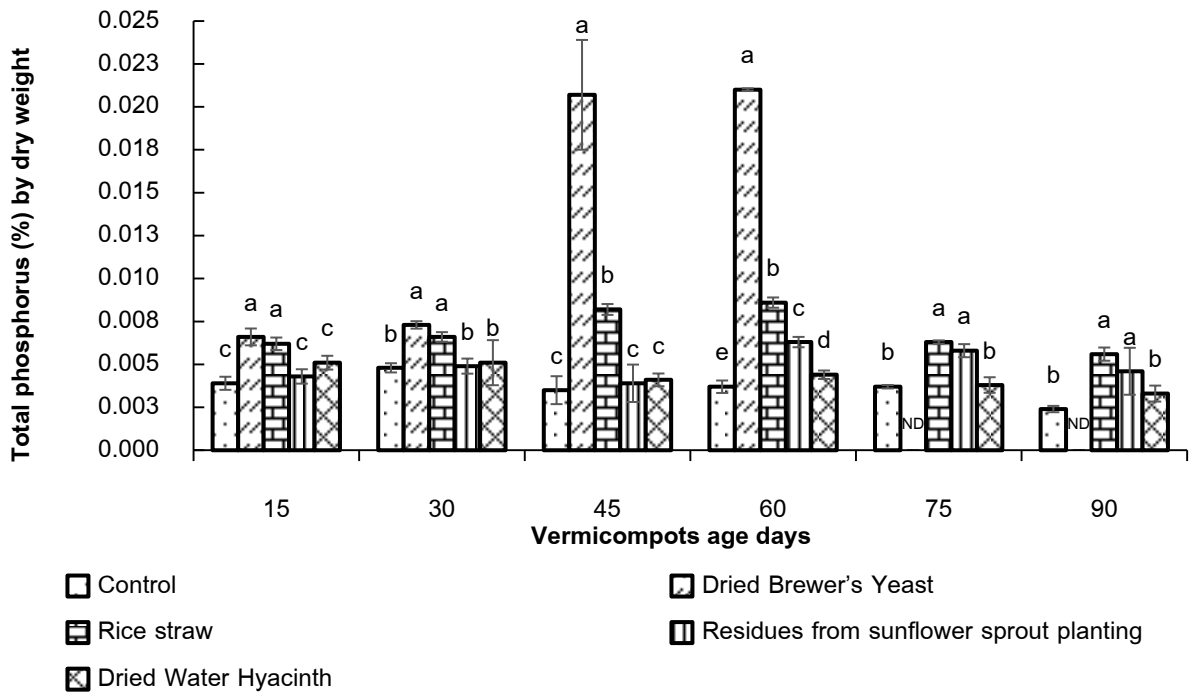


Figure 2 Total phosphorus contents in vermicompost after feeding at 15 30 45 60 75 and 90 days
A different small letter on bar indicates significant difference ($P < 0.05$) compared among treatment.

สรุปผล

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน ในท์คลอเลอร์ บนวัสดุรองพื้นประกอบด้วยดิน มูลวัวนม และขุยมะพร้าว โดยใช้อาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิดประกอบด้วย Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา ผลการทดลองพบว่า การให้อาหารเพาะเลี้ยงที่เป็นฟางข้าวทำให้เพิ่มจำนวนประชากรน้ำหนักรวม และปริมาณมูลของไส้เดือนดินมากที่สุด ทั้งนี้มูลไส้เดือนจากการให้กากยีสต์เป็นอาหารพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุด คือ 0.27 และ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้หากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน ในท์คลอเลอร์ ที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารจัดเป็นขยะอินทรีย์ที่มีความเหมาะสมในการเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้

ข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการศึกษาผลของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินแล้ว ควรวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของอาหารที่นำมาใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน เพื่อเป็นข้อมูลเสริมในการวิจารณ์ผลงานทดลอง และควรทำการทดลองต่อยอดในส่วนของ การให้อาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักของมูลไส้เดือนดินที่เป็นประโยชน์แก่พืชต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนไส้เดือนดินเพื่อนำมาใช้เพาะเลี้ยงในงานวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการสำหรับงานวิจัย ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เบญจวรรณ ชูติชูเดช เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดการทำงานวิจัย และขอขอบคุณพี่บุคลากร ตลอดจนพี่น้องสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ งานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. นริสรา พานพวง, สวัสดิ์ จันทราณรงค์. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในปุ๋ยหมักธรรมชาติ ปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* และปุ๋ยหมักพด.1. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50; 31 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2555; กรุงเทพมหานคร; 2555. หน้า 442-447.
2. กรมควบคุมมลพิษ. สถานการณ์มลพิษประเทศไทย ปี 2560. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2561; (1):1-5.
3. มงคล ต๊ะอูน. การฟื้นฟู/จัดการ: ดินเค็ม-ดินอุดมสมบูรณ์ต่ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1 ขอนแก่น; 2547.
4. Haddad M. E, Zayed M. S, Sayed G. A. M, Hassanein M. K, Satar A. M. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. *Annals of Agricultural Science* 2014; 59(2):243-251.
5. Ghosh C. Integrated vermi-pisciculture - an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource technology* 2004; 93:71-75.
6. Arancon N. Q, Edwards C. A, Bierman P, Welch C, Metager J. D. Influences of vermicompost on field strawberries-I Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 2004; 93(2):145-153.
7. กรมวิชาการเกษตร. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ) พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ; 2548.
8. Suthar S. Bioconversion of postharvest crop residues and cattle shed manure into value-added products using earthworm *Eudrilus eugeniae* Kinberg. *Ecological engineering* 2008; 32:206-214.
9. Edwards C. A. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. *United States Department of Agriculture* 1998. p 327-354.
10. สามารถ ใจเตี้ย. การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จากขยะอินทรีย์. *วารสารวิชาการและวิจัย* 2558; 9(2):189-20
11. Bansal S, Kapoor K. K. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Biores Technology* 2000; 73:95-98.
12. นันทวุฒิ จำปานาม. เทคโนโลยีปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย* 2560; 11(2):70-81.
13. Orozco F. H, Cegarra J, Trujillo L. M, Roig A. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eudrilus eugeniae*: Effect on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils* 1996; 22:162-166.
14. Lazcano C, Brandón M.G, Domínguez J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicompost-

- ing for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 2008; 72: 1013-1019.
15. กรมวิชาการเกษตร. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2551; 5-23.
 16. Rutherford P. M, McGill W. B, Arocena J. M. Total Nitrogen. Second edition. United States of America. Taylor & Francis Group; 2006. p 267-278.
 17. นภาพร พิพารัตน์. การหมักขยะอินทรีย์ในตู้ลิ้นชักโดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavates*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2548.
 18. จิรายุ นุชนนท์, กนก เลิศพานิช, อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น. ผลของวัสดุเพาะเลี้ยงที่มีผลต่อจำนวนอุ้งไข่ น้ำหนักตัว ปริมาณมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ แอฟริกัน ไนท์ ครอลเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2560; 35(2):41-48.
 19. นิพนธ์ ไชยมงคล. การเลี้ยงไส้เดือน. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2548.
 20. กิตติ วิรุณพันธ์, พัชรีสาร จิตินานนท์, สุวีรัตน์ บุตรพรหม. ชนิดไส้เดือนและวัสดุรองพื้นแบบต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตของไส้เดือนดิน. วารสารการเกษตรราชภัฏ 2553; 9(2): 12-20.
 21. ทิพย์ากร ลีหมทอง, วรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, เสียงแจ้ว พิริยพจนต์, ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวโรจน์, ประโสด ธรรมเขต. ผลของการใช้น้ำสำเบียร์ต่อการย่อยสลายกากอ้อย กรมพัฒนาที่ดิน 2536; 3-48.
 22. กรมวิชาการเกษตร. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้มาตรฐาน และคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2548; 1-82.
 23. Varma V. S, Kalamdhad A. S, Khwairkpm M. Feasibility of *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus* in vermicomposting of water hyacinth. *Ecological engineering* 2016; 94:127-135.
 24. ณัฏฐ์ชยธร ชัดติยะพุดิเมธ, ชุติมาศ บุญไทย อิวาย. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน. วารสารแก่นเกษตร 2561; 46(1):1188-1192.
 25. Elvira C, Sampeelro L, Benitez E, Nagales R. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei* : a plot scale study, *Bioresour. Technol* 1998; 62:205-211.
 26. มุกดา สุขสวัสดิ์. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2544.
 27. ชันนิตา กงทอง, สุนันทา เลาว์ณย์ศิริ, จุฑามาส แก้วสุข. การเปรียบเทียบธาตุอาหารหลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนจากการย่อยสลายกระดาษและขยะอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2561; 37(5): 587-593.
 28. Cotrufo M. F, Ineson P, Robert J. D. Decomposition of Birch leaf litter with varying C-to-N-Ratios. *Soil Biology and Biochemistry* 1995; 27:1219-1221.
 29. Khawairakpam M, Bhargava R. Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal Hazard Mater* 2009; 161:948-95.
 30. Le Bayon R. C, Binet F. Earthworm changes the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. *Soil Biology Biochemistry* 2006; 38:235-246.

ผลของระดับเปลือกกล้วยน้ำปล่าปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

Effect of cassava peel levels in fermented total mixed ration (FTMR) used Napier Pakchong as roughage on feed intake, ruminal fermentation and nutrient digestibility in beef cattle

ศุภลักษณ์ เข็นสี¹, ทรงศักดิ์ จำปาอะดี², ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์²

Suphaluk Khensi¹, Songsak Chumpawadee², Khanitta Ruangwittayanusorn²

Received: 21 November 2018; Revised: 18 February 2019; Accepted: 27 March 2019

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับเปลือกกล้วยน้ำปล่าปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อโดยใช้แผนการทดลองแบบ 4×4 จัตุรัสลาติน ใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 180.25 ± 16.25 กิโลกรัม โคทุกตัวจะได้รับอาหารทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรอาหารที่มีระดับเปลือกกล้วยน้ำปล่าปะหลังที่ 0, 15, 30, และ 45 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ของโคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) แต่อย่างไรก็ตาม การย่อยได้ของโภชนะไม่แตกต่างกัน (P>0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะ แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าเปลือกกล้วยน้ำปล่าปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักได้ที่ระดับ 15-30 เปอร์เซ็นต์โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

คำสำคัญ: โคเนื้อ ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก การย่อยได้ของโภชนะ อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of cassava peel levels in fermented total mixed ration used Napier Pakchong as roughage on feed intake, ruminal fermentation and nutrient digestibility in beef cattle. Four Brahman-Thai native crossbred cattle with an average initial body weight of 180.25 ± 16.25 kg were randomly assigned in a 4x4 Latin Square Design. During each of four 21 day periods, the animals were fed four dietary treatments. The treatments were fermented total mixed ration with different amounts of cassava peel 0, 15, 30, and 45 %, respectively. The results showed that feed intake was significant different among treatment (P<0.05). The digestibility, ruminal pH, ammonia–nitrogen and total volatile fatty acid were not significantly different (P>0.05). Therefore, suitable levels of cassava peels in fermented total mixed ration ranged from 15-30 %, and did not affect feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation.

Keywords: Beef cattle, Feed intake, Ruminal fermentation, Nutrient digestibility, Fermented total mixed ration

¹ นิสิตปริญญาโท, สาขาวิชาสัตวศาสตร์, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาสัตวศาสตร์, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาสัตวศาสตร์, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Graduate student, Division of Animal science, Faculty of Technology, Mahasarakham University

² Associate professor, Division of Animal science, Faculty of Technology, Mahasarakham University

³ Assistant professor, Division of Animal science, Faculty of Technology, Mahasarakham University

บทนำ

ในปัจจุบันการเลี้ยงโคเนื้อได้รับความสนใจจากเกษตรกรทั่วประเทศ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงโคเนื้อยังประสบปัญหาหลายอย่าง เช่น คุณภาพอาหารข้นอาหารหยาบ รวมทั้งต้นทุนค่าอาหารมีราคาสูง และปัญหาในเรื่องแรงงานด้านการจัดการอาหารหยาบ ให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ตลอดทั้งปี ซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูปเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยอาหารผสมสำเร็จรูปจะมีราคาถูก ช่วยเพิ่มผลผลิต และสามารถลดแรงงานในการจัดการด้านอาหารเพราะอาหารผสมสำเร็จรูปประกอบด้วยอาหารข้นและอาหารหยาบผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม หากนำวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นมาพัฒนาสูตรอาหารก็สามารถลดต้นทุนทางด้านอาหารได้¹

อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก (Fermented total mixed ration, FTMR) เป็นการใช้อาหารหยาบผสมกับอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดตามความต้องการของสัตว์แล้วนำไปหมักไว้เป็นระยะเวลา 21 วันก่อนที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์² การให้อาหารผสมสำเร็จรูป เป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ ลดการเลือกกินของสัตว์สามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารข้น และอาหารหยาบ เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักไม่เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และสม่ำเสมอซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดแรงงาน สะดวกในการให้อาหาร อีกทั้งยังง่ายต่อการจัดเก็บ²

การใช้เปลือกถั่วลิสงสำหรับเป็นเศษเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปถั่วลิสงมีจำนวนมากจึงถือเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์และลดต้นทุนการผลิต โดยทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก สามารถทำได้เนื่องจากเปลือกถั่วลิสงมีโภชนาการเหลืออยู่โดยเฉพาะแป้งซึ่งให้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงถึง 2044.8 kcal/kg⁴ และโปรตีน 3.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเป็นสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปโดยใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นที่เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานรวมทั้งวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงซึ่งการทำอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักเป็นวิธีที่ง่าย สามารถเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาได้นาน⁶ อีกทั้งการให้อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนา⁷ นอกจากนี้แล้วหญ้าเนเปียร์ปากช่องยังเป็นแหล่งอาหารหยาบเยื่อใยสูงซึ่งให้

คุณค่าทางอาหารสูงให้ผลผลิตสูงตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยเป็นอย่างดี นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์ปากช่องที่ตัดที่อายุ 60 วันยังให้โปรตีนสูงถึง 12.6 เปอร์เซ็นต์สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ทั้งรูปแบบสดและหมัก⁹ การนำเปลือกถั่วลิสงสำหรับเป็นแหล่งพลังงานร่วมกับหญ้าเนเปียร์ปากช่องในรูปแบบอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจเพราะหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งเยื่อใยคุณภาพสูงและมีโภชนาการสูงด้วยดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระดับเปลือกถั่วลิสงสำหรับใช้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมักและการย่อยได้ของโภชนาในโคเนื้อ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. สัตว์ทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้จำนวน 4 ตัว และทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้น โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 180.25±16.25 กิโลกรัมและได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เลขที่การรับรอง 008/2561

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ทดลองในโรงเรือนแบบเปิดเลี้ยงแบบขังเดี่ยวทำ ความสะอาดโรงเรือนทั้งภายนอกและภายในโรงเรือน ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงสัตว์ทดลอง และทำการกั้นคอกแบ่ง ออกเป็น 4 คอก เตรียมอุปกรณ์ให้น้ำให้อาหารสำหรับการเลี้ยง

2.1 การเตรียมอาหารทดลอง

ทำการผสมอาหารอาหารทดลองจากการ สูตรที่ได้จากการคำนวณ โดยอาหารที่ใช้ในการทดลองมี ทั้งหมด 4 สูตร ซึ่งมีระดับเปลือกถั่วลิสงสำหรับที่แตกต่างกัน คือ 0, 15, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งตามลำดับ จากนั้นทำอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักทำโดยนำหญ้าเนเปียร์ ปากช่องสดมาสับให้มีขนาด 1.5 นิ้ว และเปลือกถั่วลิสงสำหรับสดจากโรงงานแปรรูปถั่วลิสง แล้วทำการผสมเข้ากับวัตถุดิบตามสูตรดังแสดงใน Table 1 แล้วบรรจุใส่กระสอบ ที่มีถุงพลาสติกอยู่ด้านใน โดยบรรจุกระสอบละ 20 กิโลกรัม ดูดอากาศออกโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศจนอากาศออกหมด ทำการมัดปากถุงให้แน่น และเก็บไว้ในที่ร่มเป็นระยะเวลา 21 วัน ก่อนเริ่มทำการทดลองโดยทดลองในช่วงเดือน กรกฎาคม-กันยายน พ.ศ. 2561

Table 1 Fermented total mixed ration and nutrient composition

Ingredients	Cassava peel levels							
	0 %		15 %		30 %		45 %	
	%DM	%as fed	%DM	%as fed	%DM	%as fed	%DM	%as fed
Cassava peel	0.00	0.00	15.00	17.47	30.00	31.05	45.00	41.89
Cassava chip	32.50	12.15	24.00	7.84	14.50	4.21	1.00	0.26
Napier Pakchong (60 day)	40.00	77.60	40.00	67.84	40.00	60.28	40.00	54.22
Rice bran	18.00	6.72	9.00	2.94	5.00	1.45	2.75	0.72
Soybean meal (44 % CP)	8.00	3.02	10.50	3.46	8.50	2.49	9.50	2.50
Mineral premixed	0.25	0.08	0.25	0.07	0.25	0.07	0.25	0.06
Monocalcium phosphate	0.50	0.17	0.50	0.15	0.50	0.13	0.25	0.06
Urea	0.50	0.17	0.50	0.15	1.00	0.26	1.00	0.24
Salt	0.25	0.08	0.25	0.07	0.25	0.07	0.25	0.06
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Price (baht/kg)	3.17	2.55	1.94	1.53				
Nutrient composition								
DM	29.56		25.75		23.19		22.81	
CP	12.12		13.04		12.25		12.51	
Ash	9.91		11.18		10.30		11.02	
NDF	36.88		40.36		42.97		39.95	
ADF	20.44		20.42		23.59		25.63	
ADL	2.84		3.59		5.56		5.63	

2.2 การวางแผนการทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4×4 Latin Square design (LSD) อาหาร 4 สูตร และสุ่มให้สัตว์ทุกตัวได้รับอาหาร ทั้ง 4 สูตร ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงโค 4 ช่วง ช่วงการทดลอง ละ 21 วัน โคจะได้รับอาหารซึ่งมีเปลือกถั่วลิสงอัดเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบในระดับที่ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก ที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทุก ๆ ช่วงของการเปลี่ยนอาหาร ทั้ง 4 สูตรมาประมาณ 2 กิโลกรัม นำมาอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (DM) โปรตีน (CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีของ AOAC¹⁰ ส่วนการวิเคราะห์หาผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF)

และลิกนิน (ADL) ตามวิธีของ Goering and Van Soest¹¹ ทำการบันทึกน้ำหนักโค โดยการชั่งน้ำหนักในช่วงก่อนที่จะได้รับปัจจัยการทดลองช่วงแรกและช่วงท้ายของแต่ละช่วงการทดลองการให้อาหารจะให้ 2 ช่วง คือ ช่วงเช้า เวลา 7.00 น. และช่วงเย็น เวลา 17.00 น. ให้อาหารและน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ ตลอดระยะเวลาการทดลองจะทำการบันทึกปริมาณการกินได้ทุกวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองแต่ละช่วงจะทำการเก็บมูล โดยวิธีการล้างทวารหนัก จากนั้นนำตัวอย่างมูลมาอบให้แห้ง แล้วนำมาหาองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับตัวอย่างอาหาร วิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA)¹² เพื่อนำมาคำนวณค่าความสามารถในการย่อยได้ตามวิธีการของ Schneider and Flatt¹³ ทำการเก็บของเหลวในกระเพาะหมักโดยเก็บ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหารในตอนเช้า โดยใช้ท่อดูดของเหลวสอดผ่านทางปากไปยังกระเพาะหมักพร้อมกับเครื่องดูดสูญญากาศ และทำการวัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Handy Lab 1, CG842 Schott) จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนโดยการกลั่นตามวิธีการของ

Bremner and Keeney¹⁴ และกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามวิธีการของ Briggs¹⁵

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาความแปรปรวน ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Latin Square design (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test : (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SAS¹⁶ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (P<0.05)

ผลการศึกษา

ผลของระดับเปลือกกล้วยน้ำว้าในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ ปริมาณการกินได้ในโคเนื้อโดยทั่วไปแล้วมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น คุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร วัตถุดิบที่ใช้ผสม และโภชนาการในอาหาร จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบของโคที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์แตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ กับโคที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้า 45 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้า 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ปริมาณการกินได้เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} พบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีปริมาณการกินได้ที่ต่ำที่สุด ดังแสดงใน Table 2

ปริมาณการกินได้ของโปรตีน และลิกโนเซลลูโลสของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันในขณะที่ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุของโคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) อีกทั้งยังพบว่าปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ในโคที่ได้รับเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด และเมื่อเทียบกับโคที่ได้รับเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Effect of level of cassava peel in fermented total mixed ration used Napier Pakchong as roughage on feed intake in beef cattle

Item	Cassava peel levels				SEM
	0 %	15 %	30 %	45 %	
Feed intake, kg/d (DM)	5.03 ^a	4.11 ^{ab}	3.98 ^{ab}	3.49 ^b	0.23
Feed intake, % BW	2.61 ^a	2.09 ^{ab}	2.07 ^{ab}	1.84 ^b	0.12
Feed intake, g/KgBW ^{0.75}	97.27 ^a	78.27 ^{ab}	77.04 ^{ab}	68.28 ^b	4.43
Organic matter intake (kg/d)	4.54 ^a	3.67 ^{ab}	3.53 ^b	3.06 ^b	0.21
Crude protein intake (kg/d)	0.57	0.50	0.56	0.42	0.03
NDFI (kg/d)	1.86 ^a	1.66 ^{ab}	1.71 ^{ab}	1.37 ^b	0.08
ADFI (kg/d)	1.03	0.84	0.94	0.88	0.04

Note: SEM = Standard error of the means, NDFI = Neutral detergent fiber intake, ADFI = acid detergent fiber intake

^{a, b, c} mean within the same row were significant different (P<0.05)

การย่อยได้ของโภชนา

การย่อยได้ของโภชนาสามารถบ่งบอกถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของโภชนา จากการทดลองพบว่าในสูตรอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับ 0, 15, 30, และ 40

เปอร์เซ็นต์ มีการย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Effect of level of cassava peel in fermented total mixed ration used Napier Pakchong as roughage on apparent digestibility in beef cattle

Apparent digestibility, (%)	Cassava peel levels				SEM
	0 %	15 %	30 %	45 %	
DM	71.78	71.36	65.49	64.32	1.67
OM	74.37	74.86	68.91	68.27	1.69
CP	69.58	77.14	74.79	71.25	2.2
NDF	59.80	59.17	54.48	46.61	3.26
ADF	45.55	38.36	33.74	33.66	4.03

Note: SEM = Standard error of the means, DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, NDF = Neutral detergent fiber, ADF = acid detergent

ผลของระดับเปลือกกล้วยน้ำว้าในอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

ผลของระดับเปลือกกล้วยน้ำว้าในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักไม่มีความแตกต่างกัน ผลต่อค่าความเข้มข้นแอมโมเนียใน-โตรเจนในกระเพาะหมักพบว่าโคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าในระดับที่ต่างกันมีค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด พบว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับเปลือกกล้วยน้ำว้าในระดับที่

สูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าเปลือกกล้วยน้ำว้ามีผลต่อกระบวนการหมักคือช่วยให้กระบวนการหมักดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายก็ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหมักของสัตว์แต่ละตัว ชนิดของสัตว์ และความแตกต่างของอาหาร จากการศึกษาพบว่า โคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าในระดับที่ระดับ 0, 15, 30, และ 45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่าง (P>0.05) และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายได้ทั้งหมัดเฉลี่ยของของเหลวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 68.59 – 78.00 mmol/L นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Effect of level of cassava peel in fermented total mixed ration used Napier Pakchong as roughage on rumen fermentation characteristics and body weight change in beef cattle

Item	Cassava peel levels				SEM
	0%	15%	30%	45%	
Ruminal pH	6.72	6.85	6.77	6.80	0.05
NH ₃ -N, mg/dL	10.71	13.69	14.57	12.84	1.56
Total VFA, mmol/L	68.59	73.66	70.45	78.00	7.18
Body weight change, kg/d	0.78 ^b	0.84 ^b	1.06 ^a	0.4 ^c	0.1

Note: SEM = Standard error of the means

^{a, b, c} mean within the same row were significant different ($P<0.05$)

อภิปรายผล

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าโคที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าในทั้ง 4 ระดับ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าระดับเปลือกกล้วยน้ำว้าที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจาก

ในเปลือกกล้วยน้ำว้ามีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง ความนำกินของอาหารลดลง ดังนั้นการใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าในสูตรอาหารที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งจึงทำให้อาหารมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงขึ้น และส่งผลให้การกินได้ของวัตถุดิบลดลงสอดคล้องกับการรายงานของ Kellem's¹⁷ ที่พบว่าการเพิ่มความชื้นในสูตรอาหารหรือใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นสูง มี

ผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งลดลง และสอดคล้องกับ NRC¹⁸ รายงานว่า ผลการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินสูตรอาหารรวมที่มีระดับของวัตถุดิบแห้งระหว่าง 40–78 เปอร์เซ็นต์พบว่าปริมาณการกินได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของวัตถุดิบแห้งในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์โคที่ได้รับเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง และผนังเซลล์โคที่ได้รับเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ระดับเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากอาหารนั้นมีความฟางสูง และส่งผลต่อความจุในกระเพาะหมักของโค อีกทั้งยังพบว่าปริมาณการกินได้เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} พบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุด สอดคล้องกับปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งที่เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวและ กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75}จะมีค่าที่สูงขึ้นเช่นกัน

การย่อยได้ของโคลูกผสมบราห์มันพื้นเมือง ที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ระดับ 0, 15, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน, ผนังเซลล์, และ ลิกโนเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับวัชรวิทย์¹⁹ และเวียงสกุล²⁰ ที่ได้รายงาน การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน, ผนังเซลล์, และลิกโนเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกัน เป็นไปในทางเดียวกันกับทรงศักดิ์² ที่ได้ทำการทดลองผลของระดับเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อจุลชีววิทยาการหมักและการย่อยได้ในหลอดทดลอง ที่ระดับ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งและอินทรีย์วัตถุที่ 72 ชั่วโมง หลังบ่มไม่มีความแตกต่างกัน และยังสอดคล้องกับการรายงานของ Milis and Liamadis²¹ ที่รายงาน ว่า วัตถุดิบเยื่อใยสูงไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งอินทรีย์วัตถุและผนังเซลล์

ผลของระดับเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมัก พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 4 ซึ่งอยู่ระหว่าง 6.72 – 6.80 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพิพัฒน์²¹ ที่ได้ศึกษาการนำเปลือกถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม ที่มีเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ระดับ 0, 10, 20, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์พบว่าอาหารทั้งห้าสูตรไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสอดคล้องกับเวียงสกุล²⁰ ที่ได้ทำการทดลองผลของแหล่ง

อาหารพลังงานในสูตรอาหารชั้นต่อปริมาณการกินได้รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ ที่มีสูตรอาหารดังต่อไปนี้ 1) มันสำปะหลังเส้น 50 เปอร์เซ็นต์ 2) ข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ 3) เปลือกถั่วเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ และ 4) กากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.8–7.01 แต่ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกับบุญเสริม²³ ที่ได้ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ ที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 6.33–6.79 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากการรายงานของเมธา²⁴ ที่รายงาน ว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะหมักของโคสภาพปกติอยู่ในช่วง 6.50–7.00 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก อีกทั้งพบว่าอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมักให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยก เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมักไม่เปลี่ยนแปลงไปมากทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ

จากการทดลองผลของระดับเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักพบว่าโคที่ได้รับเปลือกถั่วเหลืองสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ระดับต่างๆ มีค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักจากการทดลองครั้งนี้อยู่ในระดับ 10.71–14.57 mg% ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับ เชิดชาย²⁵ ที่ได้ทำการทดลองผลของการเสริมกรดอะมิโนในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีการใช้กากมันสำปะหลังต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักอยู่ในระดับ 17.9–18.6 mg% และยังมีค่าใกล้เคียงกับเทอดศักดิ์ และกังวาน²⁶ ที่ได้ทำการทดลองผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะหมักโคเนื้อซึ่งระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักจากการทดลองครั้งนี้อยู่ในระดับ 15.61–16.80 mg% นอกจากนี้ยังพบการรายงานระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมในกระเพาะหมักควรอยู่ในระดับ 10–20 mg%²⁷

กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ที่ระดับที่สูง แสดงให้เห็นว่าเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์มีผลต่อกระบวนการหมัก คือช่วยให้กระบวนการหมักดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการหมักของสัตว์แต่ละตัว ชนิดของสัตว์ และความแตกต่างของอาหาร จากการศึกษาพบว่าโคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ ระดับ 0, 15, 30, และ 45 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน อยู่ในช่วง 68.59–78.00 mmol/L เป็นไปในทางเดียวกันกับอันดับเดซ²⁸ รายงานว่าค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดของโคพื้นเมืองไทยเพศผู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง (63.31–88.85) แต่ไม่เป็นไปในทางเดียวกันกับงานทดลองของ เทอดศักดิ์ และ กังวาน²⁶ ที่ได้ทำการทดลองผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดอยู่ระหว่าง 60.31–61.09 mmol/L แต่จากการทดลองของ เวียงสกุล²⁰ ที่ได้ทำการทดลองผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารขึ้นต่อปริมาณการกินได้ รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อที่มีสูตรอาหารดังต่อไปนี้ 1) มันเส้น 50 เปอร์เซ็นต์ 2) ข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ 3) เปลือกมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ และ 4) กากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดอยู่ระหว่าง 91.16–93.83 mmol/L ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ ระยะเวลาหลังการให้อาหาร และชนิดของอาหารด้วย

สรุปผล

1. ปริมาณการกินได้ที่คิดเป็น กิโลกรัมต่อวัน เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} โคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการกินได้สูงที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับโคที่ได้รับเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ที่ระดับ 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์
2. การย่อยได้ของโภชนะได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรีย์ วัตถุ โปรตีน ผงเซล และลิกนินเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

ระดับเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับ 15-30 เปอร์เซ็นต์ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาประจำปีงบประมาณ 2561 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. Chumpawadee S Pimpa O. Effect of fodder tree as fiber sources in total mixed ration on feed intake nutrient digestibility, chewing behavior and ruminal fermentation in beef cattle. *Journal of Animal and Veterinary advances* 2009;8(7):1279-1284.
2. ทรงศักดิ์ จำปาเวดี อาณัติ จันทร์ถิระติกุล ปาณิศรา ศิลา เกตุ ปริณดา บุญมานนท์ ศิริกาญจน์ ศรีสาระ. ผลของระดับเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อจุลชีววิทยาการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง วารสารแก่นเกษตร 2560; 45(1):699-704.
3. ฉลอง วชิราภกร เมธา วรณพัฒน์ นิโรจน์ ศรสูงเนินกรุง วิชาชัย ภัทยา ภาคมฤค นนทศักดิ์ เปี่ยมผล. ผลของระดับข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการให้ผลผลิตในโคนม. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาลคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2546. 27-28 มกราคม 2547. หน้า 214-223.
4. Salami RI Odunisi AA. Evaluation of processed cassava peel meal as substitutes for maize in the diet of layers. *International Journal of Poultry Science* 2003;2 (2):112-116.
5. พีระพจน์ นิตินพจน์ กฤตพล สมมาตย์. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการสัตว์เคี้ยวเอื้องของกากมันสำปะหลังและเปลือกถั่วลิสงสำหรับสัตว์ โดยวิธี *in vitro* gas production technique. ใน: เอกสารการประชุมการสัมมนาวิชาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2546. 27-28 มกราคม 2546.
6. Wongnen C Wachirapakorn C Patipan C Panpong D.Kongweha K.Namsaen N.Gunun P.Yuangklang C. Effects of fermented total mixed ration and

- cracked cottonseed on milk yield and milk composition in dairy cows. *The Asian-Australasian of Animal Journal* 2009; 22(12):1625-1632.
7. Yuangklang.C.Vasupen K. Wittayakun S Srinanaun P Sukho C. Effect of total mixed ration and fermented total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation, nutrient digestibility and blood metabolites in dairy cows. In: *Proceeding of 11th AAAP Animal Science Congress, Kuala Lumpur, Malaysia; 2004. p. 18-20.*
 8. ไกรลาศ เขียวทอง. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครราชสีมา: หจก.มิตรภาพการพิมพ์ 1995; 2556.
 9. เฉลา พิทักษ์สินสุข จริยา บุญจรัสชะ จีรพัฒน์วงศ์พิพัฒน์. การรวบรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. รายงานผลงานวิจัย;2553. 77 หน้า
 10. AOAC. Official methods of analysis of the AOAC.15th ed. Association of official analytical chemists. Washington DC:USA; 1990.
 11. Van Soest PJ Robertson JB Lewis BA.Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and Non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 1991; 74:3583-3597.
 12. Van Keulen J Young BA. Evaluation of acid insoluble ash as a natural.marker .in.ruminant.digestibility studies. *Journal of Animal Science*1977; 44: 282-287.
 13. Schneider BH Flatt WP. The evaluation.of. feed. through digestibility.experiments. The University of Georgia Press. Athens: USA; 1975.
 14. Bremner JM Keeney DR. Steam distillation methods of determination of ammonia, nitrate and nitril. *Analytica Chimica Acta*1965; 32:485-495.
 15. Briggs PK Hogan JF Reid RL.The effect of volatile fatty acid, lactic acid, and ammonia on rumen pH in sheep.*Australian Journal of Agricultural Research* 1957; 8:674-710.
 16. SAS. SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12th ed. SAS Institute Inc. Cary NC: USA;1998.
 17. Kellems RO Jones R Andrus D Wallentine MV. Effect of moisture in total mixed ration on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. *Journal of Dairy Journal of Dairy Science* 1991; 74:929-932
 18. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed. National Academy of Sciences Washington: DC;2001
 19. วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่ ภาณุวัฒน์ คัมภีร์วัฒน์ พิชาต เขจรศาสตร์. การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานและเยื่อใยในสูตรอาหารแกะขุน. *วารสารเกษตรพระจอม* 2555; 30:(1)23-31.
 20. เวียงสกุล นาประเสริฐ.... ผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารชั้นต่อปริมาณการกินได้รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และความสามารถในการย่อยได้และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ..วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547
 21. Milis CH Liamadis D. Effect of protein levels, main protein and non forage fiber source on digestibility, N-balance and energy value of sheep rations. *Journal of Animal and Veterinary advances* 2007; 6(1): 68-75.
 22. พิพัฒน์ เหลืองลาวณิชย์. การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมักสำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2554
 23. บุญเสริม พรจันทิก ฉลอง วชิราภากร อนุสรณ์ เข็ดทอง ณพงศ์พจน์ สุภาพ จันทิวา วงศ์เนตร. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ. *วารสารสัตวแพทยมหานคร* 2558; 10(2): 81-97.
 24. เมฆาวรรณพัฒน์. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : ฟีนนี่พับบลิชชิง;2533 473 หน้า.
 25. เข็ดชาย โยธารินทร์ ฉลอง วชิราภากร เฉลิมพล เยื้องกลาง ณพงศ์พจน์ สุภาพ จันจิรา วงศ์เนตร.ผลของการเสริมกรดอะมิโนในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีการใช้กากมันสำปะหลังแห้งต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม. *วารสารสัตวแพทยมหานคร* 2556; 8(2): 53-69.
 26. เทอดศักดิ์ ปุระมงคล และกั๊ววัน ธรรมแสง. ผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ร่วมกับกาก

น้ำตาลต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ..วารสารการเกษตร ราชภัฏ 2560; 16 (1): 26-33.

27. ทรงศักดิ์ จำปาเวดี. ผลของระดับโปรตีน และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อผลผลิตน้ำนมในโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2541.
28. อนันตเดช แยมหอม วันวิศาข์ งามผ่องใส ปิ่น จันจุฬา. ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโคชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย. วารสารแก่นเกษตร 2555; 40: 343-358.

การเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัด 5 พันธุ์ ที่ปลูกภายใต้ระบบไฮโดรโปนิิกส์

Growth, yield and nitrate accumulation in five lettuces grown under hydroponics system

อริสรา ผาสุก¹, ประสิทธิ์ ชุติชูเดช², เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช²

Arisara Phasuk¹, Prasit Chutichudet², Benjawan Chutichudet²

Received: 25 December 2018; Revised: 15 March 2019; Accepted: 10 April 2019

บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดจำนวน 5 พันธุ์ ที่ปลูกภายใต้ระบบไฮโดรโป-นิิกส์แบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design จำนวน 4 กรรมวิธีซ้ำ ๆ ละ 4 ต้น ได้แก่ กรีนคอส กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด เรดคอรัล และเรดโอ๊ค ที่ระยะการเจริญเติบโต 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ทำการทดลองระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม 2560 ณ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีมหาวิทาลัยมหาสารคาม ผลการทดลองพบว่าในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก ผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมี ความสูงต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากสด และน้ำหนักรากแห้ง มากที่สุดคือ 34.39 เซนติเมตร 2.23 เซนติเมตร 335.69 กรัม 65.24 กรัม 51.59 กรัม และ 2.52 กรัม ตามลำดับ สำหรับการทดลองหาปริมาณไนเตรทในส่วนต่างๆ ของต้นผักสลัด วางแผนการทดลองแบบ 5x4x5 Factorial in Randomized Complete Block Design (พันธุ์ x ระยะเวลาการเจริญเติบโต x ส่วนต่างๆ ของต้น) ผลการทดลองพบว่าผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์ มีการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะพันธุ์เรดโอ๊คพบไนเตรทในปริมาณมากที่สุดคือ 162.30 กรัมต่อกิโลกรัม ในส่วนที่ใช้บริโภค (ก้าน+ใบ) ในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก

คำสำคัญ: ผักสลัด ไฮโดรโปนิิกส์ ไนเตรท การสะสมไนเตรท

Abstract

The aim of this research was to investigate growth, yield and nitrate accumulation of lettuce grown under hydroponics of Dynamic Root Floating Technique (DRFT). The experimental design was conducted under completely randomized design with 4 replications (4 plants per replication). Factor A was 5 lettuce varieties; Green cos, Green oak, Butterhead, Red coral and Red oak. Factor B was levels of growth periods; 2, 3, 4 and 5 weeks after transplanting (WAT). The experiment was carried out during September to October, 2017 at Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University. The results showed that Green cos on 5 WAT gave the greatest values of plant height, stem diameter, shoot fresh weight, shoot dry weight, fresh root weight, and dry root weight with 34.39 cm, 2.23 cm, 335.69 g, 65.24 cm, 51.59 g, and 2.52 g, respectively. For the analysis of nitrate contents in each part, the lettuces were arranged under 5x4x5 Factorial in RCBD (varieties x growth period x part of plant). The results revealed that all 5 varieties of lettuce had increasing accumulation of nitrate in accordance with the increasing growth period. Especially, Red oak on 5 WAT had the highest nitrate content of 162.30 gram per kilogram in consumable parts (petiole + leaf).

Keywords: lettuce, hydroponics, nitrate, nitrate accumulation

¹ นิสิตระดับปริญญาโท, ²อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีมหาวิทาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master Degree Student, ²Lecturer of Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham, Thailand 44150

* Corresponding author: Arisara Phasuk, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham, Thailand 44150 E-mail : arisara2094@gmail.com

บทนำ

ผักสลัดเป็นพืชอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นอวบสั้น มีลักษณะและสีแตกต่างกันขึ้นกับแต่ละพันธุ์ ผักสลัดนิยมนำมาใช้บริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติดี ประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าแก่ร่างกายหลายชนิด ได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ เบต้าแคโรทีน โฟเลท ธาตุเหล็ก และอื่น ๆ¹ จากปริมาณความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อความต้องการของตลาด จึงส่งผลให้มีราคาสูง จึงทำให้มีแนวความคิดที่จะขยายพื้นที่การเพาะปลูก และปรับเปลี่ยนวิธีการเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผักสลัดในปริมาณเพิ่มขึ้น การปลูกผักสลัดด้วยระบบไฮโดรโป-นิคส์ จึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจ และกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากเกษตรกรผู้ผลิต ซึ่งเป็นการปลูกพืชแบบให้ส่วนรากของต้นพืชจุ่มลงในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ในประเทศไทยที่นิยมคือ แบบ Nutrient Film Technique (NFT) และแบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) การปลูกพืชแบบไฮโดร-โปนิคส์สามารถนำมาใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี และยังช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต และคุณภาพ โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อย ตลอดจนเสียค่าใช้จ่ายในระยะยาวที่ต่ำ² อย่างไรก็ตามปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความวิตกกังวลในการบริโภคผักที่ปลูกในสารละลาย เพราะในสารละลายที่ใช้มักมีธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทประมาณร้อยละ 80-90 ของธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด³ โดยไนเตรท (NO_3^-) ที่ใช้ในทางการเกษตรจะอยู่ในรูปเกลือไนเตรทของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แอมโมเนียม ฯลฯ โดยปกติไนเตรทจัดเป็นสารที่ไม่มีพิษ แต่เมื่อรับประทานอาหารที่มีไนเตรทตกค้างสูงเข้าสู่ร่างกาย จะถูกจุลินทรีย์ในกลุ่มแอมโมเนียมออกไซด์ในกระเพาะอาหารและลำไส้เปลี่ยนจากไนเตรทไปอยู่ในรูปไนไตรท์ (NO_2^-) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเมทฮีโมโกลบินเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งเกิดจากฮีโมโกลบินในเลือดถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ด้วยไนไตรท์กลายเป็นเมท-ฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้ไม่สามารถพาออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายได้ ในคนทั่วไปจะมีเมทฮีโมโกลบินในเลือดประมาณ 0.5-2 เปอร์เซ็นต์ ถ้าสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย ตัวเขียว หัวใจเต้นเร็ว และถ้าสูงถึงระดับ 50-60 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้หมดสติ และเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ไนไตรท์ยังสามารถทำปฏิกิริยากับ amines ในอาหาร เกิดเป็นสาร nitrosamines ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งระดับ กระเพาะอาหาร และหลอดอาหาร ในผู้ที่รับประทานอบสนองไวต่อสารนี้จะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วง อุจจาระเป็นเลือด และปวดศีรษะ ทั้งนี้ไนไตรท์ยังก่อให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของต่อม

ไทรอยด์อีกด้วย⁴ จากข้อกังวลเกี่ยวกับผลกระทบของไนเตรทดังกล่าว ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารระดับนานาชาติ หรือ JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee On Food Additives) ได้ประเมินค่าความปลอดภัยของไนเตรทในอาหารที่บริโภคได้ต่อวัน ไม่ควรเกิน 0.22 กรัมต่อคนที่มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรทสูงสุดในผักกาดหอมตามข้อบังคับของสหภาพยุโรป 2536 กำหนดไว้ไม่เกิน 2.5 กรัมต่อกิโลกรัมของผัก จากการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ส่วนของรากพืชจะแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งรากจะทำหน้าที่ดูดสารละลายธาตุอาหารต่างๆ รวมทั้งไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรท หากพืชนั้นได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรทมากเกินไปจนนำไปใช้ไม่หมด อาจส่งผลให้เกิดการสะสมไนเตรทในส่วนต่างๆ ของต้นพืชผัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการสะสมไนเตรทในส่วนต่างๆ ของผักสลัดจำนวน 5 พันธุ์ที่ปลูกภายใต้ระบบไฮโดรโปนิคส์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการผลิตผักสลัด รวมทั้งยังใช้เป็นข้อมูลพิจารณาการตัดสินใจของผู้บริโภคผักสลัด

วิธีการศึกษา

ศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโป-นิคส์แบบ DRFT โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรเอ, บี ซึ่งโดยทั่วไปสารละลายธาตุอาหารสูตรเอ จะประกอบด้วยแคลเซียมไนเตรท ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) และเหล็กอีเลด (Fe-EDTA) และสารละลายสูตรบีประกอบด้วยโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) โมโน-โพแทสเซียมไนเตรท (KH_2PO_4) โมโนแอมโมเนียม-ฟอสเฟต ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{P}_4$) แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) และจุลธาตุต่าง ๆ เมื่อนำทั้ง 2 สูตรมาใช้ร่วมกันในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ¹⁴ ทำการทดลองในระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม 2560 ซึ่งบริเวณโรงเรือนได้รับแสงเฉลี่ยตั้งแต่เวลา 05.54-18.20 นาฬิกา อุณหภูมิภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 34.5 องศาเซลเซียส โดยเพาะเมล็ดผักสลัดในแผ่นฟองน้ำ เมื่อดันกล้าผักอายุครบ 2 สัปดาห์ทำการย้ายลงปลูกลงในแผ่นปลูก หลุมละหนึ่งต้น โดยใช้ระยะปลูก 12×15 เซนติเมตร

การศึกษากการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดจำนวน 5 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design จำนวน 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ๆ ละ 4 ต้น ใช้พันธุ์ผักสลัดจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ กรีนคอส กรีนอ็อค บัตเตอร์เฮด เรดคอส และเรดอ็อค และระยะเวลาในการเจริญเติบโต 4

ระยะ คือ 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก โดยทำการบันทึกข้อมูลในด้านต่างๆ เกี่ยวกับความสูงต้น (เซนติเมตร) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) จำนวนใบ ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) น้ำหนักต้นสด (กรัม) น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม) ความยาวราก (เซนติเมตร) น้ำหนักรากสด (กรัม) น้ำหนักรากแห้ง (กรัม) และมวลชีวภาพ (เปอร์เซ็นต์) และศึกษาปริมาณการสะสมไนเตรทใน ส่วนต่างๆ ของผักสลัด ได้แก่ ราก ลำต้น ก้าน ใบ และส่วนที่บริโภค (ก้าน+ใบ) โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทตามวิธีการของ association of official analytical chemists (AOAC)⁵ โดยการเก็บตัวอย่างผักสลัดน้ำหนัก 100 กรัม ล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง นำมาบดเป็นผงละเอียดชั่งตัวอย่างแห้งน้ำหนัก 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง mixer ทิ้งไว้ข้ามคืน นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นดูดสารสกัดตัวอย่าง 1.0 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1.0 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายเกลือ NaCl ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ และกรด H_2SO_4 ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำละลาย Brucine sulfanilic แล้วนำหลอดทดลองไปตั้งในน้ำเดือดเป็นเวลา 25 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้โปรแกรม Genstat เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ของข้อมูลด้วย DMRT

ผลและอภิปรายผล

การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์ หลังการย้ายปลูกพบว่า ผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ดังนี้

ความสูงต้น

ผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ในสัปดาห์ที่ 5 ผักสลัดทุกพันธุ์มีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์อื่นๆ (Figure 1) โดยพันธุ์กรีนคอสมีความสูงต้นมากที่สุด เท่ากับ 34.39 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือ พันธุ์กรีนโอ๊ค เท่ากับ 28.81 เซนติเมตร ทั้งนี้ความสูงต้นน้อยที่สุดพบในพันธุ์เรดคอรัลสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 5.89 เซนติเมตร เนื่องจากผักสลัดพันธุ์ กรีนคอสมีลักษณะต้นทรงสูง ใบยาวรี ช้อนกันเป็นข้อขึ้นมาทรงตั้ง ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะขอบใบหยักและสั้นกว่า¹³ จึงทำให้ผักสลัดพันธุ์ กรีนคอสมีความสูง

ต้นมากกว่าพันธุ์อื่นๆ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

ผลการทดลองพบว่า พันธุ์กรีนคอสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด (Figure 2) เท่ากับ 2.23 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) ขณะที่พันธุ์ กรีนโอ๊ค เรดคอรัล และเรดโอ๊คในสัปดาห์ที่ 5 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.46, 1.50 และ 1.82 เซนติเมตร ตามลำดับ เนื่องจากลำต้นของผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมีลักษณะแข็งแรง อวบใหญ่ จึงทำให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด

จำนวนใบ

จากการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ผักสลัดแต่ละพันธุ์มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้จำนวนใบของต้นสูงสุดพบในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก โดยผักพันธุ์ กรีนโอ๊คมีจำนวนใบมากที่สุด (Figure 3) เท่ากับ 32.31 ใบ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือพันธุ์ กรีนคอส เรดคอรัล บัตเตอร์เฮด และเรดโอ๊ค มีจำนวนใบเท่ากับ 30.25, 25.81, 24.12 และ 19.69 ใบ ตามลำดับ เนื่องจากลำต้นของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีข้อสั้น และต้นจะสร้างใบออกตามบริเวณข้อ ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์อื่นที่มีข้อยาวกว่าจึงทำให้มีจำนวนใบในมากที่สุด¹³

ขนาดทรงพุ่ม

ผลการทดลองใน พบว่า ต้นผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัลมีขนาดทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 32.52 และ 31.81 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 4) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับบัตเตอร์เฮด รองลงมาคือพันธุ์กรีนคอส เรดโอ๊ค และบัตเตอร์เฮด มีขนาดทรงพุ่มเท่ากับ 30.68 30.48 และ 27.26 เซนติเมตร ตามลำดับ เนื่องจากผักสลัดกรีนโอ๊คมีลักษณะทรงพุ่มที่กลม ลำต้นมีข้อสั้น แต่มีก้านใบยาว ลักษณะก้านใบแผ่ออกด้านข้าง ใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านนอกใหญ่กว่าใบข้างใน¹³ ทำให้กรีนโอ๊คมีขนาดทรงพุ่มมากที่สุด

น้ำหนักต้นสด

ผลการทดลองพบว่า ผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์ มีน้ำหนักต้นสดสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก โดยพันธุ์กรีนคอสมีน้ำหนักต้นสดมากที่สุดเท่ากับ 335.69 กรัม ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่พันธุ์กรีนโอ๊คและบัตเตอร์-เฮดมีน้ำหนักต้นสดเท่ากับ 200.06 และ 207.21 กรัม ตามลำดับ พันธุ์เรดคอรัลและเรดโอ๊คมีน้ำหนักต้นสดน้อยที่สุดคือ 146.40 และ 143.76 กรัม ตามลำดับ (Figure 5) เนื่องจากผักสลัดพันธุ์กรีนคอสเป็นผักสลัดที่มีลักษณะใบกรอบ ก้านใบหนา ลำต้นมีขนาดใหญ่¹³ จึงทำให้

กรีนคอสมีน้ำหนักต้นสดมากที่สุด

น้ำหนักต้นแห้ง

ผลการทดลองใน Figure 6 พบว่าน้ำหนักต้นแห้งของ ผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์ มีแนวโน้ม มีสอดคล้องกับน้ำหนักต้นสด โดยผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมีน้ำหนักต้นแห้งมากที่สุด เท่ากับ 19.43 กรัม ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ พันธุ์บัตเตอร์เฮด (15.52 กรัม) ขณะที่พันธุ์กรีนโอ๊ค เรดคอรัล และเรดโอ๊ค มีน้ำหนักต้นแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 10.96, 9.70 และ 8.14 กรัม ตามลำดับ

ความยาวราก

ผลการทดลองพบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 หลังการย้ายปลูก ผักสลัดพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 65.24 เซนติเมตร (Figure 7) แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) กับพันธุ์อื่นๆ รองลงมาได้แก่ พันธุ์กรีนคอส เรดโอ๊ค และเรดคอรัล มีความยาวรากเท่ากับ 57.90, 54.61 และ 53.43 เซนติเมตร ตามลำดับ และความยาวรากน้อยที่สุดพบในผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค เท่ากับ 49.08 เซนติเมตร

น้ำหนักรากสด

ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักรากสดของต้นผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์ในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก (Figure 8) แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) โดยผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมีน้ำหนักรากสดมากที่สุดเท่ากับ 51.59 กรัม รองลงมาได้แก่ พันธุ์กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล มีน้ำหนักรากสดเท่ากับ 18.29 และ 28.20 กรัม ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์บัตเตอร์เฮดและเรดโอ๊คมีน้ำหนักรากสดน้อยที่สุดคือ 18.58 และ 20.93 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้จาก การเจริญเติบโตของรากมีความสัมพันธ์กับการเจริญของส่วนต้น เมื่อต้นพืชมีการเจริญในส่วน

ต้นคือมีการเจริญของใบที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ดี จะส่งผลช่วยส่งเสริมให้มีการเจริญของรากเพิ่มขึ้นไปพร้อมๆ กัน¹² สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่าผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมีน้ำหนักต้นสดและรากสดมากที่สุด

น้ำหนักรากแห้ง

ในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูกพบว่า ผักสลัดทั้ง 5 พันธุ์มีน้ำหนักรากแห้งมากที่สุด สอดคล้องกับน้ำหนักรากสด (Figure 9) โดยผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมีน้ำหนักรากแห้งมากที่สุด เท่ากับ 2.52 กรัม ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ พันธุ์เรดคอรัลมีน้ำหนักรากแห้ง 1.52 กรัม ขณะที่พันธุ์ กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด และเรดโอ๊ค มีน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 1.38, 1.16 และ 1.12 กรัม ตามลำดับ

มวลชีวภาพ

ในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก ผักสลัดพันธุ์ กรีนโอ๊คมีมวลชีวภาพมากที่สุดเท่ากับ 22.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับพันธุ์อื่นๆ รองลงมาได้แก่ พันธุ์บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค กรีนคอส และ เรดคอรัล เท่ากับ 16.91, 12.50, 11.57 และ 9.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของต้นพืชอาจเกิดจากกลไกการปรับตัวของพืชภายใต้สภาพที่มีปริมาณประจุของธาตุอาหารที่แตกตัวในสารละลายธาตุอาหารในปริมาณมาก เพื่อช่วยในการปรับสมดุลออสโมติกภายในต้นพืช ทำให้พืชสามารถรักษาความสามารถในการดูดซึมน้ำ และธาตุอาหาร รวมทั้งป้องกันอันตรายที่เกิดจากปริมาณประจุของธาตุอาหารที่แตกตัวในสารละลายธาตุอาหารที่มีปริมาณมากเกินไป¹⁵

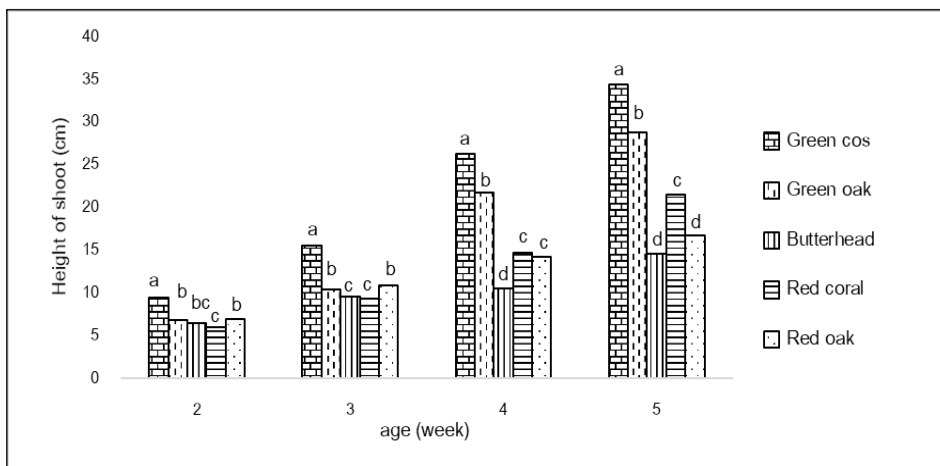


Figure 1 Height of shoot of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

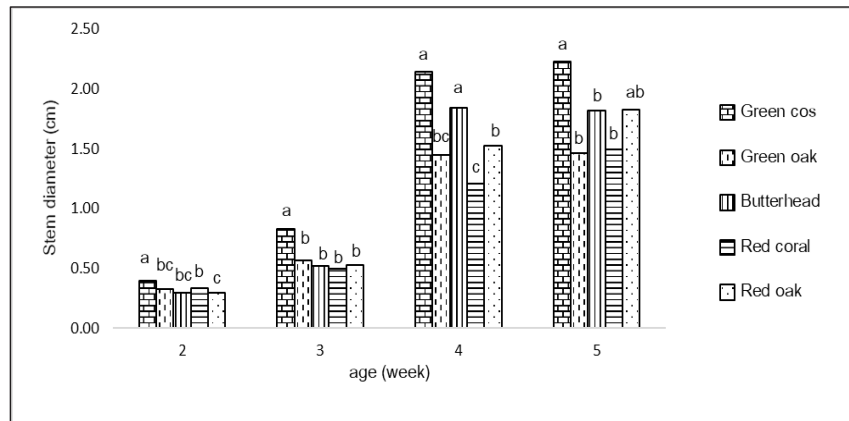


Figure 2 Stem diameter of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

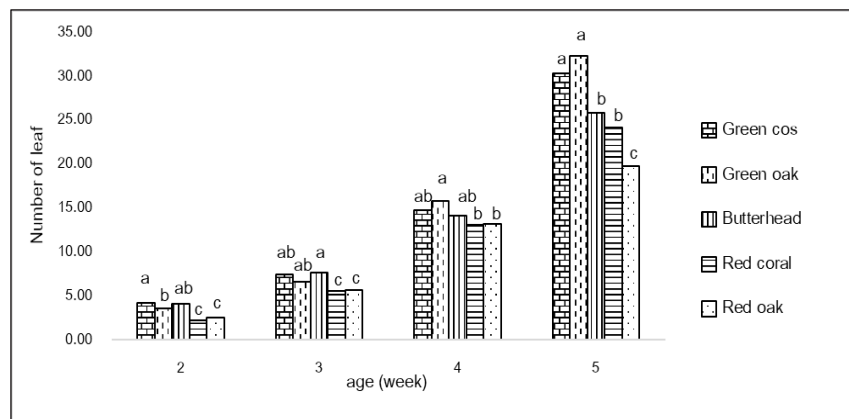


Figure 3 Number of leaf of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

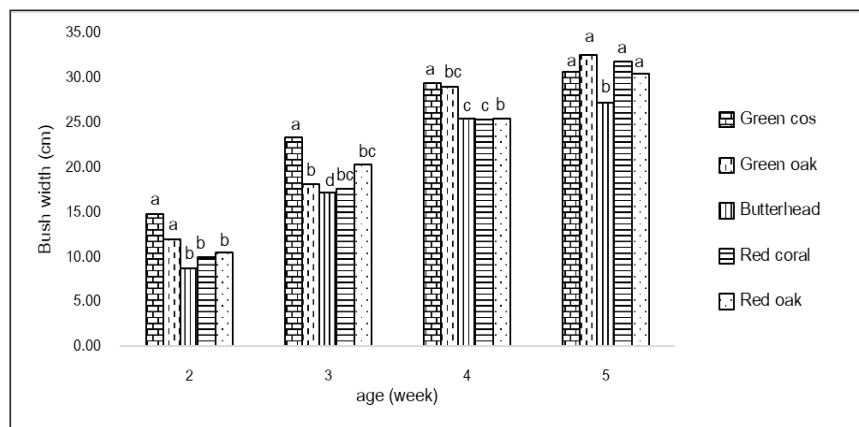


Figure 4 Bush width of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

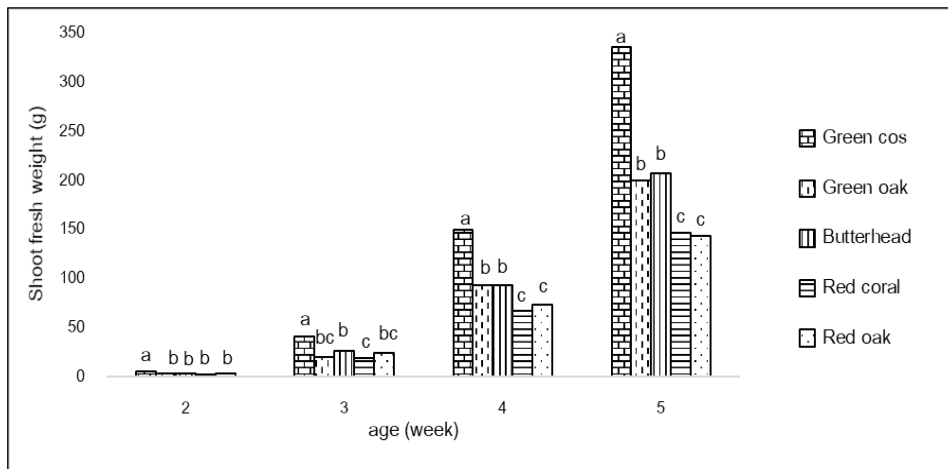


Figure 5 Shoot fresh weight of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

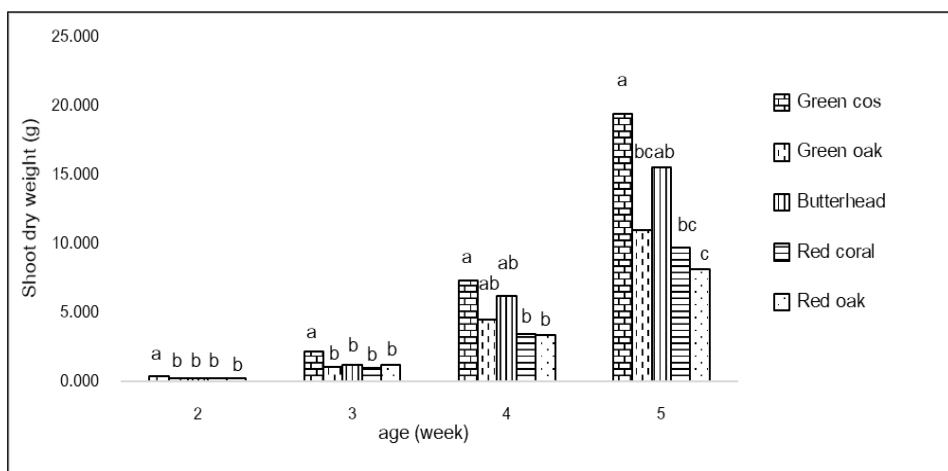


Figure 6 Shoot dry weight of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

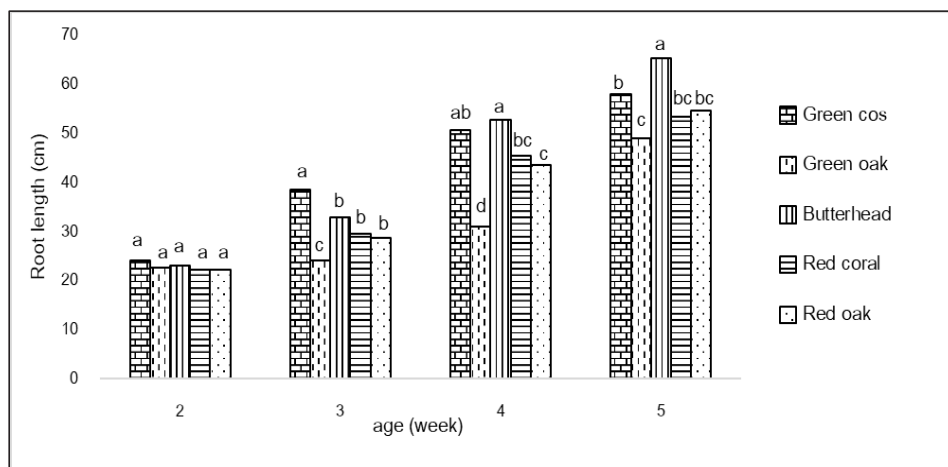


Figure 7 Root length of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

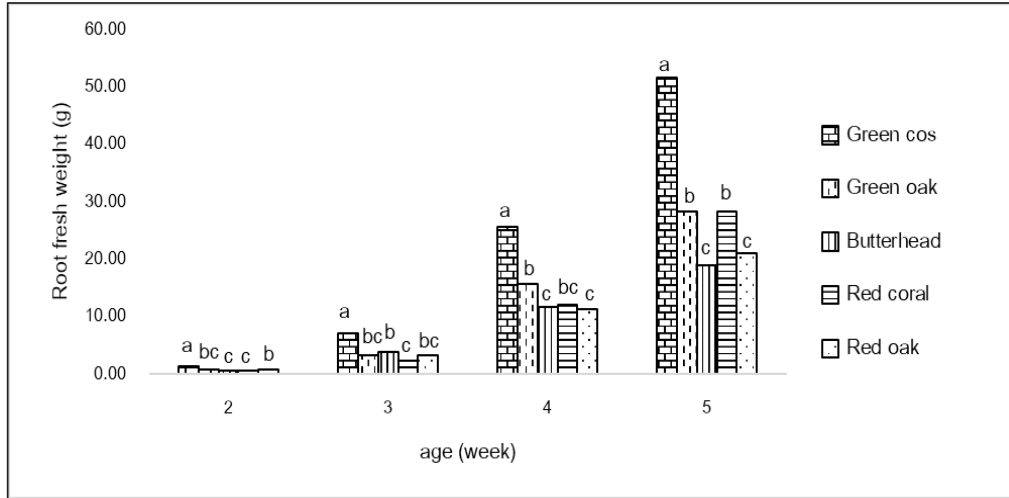


Figure 8 Root fresh weight of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

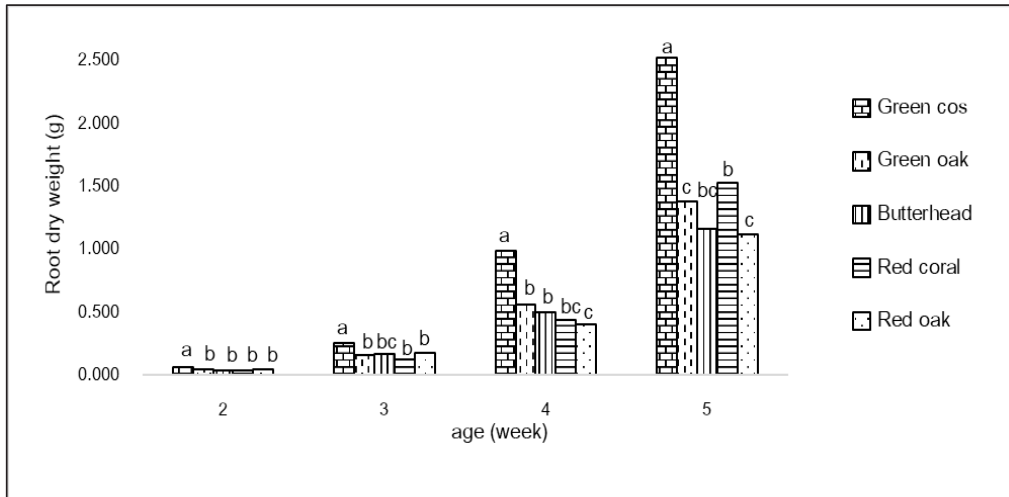


Figure 9 Root dry weight of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

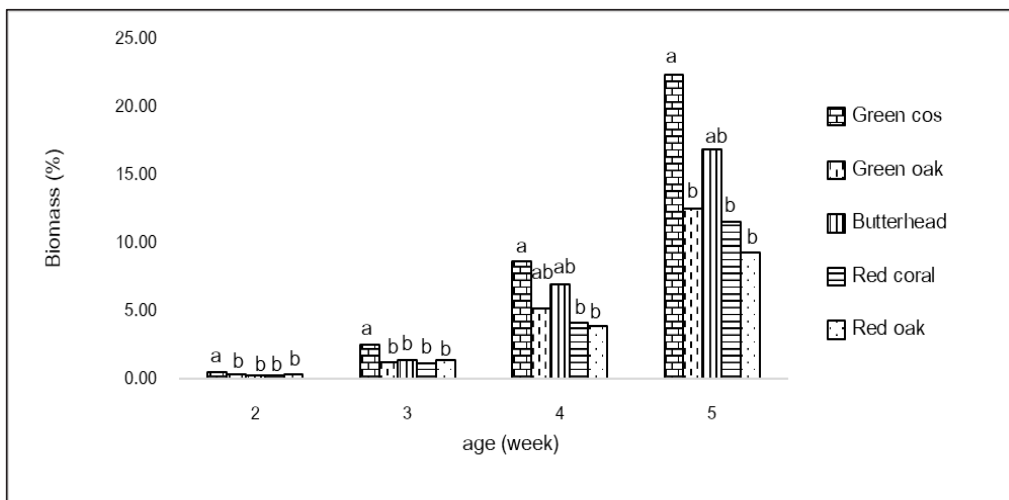


Figure 10 Biomass of five lettuce grown under hydroponics system

*A different small letter on bar indicates significant difference ($p \leq 0.05$) compared among treatment.

ปริมาณการสะสมไนเตรท

จากการวิเคราะห์ไนเตรทในผักสลัดจำนวน 5 พันธุ์ (Table 1) โดยทำการแยกวิเคราะห์ในส่วนต่างๆ ของต้น ตั้งแต่ลำปาดที่ 2 ถึงลำปาดที่ 5 ของการเจริญเติบโต พบว่าไนเตรทมีการสะสมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยปริมาณการสะสมไนเตรทสูงเกินมาตรฐาน (2.5 กรัมต่อกิโลกรัม)¹⁹ ตั้งแต่ลำปาดที่ 2 ไปจนถึงลำปาดที่ 5 ในลำปาดที่ 2 ของการเจริญเติบโต พันธุ์กรีนคอสในส่วนก้านและใบพบไนเตรทในปริมาณสูงสุด (11.01 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) จากไนเตรทในผักสลัดพันธุ์บัตเตอร์เฮดในส่วนใบ ซึ่งมีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด (1.75 กรัมต่อกิโลกรัม) ในลำปาดที่ 3 ของการเจริญเติบโต พันธุ์เรดคอรอลในส่วนก้าน และใบพบไนเตรทในปริมาณสูงสุด (39.66 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) จากไนเตรทในส่วนลำต้น ซึ่งมีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด (4.34 กรัมต่อกิโลกรัม) ในลำปาดที่ 4 ของการเจริญเติบโต ผักสลัดพันธุ์บัตเตอร์เฮดในส่วนก้านและใบพบไนเตรทในปริมาณสูงสุด (82.85 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) จากไนเตรทในผักสลัดพันธุ์เรดคอรอลในส่วนราก ซึ่งมีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด (19.37 กรัมต่อกิโลกรัม) จะเห็นได้ว่าพันธุ์บัตเตอร์เฮด เรดคอรอล และเรดโอ๊คมีปริมาณการสะสมไนเตรทในส่วน ก้าน + ใบ มากกว่าพันธุ์กรีนคอสและกรีนโอ๊ค อาจเป็นเพราะว่าทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้มข้นของปริมาณไนเตรทในผักสลัด เพราะในองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์มีอะตอมของไนโตรเจนล้อมรอบอะตอมของแมกนีเซียมซึ่งอยู่ตรงกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนที่เรียกว่า porphyrin ring ถ้ามี ไนเตรทสูงก็จะดันพืชก็จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มากตาม ซึ่งคลอโรฟิลล์แปรผันตามปริมาณไนโตรเจน¹⁸ สอดคล้องกับงานวิจัยของอดิศักดิ์และ นารท¹⁶ ที่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักสลัดกลุ่มสีม่วง (เรด-คอรอล และเรดโอ๊ค) มีมากกว่าในผักสลัดกลุ่มสีเขียว (กรีนโอ๊ค) และจากงานวิจัยของอรประภาและภาณุมาศ¹⁷ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไนโตรเจนในผักสลัดเพิ่มขึ้น ในลำปาดที่ 5 ของการเจริญเติบโต พันธุ์เรดโอ๊คในส่วนก้าน+ใบพบไนเตรทในปริมาณสูงสุด (162.30 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.05$) จากไนเตรทในผักสลัดพันธุ์บัตเตอร์เฮดในส่วนใบซึ่งมีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด (32.10 กรัมต่อกิโลกรัม)

จากการทดลองปริมาณไนเตรทสูงตั้งแต่ลำปาดที่ 2 จนถึงลำปาดที่ 5 และสูงกว่าที่ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารระดับนานาชาติ (Joint FAO/WHO Expert Committee On Food

Additives; JECFA) ที่ประเมินค่าความปลอดภัยการบริโภคผักที่มีไนเตรทตกค้างไม่เกิน 2.5 กรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับการทดลองของ วุฒิพงษ์⁹ ที่พบว่าการตกค้างของไนเตรทในกรีนคอส และกรีนโอ๊ค ที่ปลูกในฤดูร้อนมีการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโต

ไนเตรทจัดเป็นธาตุอาหารรูปของไนโตรเจนที่พืชต้องการสำหรับการเจริญเติบโต หากพืชได้รับไนเตรทมากเกินไปจะเก็บสะสมไว้ในเซลล์พืช โดยเฉพาะผักกาดและผักกาดขาว การสะสมไนเตรทของพืชจะมีความแตกต่างกันในแต่ละเนื้อเยื่อ โดยพบว่าเส้นใบจะมีการสะสมไนเตรทน้อยกว่าก้านใบและลำต้น ส่วนใบที่แก่กว่าจะมีการสะสมไนเตรทมากกว่าใบอ่อน¹¹ และนอกจากนี้ในพืชชนิดเดียวกัน (species) เดียวกันแต่ต่างพันธุ์ (variety) มีการสะสมไนเตรทแตกต่างกันแต่จะมีความแตกต่างกันไม่มากนัก⁷ อีกทั้งยังขึ้นกับชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ดูใช้ โดยปกติรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ถ้าอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) จะถูกสะสมในกรดอะมิโนที่ราก และเคลื่อนย้ายไปในรูปกรดอะมิโนในไซเลมสู่ส่วนเหนือดิน แต่ถ้าดูใช้ในรูปของไนเตรทไอออน (NO_3^-) จะเคลื่อนที่ไปในไซเลมต่อได้ทันที¹³

ในสารละลายธาตุโดยทั่วไปจะมีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทประมาณร้อยละ 80-90 ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ไนเตรทที่พืชดูดไปใช้ส่วนใหญ่พืชจะนำไปสร้างสารประกอบอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโนส่วนที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้จะยังคงสะสมเป็น ไนเตรทสะสมอยู่ในเซลล์พืช หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการปลูก เช่น ปลูกในสภาพแสงน้อย พืชจะมีการดูดไนเตรทจากสารละลายเข้าไปมาก เนื่องจากพืชมีการกระตุ้นการสะสมไนเตรทเป็นการชดเชยแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ทดแทนความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (คาร์โบไฮเดรต) ที่ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการอัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดลงเมื่อความเข้มแสงลดลง⁸ และในขณะเดียวกันถ้าพืชเปลี่ยนไนเตรทเป็นสารอินทรีย์ (กรดอะมิโน) ได้น้อย สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูง มีผลไปลดเมตาบอลิซึมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงไนเตรท การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้มีการสะสมไนเตรทในพืชมากขึ้น

ในกระบวนการไนเตรทรีดักชัน ซึ่งต้องอาศัยเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส โดยทั่วไปมักจะเกิดในรากพืชหรือส่วนของกิ่งก้านพืช ส่วนกระบวนการไนเตรทรีดักชันซึ่งอาศัยเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส จะเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ที่อยู่ในส่วนของใบพืช และใน proplastids ที่อยู่ในรากของพืช ไนเตรทที่ถูกเปลี่ยนมาจากไนเตรทในกระบวนการไนเตรทรีดักเทส ซึ่งจะเกิดขึ้นภายใน cytosol ในเซลล์พืช จะถูกส่งเข้าไปในคลอโรพลาสต์

ผ่านกระบวนการไนโตรที่รีดักชันภายในคลอโรพลาสต์ต่อไป¹⁰ หากการรีดักชันของไนเตรตมาเป็นไนโตรที่เกิดขึ้นเร็วกว่าการรีดักชันของไนเตรตไปเป็นแอมโมเนียม จะทำให้ไนโตรที่

สะสมอยู่ในพืช แต่ถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดได้ช้า จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชได้มากขึ้น

Table 1 Nitrate accumulation in all 5 lettuce

Variety	Part	Nitrate content (g kg ⁻¹) at different age (week)			
		Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
Green cos	root	2.04 ^E	4.85 ^{CDE}	20.47 ^{wxy}	53.47 ^{h-k}
	stem	3.83 ^{CDE}	6.89 ^{B-E}	40.60 ^{m-p}	56.30 ^{hij}
	petiole	9.21 ^{A-E}	10.08 ^{A-E}	49.15 ^{hi}	88.99 ^e
	leaf	1.80 ^E	4.47 ^{CDE}	34.02 ^{p-t}	34.02 ^{p-t}
	Petiole+leaf	11.01 ^{A-D}	14.56 ^{y-B}	29.39 ^{r-u}	123.01 ^{bc}
	\bar{x}	5.58	8.17	34.73	71.16
Green oak	root	2.20 ^E	6.05 ^{CDE}	19.64 ^{xyz}	48.73 ^{kl}
	stem	4.46 ^{CDE}	5.72 ^{CDE}	38.39 ^{opq}	57.53 ^h
	petiole	4.51 ^{CDE}	22.27 ^{u-y}	47.23 ^{k-n}	90.14 ^e
	leaf	1.92 ^E	6.41 ^{B-E}	37.08 ^{o-r}	37.08 ^{o-r}
	Petiole+leaf	6.43 ^{B-E}	28.68 ^{s-v}	29.94 ^{r-u}	127.22 ^b
	\bar{x}	3.90	13.83	34.46	72.14
Butter head	root	2.33 ^{DE}	5.27 ^{CDE}	20.60 ^{wxy}	51.66 ^{h-k}
	stem	4.27 ^{CDE}	5.93 ^{CDE}	36.62 ^{o-s}	55.41 ^{h-k}
	petiole	5.52 ^{CDE}	21.19 ^{v-y}	50.51 ^{h-l}	78.99 ^{fg}
	leaf	1.75 ^E	7.61 ^{A-E}	32.34 ^{q-t}	32.10 ^{q-t}
	Petiole+leaf	7.27 ^{A-E}	28.81 ^{s-v}	82.85 ^{ef}	111.09 ^d
	\bar{x}	4.228	13.762	44.584	65.85
Red coral	root	2.07 ^E	5.93 ^{CDE}	19.37 ^{yz}	53.80 ^{h-k}
	stem	4.63 ^{CDE}	4.34 ^{CDE}	39.62 ^{n-q}	57.67 ^h
	petiole	4.57 ^{CDE}	27.55 ^{t-x}	47.74 ^{klm}	75.44 ^{fg}
	leaf	2.09 ^E	12.11 ^{z-C}	28.24 ^{t-w}	42.70 ^{l-o}
	Petiole+leaf	6.66 ^{B-E}	39.66 ^{opq}	75.98 ^{fg}	118.14 ^c
	\bar{x}	4.00	17.92	42.19	69.55
Red oak	root	2.20 ^E	6.57 ^{B-E}	20.47 ^{wxy}	48.82 ^{kl}
	stem	4.50 ^{CDE}	7.72 ^{A-E}	38.47 ^{opq}	57.20 ^{hi}
	petiole	5.39 ^{CDE}	14.64 ^{y-B}	49.27 ^{hi}	89.76 ^e
	leaf	1.88 ^E	15.35 ^{yzA}	30.32 ^{r-u}	72.54 ^g
	Petiole+leaf	7.27 ^{A-E}	29.99 ^{r-u}	79.59 ^{fg}	162.30 ^a
	\bar{x}	4.25	14.85	43.62	86.12
F-test: A		**			
F-test: B		**			
F-test: C		**			
F-test: A×B		**			
F-test: A×C		**			
F-test: B×C		**			
F-test: A×B×C		**			
C.V. (%)			14.8		

ns = non-significant difference, **highly significant difference

mean value in the same table with different letters were significantly different (p< 0.05)

สรุปผล

ผักสลัดจำนวน 5 พันธุ์ (กรีนคอส กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด เรดคอรัลและเรดโอ๊ค) ที่เจริญเติบโตภายใต้ระบบไฮโดรโปนิคส์แบบ DRFT โดยบันทึกระยะเวลาในการเจริญเติบโต 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์หลังย้ายปลูก พบว่าในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูกผักสลัดพันธุ์กรีนคอสมีการเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง ความสูงต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักต้นแห้งมากที่สุด ขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในส่วนต่างๆ ของต้นผักสลัด พบว่าพันธุ์เรดโอ๊คพบไนเตรทในปริมาณมากที่สุดในส่วนที่ใช้บริโภค (ก้าน+ใบ) (162.30 กรัมต่อกิโลกรัม) ในสัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก อย่างไรก็ตามเนื่องจากการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัด ดังนั้นจากการทดลองที่ได้ควรจะต้องมีการนำมาศึกษาหรือหาวิธีในการลดปริมาณการสะสมไนเตรทให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐานก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ผักสลัดที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ความอนุเคราะห์โรงเรือน และเครื่องมือวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

- Kim TR, Choe BC, Jo SA, Kim EH, Hong CK, Jang MR. Evaluation of nitrate contents of organic and conventional farming vegetables in Korea. International conference on chemical, biological and environment sciences (ICCEBS'2011); 23-24 December 2011; Bangkok, Thailand; 2011. pp. 376-379.
- อำภา คำวงษา. แนวทางการผลิตและลงทุนผักไฮโดรโปนิคส์เพื่อทำซิลเวอร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. นาคาอินเตอร์มีเดีย จำกัด; 2553.
- ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ, วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูกาลต่าง ๆ. เอกสารการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40; 4-7. กุมภาพันธ์ 2545; กรุงเทพฯ, ประเทศไทย: 2545. หน้า 67-73.
- กรรณิกา จำเสียง. ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (green oak). วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม; 2555.
- Association of official analytical chemists (AOAC). Brucine colorimetric method in william horwitz(ed.) methods of analysis, 13th edition. Washington DC. 1980.pp. 55455.
- กรมควบคุมมลพิษ. ไนเตรท ไนไตรท์ และสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ. [จุลสาร]. กรุงเทพฯ:อินทีเกรเตด โปรโมชัน เทคโนโลยี; 2541.
- Maynard DN, Barker AV. Nitrate accumulation in spinach as influenced by leaf type. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1974;99:135-138.
- Seginer I., Nitrate concentration in greenhouse lettuce : A Modeling Study. Acta Hort 1998;456: 189-197.
- วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. การเจริญเติบโต การสะสม ไนเตรท การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546.
- Brown JR, Smith GE. Soil fertilization and nitrate accumulation in Vegetables. Agron. J. 1966;58:209-212.
- ชัยอาทิตย์ อินคำ. ไนเตรทสะสมในผักไฮโดรโป-นิคส์. [Online]. มปก. [สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560]. ได้จาก:http://www.stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=26.
- Russell RS. Plant Root Systems: Their function and interaction with the soil. Book Company (UK) Limited. London: McGraw-Hill; 1977. p.298.
- พิทยา สรวมศิริ. ธาตุอาหารในการผลิตพืชสวน. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2554.
- ธีรศักดิ์ พงษาอนุทิน. การเจริญเติบโตแลปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2547.
- Seo MW, Yang DS, Kays SJ, Kim Junhong, Park KW. Effects of nutrient solution electrical conductivity and sulfur, magnesium and phosphorus concentration on sesquiterpene lactones in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). Sci.Hotic SAmsterdam 2009;122: 369-374.
- อดิศักดิ์ จูมวงษ์, นารท นาคเฉลิม. สมบัติทางกายภาพเคมีและการต้านอนุมูลอิสระของผักสลัดกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และเรดคอรัล. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 2559; ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ (III): m10/1-6.

17. อรประภา อนุกุลประเสริฐ, ภาณุมาศ ฤทธิไชย. ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอม. Thai journal of science and technology. 2558;4(1):81-94.
18. Wu SM, Rebeiz CA. Chloroplast biogenesis; molecular structure of chlorophyll b (E489 F666). Bio. Chem. 260:3632-3664.
19. European Commission. 1997. Commission Regulation (EC) No. 194/97 of 31 January 1997. Official Journal of the European Communities No. L31/48-50.

การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมของการปลูกทุเรียนในระบบวนเกษตรและระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ จังหวัดอุตรดิตถ์

Environmental valuation of durian cultivation in agroforestry and commercial agricultural systems in Uttaradit province

ชาติทอง โพธิ์ดง¹, สุภาวดี น้อยน้ำใส³, สุกัญญา ชัดดี²

Chattanon Podong¹, Suphawadee Noinamsai³, Sukanya Khatti³

Received: 9 February 2019; Revised: 1 April 2019; Accepted: 8 May 2019

บทคัดย่อ

การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบวนเกษตรและเกษตรเชิงพาณิชย์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ทำการศึกษาในระบบวนเกษตรสวนทุเรียนเกษตรกรจำนวน 3 พื้นที่คือ ตำบลฝายหลวง และ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล และ ตำบล บ้านด่านนาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยวิธีวางแปลงสุ่มตัวอย่างแบบ (Quadrat sampling method) จัดวางแปลงโดยการอนุมานในที่ที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของหมู่ไม้หรือสังคมนั้นเพียงแปลงเดียววางแปลงทั้งหมด 14 แปลงจัดเป็นแปลงปลูกทุเรียนระบบวนเกษตรจำนวน 12 แปลง และแปลงปลูกทุเรียนระบบเชิงพาณิชย์จำนวน 2 แปลง พบว่ามีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมรวม 5.20 บาทต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบวนเกษตรซึ่งมีค่าเท่ากับ 12,233.71 บาทต่อไร่ ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่า 12,233.71 บาท คิดเป็น 2,352.64 เท่า

คำสำคัญ: ทุเรียน มูลค่าสิ่งแวดล้อม ระบบวนเกษตร ระบบเกษตรเชิงพาณิชย์

Abstract

A study on environmental valuation in agroforestry systems and commercial agroforestry, Uttaradit province examined durian farms in 3 areas, namely, Fai Luang sub-district and Mae Poon sub-district in Laplae district and Ban Dan Na Kham sub-district in Muang District, Uttaradit Province. By placing a quadrat sampling method, place the transformations by inference in the best representation of the community of tree. The plots methods were total of 14 plots of 12 durian trees plots and 2 commercial plots were planted. The total ecological value was 5.20 baht per rai and 12,233.71 baht per rai and It was lower than 12233.71 baht and accounted for 2,352.64 times.

Keywords: Durian, Environmental value, Agroforestry, Commercial agro-systems

บทนำ

ระบบวนเกษตรในการผลิตทางการเกษตรเป็นแนวทางที่สำคัญของการสร้างกลไกการพัฒนาทางด้านการเกษตรให้สอดคล้องกับการรักษาระบบนิเวศ ระบบวนเกษตรเป็นระบบที่มีกิจกรรมผสมผสานระหว่าง พืชยืนต้นอายุยาว พืชเศรษฐกิจ และอาจมีปศุสัตว์และปลาอยู่ในระบบด้วย ดังนั้นโดยหลักการ

แล้วกิจกรรมต่างๆ ในระบบจะต้องมีการผสมผสานอย่างลงตัว แต่ละกิจกรรมควรมีลักษณะเกื้อกูลกัน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อระบบผลประโยชน์ อาจจะเป็นรายได้ อาหาร หรือพลังงานพร้อมกับมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด พื้นฐานในระบบมักเป็นประเภทอเนกประสงค์ เช่นส่วนต่างๆ สามารถนำมาประกอบอาหาร โดยใช้เป็นพลังงาน ไม่ใช่สอย หรือยา

¹ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000

² สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000

³ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

¹ Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, 53000

² Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, 53000

³ Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, 65000

รักษาโรค นอกจากนั้นทรงพุ่มยังสามารถป้องกันลม ระบบรากสามารถยึดหน้าดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยระบบวนเกษตรพัฒนาขึ้นมาเพื่อเสริมความมั่นคงและสนองความจำเป็นขั้นพื้นฐาน ได้แก่ พืชอาหาร ไม้ผล ยาสมุนไพร พลังงาน ไม้ยืนต้นที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและสัตว์เลี้ยงเพื่อให้เกิดประโยชน์แบบต่อเนื่องโดยคงความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติและสภาพแวดล้อมไว้ ไม้ยืนต้นในระบบวนเกษตรหมายถึง ไม้เนื้อแข็งมีชีวิตยืนนานหลายปีอาจเป็นไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้ไผ่ หรือไม้ตระกูลปาล์ม เช่น หมาก และมะพร้าว โดยจังหวัดอุดรดิตถ์เป็นแหล่งปลูกทุเรียน ลางสาด และลองกองที่สำคัญในเขตภาคเหนือมีพื้นที่เพาะปลูก 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอลับแล และอำเภอท่าปลา การปลูกไม้ผลในพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะเป็นแบบวนเกษตรลักษณะพื้นที่เกือบทั้งหมดอยู่บนภูเขาสูง ระดับน้ำทะเลปานกลาง 700 เมตร ความลาดชันตั้งแต่ 5-100%² ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเนื่องจากการเพิ่มขึ้นประชากร คือ การเปลี่ยนแปลงระบบเกษตรจากระบบยังชีพเป็นระบบการค้ามีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้น มีการเปลี่ยนป่าไม้เดิมมาปลูกไม้ผลบนภูเขา เช่น ทุเรียน และลองกอง ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงจากระบบนิเวศธรรมชาติเดิมมาเป็นระบบนิเวศเกษตรทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของที่ดิน เช่น การปลูกพืชไร่ พืชสวน แบบเชิงเดี่ยวอย่างต่อเนื่องหลายปีทำให้ผลผลิตพืชลดลงแต่ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นการเกษตรและการผลิตพืชเป็นระบบที่อ่อนไหว และเปราะบาง (sensitive and vulnerable) ต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายในเวลา 70 ปี จาก ปัจจุบันจะส่งผลทำให้อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น ปริมาณและรูปแบบการกระจายตัวของฝน เปลี่ยนแปลง ไปจากเดิม การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมดังกล่าว จะมีผลกระทบต่อระบบการผลิตพืชโดยตรง⁶ ซึ่งอาจเป็นผลดีกับระบบการผลิตพืชในเขตอบอุ่น (temperate) แต่เป็นผลเสียในเขตร้อน⁷ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษามูลค่าทางสิ่งแวดล้อมของระบบวนเกษตรที่มีความแตกต่างเพื่อใช้ประเมินความสมดุลในระบบวนเกษตรที่มีการปลูกไม้ผลร่วมกับป่าไม้ เพื่อหาค่าความสัมพันธ์กับปริมาณและคุณภาพของผลผลิตทุเรียน

วิธีการศึกษา

1. สํารวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น

เพื่อให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศ ชนิดป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร เพื่อประกอบการสำรวจและกำหนดแปลงตัวอย่างในภาคสนามในพื้นที่ ตำบลบ้านด่านนาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์

2. การวางแผนแปลงตัวอย่าง

ทำการกำหนดพื้นที่วางแผนแปลงตัวอย่าง โดยการคัดเลือกบริเวณที่เป็นตัวแทนที่ดีของแต่ละสังคมป่ากำหนดให้พื้นที่ป่าแต่ละแห่งมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกันระหว่างป่าระบบวนเกษตรและป่าธรรมชาติ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความลาดชัน เป็นต้น

วางแผนแปลงตัวอย่างระบบการปลูกทุเรียนหลงบลับแล-ทุเรียนหลินลับแลเชิงพาณิชย์และระบบวนเกษตร เป็นแปลงถาวรพื้นที่ละ จำนวน 1 แปลง ขนาด 50 x 50 เมตร สำหรับศึกษาข้อมูลไม้ใหญ่ (Trees) ซึ่งหมายถึง ต้นไม้ที่มีเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร (Girth at Breast Height, GBH) ตั้งแต่ 30 เซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 เซนติเมตร) ขึ้นไป และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร

แปลงสี่เหลี่ยมขนาด 5 x 5 เมตร (คิดเป็น 0.0025 เฮกแตร์) วางอยู่ตรงจุดกึ่งกลางของแปลงวงกลม เป็นแปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับสำรวจลูกไม้ (Saplings) ซึ่งหมายถึง ต้นไม้ที่มีเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร น้อยกว่า 30 เซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 เซนติเมตร) แต่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร

แปลงขนาด 2 x 2 เมตร (คิดเป็น 0.0004 เฮกแตร์) วางอยู่ตรงมุมของแปลง 5 x 5 เมตร เป็นแปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับสำรวจกล้าไม้ (Seedlings) ซึ่งหมายถึง ต้นไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร

3. การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบวนเกษตรและระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ จังหวัดอุดรดิตถ์

วิธีการประเมินคือการใช้สูตรประเมินมูลค่าลำต้นโดยสมัชชาผู้ประเมินต้นไม้และภูมิทัศน์ (The Council of Tree and Landscape Appraisers) ของสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นวิธีที่เคยใช้ในการประเมินต้นกล้วยใหญ่ของมหาวิทยาลัยศิลปากร ณ วัดท่าพระการประเมินค่าใช้มูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร) ที่ลำต้นส่วนล่างซึ่งศึกษาโดยสมัชชาผู้ประเมินต้นไม้และภูมิทัศน์ กำหนดไว้ที่ \$27 ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 บาทต่อตารางเซนติเมตรและปรับด้วยอัตราเงินเฟ้อคูณด้วยร้อยละของชนิดต้นไม้ตำแหน่งที่ขึ้นและสภาพของต้นไม้ การประเมินค่าต้นไม้บริเวณพื้นที่สวนวนเกษตรนี้จะใช้แนวคิดเดียวกับสูตรประเมินมูลค่าลำต้นโดยใช้มูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร) จากสมัชชาผู้ประเมินต้นไม้และภูมิทัศน์และปรับค่าด้วยดัชนีทางเศรษฐกิจเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบันของไทยจากนั้นปรับค่าด้วยร้อยละของมูลค่าต้นไม้ตามองค์ประกอบ โดยการประเมินค่าต้นไม้บริเวณพื้นที่สวนวนเกษตรนี้มุ่งประเด็นที่ Indirect Use Value

เป็นคุณค่าส่วนที่มนุษย์ใช้ประโยชน์โดยอ้อมเนื่องจากทรัพยากรนั้นเป็นปัจจัยการผลิตทำให้เกิดผลผลิตอย่างหนึ่งที่มนุษย์ใช้ประโยชน์ เช่น การดูดซับความร้อนและการปล่อย O_2 เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของพืช ความชุ่มชื้นในอากาศจากการคายน้ำของพืช การเสริมสร้างระบบนิเวศที่สมดุลทางธรรมชาติ ดังนี้

$$V=B \times T \times P \times C \times Ec \times En \times Ea \times Ew \times S \times N \quad (1)$$

โดยที่ V = มูลค่าประมาณของต้นไม้

B = มูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร) ที่ลำต้นส่วนล่าง (150 บาท/ cm^2 ซึ่งปรับจาก \$27 ต่อตารางนิ้ว ในปี 2541 และปรับด้วยอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยของไทยปีละ 3%)

T = ร้อยละของคุณค่าชนิดต้นไม้ (มีค่ามาก = 120%, ธรรมดา = 100%, ดาชต้น = 80%)

P = ร้อยละของมูลค่าตำแหน่งที่ขึ้น

C = ร้อยละของสภาพความสมบูรณ์ของต้นไม้

(ดีมาก = 100%, ดี = 80%, ปานกลาง = 50%, แย่ = 30%, ตาย = 10%)

Ec = ร้อยละที่เป็นคุณค่าทางนิเวศ (การเป็นที่อยู่อาศัย การเป็นเส้นทางอพยพของสัตว์)

En = ร้อยละที่เป็นคุณค่าในด้านการลดอุณหภูมิ การประหยัดพลังงาน

Ea = ร้อยละที่เป็นคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมทางอากาศ (การปล่อย O_2 และดูด CO_2 การกรองฝุ่นและมลพิษในอากาศ การดูดสารพิษโลหะหนัก)

Ew = ร้อยละที่เป็นคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (การดูดซับและชะลอการไหลของน้ำ การชะล้างของดิน)

S = ร้อยละที่เป็นคุณค่าด้านนันทนาการ และสุนทรียภาพ

N = ร้อยละที่เป็นคุณค่าของการคงอยู่

ผลการศึกษา

1. การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบวนเกษตร

การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบวนเกษตรได้คัดเลือกแปลงเพื่อเป็นแปลงกรณีศึกษาในการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวม การกำหนดค่าร้อยละของคุณค่าชนิดต้นไม้ (T) คือ ไม้ทั้งหมดมีค่ามากคิดเป็น 120% ยกเว้น ขนุน มะกรูด, มะม่วง และ ตะขบ กำหนดให้เป็นไม้ดาชต้น 80% และ กระท้อน มะไฟ มะปราง กาแฟโรบัสต้า มะยงชิด กำหนดให้เป็นไม้ธรรมดา 100% การกำหนดค่าร้อยละ

ของมูลค่าตำแหน่งที่ขึ้น (P) เนื่องจากไม้ทุกต้นมีตำแหน่งที่ขึ้นเป็นพื้นที่สูงชันและยากต่อการเข้าถึงดังนั้นกำหนดค่าให้เป็น 100% ทุกต้น การกำหนดร้อยละของสภาพความสมบูรณ์ของต้นไม้ (C) เนื่องด้วยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่สวนผลไม้ระบบวนเกษตรดังนั้นสามารถแยกความสมบูรณ์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ไม้ป่าและไม้ผลหลักซึ่งได้รับการดูแลบำรุงเพื่อผลผลิตกำหนดให้เป็น 100% ได้แก่ ลองกอง ลางสาด และทุเรียน ไม้ผลรองได้รับการดูแลบำรุงในลำดับรองลงมาได้แก่มังคุด กาแฟโรบัสต้า มะยงชิด มะม่วง และ เงาะ ได้รับการดูแลบำรุงเพื่อผลผลิตกำหนดให้เป็น 80% ค่าร้อยละที่เป็นคุณค่าทางนิเวศ (Ec) เนื่องด้วยระบบเป็นระบบวนเกษตรดังนั้นแล้วการใช้ประโยชน์ เป็นที่อยู่อาศัย เป็นเส้นทางอพยพของสัตว์จึงไม่มากนักกำหนดให้เป็น 20% ค่าร้อยละที่เป็นคุณค่าในด้านการลดอุณหภูมิ การประหยัดพลังงาน (En) กำหนดให้เป็น 20% ค่าร้อยละที่เป็นคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมทางอากาศ (Ea) และ ร้อยละที่เป็นคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (Ew) และค่าร้อยละที่เป็นคุณค่าของการคงอยู่ (N) ของระบบวนเกษตรมีคุณค่าในระดับสูงกับค่าดังกล่าวกำหนดให้เป็น 100% ส่วนค่าร้อยละที่เป็นคุณค่าด้านนันทนาการ และสุนทรียภาพ กำหนดให้เป็น 20% จากการกำหนดค่าดังกล่าวสามารถแสดงผลได้คือ มูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัดของไม้ในระบบวนเกษตรมีมูลค่า 3,415,651.50 บาท/ไร่ โดยไม้ผลหลักมีมูลค่า 898,843.50 บาท/ไร่ ไม้ผลรองมีมูลค่า 492,598.50 บาท/ไร่ และไม้ป่ามีมูลค่า 2,212,678.50 บาท/ไร่ โดยที่พันธุ์ไม้ที่มีมูลค่าต่อไร่สูงที่สุดในระบบวนเกษตรคือ ลางสาด มีมูลค่า 418,833 บาท/ไร่ รองลงมาได้แก่ คอแลน มีมูลค่า 296,196 บาท/ไร่, ลองกอง มีมูลค่า 291,541 บาท/ไร่, ขนุน มีมูลค่า 188,469 บาท/ไร่, ทุเรียน มีมูลค่า 134,937 บาท/ไร่, จำปีเต็อยไก่ มีมูลค่า 129,205.50 บาท/ไร่ เป็นต้น ดังแสดงใน Table 1

การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบวนเกษตรพบว่า มูลค่าทางสิ่งแวดล้อมมีมูลค่า 12,233.71 บาทต่อไร่ โดยไม้ผลหลักมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 3,246 บาทต่อไร่ ไม้ผลรองมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 496.93 บาทต่อไร่และไม้ป่ามีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 8,490.79 บาทต่อไร่โดยที่พันธุ์ไม้ที่มีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมต่อไร่สูงที่สุดในระบบวนเกษตรเป็นไปในทิศทางเช่นเดียวกับมูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัด คือ ลางสาดมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 1,608.32 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ คอแลนมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 1,137.39 บาทต่อไร่ ลองกองมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 1,119.52 บาทต่อไร่ ทุเรียนมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 578.16 บาทต่อไร่ ตีนนกมีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม 510.10 บาทต่อไร่ เป็นต้น ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Basic value per basal area of plant species in agroforestry systems, Uttaradit province

No	Common name/Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	Basic value per basal area (B) (Baht / Rai)	Types
1	Langsat	2,792.22	418,833.00	Main fruit tree
2	Longkong	1,943.61	291,541.50	Main fruit tree
3	Jackfruit Tree	1,256.46	188,469.00	Secondary fruit tree
4	Durian	899.58	134,937.00	Main fruit tree
5	Santol	288.72	43,308.00	Secondary fruit tree
6	Rambek Bambi	437.99	65,698.50	Secondary fruit tree
7	Porcupine Orange	271.41	40,711.50	Secondary fruit tree
8	Marian Plum	58.72	8,808.00	Secondary fruit tree
9	Mangos teen	37.09	5,563.50	Secondary fruit tree
10	Robusta Coffee	19.12	2,868.00	Secondary fruit tree
11	Maprang	8.32	1,248.00	Secondary fruit tree
12	Mango	6.34	951.00	Secondary fruit tree
13	Rambutan	0.24	36.00	Secondary fruit tree
14	Korlan	1,974.64	296,196.00	Forest tree
15	White champaka	861.37	129,205.50	Forest tree
16	Makha Tree	805.31	120,796.50	Forest tree
17	Beleric Myrobalan	576.43	86,464.50	Forest tree
18	Tha Kum	749.49	112,423.50	Forest tree
19	Milla	885.59	132,838.50	Forest tree
20	Ma Mun Dang	663.68	99,552.00	Forest tree
21	Ka Sam Peak	705.72	105,858.00	Forest tree
22	Kang Hua Mua	501.5	75,225.00	Forest tree
23	Ket Dum	408.45	61,267.50	Forest tree
24	Burmese Rosewood	544.71	81,706.50	Forest tree
25	Teak	493.23	73,984.50	Forest tree
26	Null	465.76	69,864.00	Forest tree
27	Ceylon Rose Wood	437.03	65,554.50	Forest tree
28	Bungor	466.6	69,990.00	Forest tree
29	Sa Lao	341.59	51,238.50	Forest tree
30	Red sandalwood tree	399.56	59,934.00	Forest tree
31	Kom Khom	246.62	36,993.00	Forest tree
32	Cork Tree	264.02	39,603.00	Forest tree
33	Indian oak	246.62	36,993.00	Forest tree
34	Wodier tree	193.16	28,974.00	Forest tree
35	Care Fui	174.39	26,158.50	Forest tree
36	Sunrose Willow	26.5	3,975.00	Forest tree
37	Tiew som	155.03	23,254.50	Forest tree

Table 1 Basic value per basal area of plant species in agroforestry systems, Uttaradit province (Continue)

No	Common name/Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	Basic value per basal area (B) (Baht / Rai)	Types
38	Ma Aa	114.65	17,197.50	Forest tree
39	Ma Fan	174.84	26,226.00	Forest tree
40	Care Kun	129.25	19,387.50	Forest tree
41	Cowa	108.99	16,348.50	Forest tree
42	Ma Khet	111.21	16,681.50	Forest tree
43	Pudding Pine	118.97	17,845.50	Forest tree
44	Care Hang Kang	79.62	11,943.00	Forest tree
45	Mee Men	102.48	15,372.00	Forest tree
46	Lord Kwai	87.93	13,189.50	Forest tree
47	Siamese Neem Tree	69.39	10,408.50	Forest tree
48	Almond-wood	69.6	10,440.00	Forest tree
49	Mai Lai	50.17	7,525.50	Forest tree
50	Indian gooseberry	92.36	13,854.00	Forest tree
51	Por Dang	69.68	10,452.00	Forest tree
52	Tum Khaw	63.69	9,553.50	Forest tree
53	Han	36.48	5,472.00	Forest tree
54	Wild tea	47.69	7,153.50	Forest tree
55	Hmurd Rong	156.39	23,458.50	Forest tree
56	Tiew khao	156.39	23,458.50	Forest tree
57	Ivru wood	21.36	3,204.00	Forest tree
58	Betel nut	19.36	2,904.00	Forest tree
59	Bael	26.35	3,952.50	Forest tree
60	Ramontchi	25.36	3,804.00	Forest tree
61	Phee Pong	20.36	3,054.00	Forest tree
62	Catechu tree	8.36	1,254.00	Forest tree
63	Iron wood	15.36	2,304.00	Forest tree
64	Sa muth	13.02	1,953.00	Forest tree
65	Monkey Jack	9.23	1,384.50	Forest tree
66	Broken bones tree	14.32	2,148.00	Forest tree
67	Care Sai	6.32	948.00	Forest tree
68	Yang On	5.23	784.50	Forest tree
69	Common Fig	3.22	483.00	Forest tree
70	Ma Mun Rang	2.86	429.00	Forest tree
71	Kom Khom	1.99	298.50	Forest tree
72	Tea	2.63	394.50	Forest tree
73	Siamese rough bush	0.95	142.50	Forest tree
74	Pak-wan Tree	1.25	187.50	Forest tree
Total			3,415,651.50	

Table 2 Basic value per basal area of plant species in commercial agro-systems. Uttaradit province

No	Common name/Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	Basic value per basal area (B) (Baht / Rai)	Types
1	Langsat	2,073.18	310,977	Main fruit tree
2	Longkong	4,762.82	714,423	Main fruit tree
3	Durian	3,236.25	485,437.50	Main fruit tree
4	Mangos teen	756.11	113,416.50	Main fruit tree
Total			1,624,254	

Table 3 Environmental value of plant species in agroforestry systems, Uttaradit province

No	Common name/Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	B	T	P	C	Ec	En	Ea	Ew	S	N	V (Baht / Rai)
1	Langsat	2,792.22	418,833.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	1,608.32
2	Longkong	1,943.61	291,541.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	1,119.52
3	Jackfruit Tree	1,256.46	188,469.00	80%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	241.24
4	Durian	899.58	134,937.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	518.16
5	Santol	288.72	43,308.00	100%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	69.29
6	Rambeh Bambi	437.99	65,698.50	100%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	105.12
7	Porcupine Orange	271.41	40,711.50	80%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	52.11
8	Marian Plum	58.72	8,808.00	100%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	14.09
9	Mangos teen	37.09	5,563.50	120%	80%	80%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	8.55
10	Robusta Coffee	19.12	2,868.00	100%	80%	80%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	3.67
11	Maprang	8.32	1,248.00	100%	80%	80%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	1.60
12	Mango	6.34	951.00	80%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	1.22
13	Rambutan	0.24	36.00	100%	80%	80%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	0.05
14	Korlan	1,974.64	296,196.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	1,137.39
15	White champaka	861.37	129,205.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	496.15
16	Makha Tree	805.31	120,796.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	463.86
17	Beleric Myrobalan	576.43	86,464.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	332.02
18	Tha Kum	749.49	112,423.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	431.71
19	Milla	885.59	132,838.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	510.10
20	Ma Mun Dang	663.68	99,552.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	382.28
21	Ka Sam Peak	705.72	105,858.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	406.49
22	Kang Hua Mua	501.5	75,225.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	288.86
23	Ket Dum	408.45	61,267.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	235.27
24	Burmese Rosewood	544.71	81,706.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	313.75
25	Teak	493.23	73,984.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	284.10
26	Null	465.76	69,864.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	268.28
27	Ceylon Rose Wood	437.03	65,554.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	251.73

Table 3 Environmental value of plant species in agroforestry systems, Uttaradit province (Continue)

No	Common name/ Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	B	T	P	C	Ec	En	Ea	Ew	S	N	V (Baht / Rai)
28	Bungor	466.6	69,990.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	268.76
29	Sa Lao	283.27	42,490.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	163.16
30	Red sandalwood tree	341.59	51,238.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	196.76
31	Kom Khom	399.56	59,934.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	230.15
32	Cork Tree	246.62	36,993.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	142.05
33	Indian oak	264.02	39,603.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	152.08
34	Wodier tree	246.62	36,993.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	142.05
35	Care Fui	193.16	28,974.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	111.26
36	Sunrose Willow	174.39	26,158.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	100.45
37	Tiew som	26.5	3,975.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	15.26
38	Ma Aa	155.03	23,254.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	89.30
39	Ma Fan	114.65	17,197.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	66.04
40	Care Kun	174.84	26,226.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	100.71
41	Cowa	129.25	19,387.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	74.45
42	Ma Khet	108.99	16,348.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	62.78
43	Pudding Pine	111.21	16,681.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	64.06
44	Care Hang Kang	118.97	17,845.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	68.53
45	Mee Men	79.62	11,943.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	45.86
46	Lord Kwai	102.48	15,372.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	59.03
47	Siamese Neem Tree	87.93	13,189.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	50.65
48	Almond-wood	69.39	10,408.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	39.97
49	Mai Lai	69.6	10,440.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	40.09
50	Indian gooseberry	50.17	7,525.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	28.90
51	Por Dang	92.36	13,854.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	53.20
52	Tum Khaw	69.68	10,452.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	40.14
53	Han	63.69	9,553.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	36.69
54	Wild tea	36.48	5,472.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	21.01
55	Hmurong	47.69	7,153.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	27.47
56	Tiew khao	156.39	23,458.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	90.8
57	Ivru wood	21.36	3,204.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	12.30
58	Betel nut	19.36	2,904.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	11.15
59	Bael	26.35	3,952.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	15.18
60	Ramontchi	25.36	3,804.00	80%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	9.74
61	Phee Pong	20.36	3,054.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	11.73
62	Catechu tree	8.36	1,254.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	4.82

Table 3 Environmental value of plant species in agroforestry systems, Uttaradit province (Continue)

No	Common name/ Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	B	T	P	C	Ec	En	Ea	Ew	S	N	V (Baht / Rai)
63	Iron wood	15.36	2,304.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	8.85
67	Sa muth	13.02	1,953.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	7.50
65	Monkey Jack	9.23	1,384.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	5.32
66	Broken bones tree	14.32	2,148.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	8.25
67	Care Sai	6.32	948.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	3.64
68	Yang On	5.23	784.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	3.01
69	Common Fig	3.22	483.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	1.85
70	Ma Mun Rang	2.86	429.00	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	1.65
71	Kom Khom	1.99	298.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	1.15
72	Tea	2.63	394.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	0.76
73	Siamese rough bush	0.95	142.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	50%	0.27
74	Pak-wan Tree	1.25	187.50	120%	80%	100%	20%	10%	100%	100%	20%	100%	0.72
Total													12,233.71

Table 4 Environmental value of plant species in commercial agro-systems. Uttaradit province

NO	Common name/Thai name	Basal Area (Centimeter/ Rai)	B	T	P	C	Ec	En	Ea	Ew	S	N	V (Baht / Rai)
1	Langsat	2,073.18	310,977	80%	80%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	50%	1.00
2	Longkong	4,762.82	714,423	80%	80%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	50%	2.29
3	Durian	3,236.25	485,437.50	80%	80%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	50%	1.55
4	Mangos teen	756.11	113,416.50	80%	80%	100%	10%	10%	10%	10%	10%	50%	0.36
Total													5.20

2. การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์

การคำนวณมูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัดในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์พบว่ามูลค่าพื้นฐานต่อพื้นที่หน้าตัดของไม้ในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์มีมูลค่า 1,624,254 บาทต่อไร่ โดยพันธุ์ไม้ที่มีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมต่อไร่สูงที่สุดในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ คือ ทุเรียน ดัง Table 3 การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบเกษตรพบว่ามูลค่าทางสิ่งแวดล้อมมีมูลค่า 5.20 บาทต่อไร่ โดยพันธุ์ไม้ที่มีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมต่อไร่สูงที่สุดในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ คือ ลองกอง ดัง Table 4

วิจารณ์และสรุปผล

จังหวัดอุตรดิตถ์ มีระบบการทำวนเกษตรมาอย่างต่อเนื่องและ

ยาวนานหลังจากระบบการทำไร่แบบไร่หมุนเวียน (Shifting Cultivation) ซึ่งเป็นรูปแบบของการทำไร่ที่พบเป็นได้มากในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศ ซึ่งในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ การทำวนเกษตรในรูปแบบ Home Gardens เริ่มมีการทำมามากกว่า 200 ปี โดยเริ่มมีวิวัฒนาการการทำระบบวนเกษตรที่ใกล้เคียงกับ จังหวัด ปราจีนบุรี จันทบุรี นครศรีธรรมราช ตรัง และ พัทลุง ในทำนองเดียวกันสวนผลไม้หลายแห่งได้รับการปลูกฝังในหลายพื้นที่ของประเทศมานานกว่า 100 ปี โดยลักษณะของระบบ วนเกษตรเป็นแบบวนเกษตรแบบดั้งเดิมซึ่งประกอบด้วยการผสมผสานของต้นไม้และพืชที่ปลูกเข้าด้วยกันด้วยเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนในการทำการเกษตรและอาศัยความรู้ของชนเผ่าพื้นเมืองหรือท้องถิ่นสอดคล้องกับวัฒนธรรมท้องถิ่นและประเพณีต่าง ๆ ในพื้นที่ ซึ่งหลังจากนั้นระบบวนเกษตรในพื้นที่ อำเภอลับแล เริ่มมีการพัฒนาขึ้นมีการผสม

ผสานครการปลูกไม้ยืนต้นอย่างมีระบบมากขึ้นโดยอาศัยการขับเคลื่อนของกลไกทางตลาดในการเลือกไม้ยืนต้นที่จะมาปลูก โดยเริ่มรูปแบบนี้มาหลังปี 2493 เป็นต้นมา ซึ่งระบบดังกล่าวได้รับอิทธิพลมาจากจังหวัดแพร่ ซึ่งมีการปรับทำระบบวนเกษตรหลังจากการทำไร่เลื่อนลอยและตัดไม้อย่างรุนแรง โดยระบบวนเกษตรที่มาจากจังหวัดแพร่นั้นมีส่วนที่แตกต่างกับอำเภอลับแลในบางประการคือ ระบบวนเกษตรจากจังหวัดแพร่เป็นระบบ Taungya โดยมีการปลูกผสมกันระหว่าง ไม้สัก และข้าวไร่ โดย อำเภอลับแลรับระบบดังกล่าวมาและปรับเปลี่ยนการปลูกให้เหมาะสมกับพื้นที่โดยปรับการปลูกระหว่าง ไม้ตั้งเดิมและไม้ยืนต้นที่เป็นไม้ผล จากการศึกษาการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ จังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่ามีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมรวม 5.20 บาทต่อไร่ โดยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบวนเกษตรซึ่งมีค่าเท่ากับ 12,233.71 บาทต่อไร่ พบว่ามีค่าที่ต่ำกว่า 12233.71 บาท และคิดเป็น 2,352.64 เท่า

พื้นที่ส่วนใหญ่ของการทำวนเกษตรในจังหวัดอุดรดิตถ์เป็นภูเขาลาดชันซึ่งถูกกำหนดไว้สำหรับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการป้องกันพื้นที่ต้นน้ำ เหตุผลหลักในการควบคุมป่าไม้ของรัฐบาลคือการสร้าง “ผลกระทบภายนอก” และนั่นคือผลกระทบที่อาจเป็นที่พึงปรารถนาต่อสังคมแต่ไม่เหมาะสมสำหรับเจ้าของที่เป็นเอกชน วนเกษตรสามารถช่วยอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ¹¹ ปกป้องพื้นที่ต้นน้ำสำหรับผู้ใช้ทั้งในระดับต้นน้ำและปลายน้ำ, พื้นฟูดิน⁹ และเก็บกักคาร์บอน¹² อย่างไรก็ตามยังไม่มีตลาดสำหรับการให้บริการด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งวนเกษตรเป็นระบบการใช้ที่ดินที่สำคัญ¹³ เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างตลาดสำหรับบริการด้านสิ่งแวดล้อมหรือเพื่อพัฒนาตลาดในการชดเชยผู้ใช้ที่ดินในการลงทุนในวนเกษตร การมูลค่าของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยมูลค่าในลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นในการประเมินค่าจึงทำได้โดยการประเมินค่าส่วนต่าง ๆ ออกมา และเนื่องจากมูลค่าเหล่านี้จะวัดจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ ดังนั้นการประเมินค่าจึงนิยมใช้หน่วยนับเป็นจำนวนเงินต่อคนและมูลค่ารวมทั้งหมดของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาจะหาได้โดยการรวมมูลค่าการใช้ประโยชน์ประเภทต่าง ๆ ของทุก ๆ คนในสังคมที่อยู่ในขอบเขตของการประเมิน การใช้หน่วยนับเป็นเงินในที่นี้เพื่อสะดวกต่อการนำผลไปใช้ประกอบการตัดสินใจในกรณีต่าง ๆ มูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยรวมในระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ จังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่ามีมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมรวม 5.20 บาทต่อไร่ โดยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบวนเกษตรซึ่งมีค่าเท่ากับ 12,233.71 บาทต่อไร่ พบว่ามีค่าที่ต่ำกว่า 12233.71 บาท และคิดเป็น

2,352.64 เท่าเมื่อเทียบกับการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยปี 2542 ได้ประเมินมูลค่าป่าไม้ในพื้นที่โครงการสร้างเขื่อนแก่งเสือเต้นซึ่งเป็นพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติแม่มมจำนวน 4,000ไร่ โดยประเมินค่า Use Value สามส่วนคือ 1) มูลค่าจากผลผลิตจากป่าสำหรับชุมชน 2) การเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน 3) การเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ และประเมินค่า Passive-use Value โดยใช้ CVM ผลการศึกษามูลค่าปัจจุบันของอุทยานแห่งชาติแม่มมมีค่าระหว่าง 3,800-6,400 ล้านบาท³ อีกการศึกษาหนึ่งคือการประเมินมูลค่าทรัพยากรในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเนื้อที่ 1.7 ล้านไร่ โดยกรมป่าไม้ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปี 2541 การศึกษาใช้ Market Valuation ประเมินค่า Use Value ของพื้นที่ที่ศึกษาได้เท่ากับ 38 ล้านบาท/ปี และใช้ CVM ประเมินค่า Passive-use Value ในพื้นที่เดียวกันได้ 28,383 ล้านบาทต่อปี³ สิ่งที่น่าสังเกตคือ Passive-use Value มีค่าสูงกว่า Use Value ถึงกว่า 700 เท่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ภายใต้ชุดโครงการวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมการผลิตทุเรียนหลงลับแล-หลินลับแลในระบบวนเกษตรเพื่อความมั่นคงทางด้านเกษตรและอาหารของจังหวัดอุดรดิตถ์ งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือพร้อมทั้งคอยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย มาโดยตลอด ขอขอบคุณผู้นำชุมชนแต่ละชุมชนที่ให้ข้อมูลพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่วิจัยด้วยดีตลอด

เอกสารอ้างอิง

1. เตชะ บุญคำ. ดันไม้ใหญ่ในงานก่อสร้างและการพัฒนาเมือง. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.
2. อเนก ดีพรมกุล. การเปรียบเทียบภูมิปัญญาท้องถิ่นระหว่างการทำสวนวนเกษตรกับสวนไม้ผลเชิงเดี่ยว:กรณีศึกษาสวนลองกองในบ้านขุนห้วย ตำบลน่านกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสาขาวิชาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน]. เชียงใหม่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550.
3. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. การศึกษาพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเศรษฐศาสตร์

- สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม; 2543.
4. Contreras-Hermosilla A, Fay C. Strengthening forest management in Indonesia through land tenure reform: issues and framework for action, *Forest Trends*. 2015. [cited 2018 Aug 2018]. Available from: www.foresttrend.org.5. FAO. Forest resources assessment 1990: global synthesis. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1995.
 6. IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. in: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Tignor K.B.M. and Miller H.L, editors. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2007a. P. 996-970.
 7. IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability in Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change in: Parry M.L, Canziani O.F, Palutikof J.P, van der Linden P.J, Hanson C.E, editors. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2007b. P 1035-1050.
 8. Lal R. Soil erosion in the tropics: principles and management. New York: McGraw-Hill; 1990.
 9. Place F, Oluyede CA, Torquebiau E, Detlefsen G, Gauthier M and Buttoud G. Improved policies for facilitating the adoption of agroforestry. In: Kaonga M, editors. Agroforestry for biodiversity and ecosystem services: science and practice. Rijeka, Croatia: In Tech. DOI: 10.5772/34524; 2012
 10. United Forum on Forests Intersessional Experts Meeting on the Role of Planted Forests in Sustainable Forest Management Conference, Schoenberger MM, Ruark GA. Agroforestry: helping to achieve sustainable forest management; 2003 Mar 24–28, Wellington, New Zealand; 2003.
 11. World agroforestry. The potential for agroforestry to contribute to the conservation and enhancement of landscape biodiversity. In into the future. In: Swallow BM, Boffa JM, Scherr SJ, Garrity D, Okono A, Grayson M, Parrot S, editors. Nairobi: Kenya, World Agroforestry Centre; 2006.
 12. United Forum on Forests Intersessional Experts Meeting on the Role of Planted Forests in Sustainable Forest Management Conference, van Noordwijk M, Roshetko JM, Murniati and Angeles MD, Suyanto, Fay C and Tomich TP ; 2003 Mar 24–28. Wellington, New Zealand; 2003.
 13. Unruh JD. Agroforestry, Reforestry and the Carbon Problem: the role of land and tree tenure. *Interdisciplinary Science Reviews* 1995 (20): 215–228.

อิทธิพลน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อความหลากหลายชนิดและความชุกชุมแพลงก์ตอนพืชในป่าชายเลนด้านหน้าโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี

The Effect of Municipal Wastewater Treatment System on Species Diversity and Density of Phytoplankton in Mangrove Forest in front of The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

นพิมพ์พร แสงวิเชียร¹, เกษม จันทร์แก้ว², นฤชิต ดำปิ่น³

Napimporn Sangvichien¹, Kasem Chunkao², Narouchit Dampin³

Received: 18 January 2019; Revised: 17 April 2019; Accepted: 8 May 2019

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่มีต่อความหลากหลายชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณป่าชายเลนด้านหน้าโครงการฯ เปรียบเทียบกับป่าชายเลนอ้างอิง เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนพฤษภาคม 2559 - เมษายน 2560 ผลการศึกษาพบว่าแนวป่าชายเลนด้านหน้าโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิงมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ค่าบีโอดี (BOD) และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$, $p < 0.05$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ) ส่วนความหลากหลายชนิด ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช และดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชทั้งสองแนวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ จึงไม่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในป่าชายเลนบริเวณด้านหน้าโครงการฯ

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช น้ำเสียชุมชน ป่าชายเลน เพชรบุรี

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of municipal wastewater treatment system on species diversity and density of phytoplankton in mangrove forest in front of the Royal LERD Project compared with a reference mangrove. The effluent from the Royal LERD Project was collected and dissolve oxygen (DO), biochemical demand (BOD), total solid (TS), and phytoplankton were monitored during May 2016 to April 2017. The results reveal that the mean value of DO, BOD, and TS of effluent in the experiment and reference mangrove were significant different while the species diversity and density of phytoplankton of both mangroves were not significantly different. Therefore, wastewater from the municipal wastewater treatment system of the Royal LERD Project does not have an effect on species diversity and density of phytoplankton in mangrove forest in front of the Royal LERD Project.

Keywords: Phytoplankton, Municipal wastewater, Mangrove, Phetchaburi

¹ นิสิตปริญญาเอก, ²ศาสตราจารย์, ³อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Ph.D. students, ²Professors, ³Lecturers, Department of Environment Science, Faculty of Environment, Kasetsart University

บทนำ

ป่าชายเลน (Mangrove forest) เป็นระบบนิเวศที่มีลักษณะเฉพาะและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน แหล่งที่อยู่อาศัย รวมถึงเป็นแหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำนานาชนิด ดังนั้น ป่าชายเลนจึงเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีการถ่ายทอดพลังงาน (Energy pathway) และการหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient flow) โดยมีแพลงก์ตอนพืชเป็นจุดเริ่มต้นของผลผลิตปฐมภูมิ (Primary productivity)¹ ในห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ของระบบนิเวศป่าชายเลน

ป่าชายเลนด้านหน้าโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ประมาณ 1,000 ไร่ มีระยะของป่าจากแผ่นดินถึงชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 920 เมตร มีไม้เด่น คือ แสมทะเล (*Avicennia marina*) รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีแบบบ่อฝังจำนวน 5 บ่อ โดยน้ำเสียชุมชนจากเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีปริมาณ

6,067 ลูกบาศก์เมตรต่อวันไหลเข้าสู่บ่อตกตะกอน² บ่อฝังที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ ตามลำดับ ซึ่งใช้หลักการทำงานด้วยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติที่อาศัยการทำงานร่วมกันของแสงแดด กระแสลม สหาร่าย และจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ จากนั้นน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลออกสู่ป่าชายเลนและไหลลงสู่หาดโคลนบริเวณด้านหน้าโครงการฯ ต่อไป แต่น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ยังมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง³ ซึ่งอาจส่งผลต่อความหลากหลายและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นจนอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนและชายฝั่งได้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ที่มีต่อความหลากหลายชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นบริเวณป่าชายเลนที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งของโครงการฯ เปรียบเทียบพื้นที่ป่าชายเลนอ้างอิง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาระบบนิเวศป่าชายเลนต่อไป

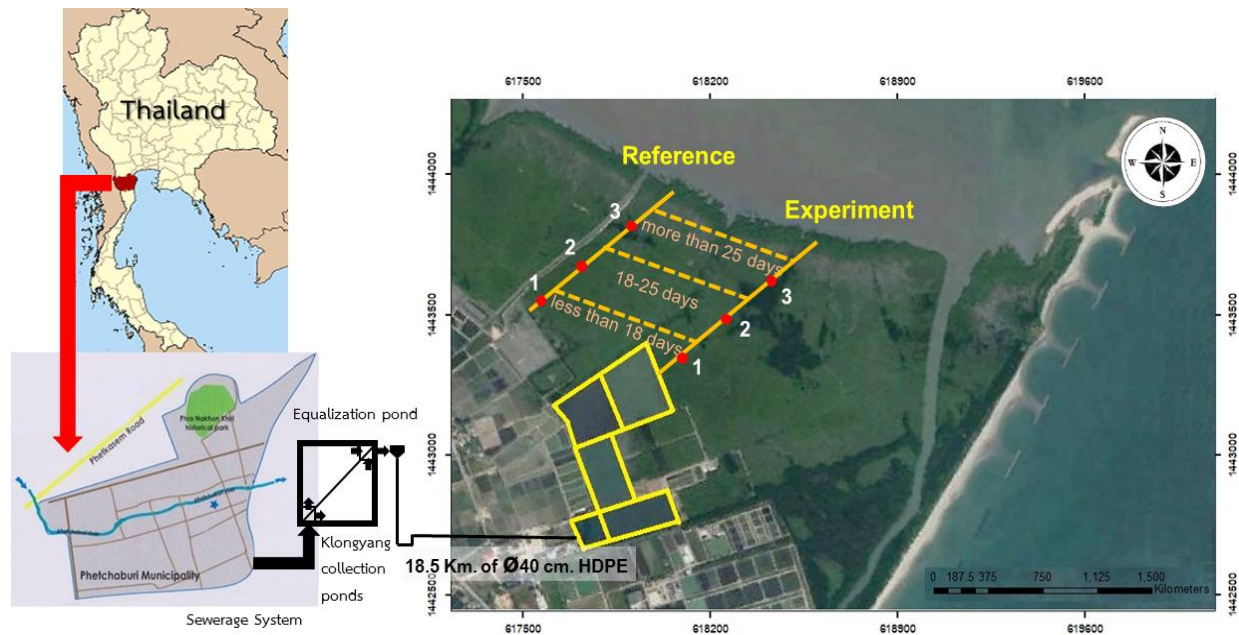


Figure 1 Study site in The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

วิธีการศึกษา

การกำหนดพื้นที่ศึกษา

กำหนดพื้นที่ศึกษาในแนวป่าชายเลนจำนวน 2 แนว คือ แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (Experiment) และบริเวณป่าชายเลนอ้างอิง (Reference) ซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งของโครง

การฯ แต่ละแนวกำหนดจุดเก็บตัวอย่างแนวละ 3 สถานี โดยพิจารณาตามจำนวนวันที่น้ำทะเลท่วมในรอบหนึ่งเดือนตามแนวทางการศึกษาของ อรทัย⁴ (Table 1 และ Figure 1)

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืช ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2559 - เมษายน 2560 โดยเก็บ 1 เดือนเว้น 1 เดือน ในชวงเวลาน้ำทะเลขึ้นสูงสุดตามสถานีที่กำหนดไว้

ที่ระดับความลึก 0.30 เมตรจากผิวน้ำ จำนวน 3 ซ้ำ (Triplicate) โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนามก่อนเก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืชทุกๆ สถานีเก็บตัวอย่าง เพื่อให้คุณภาพน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมากนักก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนามได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือด้วยสารละลายมาตรฐานก่อนใช้งานทุกครั้ง ทั้งนี้คุณภาพน้ำภาคสนามที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ด้วยเครื่อง DO meter ความเค็ม ด้วยเครื่อง EC meter และความขุ่น ด้วยเครื่อง Turbidity meter เก็บรักษาตัวอย่างโดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการเคมีของโครงการฯ ได้แก่ ค่าบีโอดี (BOD) ทีเคเอ็น (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ตามวิธีการของ APHA AWWA และ WEF⁵

Table 1 Sampling stations of mangrove forest in front of The Royal LERD (Experiment) and Reference Station (Reference)

Station	Average days of sea level rise (days/month)	Distance from land (meter)	
		Experiment	Reference
1	< 18 days	200	50
2	18-25 days	500	250
3	> 25 days	800	500

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในสถานีเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 20 ลิตร กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 20 ไมครอน นำน้ำตัวอย่างที่ได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 100 มิลลิลิตร เก็บรักษาตัวอย่างด้วยน้ำยาฟอร์มอลินเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการชีววิทยาของโครงการฯ เพื่อทำการจำแนกชนิดและประเมินปริมาณ ตามวิธีของลิตดา⁶

การวิเคราะห์ข้อมูล คำนวณค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช (H') ตามสมการของ Shannon and Wiener⁷ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชด้วยวิธี t-test และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างรายคู่ตามวิธีของ Duncan และทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Statistic 17.0

ผลการศึกษา

คุณภาพน้ำ

น้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ มีค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำ ดังนี้ อุณหภูมิ 30.04±1.07 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง 9.09±0.31 ความเค็ม 0.30±0.15 ppt ค่าความขุ่น 90.33±35.65 NTU ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO), บีโอดี (BOD), ทีเคเอ็น (TKN), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP), ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) มีค่า 9.30±1.31, 16.48±3.94, 41.18±8.17, 3.71±2.22, 0.18±0.17, 643.91±116.82 และ 41.08±7.80 mg/L ตามลำดับ

แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ มีคุณภาพน้ำบริเวณสถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 ดังนี้ อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 27.15-27.56 °C ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 17.38-19.56 ppt ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.87-2.29 mg/L ความขุ่นมีค่าอยู่ในช่วง 177.09-319.60 NTU มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่สถานีที่ 1 ถึงสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(a),(b)) ส่วนค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 4.84-10.13 และ 35,077.60-45,166.00 mg/L ตามลำดับ มีแนวโน้มลดลงจากสถานีที่ 1 จนถึงสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(a),(b)) ความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.67-7.72 สถานีที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสถานีที่ 1 จากนั้นลดลงในสถานีที่ 3 (Table 2) ปริมาณของแข็งแขวนลอย ทีเคเอ็น และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 109.00-144.6, 0.05-0.61 และ 0.43-0.54 mg/L ตามลำดับ โดยมีค่ามากที่สุดที่สถานีที่ 1 จากนั้นลดลงในสถานีที่ 2 และเพิ่มขึ้นในสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(b),(c)) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในสถานีที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2)

แนวป่าชายเลนอ้างอิง มีค่าคุณภาพน้ำบริเวณสถานีที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้ อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 27.50-27.80 °C และปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 135.00-280.00 mg/L มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสถานีที่ 1 จนถึงสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(b)) ความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.68-7.84 และปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 45,076.00-55,089.67 mg/L มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สถานีที่ 1 จนถึงสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(b)) ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 15.96-18.38 ppt มีค่ามากที่สุดที่สถานีที่ 1 จากนั้นลดลงในสถานีที่ 2 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสถานีที่ 3 (Table 2) ปริมาณ

ออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 2.63-3.01 mg/L โดยสถานีที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจากสถานีที่ 1 จากนั้นลดลงในสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(a)) ที่เคเอ็นมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.38 mg/L ในสถานีที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจากสถานีที่ 1 และเพิ่มขึ้นในสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(c)) ความขุ่นมีค่าอยู่ในช่วง 87.74-355.58 NTU โดยสถานีที่ 2 มีค่าลดลงจากสถานีที่ 1 และเพิ่มขึ้นในสถานีที่ 3 (Table 2) บีโอดี และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 2.02-3.48 และ 0.11-0.32 mg/L ตามลำดับ โดยในสถานีที่ 2 มีค่าลดลงจากสถานีที่ 1 และมีค่าเพิ่มขึ้นในสถานีที่ 3 (Table 2, Figure 2(a),(c)) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในสถานีที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$ และ $p<0.05$ ตามลำดับ) โดยในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ มีค่าน้อยกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง และค่าเฉลี่ยบีโอดีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ มีค่ามากกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง ส่วนค่าคุณภาพน้ำอื่นๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

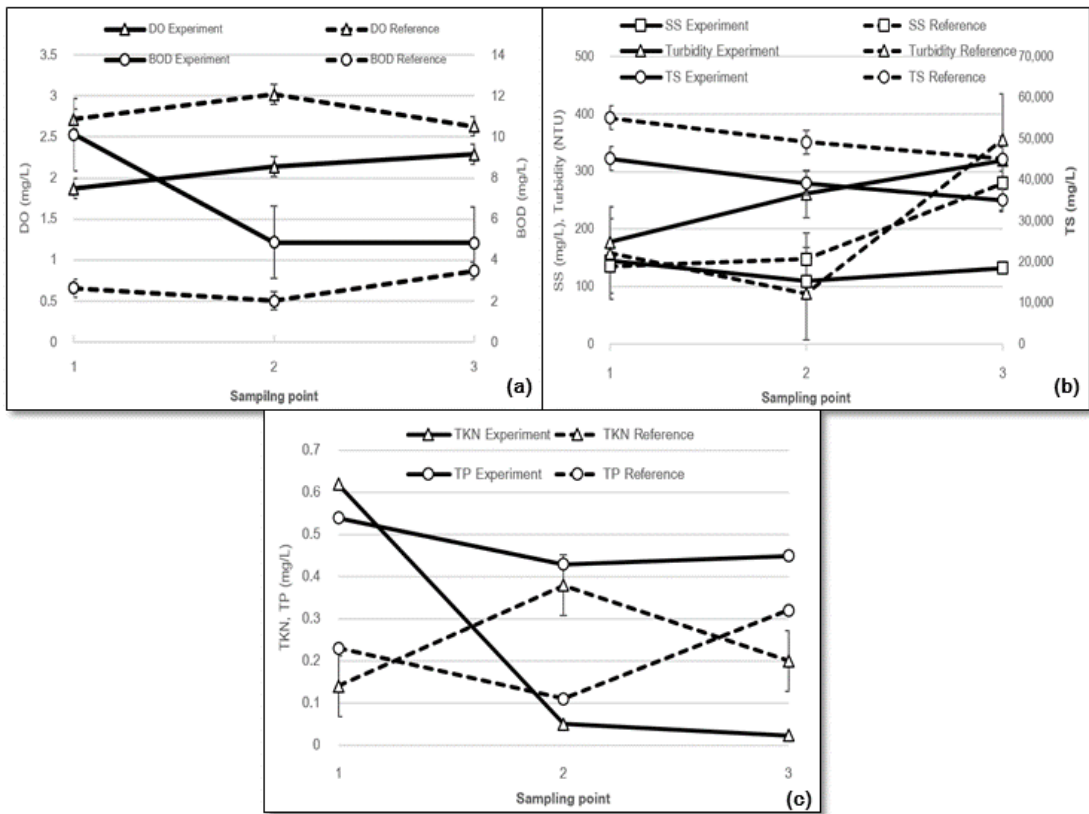


Figure 2 Water quality variation in Mangrove forest in front of The Royal LERD Project (Experiment) and Reference mangrove (Reference) from station 1, 2 and 3

- (a) DO and BOD
- (b) Suspended solid (SS), Turbidity and Total Solid (TS)
- (c) TKN and Total Phosphorus (TP)

แพลงก์ตอนพืช

ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช

บริเวณพื้นที่ศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชอยู่ในทั้ง 3 ดิวิชัน (Divisions) 5 คลาส (Classes) ประกอบด้วย ดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae จำนวน 9 ชนิด ดิวิชัน

Chlorophyta คลาส Chlorophyceae และคลาส Euglenophyceae จำนวน 5 และ 1 ชนิด ตามลำดับ และดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae และคลาส Dinophyceae จำนวน 50 และ 6 ชนิด ตามลำดับ รวมทั้งสิ้นจำนวน 71 ชนิด

แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชจำนวน 3 ดิวิชัน 5 คลาส ประกอบด้วย ดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae จำนวน 9 ชนิด ดิวิชัน Chlorophyta คลาส Chlorophyceae และคลาส Euglenophyphyceae จำนวน 4 และ 1 ชนิด ตามลำดับ และดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae และคลาส Dinophyceae จำนวน 47 และ 5 ชนิด ตามลำดับ รวมทั้งสิ้นจำนวน 66 ชนิด ดัชนีความหลากหลายของ

แพลงก์ตอนพืช (H') อยู่ในช่วง 1.52-2.06 (Table 3) โดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อออกสู่ชายหาด เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในสถานีที่ 1, 2 และ 3 พบว่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าในสถานีที่ 2 มีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด รองลงมาคือสถานีที่ 3 และสถานีที่ 1 ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 The mean and standard deviation of water quality in Mangrove forest in front of The Royal LERD Project (Experiment) and Reference site (Reference)

Parameter	Sampling station 1		Sampling station 2		Sampling station 3		Mean	
	Experiment	Reference	Experiment	Reference	Experiment	Reference	Experiment	Reference
Temperature (°C)	27.15±1.25 ^a	27.50±1.97 ^a	27.48±1.46 ^a	27.66±1.94 ^a	27.56±1.57 ^a	27.80±1.94 ^a	27.38±1.35 ^a	27.65±1.84 ^a
pH	7.67±0.48 ^a	7.84±0.40 ^a	7.68±0.45 ^a	7.75±0.36 ^a	7.72±0.45 ^a	7.68±0.45 ^a	7.69±0.43 ^a	7.76±0.39 ^a
Salinity (ppt.)	17.38±10.63 ^a	18.38±9.65 ^a	18.97±12.76 ^a	15.96±9.05 ^a	19.56±8.38 ^a	16.26±8.57 ^a	18.58±10.23 ^a	16.87±8.62 ^a
DO (mg/L)	1.87±0.49 ^a	2.72±1.01 ^a	2.14±0.59 ^a	3.01±0.44 ^a	2.29±0.34 ^a	2.63±0.58 ^a	2.08±0.49 ^a	2.79±0.70 ^a
BOD (mg/L)	10.13±10.63 ^a	2.63±0.67 ^a	4.87±3.55 ^a	2.02±1.12 ^a	4.84±1.49 ^a	3.48±1.73 ^a	6.72±6.82 ^a	2.71±1.33 ^a
SS (mg/L)	144.67±133.63 ^a	135.00±136.89 ^a	109.00±45.18 ^a	147.33±71.72 ^a	132.00±48.10 ^a	280.00±226.04 ^a	128.35±83.91 ^a	187.44±163.14 ^a
Turbidity (NTU)	177.09±192.64 ^a	158.07±160.12 ^a	261.19±267.16 ^a	87.74±41.41 ^a	319.60±361.02 ^a	355.58±316.64 ^a	248.69±264.65 ^a	200.46±226.15 ^a
TKN (mg/L)	0.61±0.97 ^a	0.14±0.22 ^a	0.05±0.00 ^a	0.38±0.56 ^a	0.23±0.40 ^a	0.20±0.036 ^a	0.30±0.63 ^a	0.24±0.40 ^a
TP (mg/L)	0.54±0.75 ^a	0.23±0.11 ^a	0.43±0.35 ^a	0.11±0.04 ^a	0.45±0.34 ^a	0.32±0.22 ^a	0.48±0.49 ^a	0.22±0.16 ^a
TS (mg/L)	45166.00± 11649.97 ^a	55089.67± 9584.61 ^a	39166.67± 13290.38 ^a	49180.00± 11804.29 ^a	35077.60± 4094.28 ^a	45076.00± 12884.47 ^a	40081.41± 10937.79 ^a	49781.89± 11606.69 ^a

*values followed by the same letter do not different significantly

แนวป่าชายเลนอ้างอิง พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชจำนวน 3 ดิวิชัน 4 คลาส ประกอบด้วย ดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae จำนวน 9 ชนิด ดิวิชัน Chlorophyta คลาส Chlorophyceae จำนวน 1 ชนิด และ ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae และคลาส Dinophyceae จำนวน 43 และ 5 ชนิด ตามลำดับ รวมทั้งสิ้นจำนวน 58 ชนิด ดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช (H') อยู่ในช่วง 1.81-2.05 (Table 3) มีค่ามากที่สุดที่สถานีที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชในสถานีที่ 1, 2 และ 3 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในสถานีที่ 3 มีความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุดรองลงมาคือสถานีที่ 2 และ สถานีที่ 1 ตามลำดับ (Table 3)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครง

การฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ มีความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช มากกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง (Table 3)

ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช

บริเวณพื้นที่ศึกษาพบความชุกชุมแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 1,279-171,412 เซลล์ต่อลิตร โดยพบแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีความชุกชุมมากที่สุด รองลงคือแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความชุกชุมอยู่ในช่วง 974-48,648 และ 244-122,694 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ

แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ พบความชุกชุมแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 11,047-171,412 เซลล์ต่อลิตร โดยพบความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Cyanophyta

Table 3 The mean and standard deviation of species diversity of phytoplankton in Mangrove forest in front of The Royal LERD Project (Experiment) and Reference site (Reference)

Species diversity of phytoplankton	Sampling station 1		Sampling station 2		Sampling station 3		Mean	
	Experiment	Reference	Experiment	Reference	Experiment	Reference	Experiment	Reference
Division Cyanophyta								
- Class Cyanophyceae	1.67±0.52 ^a	2.00±1.26 ^a	2.33±1.21 ^a	1.67±1.21 ^a	2.33±1.97 ^a	2.17±1.47 ^a	2.11±1.32 ^a	1.94±1.26 ^a
Division Chlorophyta								
- Class Chlorophyceae	0.50±0.84 ^a	-	0.17±0.41 ^a	-	0.17±0.41 ^a	0.17±0.41 ^a	0.28±0.57 ^a	0.06±0.23 ^a
- Class Euglenophyceae	-	-	-	-	0.17±0.41 ^a	-	0.06±0.23 ^a	-
Division Chromophyta								
- Class Bacillariophyceae	13.83±2.32 ^a	14.50±4.81 ^a	20.33±2.16 ^a	15.00±6.32 ^a	18.17±9.28 ^a	17.17±8.47 ^a	17.44±6.00 ^a	15.55±6.41 ^a
- Class Dinophyceae	0.83±1.17 ^a	0.17±0.41 ^a	1.26±0.52 ^a	1.50±0.84 ^b	1.63±0.67 ^a	0.67±0.52 ^a	1.30±0.31 ^a	0.78±0.81 ^a
Number of Species	16.83±2.48 ^a	16.67±5.54 ^a	23.83±3.25 ^a	18.17±6.82 ^a	22.17±11.25 ^a	20.17±9.09 ^a	20.94±7.18 ^a	18.33±7.01 ^a
Biodiversity Index	1.52±0.47 ^a	1.81±0.37 ^a	1.93±0.48 ^a	2.05±0.30 ^a	2.06±0.61 ^a	1.85±0.57 ^a	1.82±0.54 ^a	1.90±0.42 ^a

*values followed by the same letter do not different significantly

คลาส Cyanophyceae มากที่สุด รองลงมาคือ ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Dinophyceae ดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae และดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Euglenophyceae ตามลำดับ (Table 3) คิดเป็นร้อยละ 52.76, 46.34, 0.75, 0.14 และ 0.01 ตามลำดับ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในสถานที่ที่ 1 พบ *Nitzschia* sp. มากที่สุด (ร้อยละ 50.84) รองลงมา คือ *Rhizosolenia* sp. และ *Oscillatoria* sp. (ร้อยละ 16.92 และ 9.04 ตามลำดับ) สถานที่ที่ 2 พบ *Oscillatoria* sp. มากที่สุด (ร้อยละ 31.93) รองลงมาคือ *Nitzschia* sp. และ *Nostoc* sp. (ร้อยละ 23.41 และ 12.21 ตามลำดับ) และสถานที่ที่ 3 พบ *Oscillatoria* sp มากที่สุด (ร้อยละ 53.37) รองลงมาคือ *Navicula* sp. และ *Anabaena* sp. (ร้อยละ 15.34 และ 12.05 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในสถานที่ที่ 1, 2

และ 3 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในสถานที่ที่ 3 มีความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด รองลงมาคือสถานที่ที่ 2 และสถานที่ที่ 1 ตามลำดับ (Table 4)

แนวป่าชายเลนอ้างอิง พบความชุกชุมแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 1,279-32,750 เซลล์ต่อลิตร พบความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มากที่สุด รองลงมาคือแพลงก์ตอนพืช ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Dinophyceae และดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae คิดเป็นร้อยละ 63.37, 36.10, 0.51 และ 0.02 ตามลำดับ (Table 3) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในสถานที่ที่ 1 คือ *Oscillatoria* sp. (ร้อยละ 43.99) รองลงมาคือ *Nitzschia* sp. และ *Rhizosolenia* sp. (ร้อยละ 11.40 และ 11.07 ตามลำดับ)

Table 4 The mean and standard deviation of density of phytoplankton in Mangrove forest in front of The Royal LERD Project (Experiment) and Reference site (Reference)

Density of phytoplankton (cell/L)	Sampling station 1		Sampling station 2		Sampling station 3		Mean	
	Experiment	Reference	Experiment	Reference	Experiment	Reference	Experiment	Reference
Division Cyanophyta								
- Class Cyanophyceae	779.5±434.97 ^a	3103.83±5322.95 ^a	8791.67±13683.17 ^a	1171.67±2192.44 ^a	21537.20±45607.02 ^a	2977.33±4124.09 ^a	9712.53±25544.19 ^a	2401.00±3945.71 ^a
Division Chlorophyta								
- Class Chlorophyceae	65.33±105.14 ^a	-	6.50±15.92 ^a	-	2.40±5.36 ^a	4.00±9.80 ^a	26.06±66.61 ^a	1.33±5.65 ^a
- Class Euglenophyceae	-	-	-	-	0.20±0.45 ^a	-	0.06±0.24 ^a	-
Division Chromophyta								
- Class Bacillariophyceae	7442.00±6449.36 ^a	3010.33±2939.91 ^a	7511.83±4998.59 ^a	3186.83±4454.15 ^a	11060.60±10853.93 ^a	6534.83±5449.32 ^a	8530.94±7286.45 ^a	4244.00±4460.36 ^a
- Class Dinophyceae	30.17±54.27 ^a	1.67±4.08 ^a	171.83±376.00 ^a	71.67±61.70 ^b	229.40±335.29 ^a	29.00±27.06 ^{ab}	138.76±283.91 ^a	34.11±47.10 ^a
Total	8317.00±6460.36 ^a	6115.83±6847.79 ^a	16481.83±17339.67 ^a	4430.16±5162.11 ^a	32829.80±55957.04 ^a	9545.17±9290.65 ^a	18408.35±31533.65 ^a	6697.05±7198.08 ^a

*values followed by the same letter do not different significantly

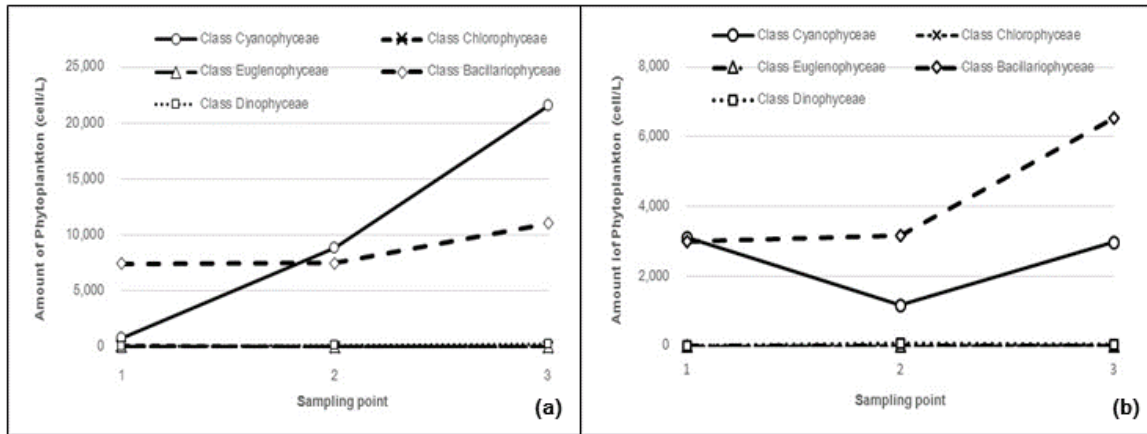


Figure 3 Variation in amount of phytoplankton from station 1, 2 and 3 Mangrove forest in front of The Royal LERD Project (Experiment) Reference mangrove

สถานที่ 2 พบ *Coscinodiscus* sp. มากที่สุด (ร้อยละ 32.87) รองลงมาคือ *Oscillatoria* sp. และ *Chaetoceros* sp. (ร้อยละ 14.94 และ 11.88 ตามลำดับ) และสถานที่ 3 พบ *Oscillatoria* sp. มากที่สุด (ร้อยละ 29.33) รองลงมาคือ *Coscinodiscus* sp. และ *Nitzschia* sp. (ร้อยละ 24.89 และ 10.09 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบ ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในสถานที่ 1, 2 และ 3 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในสถานที่ 3 มีความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุดรองลงมาคือสถานที่ 1 และสถานที่ 2 ตามลำดับ (Table 4)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง พบว่าความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง ส่วนความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชรวมและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในคลาสอื่นๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชรวมและแพลงก์ตอนพืชในคลาสอื่นๆ มากกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง (Table 4)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช กับคุณภาพน้ำ

แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ พบว่าความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Dinophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับค่าความเค็มของน้ำ ($r=0.690, p<0.01$) แต่มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิและความขุ่นของน้ำ ($r=-0.572, p<0.05$ และ

$r=-0.546, p<0.05$ ตามลำดับ) และความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ($r=-0.499, p<0.05$)

แนวป่าชายเลนอ้างอิง พบว่า ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae และความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r=-0.477, p<0.05, r=-0.472, p<0.05$ และ $r=-0.536, p<0.05$ ตามลำดับ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช กับคุณภาพน้ำ

แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ พบว่าความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Dinophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับค่าความเค็มของน้ำ ($r=0.566, p<0.05$) แต่มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิของน้ำ ($r=-0.645, p<0.01$)

แนวป่าชายเลนอ้างอิง พบว่า ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r=-0.723, p<0.01$) และความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ($r=0.514, p<0.05$) และความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชรวมมีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับอุณหภูมิของน้ำ ($r=0.479, p<0.05$) และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ($r=-0.491, p<0.05$)

วิจารณ์และสรุปผล

คุณภาพน้ำบริเวณแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของอรทัย⁴ โดยแนวป่าชายเลนอ้างอิงมีค่ามากกว่า เนื่องจากน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูงกว่า ดังนั้นจึงเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์โดยจุลินทรีย์ แบบ aerobic process ใช้ O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ปริมาณออกซิเจนในน้ำจึงมีค่าน้อยสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าค่าเฉลี่ยบีโอดีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) โดยในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งของโครงการฯ มีค่าสูงกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำอื่น พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2) และพบว่าคุณภาพน้ำบริเวณแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิงในสถานีเก็บตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2) แต่บริเวณแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบางดัชนีมากกว่าบริเวณป่าชายเลนอ้างอิงเล็กน้อย เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ

บริเวณแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 66 และ 58 ชนิด ตามลำดับ จาก 3 ดิวิชัน 5 คลาส ประกอบด้วย ดิวิชัน Cyanophyta (Blue green algae) ดิวิชัน Chlorophyta จำนวน 2 คลาส คือ คลาส Chlorophyceae (Green algae) และคลาส Euglenophyceae (Euglenoid) และ ดิวิชัน Chromophyta จำนวน 2 คลาส คือ คลาส Bacillariophyceae (Diatom) และคลาส Dinophyceae (Dinoflagellate) (Table 3) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในแนวป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งของโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง อยู่ใน ดิวิชัน Cyanophyta (Blue green algae) ชนิด *Oscillatoria* sp. เนื่องจากในน้ำทิ้งของโครงการฯ มีปริมาณธาตุอาหารที่สูงกว่า (Table 2) ซึ่ง *Oscillatoria* sp. เจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารสูง⁹ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล มีความสามารถในการสังเคราะห์แสง⁹ และเจริญเติบโตได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า $25^{\circ}C$ ¹⁰

ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช ในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงเช่นเดียวกัน ในขณะที่ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Chromophyta คลาส

Bacillariophyceae แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีความชุกชุมมากกว่า (Table 3) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบคือ *Nitzschia* sp. และ *Navicula* sp. (ร้อยละ 36.4 และ 19.3 ของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae ที่พบทั้งหมดตามลำดับ) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าคุณภาพน้ำมีการปนเปื้อนของธาตุอาหาร¹¹ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีค่ามากกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง (Table 3 และ Table 4) เนื่องจากคุณภาพน้ำและธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (Table 2) มีผลต่อชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช^{12,13}

แนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ มีความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชในสถานีที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในสถานีที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากป่าชายเลนมีระยะแคบ (ไม่เกิน 1 กิโลเมตร) เมื่อน้ำทะเลขึ้นสูงสุดมวลน้ำจะเข้ามาในป่าชายเลนทั้งพื้นที่ จึงทำให้พบแพลงก์ตอนพืชกระจายอยู่ทั่วไป โดยในสถานีที่ 2 ซึ่งอยู่ในตอนกลาง เป็นจุดที่มวลน้ำมีการผสมกันระหว่างน้ำทะเลและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ที่ไหลผ่านป่าชายเลนมาปะทะกัน จึงพบจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าสถานีที่ 1 และ 3 (Table 3)

ทั้งนี้ในแนวป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งของโครงการฯ พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความชุกชุมมากที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อออกสู่ทะเล (Table 4 และ Figure 3(a)) เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ที่พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชันนี้พบมากที่สุดใต้น้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Chromophyta คลาส Dinophyceae ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าการปนเปื้อนของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ¹¹ โดยความหลากหลายชนิดและความชุกชุมแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Chromophyta คลาส Dinophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับค่าความเค็มของน้ำ ($r = 0.566$, $p < 0.05$) ดังนั้น จึงพบมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อออกสู่ทะเล (Table 4 และ Figure 3(a))

แนวป่าชายเลนอ้างอิง มีความหลากหลายชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในสถานีที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีแนวโน้มของชนิดและความชุกชุมเพิ่มมากขึ้นเมื่อออกสู่ทะเล สอดคล้องกับการศึกษาของจิรพร และสุรีย์¹⁴, ณีศรา¹⁵ และ El Gammal

et, al.¹⁶ ที่พบแพลงก์ตอนพืชคลาส Bacillariophyceae มีชนิดและความชุกชุมมากที่สุด และเป็นแพลงก์ตอนพืชคลาสหลักที่พบในทะเล แสดงว่าแพลงก์ตอนพืชที่พบในป่าชายเลนส่วนใหญ่มาจากทะเล

การศึกษาดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช (H') พบว่าแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทั้งจากโครงการฯ และแนวป่าชายเลนอ้างอิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่าในแนวป่าชายเลนที่ได้รับน้ำทั้งจากโครงการฯ มีค่าน้อยกว่าแนวป่าชายเลนอ้างอิง (Table 3) ซึ่งค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช (H') ดังกล่าวบ่งชี้ว่าน้ำทั้ง มีการปนเปื้อนของธาตุอาหารมากกว่า จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของมลสารในระดับปานกลางตามดัชนีการจำแนกของ Whitton¹⁷

ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในแนวป่าชายเลนด้านหน้าโครงการฯ พบว่าความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chromophyta คลาส Dinophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความเค็มของน้ำ ($r=0.566$, $p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ El Gammal et, al.¹⁶ แต่มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิของน้ำ ($r=-0.645$, $p<0.01$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Dhib et, al.¹⁸ ดังนั้นจึงพบความชุกชุมเพิ่มมากขึ้นเมื่อออกสู่ชายฝั่งทะเล (Table 3, Figure 3(a)) เนื่องจากค่าความเค็มและอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อรูปทรงของเซลล์¹⁹ การ metabolism และอัตราการเจริญเติบโต²⁰ ส่วนแนวป่าชายเลนอ้างอิง พบว่า ความชุกชุมของ แพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r=-0.491$, $p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ El Gammal et, al.¹⁶ เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง จุลินทรีย์จึงใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวเป็นสารอินทรีย์ซึ่งจะไปสนับสนุนการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ส่วนดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ($r=-0.514$, $p<0.05$) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและสร้างพลังงานให้แก่เซลล์²¹ ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิของน้ำ ($r=0.479$, $p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ El Gammal et, al.¹⁶ แต่แตกต่างจากผลการศึกษาของ Sabanci²² และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($r=-0.491$, $p<0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sabanci²²

จากผลการศึกษา พบว่า น้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝังที่ไหลลงสู่ป่าชายเลนบริเวณด้านหน้าโครงการฯ

ไม่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในป่าชายเลน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ เจ้าหน้าที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

1. Saifullah, A.S.M., Kamal, A.H.M., Idris, M. H., Rajae, A. H., Bhuiyan, M.K.A., Phytoplankton in tropical mangrove estuaries: role and interdependency. Forest Science and Technology. 2016; 12(2): 104-113
2. ธนวัฒน์ จินจาร์ภักษ์. สมดุลน้ำในระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2557
3. Poommai, S., Chunkao, K., Dumpin, N., Boonmang, S., Nimpee, C. Determining the In-Pipe Anaerobic Processing Distance before Draining to Oxidation Pond of Municipal Wastewater Treatment. IJESD; 2013. 4(2): 157-162
4. อรทัย จิตไธสง. การศึกษาผลของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและซีพีลักษณะของป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555
5. APHA AWWA และ WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington; 2012
6. ลัดดา วงศ์รัตน์. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542
7. Shannon, C.E., Wiener, W. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Urbana; 1949
8. Nair, A. M.S., Reshma, J.K., Mathew, A., Ashok, A.J.A., Effect of Water Quality on Phytoplankton Abundance in Selected Ponds of Nedumangad Block Panchayat, Kerala. Emer Life Sci Res. 2015; 1(2): 35-40

9. Miranda-Baeza, A., Mariscal-Lopez M. A., Lopez-El, J.A., Rivas-Vega, M.E., Emerenciano, M., Sanchez-Romero, A., Esquer-Mendez, J. L. Effect of inoculation of the cyanobacteria *Oscillatoria* sp. on tilapia biofloc culture. *Aquaculture Research*, 2017; 48: 4725–4734
10. Li, R. Chen, Q., Zhang, X. Recknagel, F. Effects of temperature and macronutrients on phytoplankton communities across three largely different lakes identified by a time space trade-off approach. *Ecological Informatics*. 2015; 29: 174–181
11. จงกล พรมยะ. เอกสารคำสอน แพลงก์ตอนวิทยา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2560
12. Nincevic-Gladan, Z., Buzancic, M., Kuspilic G., Grbec, B., Matijevic, S., Skejic, S., Marasovic, I., Morovic, M. The response of phytoplankton community to anthropogenic pressure gradient in the coastal waters of the eastern Adriatic Sea. *Ecological Indicators*. 2015; 6: 106–115
13. Vajravelu M., Martin Y., Ayyappan S., and Mayakrishnan M. Seasonal influence of physico-chemical parameters on phytoplankton diversity, community structure and abundance at Parangipettai coastal waters, Bay of Bengal, South East Coast of India. *Oceanologia*. 2018; 60: 114-127
14. จิรพร เจริญวัฒนาพร, สุรีย์ สดภูมินทร์. ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ป่าชายเลนเขตสงวนชีวมณฑลระนอง. ใน: เอกสารการประชุมวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา; 2557. หน้า 9-21
15. นิศรา ถาวรโสตร์. การประยุกต์ใช้องค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของจำนวนแพลงก์ตอนพืช เพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้สถานภาพสิ่งแวดล้อมชายฝั่งของประเทศไทย. *วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*; 2558
16. El Gammal, M.A.M., Nageeb, M., Al-Sabeb, S. Phytoplankton abundance in relation to the quality of the coastal water – Arabian Gulf, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 2017; 43: 275-272
17. Whitton, B. A. *River Ecology*. University of California, USA; 1975
18. Dhib, A., Frossard, V., Turki, S., Aleya, L. Dynamics of harmful dinoflagellates driven by temperature and salinity in a northeastern Mediterranean lagoon. *Environ Monit Assess*, 2013; 185: 3369-3382
19. Balzano, S., Sarno, D., Kooistra, W. Effects of salinity on the growth rate and morphology of ten *Skeletonema* strains. *Journal of Plankton Research*, 2011; 33: 937–945
20. Aleya, L., Dauta, A., Reynolds, C. S. Endogenous regulation of the growth-rate responses of a spring-dwelling strain of the freshwater alga, *Chlorella minutissima* to light and temperature. *European Journal of Protistology*, 2011; 47: 239–244
21. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. ศรีวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558
22. Sabanci, F.C. Phytoplankton Distribution and its Relationship to the Physico-Chemical Environment in a Coastal Lagoon. *Ekoloji*, 2014; 23(90): 61-72

คุณภาพน้ำเชื้อปลาสาวยที่แช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและน้ำแข็งแห้ง

Sperm Quality of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) milt cryopreserved with liquid nitrogen vapor and dry ice

ภาวิณี ช้วนุกูล¹, สุภัณฑิต นิมรัตน์², วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย³

Pavinee Chuynukoon¹, Subuntith Nimrat², Verapong Vuthiphandchai³

Received: 25 February 2019; Revised: 26 April 2019; Accepted: 24 May 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสาวย (*Pangasianodon hypophthalmus*) ด้วยไนโตรเจนเหลวและน้ำแข็งแห้ง ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 เจือจางน้ำเชื้อปลาสาวยในสารละลาย calcium-free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS) ที่ปริมาตร 1:3 และผสมด้วย 10% dimethyl sulfoxide (DMSO) วางเหนือผิวไนโตรเจนเหลวที่ระดับ 2, 4 และ 6 เซนติเมตร จากผิวหน้าไนโตรเจนเหลว พบว่าหลอดบรรจุน้ำเชื้อปลาสาวยที่วางไว้เหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลวที่มีความสูง 6 เซนติเมตร นาน 10 นาที เมื่อทำการเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว (-196 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 วัน น้ำเชื้อปลาสาวยหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ที่ดีที่สุด 76.6±8.2 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว ระยะเวลา 120 วัน น้ำเชื้อปลาสาวยหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์ม 75.5±3.8 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ 2 แช่แข็งน้ำเชื้อปลาสาวยด้วยน้ำแข็งแห้งโดยใช้วัสดุห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้มหลอดบรรจุน้ำเชื้อ พบว่าหลอดบรรจุน้ำเชื้อที่ไม่ห่อหุ้มวัสดุวางไว้บนน้ำแข็งแห้ง 20 นาที ทำการเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว เป็นเวลา 2 วัน น้ำเชื้อปลาสาวยหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มที่ดีที่สุด 60.0±0.0 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว ระยะเวลา 120 วัน น้ำเชื้อปลาสาวยหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์ม 26.6±6.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มที่ทำการลดอุณหภูมิแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งกับไนโตรเจนเหลว แสดงให้เห็นว่าน้ำเชื้อปลาสาวยที่ลดอุณหภูมิแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง มีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มต่ำกว่าน้ำเชื้อที่ลดอุณหภูมิแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลว และวิธีที่แช่แข็งน้ำเชื้อปลาสาวยด้วยไนโตรเจนเหลวคือวิธีที่ดีที่สุด

คำสำคัญ : ปลาสาวย น้ำแข็งแห้ง แช่แข็ง น้ำเชื้อปลา สารโคริโอโพรเทคแทนท์

Abstract

The objective of this study was to develop a protocol for cryopreservation of *Pangasianodon hypophthalmus* milt based on using liquid nitrogen vapor and dry ice. The experiments were divided into two parts. In the first experiment; milt was diluted 1:3 in calcium-free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS) supplemented with 10% dimethyl sulfoxide (DMSO) and sperm solution were kept in straw tubes and allowed to freeze at 2, 4 and 6 cm above the surface of liquid nitrogen (LN₂) vapor then cryostored in liquid nitrogen (-196 °C) for 2 days. Highest post-thawed sperm motilities after freezing with LN₂ vapor were observed at 6 cm above LN₂ with the average values of 76.6±8.2%. In the second experiment, milt was diluted the same as the experiment 1. But under 2 subset conditions with and without insulator

¹ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวาริชศาสตร์, ³รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวาริชศาสตร์, ²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา และโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

^{1,3}Dept. of Aquatic Science, Faculty of Science, ²Dept. of Microbiology and Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri 20131

Corresponding author; Verapong Vuthiphandchai, Dept. of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri 20131 Thailand. verapong@buu.ac.th

wrapping, were assigned to storage containers. Highest post-thawed sperm motilities ($60.0\pm 0.0\%$) after freezing with dry ice and cryostorage for 2 days were found in the treatment without wrapping with insulator materials. After cryostorage in liquid nitrogen for 120 days, sperm frozen with dry ice had average motility of $26.6\pm 6.7\%$. Sperm frozen with dry ice after cryostorage showed a significantly lower percentage of post-thawed sperm motility compared to LN_2 vapor. The method of freezing with LN_2 vapor is supposed to be the best method.

Keywords: *Pangasianodon hypophthalmus*, striped catfish, dry ice, cryopreservation, cryoprotectant,

บทนำ

ปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย พบมากในแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และแม่น้ำโขง จัดเป็นปลาน้ำจืดที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเนื้อมีรสชาติดี และเนื้อปลามีปริมาณมาก สามารถนำไปบริโภคได้ทั้งปลาสดและแปรรูป เช่น ปลาร้า ปลาแห้งรมควัน และเนื้อปลาสวายแช่แข็ง ยังเป็นที่นิยมในแถบยุโรป ปลาสวายจัดเป็นปลาที่นิยมเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยส่วนมากชาวประมงจะนิยมเลี้ยงปลาสวายในบ่อหรือกระชัง ปลาสวายจะไม่ผสมพันธุ์วางไข่ในบ่อหรือกระชังที่เลี้ยง^๑ ปลาสวายเป็นปลาที่ผสมพันธุ์วางไข่ตามฤดูกาล แต่บางครั้งพ่อพันธุ์ไม่มีน้ำเชื้อโดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูผสมพันธุ์ จึงต้องใช้วิธีฉีดฮอร์โมนผสมเทียมแม่พันธุ์ปลา^{๑๐} ในการผสมเทียมต้องผสมไข่และน้ำเชื้อทันที ไม่สามารถเก็บน้ำเชื้อไว้ได้นาน เพราะจะทำให้คุณภาพของน้ำเชื้อลดลง ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคการเก็บรักษาน้ำเชื้อแช่แข็งมาใช้ในการเพาะพันธุ์ เพื่อช่วยให้สามารถเก็บรักษาน้ำเชื้อปลาสวายที่มีคุณภาพเอาไว้และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะพันธุ์ได้ภายหลัง

การเก็บรักษาน้ำเชื้อแช่แข็ง เป็นวิธีการเก็บในระยะยาวโดยนำน้ำเชื้อไปแช่แข็งและเก็บรักษาไว้ในถังไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ การเก็บรักษาน้ำเชื้อปลาแบบแช่แข็งใช้วิธีการนำน้ำเชื้อปลามาเจือจางในสารละลายยิปโซเฟอร์และใส่สารไครโอโพรเทคแทนท์ (Cryoprotectant) ซึ่งเป็นสารที่จะป้องกันไม่ให้เซลล์เสียหายระหว่างแช่แข็งบรรจุน้ำเชื้อในหลอดสำหรับแช่แข็ง จากนั้นลดอุณหภูมิอย่างเหมาะสม หลังจากนั้นก็นำไปแช่ในถังไนโตรเจนเหลว $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งสามารถเก็บรักษาน้ำเชื้อปลาได้นานเป็นปี^๑ โดยทั่วไปการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายสามารถทำได้ 2 แบบ คือการแช่แข็งด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ (Controlled – rate Programmable Freezer) และการแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen Vapor) ในกล่องโฟม การใช้เครื่องมืออัตโนมัติหรือใช้ไนโตรเจนเหลวต่างก็ใช้ไนโตรเจนเหลว เพื่อแช่แข็งน้ำเชื้อให้ลดอุณหภูมิที่ต่ำลงจนแข็งตัว แต่ในบางพื้นที่ไม่สามารถหาไนโตรเจนเหลวมาใช้ในการแช่แข็งได้ จึงควรพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาด้วยเทคนิค

ที่ใช้แหล่งความเย็นในการลดอุณหภูมิที่หาได้ทั่วไป ด้วยเหตุที่น้ำแข็งแห้งซึ่งมีความเย็นจัด มีอุณหภูมิคงที่ ($-79\text{ }^{\circ}\text{C}$) สามารถจัดหาได้ในทุกพื้นที่ และราคาไม่แพง จึงควรพัฒนาการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาด้วยการใช้น้ำแข็งแห้ง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่ายและประหยัดเหมาะสมสำหรับเกษตรกรที่มีต้นทุนต่ำ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาเกี่ยวกับการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายด้วยการใช้น้ำแข็งแห้ง เปรียบเทียบกับการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาด้วยไนโตรเจนเหลว เพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะพันธุ์ในภายหลังต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสมต่อน้ำเชื้อปลาสวาย
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำเชื้อปลาสวายหลังการละลายที่แช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวกับน้ำแข็งแห้ง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1 ศึกษาการพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายในกล่องโฟมด้วยไนโตรเจนเหลว และ 2 ศึกษาการพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายในกล่องโฟมด้วยน้ำแข็งแห้ง

ดำเนินการทดลองที่โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2560 ถึงเดือนมกราคม 2561 โดยงานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในสัตว์มีกระดูกสันหลัง มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่การรับรอง 42/2559

วิธีการศึกษา

1. รวบรวมน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ปลาสวายที่มีอายุประมาณ 1.5-2 ปี น้ำหนักประมาณ 2-4 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว จากฟาร์มปลาเอกชนในจังหวัดอยุธยา นำมาพักเพื่อทดลองที่โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทำการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อน้ำเชื้อสดก่อนเริ่มการทดลอง ด้วยการประเมินเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์ม คือ น้ำเชื้อที่มีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์ม

เท่ากับ 0%, 20%, 40%, 60%, 80% และ 100% โดยหยดน้ำเชื้อสด 1 ไมโครลิตร ลงบนกระจกสไลด์ แล้วใช้น้ำสะอาด หยดลงไป 50 ไมโครลิตร แล้วประเมินการเคลื่อนที่ของสเปิร์มภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 นาที¹²

2. การเตรียมสารละลาย

สารละลายมี 2 ชนิดคือ สารบัฟเฟอร์และสารโครโอโปรเทคแทนท์

ก) สารบัฟเฟอร์ คือ Calcium Free Hank's balanced salt solution

(Ca-F HBSS) ประกอบด้วย NaCl 0.8890 g, KCl 0.0440 g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.0130 g, NaHCO_3 0.0390 g, KH_2PO_4 0.0070 g, MgSO_4 0.0220 g และ Glucose 0.1110 g ละลายในน้ำกลั่น 100 ml และปรับ pH 7.6¹³

ข) สารโครโอโปรเทคแทนท์ คือ Dimethyl Sulfoxide (DMSO)

3. การพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายในกล่องโฟมด้วยไนโตรเจนเหลว นำน้ำเชื้อปลาสวายเจือจางใน Calcium-free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS) ในอัตราส่วน 1:3 ผสมกับ DMSO ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 10% ตูดน้ำเชื้อที่ผสมเข้ากันกับสารโครโอโปรเทคแทนท์ใส่หลอดฟาง ขนาด 0.5 มิลลิเมตร ในปริมาตร 0.3 มิลลิเมตร วางไว้ให้น้ำเชื้อปรับตัวกับสารละลาย (equilibration) 10 นาที แล้วนำหลอดบรรจุน้ำเชื้อไปทำการลดอุณหภูมิในกล่องโฟมขนาด 22x33.5x27 บรรจุไนโตรเจนเหลวสูง 3 เซนติเมตรลงไป ในกล่องโฟม แล้ววางหลอดบรรจุน้ำเชื้อเหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลวที่ระดับ 2, 4 และ 6 เซนติเมตร โดยทุกชุดการทดลองจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้ระยะเวลาแช่แข็งนาน 10 และ 20 นาที ปิดฝากล่องโฟมให้สนิท เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดแล้วจึงเขี่ยหลอดฟาง ลงไปในไนโตรเจนเหลวที่อยู่ในกล่อง¹² นำหลอดที่มีน้ำเชื้อปลาสวายที่ทำการแช่แข็งเสร็จแล้วไปเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว (-196 °C) ระยะเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำน้ำเชื้อแช่แข็งมาประเมินการเคลื่อนที่ของสเปิร์มหลังการละลายโดยการละลายน้ำเชื้อแช่แข็งที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 6 วินาที นำผลของวิธีที่น้ำเชื้อแช่แข็งหลังการละลายมีการเคลื่อนที่ของสเปิร์มที่ดีที่สุดมาใช้ในการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวาย แล้วนำมาเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว เพื่อประเมินคุณภาพน้ำเชื้อที่ระยะเวลา 30 วัน 60 วัน 90 วัน และ 120 วัน โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

2. การพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายในกล่องโฟมด้วยน้ำแข็งแห้ง นำน้ำเชื้อปลาสวายเจือจางใน

Calcium-free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS) ในอัตราส่วน 1:3 ผสมกับ ผสมกับ DMSO ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 10% ตูดน้ำเชื้อที่ผสมเข้ากันกับสารโครโอโปรเทคแทนท์ใส่หลอดฟาง ขนาด 0.5 มิลลิเมตร ในปริมาตร 0.3 มิลลิเมตร วางไว้ให้น้ำเชื้อปรับตัวกับสารละลาย (equilibration) 10 นาที แล้วนำหลอดบรรจุน้ำเชื้อไปทำการลดอุณหภูมิในกล่องโฟมขนาด 22x33.5x27 บรรจุน้ำแข็งแห้งหีบดหยาบครึ่งกล่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ

1 วางหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อไว้บนน้ำแข็งแห้งเป็นเวลา 10 และ 20 นาที

2 วางหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อไว้ใต้น้ำแข็งแห้งเป็นเวลา 10 และ 20 นาที

3 หุ้มหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อด้วยสายไฟ วางไว้บนน้ำแข็งแห้ง 10 และ 20 นาที

4 หุ้มหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อด้วยสายไฟ วางไว้ใต้น้ำแข็งแห้งเป็นเวลา 10 และ 20 นาที โดยทุกชุดการทดลอง จะทำการทดลอง 3 ซ้ำ¹³ นำหลอดที่มีน้ำเชื้อปลาสวายที่ทำการแช่แข็งเสร็จแล้วไปเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว ระยะเวลา 2 วัน แล้วนำน้ำเชื้อแช่แข็งมาประเมินการเคลื่อนที่ของสเปิร์มหลังการละลายโดยการละลายน้ำเชื้อแช่แข็งที่อุณหภูมิละลาย 40 °C เป็นเวลา 6 วินาที นำวิธีการแช่แข็งที่ให้ผลน้ำเชื้อแช่แข็งหลังการละลายมีการเคลื่อนที่ของสเปิร์มที่ดีที่สุดมาใช้ในการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวาย โดยนำมาเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว ทำการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อที่ระยะเวลา 30 วัน 60 วัน 90 วัน และ 120 วัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1 ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธีของ Turkey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ MINITAB Version 17 2017

2 นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน One-Way ANOVA

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายในกล่องโฟมด้วยไนโตรเจนเหลว

จากการประเมินการเคลื่อนที่ของน้ำเชื้อสด (freshly collected milk) มีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่เท่ากับ 100% และจากการทดลองวางหลอดบรรจุน้ำเชื้อปลาสวายเหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลว 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 เซนติเมตรเป็นเวลา 10 และ 20 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาใน

ถึงไนโตรเจนเหลว -196°C เป็นเวลา 2 วัน พบว่าหลอดบรรจุ น้ำเชื้อวางที่ความสูงเหนือผิวไนโตรเจนเหลว 6 เซนติเมตร เป็นเวลา 10 นาที และ 20 นาที สเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่สูงสุดเฉลี่ย 76.6 ± 8.2 และ 63.3 ± 10.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการทดลอง ชุดอื่นๆ ที่มีการเคลื่อนที่เฉลี่ยระหว่าง 40-53.3 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) เมื่อนำเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว -196°C เป็นเวลา 120 วัน พบว่าตั้งแต่วันที่ 1 สเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่เฉลี่ย 93.3 ± 3.8 เปอร์เซ็นต์ และวันที่ 30, 60, 90 และ 120 สเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่เฉลี่ย 80.0 ± 0.0 , 77.7 ± 3.8 , 80.0 ± 0.0 , 75.5 ± 3.8 ตามลำดับ (Figure 3)

2. การพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสายใน กล่องโฟมด้วยน้ำแข็งแห้ง

จากการประเมินการเคลื่อนที่ของน้ำเชื้อสด (freshly collected milt) มีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่เท่ากับ 100% และจากการทดลอง นำหลอดบรรจุน้ำเชื้อปลาสายมา ลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำแข็งแห้งโดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง

คือ 1. วางหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อไว้บนน้ำแข็งแห้ง 2. วางหลอด ที่บรรจุน้ำเชื้อไว้ใต้น้ำแข็งแห้ง 3. หุ้มหลอดบรรจุน้ำเชื้อด้วย สายไฟและนำไปวางไว้บนน้ำแข็งแห้ง 4. หุ้มหลอดบรรจุน้ำ เชื้อด้วยสายไฟและนำไปวางไว้ใต้น้ำแข็งแห้ง ในทั้ง 4 ชุดการ ทดลองแช่แข็งน้ำเชื้อเป็นเวลา 10 และ 20 นาที นำไปเก็บ รักษาในถัง

ไนโตรเจนเหลว -196°C เป็นเวลา 2 วัน พบว่า หลอดบรรจุน้ำเชื้อที่วางบนน้ำแข็งแห้งเป็นเวลา 20 นาที สเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่สูงสุดเฉลี่ย 60.0 ± 0.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับ การทดลองชุดอื่นๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 43.3-46.6 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) เมื่อนำเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว -196°C เป็น เวลา 120 วัน พบว่าตั้งแต่วันที่ 1 สเปิร์มหลังการละลายมี เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่เฉลี่ย 80.0 ± 0.0 เปอร์เซ็นต์ และวันที่ 30, 60, 90 และ 120 สเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การ เคลื่อนที่เฉลี่ย 68.8 ± 10.2 , 62.2 ± 3.8 , 55.5 ± 3.8 , 26.6 ± 6.7 ตามลำดับ (Figure 3)

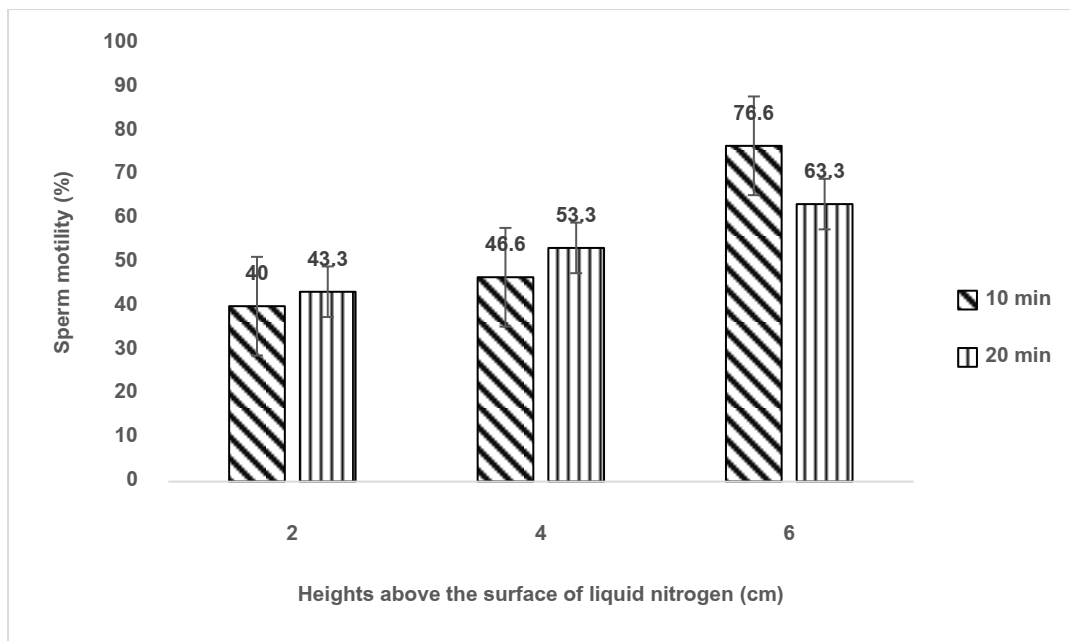


Figure 1 Post-thawed sperm motility (%) of *Pangasianodon hypophthalmus* frozen at 2, 4 and 6 cm above the surface of liquid nitrogen for 10 and 20 minutes.

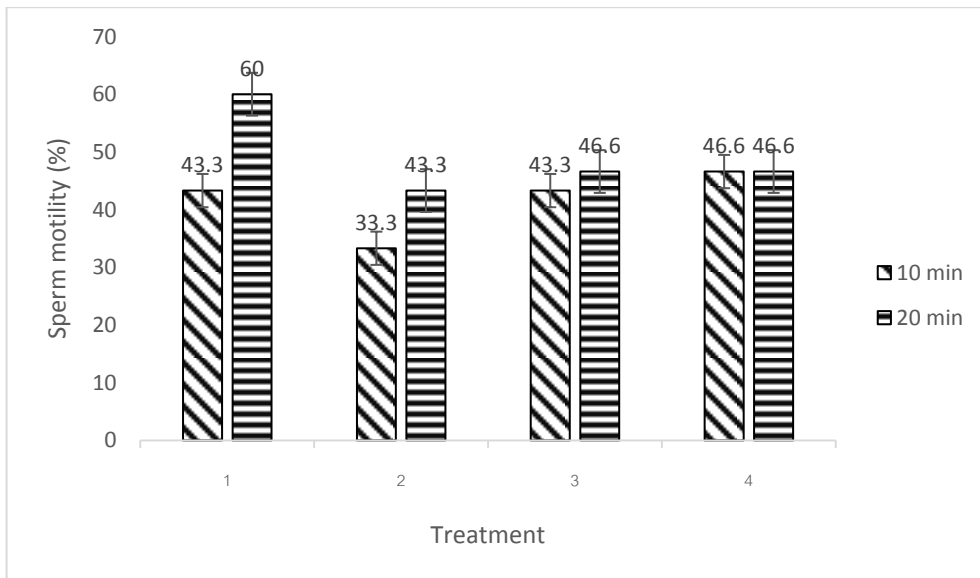


Figure 2 Post-thawed sperm motility (%) of *Pangasianodon hypophthalmus* frozen with dry ice for 10 and 20 minutes.
 * Treatment 1 Put the straw on dry ice, Treatment 2 Put the straw beneath dry ice, Treatment 3 Put wrapped straw on dry ice, Treatment 4 Put wrapped straw beneath dry ice

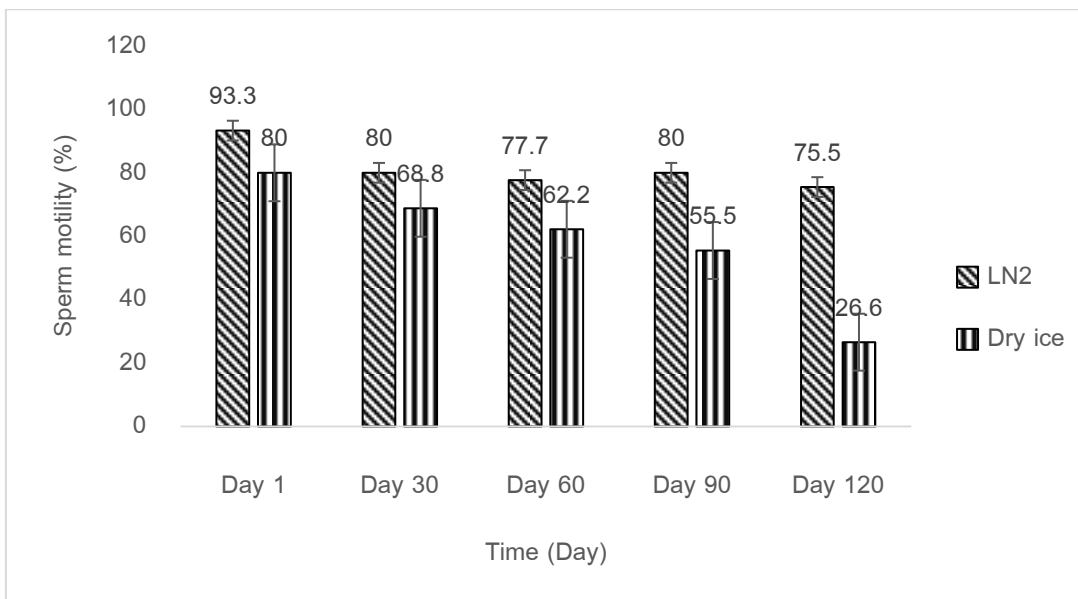


Figure 3 Effect of storage period (day) on post-thawed sperm motility of *Pangasianodon hypophthalmus* frozen by the use of liquid nitrogen vapor and dry ice

วิจารณ์และสรุปผล

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาชวยในกล่องโฟมด้วยไนโตรเจนเหลว โดยวางหลอดบรรจุน้ำเชื้อเหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลว 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 เซนติเมตร ภายในกล่องโฟมเป็นเวลา 10 และ 20 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ในถังไนโตรเจนเหลว -196 °C เป็นเวลา 2 วัน พบ

ว่าสเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่แตกต่างกันตามระยะห่างที่อยู่เหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลว เนื่องจากระยะเหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลวที่ต่างกัน จะมีอุณหภูมิที่สัมผัสกับหลอดบรรจุน้ำเชื้อแต่ละระดับไม่เท่ากัน โดยที่ระดับ 2 และ 4 เซนติเมตร มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ที่ระดับ 6 เซนติเมตร น้ำเชื้อในหลอดจึงมีการแข็งตัวเร็วเกินไป และการที่น้ำเชื้อแข็งตัวเร็วเกินไปจะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็ง (ice crystal) ภายในเซลล์ทำให้

เซลล์เกิดอันตราย² และเมื่อนำน้ำเชื้อแช่แข็งไปประเมินคุณภาพหลังการละลายจึงทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มมีค่าต่ำ ส่วนระยะเวลาในการลดอุณหภูมิ จะมีผลทำให้น้ำแพร่ออกจากเซลล์สู่ภายนอกเซลล์แตกต่างกัน โดยถ้าใช้ระยะเวลาแช่แข็งที่เหมาะสมจะทำให้ น้ำแพร่ออกจากเซลล์สู่ภายนอกน้อยลง จะคงความสมบูรณ์ของเซลล์ไว้ อย่างไรก็ตามการแช่แข็งจะมีระยะเวลาสมดุล (Equilibration Time) และอัตราการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์² ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการแช่แข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลวของน้ำเชื้อปลาหลายชนิด เช่น ปลาดุกอุย¹² ปลาไนตระกูลปลาลิ้นหมา¹ ปลาไน⁵ เมื่อนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน พบว่าน้ำเชื้อปลาสวายแช่แข็งหลังการละลายของวันที่ 1 และวันที่ 120 มีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายด้วยไอไนโตรเจนเหลวมีผลทำให้สเปิร์มหลังการละลาย ยังคงมีคุณภาพดี แม้ว่า จะเก็บไว้ในไนโตรเจนเหลว นาน 120 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองเรื่องการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาหลายชนิด เช่น ปลาดูตะเพียนขาว¹¹ ปลาม้า⁷

จากการพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาสวายในกล่องโฟมด้วยน้ำแข็งแห้ง โดย แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ 1. วางหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อไว้บนน้ำแข็งแห้ง 2. วางหลอดที่บรรจุน้ำเชื้อไว้ใต้น้ำแข็งแห้ง 3. หุ้มหลอดบรรจุน้ำเชื้อด้วยสายไฟแล้วนำไปวางไว้บนน้ำแข็งแห้ง 4. หุ้มหลอดบรรจุน้ำเชื้อด้วยสายไฟแล้วนำไปวางไว้ใต้น้ำแข็งแห้ง ภายในกล่องโฟมเป็นเวลา 10 และ 20 นาที เก็บรักษาน้ำเชื้อแช่แข็งไว้ในถังไนโตรเจนเหลว -196 °C เป็นเวลา 2 วัน พบว่าสเปิร์มหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่แตกต่างกันตามชุดการทดลอง และระยะเวลาในการลดอุณหภูมิ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งของน้ำเชื้อปลาหลายชนิด เช่น ปลาดูตะเพียนขาว¹³ ปลาม้าลาย⁴ เมื่อนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -196 °C เป็นเวลา 120 วัน พบว่าน้ำเชื้อแช่แข็งที่เก็บรักษาไว้ช่วงเวลา 30 และ 60 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่สูงหลังการละลาย แต่เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาผ่านไป 90 และ 120 วัน น้ำเชื้อปลาสวายมีการเคลื่อนที่ลดลง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำเชื้อปลาสวายที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำแข็งแห้งมีอุณหภูมิสูงกว่าไนโตรเจนเหลว น้ำเชื้อปลาสวายที่ลดอุณหภูมิต่ำด้วยน้ำแข็งแห้งแล้วนำไปเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลวทันที จะมีอุณหภูมิที่ต่างกันซึ่งอาจจะส่งผลให้เซลล์ได้รับความเสียหาย ซึ่งสอดคล้องกับการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาด้วยน้ำแข็งแห้งแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในถัง

ไนโตรเจนเหลวในการทดลองนี้ที่คุณภาพสเปิร์มลดลง ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาในปลาหลายชนิด เช่น ปลาม้าลาย³ ปลาดุก⁶ เป็นต้น

สรุปผลการทดลอง

หลอดบรรจุน้ำเชื้อ ที่วางไว้เหนือผิวหน้าไนโตรเจนเหลว 6 เซนติเมตร นาน 10 นาที แล้วเก็บรักษาในถังไนโตรเจนเหลว เป็นเวลา 2 วัน น้ำเชื้อหลังการละลายสเปิร์มมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มดีที่สุด และหลอดบรรจุน้ำเชื้อ ที่วางไว้บนน้ำแข็งแห้ง 20 นาที ที่เก็บรักษาในถังไนโตรเจน เป็นเวลา 2 วัน น้ำเชื้อหลังการละลายมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มดีที่สุด เมื่อนำไปเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 120 วัน น้ำเชื้อปลาสวายที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของสเปิร์มต่ำกว่าน้ำเชื้อที่แช่แข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว แต่น้ำเชื้อที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งก็ยังมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่หลังการละลายที่ค่อนข้างสูงในระยะแรก ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อที่ง่าย และไม่ซับซ้อน ใช้เวลาไม่นาน ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หรือภาชนะจำเพาะเหมือนไนโตรเจนเหลว อีกทั้งน้ำแข็งแห้งยังหาได้ง่าย และราคาไม่แพง เหมาะสำหรับหน่วยงานหรือเกษตรกรที่ต้องการเก็บรักษาน้ำเชื้อปลาสวายแช่แข็งในระยะเวลาหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ของมหาวิทยาลัยบูรพา (grant no. 37/2561)

เอกสารอ้างอิง

- Chereguini, O., De la Banda, I. G., Herrera, M., Martinez, C., & De la Hera, M. Cryopreservation of tubot *Scophthalmus maximus* (L.) sperm: fertilization and hatching rates. *Aquacult. Res.*, 34, 2003. 739-747
- Denniston, R.S., Michelet, S., & Godke, R.A. Principle of cryopreservation. In *Cryopreservation in Aquatic Species*, Tiersch, T.R. and Mazik, P.M., Editor. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 2000. 56-74.
- Draper, B. W., Stout, J., Hernandez, R., & Moens, C.. A High-throughput sperm freezing protocol for zebra fish cryopreservation. *Journal Visualized Experiments*, 29, 2009. 1395

4. Harvey, B., Kelley, R. N., & Ashwood-Smith, M. J. Cryopreservation of zebra fish spermatozoa using methanol. CAN. J ZOOL, 60, 1982. 1867-1870
5. Horvath, A., Miskolczi, E., and Urbanyi, B. Cryopreservation of common carp sperm. Aquat. Living Resour. 16, 2003. 457-460
6. Muchlisin, Z. A., Hashim, R., & Chong, A. S. C. Preliminary study on the cryopreservation of tropical bagrid catfish (*Mystus nemurus*) spermatozoa; the effect of extender and cryoprotectant on the motility after short-term storage. Theriogenology, 62, 2004. 25-34
7. เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน, ชนกันต์ จิตมนัส. ปัจจัยพื้นฐานบางประการในการเก็บน้ำเชื้อปลาบึกแช่แข็งเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.d กรุงเทพฯ; 2549. หน้า 438-444
8. กรมประมง. คู่มือการเลี้ยงปลาน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2536
9. กฤษณ์ มงคลปัญญา. การเก็บรักษาน้ำเชื้อปลาแบบแช่แข็ง หลักการ/วิธีการ/ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2536. หน้า 128
10. ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด. กรุงเทพฯ; 2532. หน้า 196
11. ปฏิญา อ้นขวัญเมือง, สุภัณฑิลา นิมรัตน์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. การแช่แข็งน้ำเชื้อปลาตะเพียนขาว (*Barbodes gonionotus*) อย่างง่าย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.d กรุงเทพฯ; 2551. หน้า 236-242
12. ปฏิญา อ้นขวัญเมือง, สุภัณฑิลา นิมรัตน์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. การพัฒนาวิธีการแช่แข็งน้ำเชื้อปลาดุกอุยปริมาณมาก. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม; 2560. หน้า 600-606
13. อมรัตน์ กิระวานิชย์, สุภัณฑิลา นิมรัตน์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. การแช่แข็งน้ำเชื้อปลาตะเพียนขาวด้วยการใช้น้ำแข็งแห้ง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก 2560;10(2) : 84-91

ผลของสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ และเส้นใยกล้วยต่อสมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Effect of Chain Extender and Banana Fiber on Melt-Processing Properties of Poly (vinyl alcohol)

ยศฐา ศรีเทพ^{1*}, ดรรชนี พหลหาญ², สุพรรณ ยั่งยืน³, อรปรียา เวียงอินทร์⁴

Yottha Srithep¹, Dutchanee Pholharn², Supan Yangyuen³, Onpreeya Veang-in⁴

Received: 16 January 2019; Revised: 6 March 2019; Accepted: 27 March 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์และเส้นใยกล้วยต่อกระบวนการหลอมขึ้นรูปของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยการนำเส้นใยกล้วย 0 และ 5 โดยน้ำหนัก สารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ 0, 2 และ 4 โดยน้ำหนัก ผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่องผสมภายในที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้นทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องฉีดพลาสติกเป็นชิ้นงาน สำหรับทดสอบการดึง จากการศึกษาพบว่า เมื่อผสมสารช่วยยืดสายโซ่โมเลกุลเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าระยะยืดขาด การทนแรงดึง สูงสุด และมอดูลัสเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารช่วยยืดสายโซ่โมเลกุลเชื่อมโยงโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เข้าด้วยกัน ซึ่งยืนยันได้จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิค FTIR สารช่วยยืดสายโซ่โมเลกุลยังทำให้ความเสถียรทางความร้อนของชิ้นงานพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงได้จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณเส้นใยกล้วยเข้าไป จะทำให้ค่าระยะยืดขาดมีค่าลดลง แต่จะทำให้ค่าการทนแรงดึงสูงสุดและมอดูลัสของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ สารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ เส้นใยกล้วย

Abstract

This research aims to study the effect of chain extender and banana fiber on melt processing of poly (vinyl alcohol). 0 and 5 %w/w of banana fiber and 0, 2 and 4 %w/w of chain extender were melt-blended with poly (vinyl alcohol) in an internal mixer at 200°C. The blended materials were then injected into a mold to produce tensile specimens. It was found that chain extender increased elongation at break, tensile strength and tensile modulus because it connected poly (vinyl alcohol) molecules together as verified by structural analysis from FTIR results. Chain extender also caused increased the thermal stability of poly (vinyl alcohol) as analyzed by TGA technique. Furthermore, banana fiber could reduce elongation at break but increase tensile strength and modulus of poly (vinyl alcohol).

Keywords: poly (vinyl alcohol), chain extender, banana fiber

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

² อาจารย์ ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

⁴ นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Asst. Prof., Department of Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand., Email: yottha.s@msu.ac.th

² Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajaphat Maha Sarakham University, Mahasarakham 44000, Thailand.

³ Asst. Prof., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand.

⁴ PhD Student of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150.

* Corresponding author; Yottha Srithep, Faculty of Engineering Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand. Email: yottha.s@msu.ac.th

บทนำ

สมบัติด้านความทนทานของพลาสติกทำให้พลาสติกเป็นวัสดุที่ใช้กันมากตั้งแต่ปี พ.ศ.2519 จนถึงปัจจุบัน พลาสติกถือได้ว่าเป็นวัสดุที่ใช้กันมากที่สุดในโลกมีการผลิตพลาสติกประมาณ 100 ล้านตันต่อปี ซึ่งถูกใช้เป็นบรรจุอาหาร วัสดุก่อสร้างของเด็กเล่น รวมไปถึงของใช้ต่างๆ อีกนานัปการ จึงไม่ต้องสงสัยว่ามนุษย์เรากำลังอยู่ในยุคของพลาสติก อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ อีกทั้งมีความทนทานทำให้เกิดความวิตกกังวลขึ้นเกี่ยวกับขยะพลาสติกในโลกที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี¹

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นพลาสติกที่ละลายน้ำและเป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมีที่ได้รับความนิยมที่ใช้นั้นในปัจจุบัน เนื่องจากไม่มีกลิ่น สี สามารถย่อยสลายและไม่เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม² นอกจากนี้จะสามารถละลายในน้ำแล้วยังสามารถละลายในเอทานอลได้เล็กน้อย แต่ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายชนิดอื่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นพลาสติกทางเลือกหนึ่งที่มีคุณสมบัติของพลาสติกที่ไม่เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม³ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับอุณหภูมิเกิน 180 °C เนื่องจากน้ำที่ถูกกำจัดออกจากโครงสร้างทางเคมี การสลายตัวของพันธะเคมียังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง จุดหลอมเหลวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีค่าอยู่ระหว่าง 180 ถึง 240 °C ขึ้นอยู่กับระดับของการไฮโดรไลซิส⁴ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ถูกจำกัดการใช้งานเฉพาะการละลายน้ำและการหล่อฟิล์ม⁵ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องใช้พลังงานและเวลาเพื่อที่จะละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และทำให้แห้ง ดังนั้นการผลิตชิ้นงานที่สามารถขึ้นรูปได้โดยการหลอม เช่น การฉีด (injection molding) จะมีความได้เปรียบมากกว่า อย่างไรก็ตามการทำให้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความเสถียรทางความร้อนจากการหลอมยังไม่ได้มีการศึกษามากนัก⁶ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มคุณสมบัติทางความร้อนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ มีการศึกษาพบว่าการผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพลาสติกไซเซอรอลทำให้จุดหลอมเหลวลดลงซึ่งช่วยลดการสลายตัว นอกจากนี้ยังพบว่าสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ (chain extender) ทำให้พลาสติกที่ส่วนปลายของสายโซ่ประกอบไปด้วยคาร์บอนซิล และไฮดรอกซิล เช่น PLA มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งส่งผลทำให้มีความเสถียรทางความร้อนมากขึ้น⁷ นอกจากนี้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ยังถูกนำไปผสมกับวัสดุธรรมชาติชนิดอื่นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ การผสมเส้นใยธรรมชาติสามารถทำให้เพิ่มคุณสมบัติทางกลโดยไม่กระทบต่อการย่อยสลายตามธรรมชาติ โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษากการหลอมผสมและขึ้นรูปพอลิไวนิลแอลกอฮอล์โดยใช้เส้นใยกล้วยเป็นตัวเสริมแรงและ

ลดต้นทุนของชิ้นงานโดยมีสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ที่น่าจะช่วยให้การสลายตัวของพันธะเคมีของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ลดลง ซึ่งยังไม่มีรายงานการวิจัยมาก่อน และการใช้พลาสติกไซเซอรอลเพื่อลดจุดหลอมเหลวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH) เกรด JP-18Y มีเปอร์เซ็นต์ hydrolysis ประมาณ 87.0-89.0%⁸ ซึ่งมาจากบริษัท Japan VAM & POVAL Co., LTD, Tokyo, Japan มีน้ำหนักโมเลกุล (Mw) จากข้อมูลของผู้ผลิต อยู่ในช่วง 13,000- 23,000 g/mol พลาสติกไซเซอรอลชนิด กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งมาจากบริษัทเคมีภัณฑ์ เส้นใยกล้วยได้มาจากการแยกเชิงกลจากลำต้นกล้วยใน จ.มหาสารคาม เส้นใยถูกล้างด้วยน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH ความเข้มข้น 4% แล้วนำเส้นใยลงแช่ไว้ประมาณ 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำไปล้างกับน้ำเปล่าและผสมกรดไฮโดรคลอริก (ความเข้มข้น 1 %v/v) และล้างออกจนมีสภาพเป็นกลาง เส้นใยที่ได้มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 μ m เอาเส้นใยที่ล้างเสร็จแล้วมาตากให้แห้งหลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสประมาณ 12 ชั่วโมง และสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ (Joncryl ADR-4368-C) เกรด Joncryl-4368 C ซึ่งมาจาก BASF (USA) ประกอบด้วยโครงสร้าง hydroxyl, carboxylic acid, anhydride, amine and epoxy groups โดยสารช่วยยืดสายโซ่โมเลกุลและเส้นใยกล้วยมีองค์ประกอบตาม Table 1

2. นำพลาสติก PVOH ไปผสมกับพลาสติกไซเซอรอลชนิด glycerol เส้นใยกล้วย และสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ (chain extender; CE) ที่ปริมาณต่างๆ ดังแสดงใน Table 2 โดยใช้เครื่องผสมภายใน (Internal Mixer) โดยใช้ความเร็วรอบที่ 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้คือ 190 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้เท่ากับ 4 นาที

Table 1 Configuration of material

Material	Element
สารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ (chain extender; CE) ¹⁰	อีพ็อกซีเมื่อเทียบกับน้ำหนัก : 270-300 (กรัมต่อโมล)
เส้นใยกล้วย ⁹	เซลลูโลส 60 to 65%, ลิกนิน 5 to 10%

Table 2 Percent composition (by weight) of the materials compounded.

Sample	PVOH (wt%)	Glycerol (wt%)	Banana fibers (wt%)	CE (wt%)
PVOH+20%gly	80	20	-	-
PVOH+20%gly+2%CE	78	20	-	2
PVOH+20%gly+4%CE	76	20	-	4
PVOH+20%gly+5%ba	75	20	5	
PVOH+20%gly+2%CE+5%ba	73	20	5	2
PVOH+20%gly+4%CE+5%ba	71	20	5	4

3. นำพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากการผสมแล้วเข้าเครื่องบดเพื่อเตรียมทำการฉีดขึ้นรูป (injection Molding) เป็นชิ้นงานทดสอบการดึงพลาสติก ในขั้นตอนต่อไปโดยใช้ความร้อนในการฉีดพลาสติก 200 องศาเซลเซียส เป็นชิ้นงาน แล้วทดสอบการดึงตามมาตรฐาน ASTM D638 เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การทดสอบ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

โครงสร้างทางเคมีของ PVOH และส่วนผสมกับ glycerol, chain extender ถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี FTIR ที่ความยาวคลื่นจาก 800 ถึง 3600 cm⁻¹ ด้วยเครื่อง Bruker Tensor27 FTIR spectrometer โหมด Attenuated Total Reflection (ATR) และถูกบันทึกด้วยโปรแกรม OPUS 7.0

การทดสอบสัณฐานวิทยา (Scanning electron microscopy)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพื้นผิวของตัวอย่างที่ถูกทดสอบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น LEO 1450VP 10 กิโลโวลต์ โดยตัวอย่างทั้งหมดถูกพ่นเคลือบทองด้วยชั้นบาง 20 นาโนเมตร ก่อนที่จะมีการทดสอบ

การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)

นำชิ้นงานที่ผ่านการผสมและฉีดขึ้นรูปแล้วมาทดสอบ tensile test ตามมาตรฐาน ASTM D638-10 ซึ่งมีความเร็วในการดึง 50 mm/min โดยชิ้นงานยาว 57 มม. กว้าง 13 มม.หนา 3.2 มม. และมี initial load ประมาณ 0.5 นิวตัน ที่อุณหภูมิห้อง ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Narin Instrument Co. Ltd., Model: NRI-TS500-2S) ชิ้นงานในแต่ละสูตรการทดลองถูกทำการทดลองดึง 5 ครั้งและผลที่ได้ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย

การทดสอบความเสถียรภาพทางความร้อน (Thermo Gravimetric Analysis)

นำชิ้นงานที่ผ่านการผสมและการอัดขึ้นรูปแล้วมาทำการทดสอบด้วยเครื่อง TGA 4000 (Perkin-Elmer, MA,

USA) จากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถึง 600 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไนโตรเจน ด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยทำการทดลองซ้ำ 1 ครั้ง

ผลการทดลองและอภิปราย

การหลอมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ปริมาณ 2 wt% และ 4 wt% ถูกแสดงใน Figure 1 จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อผสมสารช่วยยืดสายโซ่พอลิเมอร์ในปริมาณต่างๆ กับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และ Glycerol 20 wt% และจาก Figure 2 เป็นการแสดงการทำงานของสารช่วยยืดสายโซ่โมเลกุล ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อสายโซ่พอลิเมอร์ที่ขาดออกจากกัน ทำให้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถเชื่อมต่อกันได้ยาวขึ้น ส่งผลให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น

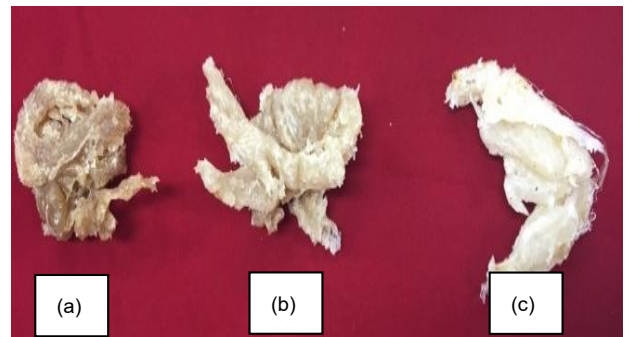


Figure 1 Polyvinyl alcohol blend with 20 wt% Glycerol and (a) 0 wt% (b) 2 wt% และ (c) 4 wt% chain extender

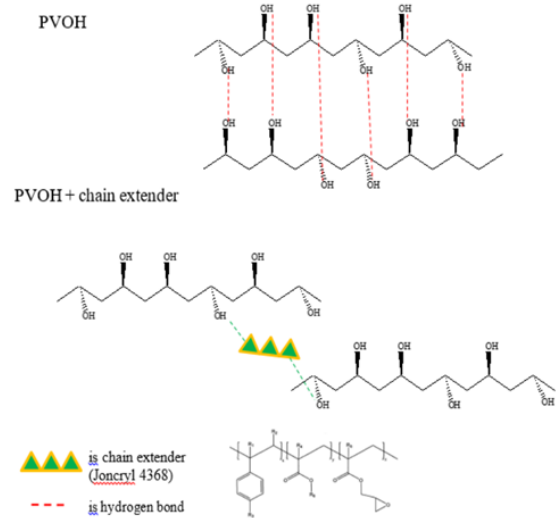


Figure 2 Molecular structure model of PVOH with chain extender

โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR

Figure 3 แสดง FTIR spectra และตารางที่ 3 แสดงความถี่ของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันต่างๆในตัวอย่าง จะเห็นได้ว่า PVOH มีพีคของการดูดกลืนอยู่ระหว่าง

3550 และ 3200 cm^{-1} เป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ O-H จากแรงยึดเหนี่ยวภายใน และภายนอกโมเลกุล ประเภทพันธะไฮโดรเจน⁹ การสั่นของช่วงระหว่าง 2840-3000 cm^{-1} แสดงถึง C-H stretching จากหมู่แอลคิล และการสั่นระหว่าง 1750-1735 cm^{-1} เกิดจาก C=O และ C-O stretching ของหมู่เอซิติทที่หลงเหลือใน PVOH

สำหรับ FTIR spectra ของ glycerol ปรากฏพีกการดูดกลืนที่สำคัญคือ 3550 และ 3200 cm^{-1} เป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ไฮดรอกซิล (O-H) และการสั่นของช่วงระหว่าง 2840-3000 cm^{-1} แสดงถึง C-H stretching จากหมู่แอลคิล

ชิ้นงาน PVOH+20 wt% gly พบพีกที่เลขคลื่น 3550-3200 cm^{-1} ของหมู่ไฮดรอกซิล (O-H) มีความเข้มสูงชันมากกว่า PVOH เนื่องจาก glycerol ประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่มีปริมาณสูง เมื่อรวมกันกับปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลของ PVOH จึงทำให้พีกมีความเข้มสูงชัน

chain extender (CE) แสดงพีกของหมู่ epoxy อยู่ที่เลขคลื่น 860 และ 1255 cm^{-1} ซึ่งเป็นคลื่นของ oxirane ของหมู่ epoxy¹⁰

ตัวอย่าง PVOH+20wt%gly+4wt%CE มีลักษณะคล้ายกับ PVOH+20wt%gly ซึ่งแสดงให้เห็นว่า chain extender ไม่ส่งผลต่อโครงสร้างหลักของ PVOH มากนัก แต่สังเกตว่าที่ความถี่ประมาณ 1700 cm^{-1} ที่บ่งบอกถึงพีกของหมู่คาร์บอนิลมีการเคลื่อนตำแหน่งเล็กน้อยดังแสดงใน Figure 4 และพบว่าไม่ปรากฏพีกที่เลขคลื่น 860 และ 1255 cm^{-1} ที่แสดงถึงหมู่ epoxy ของ chain extender โดยคาดว่าเกิดจากการที่หมู่อีพอกซีถูกใช้หมดไปในการเกิดปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของ PVOH และอาจส่งผลให้โมเลกุลของ PVOH แต่ละโมเลกุลถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน โดยตัวอย่างที่ใส่เส้นใยกล้วยมีลักษณะพีกคล้ายคลึงกับชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยกล้วย

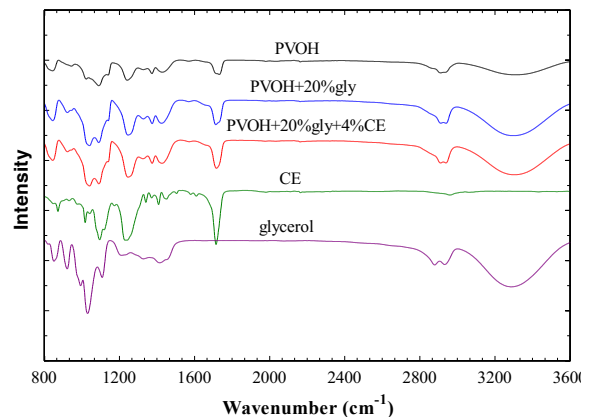


Figure 3 FTIR spectra of PVOH, Chain extender, Glycerol, PVOH+20%gly and PVOH+20%gly+4%CE

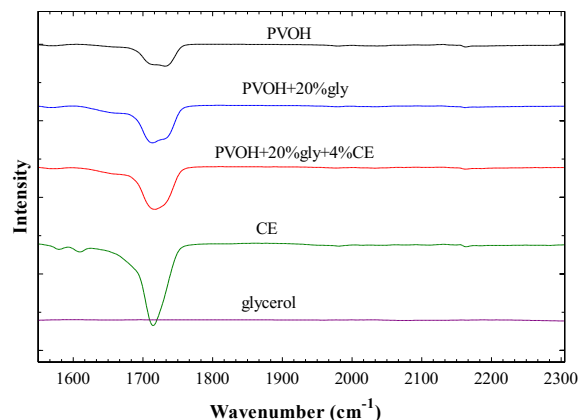


Figure 4 FTIR spectra of PVOH, Chain extender, Glycerol, PVOH+20%gly and PVOH+20%gly+4%CE rang wave 1600 to 2300 cm^{-1}

Table 3 The frequency of absorbing infrared radiation of various staging groups in the sample

Example	Wave number (cm ⁻¹)	Function group	Refer
PVOH	3550-3200	O-H stretching จากแรงยึดเหนี่ยวภายใน และภายนอกโมเลกุล ประเภทพันธะไฮโดรเจน	
	2840-3000	C-H stretching จากหมู่แอลคิล	
	1750-1735	C=O และ C-O stretching ของหมู่อะซิเตท ที่หลงเหลือใน PVOH	
PVOH+20wt%gly	3550-3200	O-H stretching จากแรงยึดเหนี่ยวภายใน และภายนอกโมเลกุล ประเภทพันธะไฮโดรเจน	(Mansur, Sadahira et al. 2008) ⁹
	1750-1735	C=O และ C-O stretching ของหมู่อะซิเตท ที่หลงเหลือใน PVOH	
PVOH+20wt%gly+4%CE	3550-3200	O-H stretching จากแรงยึดเหนี่ยวภายใน และภายนอกโมเลกุล ประเภทพันธะไฮโดรเจน	
	1750-1735	C=O และ C-O stretching ของหมู่อะซิเตท ที่หลงเหลือใน PVOH	
CE	860, 1255	Oxirane ของหมู่ epoxy	(Olsson 2012) ¹⁰
glycerol	3550-3200	O-H stretching ของหมู่ไฮดรอกซิล	(Nanda, Yuan et al. 2014) ¹¹
	2840-3000	C-H stretching จากหมู่แอลคิล	

สัณฐานวิทยา

ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีด (injection molding) ถูกนำมาแช่ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) แล้วหัก และทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวบริเวณรอยหักโดยใช้กำลังขยายในการศึกษาที่เท่ากัน (scale bar: 50µm) จาก Figure 5 (a) จะเห็นได้ว่าพื้นผิวเมื่อมีปริมาณ glycerol เป็น 20 wt% มีความเรียบ ซึ่งแสดงว่าชิ้นงานมีความเหนียว โดยจากผลสมบัติทางกลจะเห็นว่า PVOHเมื่อเติม glycerol สามารถทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่น มีระยะยืดขาดเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ผลทางสัณฐานวิทยาของ PVOH ที่มีเส้นใยกล้วย 5wt% ถูกแสดงใน Figure 5 (b) ที่มีปริมาณ glycerol 20wt% ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าไม่มีช่องว่างระหว่าง PVOH และเส้นใยเกิดขึ้น ดังเช่นงานวิจัยก่อนหน้านี้¹² แสดงให้เห็นถึงความเข้ากันได้ระหว่างเส้นใยและ PVOH ซึ่งเป็นวัสดุที่ละลายน้ำได้ และเส้นใยกล้วยซึ่งเป็นเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบจึงสามารถเข้ากันได้กับ PVOH ได้ และมีคุณสมบัติทางกลเพิ่มขึ้น

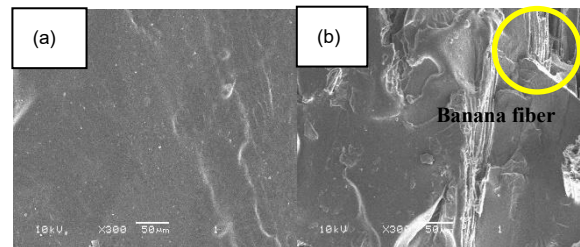


Figure 5 SEM micrographs of fractured surfaces of (a) PVOH+20 wt%gly (b) PVOH+20 wt%gly+5 wt%ba

ทดสอบแรงดึง (tensile test)

ชิ้นงานที่ได้จากการฉีด Figure 6 และ Table 4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณ chain extender 2 wt% และ 4 wt% ที่ถูกผสมเข้ากับ PVOH ที่มีปริมาณ glycerol 20 wt% ทำให้สมบัติทางกล (tensile strength modulus และระยะยืดขาด) เพิ่มขึ้น โดยค่า tensile strength ของ PVOH+20 wt%glycerol มีค่าประมาณ 6.4 ± 0.7 MPa เมื่อปริมาณ chain extender ถูกผสม 2 wt% ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นเป็น 7.0 ± 0.6 MPa และเพิ่มขึ้นอีกเมื่อ chain extender ถูกผสม 4 wt% โดยมีค่า tensile strength ประมาณ 7.2 ± 0.9 MPa นอกจากนี้ค่า tensile modulus และ elongation at break ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ค่า tensile modulus ของ PVOH+20 wt%glycerol มีค่าประมาณ 11.3 ± 1.5 MPa เมื่อผสม chain extender 2 wt% และ 4 wt% ทำให้ค่า tensile modulus เพิ่มขึ้นเป็น 21.1 ±

0.9 และ 13.4 ± 2.4 MPa ตามลำดับ การที่สมบัติทางกลเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ chain extender เพิ่มขึ้น เกิดจากหมู่ epoxy ของ chain extender ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับสายโซ่พอลิเมอร์หมู่ไฮดรอกซิลของ PVOH เข้าด้วยกัน ดังแสดงใน Figure 2 ส่งผลให้ความยาวของสายโซ่โมเลกุลของ PVOH เพิ่มขึ้น สมบัติทางกลจึงเพิ่มขึ้นด้วย โดยจากตัวอย่างการใช้ chain extender ผสมกับ PLA และ PET จากการวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าช่วยเพิ่มสมบัติทางกลให้กับวัสดุผสม ดังกล่าว^{13, 14}

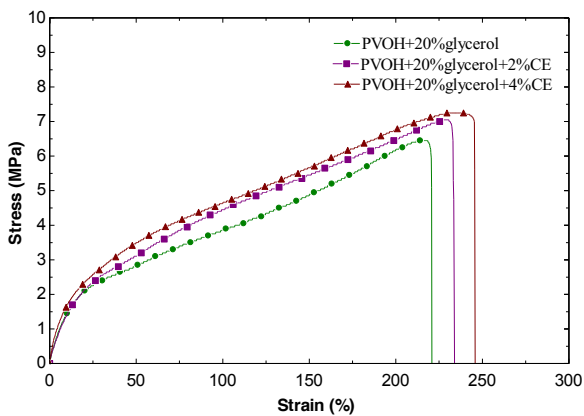


Figure 6 Stress-strain curve of polyvinyl alcohol, glycerol and chain extender blends

ผลการทดสอบการดึงของชิ้นงาน PVOH ที่ผสม glycerol 20 wt% และเส้นใยกล้วย 5 wt% ดังแสดงใน Figure 7 และ Table 4 จะเห็นว่าเมื่อเติมเส้นใยกล้วย 5 wt% ทำให้ค่า tensile modulus เพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยกล้วยเข้าไปเสริมแรงทำให้วัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ค่า tensile strength และค่าระยะยืดก่อนขาดมีค่าลดลง เพราะว่าเมื่อเส้นใยเพิ่มมากขึ้นจะทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่นลดลง ส่งผลให้วัสดุมีความแข็งแรงเพราะได้ง่ายกว่า ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเส้นใยกล้วยทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรงทำให้ค่า tensile modulus เพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Srithep et al.^{14,15} ที่นำเส้นใยกล้วยและ nanocellulose ผสมกับ PVOH และเมื่อทำการผสม chain extender กับ glycerol 20 wt% และเส้นใยกล้วย 5wt% พบว่าค่า tensile modulus ค่า tensile strength และระยะยืดก่อนขาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับยังไม่เติม chain extender ซึ่งแสดงให้เห็นว่า chain extender เป็นสารที่ทำหน้าที่ยืดสายโซ่โมเลกุลของ PVOH

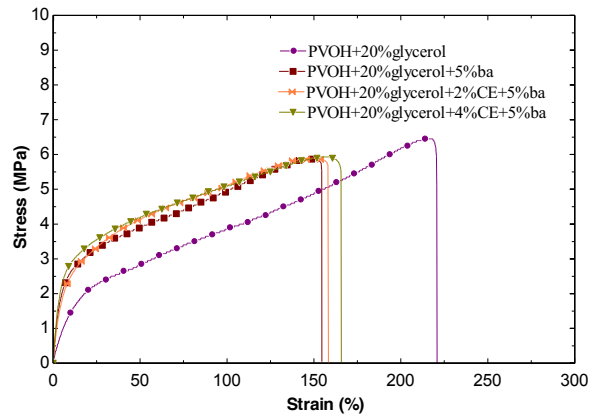


Figure 7 Stress-strain curve of polyvinyl alcohol, glycerol, sisal and chain extender blends

Table 4 Tensile testing of polyvinyl alcohol, glycerol, banana fiber and chain extender blends

Sample	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Strain at Break (%)
PVOH+20%gly	6.4± 0.7	11.3± 1.5	221± 20.1
PVOH+20%gly+2%CE	7.0± 0.6	12.1± 0.9	233± 21.8
PVOH+20%gly+4%CE	7.2± 0.9	13.4± 2.4	245± 25.2
PVOH+20%gly+5%ba	5.7± 0.4	20.3± 2.3	155± 12.6
PVOH+20%gly+2%CE+5%ba	5.8± 0.6	20.6± 2.6	157± 15.7
PVOH+20%gly+4%CE+5%ba	5.9± 0.8	21.4± 2.9	165± 16.4

ความเสถียรทางความร้อน (TGA)

Figure 8 และ Table 5 แสดงผลการทดสอบความเสถียรทางความร้อนของ PVOH ที่มี chain extender 2wt% และ 4wt% จะเห็นว่าเมื่อปริมาณ chain extender เพิ่มขึ้นทำให้ความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น เหตุผลอาจเนื่องมาจากโมเลกุลของ PVOH ขณะที่ยังไม่มี chain extender มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นชนิดพันธะไฮโดรเจน³ แต่เมื่อมีการผสม chain extender จะทำให้โมเลกุลของ chain extender ซึ่งมีหมู่ epoxy สร้างพันธะระหว่างโมเลกุลของ PVOH ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น และเพิ่มความยาวของสายโซ่โมเลกุลทำให้สลายตัวยากขึ้น แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ PVOH เมื่อมี chain extender โดย PVOH+20wt%glycerol มีอุณหภูมิการสลายตัวที่ 50% ($T_{50\%}$) ที่ 350 °C เมื่อผสม 2wt% chain extender ทำให้อุณหภูมิการสลายตัวเพิ่มขึ้นเป็น 363 °C และการผสม 4wt% chain extender ทำให้อุณหภูมิการสลายตัวเพิ่มขึ้นอีกเป็น 380 °C

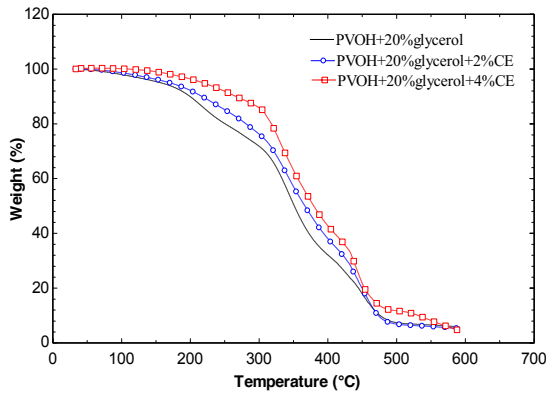


Figure 8 TGA curves for PVOH+20 wt% glycerol adding 2 wt% and 4 wt% chain extender

จาก Figure 9 และ Table 5 แสดงผลการทดสอบความเสถียรทางความร้อนของ PVOH ที่มี chain extender 2wt% และ 4wt% และเส้นใยกล้วย 5wt% จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณ chain extender เพิ่มขึ้น ทำให้ความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยต่างกับตัวอย่าง PVOH+glycerol ที่ไม่มีเส้นใยซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของความเสถียรทางความร้อนสูงกว่าเมื่อเติม chain extender

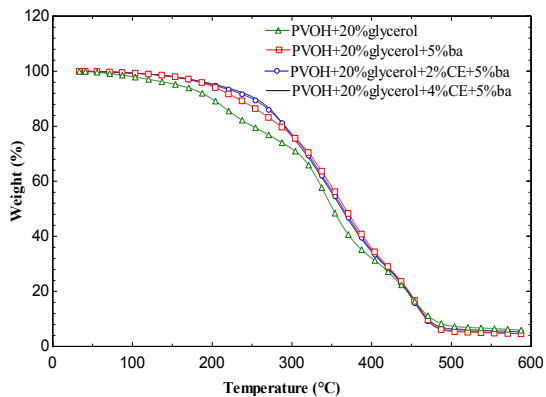


Figure 9 TGA curves for PVOH+20 wt% glycerol adding chain extender and 5 wt% banana fibers

Table 5 Degradation temperatures 50% of polyvinyl alcohol, glycerol, banana fiber and chain extender blends

	T _{50%} (°C)	SD
PVOH+20%gly	350	±0.7
PVOH+20%gly+2%CE	363	±1.1
PVOH+20%gly+4%CE	380	±0.9
PVOH+20%gly+5%ba	360	±1.6
PVOH+20%gly+2%CE+5%ba	363	±1.2
PVOH+20%gly+4%CE+5%ba	366	±1.3

วิจารณ์และสรุปผล

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH) ผสมกาลีเซอร์อล สารช่วยยืดสายโซ่และเส้นใยกล้วยถูกผสมด้วยเครื่องผสมภายในและฉีดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบการดึง จากนั้นนำไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกล คุณสมบัติทางความร้อน การเสถียรทางความร้อน และโครงสร้างโมเลกุล

สารช่วยยืดสายโซ่ (chain extender) ทำให้โมเลกุลของ PVOH เชื่อมโยงเข้าด้วยกันและส่งผลให้สมบัติทางกล ความเสถียรทางความร้อนสูงขึ้น และมีการสลายตัวทางความร้อนช้าลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า chain extender มีความจำเป็นสำหรับการหลอมขึ้นรูป PVOH เพื่อป้องกันการสลายตัวเนื่องจากอุณหภูมิระหว่างกระบวนการหลอม

เส้นใยกล้วยสามารถเข้ากันได้ดีกับ PVOH เนื่องจาก PVOH เป็น hydrophilic การผสมเส้นใยกล้วยใน PVOH ส่งผลให้การทนแรงดึงและค่าโมดูลัสของ PVOH มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การผสมเส้นใยกล้วยยังทำให้ต้นทุนของวัสดุถูกลงด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (Grant No. ENINT 02/2558) ที่ให้ความรู้และความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

1. Garlotta DJ. (2001). "A literature review of poly(lactic acid)". Journal of Polymers and the Environment, 9-63.
2. Shuai X, He Y, Asakawa N and Inoue Y. (2001). "Miscibility and Phase Structure of Binary Blends of Poly(L-lactide) and Poly(vinyl alcohol)". Journal of Applied Polymer Science: 81-762.
3. Goodship V. and D. Jacobs. (2009). Polyvinyl alcohol: materials, processing and applications, Smithers Rapra Technology.
4. Eliassaf J. (1972). "Detection of small quantity of Poly(vinyl alcohol) in poly(vinyl chloride) resins". Polymer Letters. 16, 225-235.
5. Alexy, P., et al. (2004). "Effect of melt processing on thermo-mechanical degradation of poly (vinyl alcohol)". Polymer Degradation and Stability 85(2): 823-830.

6. Jang, J. and D. K. Lee. (2003). "Plasticizer effect on the melting and crystallization behavior of polyvinyl alcohol. *Polymer* 44(26): 8139-8146.
7. Srithep, Y., et al. (2011). "Processing and characterization of recycled poly (ethylene terephthalate) blends with chain extenders, thermoplastic elastomer, and/or poly (butylene adipate-co-terephthalate)". *Polymer Engineering & Science* 51(6): 1023-1032.
8. Pratik MW, Pankaj GB and Shrishail BS. (2017). "Review on Mechanical Properties of Banana Fiber Biocomposite". *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*: 846-850.
9. Mansur, H. S., et al. (2008). "FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde". *Materials Science and Engineering: C* 28(4): 539-548.
10. Olsson, S. (2012). Enhancing UV-protection of clear coated wood by utilizing reactive UV-absorber and epoxyfunctionalized soybean oil, KTH Royal Institute of Technology.
11. Nanda, M., et al. (2014). "Purification of crude glycerol using acidification: effects of acid types and product characterization". *Austin Journal of Chemical Engineering* 1(1): 1-7.
12. Srithep Y, Pholharn D, Veang-in O and Yangyuen S. (2017). "Effect of banana fibers and plasticizer on melt processing of poly(vinyl alcohol)". *Journal of Polymer Engineering* 37 (4): 335-343.
13. Pilla, S., et al. (2009). "Microcellular injection-molding of polylactide with chain-extender". *Materials Science and Engineering: C* 29(4): 1258-1265.
14. Srithep, Y., et al. (2012). "Nanofibrillated cellulose (NFC) reinforced polyvinyl alcohol (PVOH) nanocomposites: properties, solubility of carbon dioxide, and foaming". *Cellulose* 19(4): 1209-1223.
15. Arruda, L. C., et al. (2015). "Influence of chain extender on mechanical, thermal and morphological properties of blown films of PLA/PBAT blends". *Polymer Testing* 43: 27-37.

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตด้วยวิธีของบอกร์-เจนกินส์ และวิธีของโฮลต์

A Comparison of Forecasting Method of Number of Customer Accounts that use the Service Internet Banking using Box-Jenkins Method and Holt's method

กัญญา บวรโชคชัย¹, สมฤดี พงษ์เสนา¹, ฑาลิศา เนียมมณี²

Kanya Bowornchockchai¹, Somruedee Pongsena¹, Talisa Niemmanee²

Received: 20 February 2019; Revised: 18 April 2019; Accepted: 8 May 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต ด้วยวิธีของบอกร์-เจนกินส์และวิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลต์ ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2560 จำนวน 86 เดือน เพื่อนำไปสร้างตัวแบบการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2561 จำนวน 12 เดือน เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์จากตัวแบบที่สร้างโดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย(Mean Absolute Percentage Error : MAPE) โดยใช้เกณฑ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีของบอกร์-เจนกินส์มีค่า MAPE ต่ำกว่า วิธีของโฮลต์ ซึ่งได้ตัวแบบคือ ARIMA (0,1,1) สมการพยากรณ์ คือ $\ln Z_t = 0.0197 + \ln Z_t + a_t + 0.4034a_{t-1}$

คำสำคัญ: ผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต วิธีของบอกร์-เจนกินส์ และวิธีของโฮลต์

Abstract

The purpose of this research was to study and compare the forecasting methods for number of customer accounts that use the service internet banking by using Box-Jenkins method and Holt's method. Time series data were divided into two groups, the first group was monthly from March 2010 to April 2017 of 86 value for identification models. The second group was monthly from May 2017 to April 2018 of 12 value for checking the accuracy of the forecasting models via the criterion of the lowest mean absolute percentage error (MAPE). The lowest MAPE was used as the criteria of each period. Results show that Box-Jenkins method gives mean absolute percent error (MAPE) lower than Holt's method. The suitable forecasting model is ARIMA (0,1,1) and the forecasting equation is $\ln Z_t = 0.0197 + \ln Z_t + a_t + 0.4034a_{t-1}$

Keywords: Number of customer accounts that use the service internet banking, Box-Jenkins method, Holt's method

¹ อาจารย์, สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

² อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹ Lecture, Department of Applied Statistics, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

² Lecture, Department of Environmental Statistics, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

*¹ Corresponding author. E-mail : kunya.bo@ssru.ac.th, kunya_tu@yahoo.com

บทนำ

ท่ามกลางการพัฒนาของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ได้เข้ามามีบทบาทต่อพฤติกรรมในการใช้ชีวิตประจำวันของคนในประเทศไทยเป็นอย่างมาก รวมถึงไปถึงการทำธุรกรรมกับธนาคารก็ได้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาในรูปแบบใหม่เป็นธนาคารอินเทอร์เน็ต (Internet Banking) อาจเรียกด้วยชื่ออื่น เช่น ธนาคารออนไลน์ (Online Banking), ธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Banking), ธนาคารไซเบอร์ (Cyber Banking) เป็นต้น ซึ่งก็คือ การให้บริการธุรกรรมทางการเงินที่ทำได้ทุกที่ ทุกเวลา ผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ ในการทำธุรกรรมทางการเงิน เช่น เช็คยอด, โอนเงิน, จ่ายบิลต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา โดยไม่ต้องเดินทางไปธนาคาร โดยธนาคารแห่งแรกที่ได้รับการอนุมัติให้สามารถเปิดให้บริการธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ คือธนาคารเอเชีย จำกัด (มหาชน) ในปี พ.ศ.2543

ธนาคารแห่งประเทศไทยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำธุรกรรมออนไลน์ จึงได้ขยายวงเงินการโอนผ่านช่องทางออนไลน์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชนที่ทำธุรกรรมผ่าน Internet Banking และ Mobile Banking จากวงเงินเดิมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50,000 บาทต่อรายการ เป็นไม่เกิน 699,999 บาทต่อรายการ ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2561 เป็นต้นไป สำหรับการขยายวงเงินดังกล่าวเป็นผลมาจากการทำธุรกรรมโอนเงินทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นมาก¹ โดยธนาคารแห่งประเทศไทยพบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่นิยมใช้โทรศัพท์มือถือในการโอนเงิน โดยคิดเป็นสัดส่วนมูลค่ากว่า 81% ของมูลค่าธุรกรรมทั้งหมด และมีอัตราเติบโตเฉลี่ย 31% ต่อเดือน ซึ่งถ้าจะกล่าวในปัจจุบันแล้วนั้น ธนาคารพาณิชย์ก็จัดได้ว่าเป็นสถาบันการเงินที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งของประเทศ ทั้งนี้เพราะธนาคารพาณิชย์ นั้นถูกจัดได้ว่าเป็นแหล่งเงินกู้รายใหญ่ที่สุดของประเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของธนาคาร ให้ตอบโจทย์ กลยุทธ์ในการรักษาความสามารถด้านการแข่งขัน และเป็นผู้ให้บริการให้บริการ ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของพฤติกรรมผู้บริโภค และความท้าทายจากการแข่งขันรูปแบบใหม่ในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับภาคการเงิน และการธนาคารที่มีเทคโนโลยีเป็นตัวนำ

ศิริเทพ จันทร์บุญแก้ว² ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณสายโทรศัพท์เข้าสำหรับศูนย์บริการลูกค้าธนาคารพาณิชย์ เพื่อการพยากรณ์ปริมาณสายโทรเข้าของธนาคารพาณิชย์รายเดือนและรายวันของกลุ่มบริการ 5 กลุ่มบริการ ได้แก่ กลุ่มบริการบัตรเครดิต กลุ่มบริการอิเล็กทรอนิกส์และบัตรกดเงินสด กลุ่มบริการข้อมูลบัญชีเงินฝาก กลุ่มบริการ

อายุบัญชี และกลุ่มบริการสำหรับกลุ่มลูกค้าพิเศษ ด้วยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average) วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing Methods) วิธีการของบอซ-เจนกินส์ (ARIMA) และวิธีปัจจุบันของธนาคาร ผลการวิจัยพบว่าวิธีการพยากรณ์แบบบอซ-เจนกินส์ให้ค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดเกือบทุกกรณี

ดวงพร หัชชะวนิช³ ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภครายเดือนด้วยตัวแบบบอซ-เจนกินส์และตัวแบบปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล พบว่า ดัชนีราคาผู้บริโภคภาคใต้วิธีแบบบอซ-เจนกินส์ให้ผลดีกว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และข้อมูลรวมของประเทศวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลให้ผลดีกว่าวิธีแบบบอซ-เจนกินส์ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยวิธี RMSE และ MAPE วรจกณา เรียนสุทธิ์และนำอ้อย นิสัน⁴ ได้ทำวิจัยเรื่องการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกไก่แปรรูป เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกไก่แปรรูป โดย วิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบ คูณ และวิธีการพยากรณ์รวม โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอซ-เจนกินส์ มีความถูกต้องแม่นยำ ในการพยากรณ์มากที่สุด

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาเพื่อหาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลจำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต โดยหาตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ ซึ่งผลจากการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากจะได้ตัวแบบในการพยากรณ์ที่เหมาะสมแล้ว ทำให้ทราบถึงจำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต เพื่อที่ธนาคารพาณิชย์และผู้เกี่ยวข้องจะได้เตรียมความพร้อมรับมือกับการแข่งขันที่สูงขึ้น และขยายฐานลูกค้ากลุ่มใหม่ ๆ โดยเฉพาะ ลูกค้าที่จะเข้ามาสู่ผลิตภัณฑ์ internet banking ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต ด้วยวิธีของบอซ-เจนกินส์และวิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลทุติยภูมิคือ จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตจากธนาคารแห่งประเทศไทย สืบค้นจากเว็บไซต์ <https://www>.

bot.or.th จำแนกเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2561 รวมทั้งสิ้น 98 เดือน โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2560 จำนวน 86 เดือน เพื่อนำไปสร้างตัวแบบการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน ใช้เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์จากตัวแบบที่สร้างโดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำกว่าแสดงว่าวิธีการพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำมากกว่า ซึ่งวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาทั้ง 2 วิธี มีรายละเอียด ดังนี้

วิธีของบอซ-เจนกินส์

วิธีของบอซ-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่อาศัยขบวนการสโตคาสติก (Stochastic Process) มีการกำหนดตัวแบบโดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function : ACF) และ ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) ตามขั้นตอน⁵ ดังนี้

1. ตรวจสอบอนุกรมเวลาว่ามีคุณสมบัติเสถียร (Stationary Time Series) หรือไม่ ถ้าอนุกรมเวลาไม่มีคุณสมบัติเสถียร (Non-Stationary Time Series) จะต้องแปลงอนุกรมเวลาดังกล่าวให้มีคุณสมบัติเสถียร
2. การแปลงอนุกรมเวลาให้มีคุณสมบัติเสถียรในกรณีที่ค่าเฉลี่ยไม่คงที่หรือมีแนวโน้มจะทำการแปลงโดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา (Difference) ของค่าสังเกตที่อยู่ติดกัน ในกรณีที่ความแปรปรวนไม่คงที่ ให้แปลงอนุกรมเวลาเดิมด้วย ลอการิทึม (lnY) หรือ แปลงด้วยรากที่สอง $\sqrt{Y_t}$ หรือ แปลงด้วยฟังก์ชัน $\frac{1}{Y_t}$ และ ทดสอบอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติเสถียร โดยใช้การทดสอบ Unit root ด้วยวิธี augmented Dickey-Fuller (ADF)⁶ and Phillips-Perron (PP)⁷.
3. การกำหนดตัวแบบจะทำได้โดยการเปรียบเทียบลักษณะของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง (Sample Autocorrelation Function ; SACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวอย่าง (Sample Partial Autocorrelation Function ; SPACF) ของค่าสังเกต กับลักษณะของ SACF และ SPACF ตามทฤษฎีของตัวแบบ ARIMA อันดับต่าง ๆ ซึ่งเสนอโดย Box-Jenkins (1976)
4. การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบจะใช้การวิเคราะห์ตัวเลข (Numerical Analysis) ซึ่งจะประมาณค่า

พารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยค่าประมาณที่ได้จะทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ($\sum e_t^2$) มีค่าต่ำที่สุด

5. ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking) ต้องมีการตรวจสอบว่าตัวแบบที่เลือกมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาหรือไม่ โดยใช้การทดสอบวิธีของ Box-Ljung Test ซึ่งเป็นการทดสอบว่าตัวแบบที่กำหนดเหมาะสมดีแล้ว
6. เมื่อได้มีการตรวจสอบแล้วว่าอนุกรมเวลามีความเหมาะสมจะได้อนุกรมเวลา คือตัวแบบ ARIMA (p,d,q) มีรูปแบบดังนี้

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t$$

เมื่อ $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$
 $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$
 $\theta_0 =$ ค่าคงที่
 $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Autoregressive Coefficients)
 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ คือ สัมประสิทธิ์ค่าเฉลี่ย (Moving Average Coefficients)

B คือ ตัวดำเนินการถดถอยหลังเวลา (Backward Shift Operator) นั่นคือ $B Y_t = Y_{t-m}$
 d คือ จำนวนครั้งของการทำผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลา {Z} เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะคงที่ในค่าเฉลี่ย
 p คือ อันดับของตัวแบบการถดถอย
 q คือ อันดับของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่
 a_t คือ ตัวแปรสุ่มอิสระและมีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนคงที่ให้เท่ากับ σ_a^2

การพยากรณ์ด้วยวิธีของโฮลต์

พิจารณาส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ว่ามีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลหรือไม่ โดยการทดสอบข้อมูลอนุกรมเวลาว่ามีส่วนประกอบของค่าแนวโน้มหรือไม่ ใช้สถิติทดสอบรัน (Run test) และ มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Kruskal-Wallis
 วิธีของโฮลต์เป็นวิธีการปรับให้เรียบที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้นตรงมีค่าคงที่สำหรับปรับระดับ 2 ค่า คือ α และ β (มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1)⁸ ดังสมการ

สมการแสดงค่าปรับให้เรียบ

$$I_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) (I_{t-1} + b_{t-1})$$

สมการแสดงค่าแนวโน้ม

$$b_t = \beta(I_t - I_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1}$$

สมการแสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า h คาบ

$$\hat{y}_{t+h} = I_t + p_t h$$

โดยที่

I_t = ระดับของข้อมูลเป็นเวลา t

α = ค่าคงที่ทำให้เรียบสำหรับข้อมูล ($0 < \alpha < 1$)

y_t = ค่าของข้อมูลจริง ณ ช่วงเวลา t

β = ค่าคงที่ทำให้เรียบสำหรับตัวประมาณแนวโน้ม

($0 < \alpha < 1$)

T_t = ความชันของข้อมูล

h = คาบเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

\hat{y}_{t+h} = ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า h คาบ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการ พยากรณ์ ใน การศึกษาครั้งนี้ เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธีดังกล่าว โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ซึ่งการ วัดความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ ค่า MAPE นี้ไม่มีหน่วย และมีค่าเป็นบวกเสมอ คำนวณได้ดังนี้ จากสูตร

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n_2} \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|}{n_2} \times 100$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

\hat{y}_t แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

$e_t = Y_t - \hat{y}_t$ แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์

ณ เวลา t

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2

แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

เลือกตัวแบบพยากรณ์ของแต่ละวิธีที่มีค่า MAPE ต่ำ ที่สุด เป็นตัวแบบที่ดีที่สุด

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์หัตถ์แบบการพยากรณ์จำนวนบัญชี ผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต จำแนกเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2561 รวมทั้งสิ้น 98 เดือน โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ข้อมูล

ชุดที่ 1 เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2560 จำนวน 86 เดือน เพื่อนำไปสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี ของบอกรี-เจนกินส์และวิธีของโฮลด์ ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำเสนอแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการพยากรณ์

จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต ด้วยวิธีของบอกรี-เจนกินส์

(1) ตรวจสอบอนุกรมเวลาว่ามีคุณสมบัติ stationary (Stationary) หรือไม่ พบว่า จาก Figure 1 กราฟจำนวนบัญชี ผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตมีแนวโน้มเชิงเส้น หรืออยู่ในภาวะค่าเฉลี่ยไม่คงที่ และ SACF ของจำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตลดลงช้า จึงแปลงข้อมูลโดยการหาผลต่างอันดับที่ 1

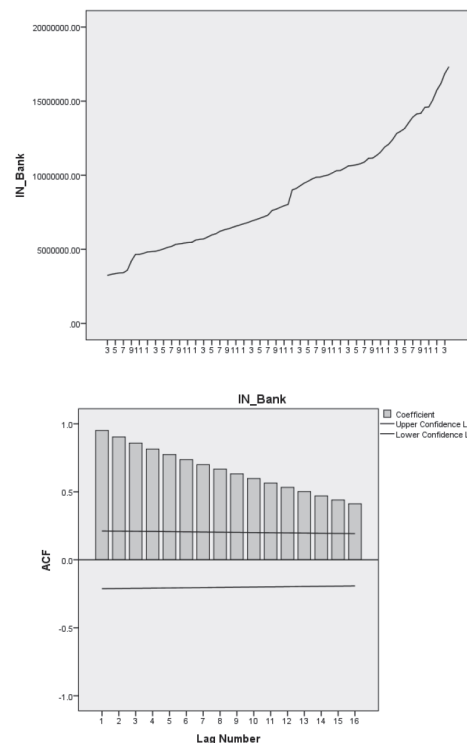


Figure 1 Movement of number of customer accounts that use the service internet banking from March 2010 to April 2017 and SACF graph of number of customer accounts that use the service internet banking.

(2) การแปลงอนุกรมเวลาให้มีคุณสมบัติ stationary จากนั้นสร้างกราฟของจำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ดัง Figure 2 แสดงความแปรปรวนไม่คงที่ชัดเจน เพราะฉะนั้นจึงแปลงข้อมูลด้วยฟังก์ชันลอการิทึม

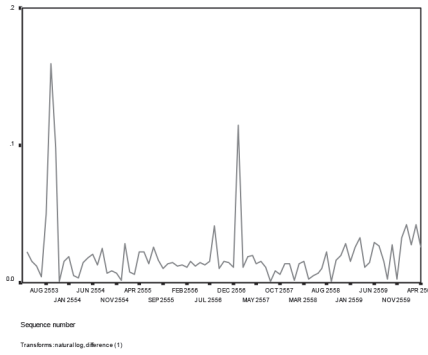


Figure 2 Number of customer accounts that use the service internet banking when transform by the first difference.

Table 1 Unit Root Test for Naira-Dollar Exchange Rate.

Data	Augmented Dickey-Fuller test statistic	
	t - statistic	Prob.
Number of customer accounts that use the service internet banking	-6.433***	.000

*** The mean difference is significant at the 0.01 level.

จากผลการทดสอบ Unit Root ด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller ของข้อมูลจำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตเมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และแปลงข้อมูลด้วยฟังก์ชันลอการิทึม สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีคุณสมบัติเสถียร (Stationary Time Series)

(3) การกำหนดตัวแบบโดยพิจารณาจากกราฟ SACF และ SPACF ของอนุกรมเวลาที่เสถียรแล้ว ดัง Figure 3 พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA (0,1,1)

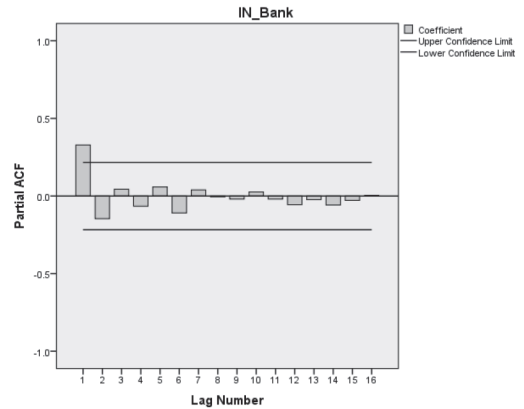
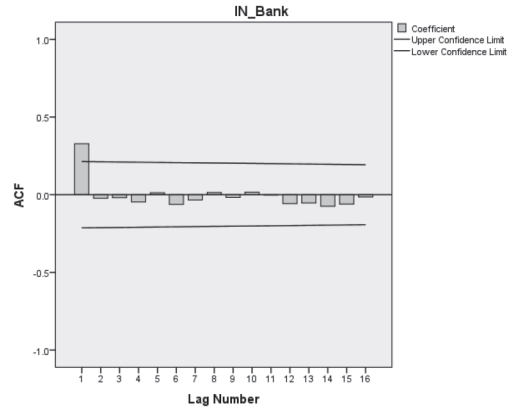


Figure 3 SACF and SPACF graph of number of customer accounts that use the service internet banking when transform by the first difference.

(4) การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ จากตารางที่ 2 ค่าประมาณของพารามิเตอร์ตัวแบบ เท่ากับ 0.813 ซึ่งค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้นสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$(1-B)\ln Z_t = \theta_0 + (1-\theta B)a_t$$

$$\ln Z_t = \theta_0 + \ln Z_t + a_t - \theta a_{t-1}$$

$$\ln Z_t = 0.0197 + \ln Z_t + a_t + 0.4034a_{t-1}$$

Table 2 Parameters estimator in ARIMA (0,1,1) of customer accounts that use the service internet banking.

Variable	Coefficient	T-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.4034	-4.0049	.0001
Constant	0.0197	6.0427	.0000
Log Likelihood	206.6081		
Standard error	0.0215		
Aic	-409.2162		
Sbc	-404.3309		

(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ พิจารณา SACF ของความคลาดเคลื่อนจาก Figure 4 พบว่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อนทั้ง 16 lag อยู่ในขอบเขตช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ ค่าทดสอบสถิติ Box – Ljung Chi-square = 2.828 ค่า P-Value = 1.00 ซึ่งมากกว่า 0.05 สรุปได้ว่าตัวแบบ ARIMA (0,1,1) มีความเหมาะสม

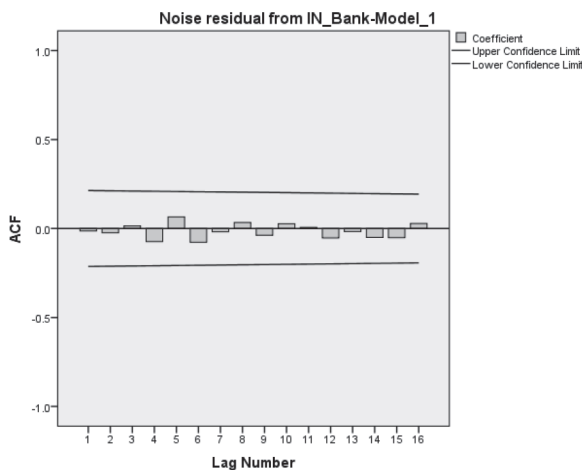


Figure 4 Movement of SACF graph.

Table 3 Results of trend and season test in time series of customer accounts that use the service internet banking.

เดือน/ปี	จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตจริง	จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต	
		วิธีบอกร์-เงินกินส์	วิธีโฮลด์
พ.ค.-60	17,921,942	17,650,077	17,757,928
มิ.ย.-60	18,523,590	18,001,695	18,193,934
ก.ค.-60	18,600,781	18,360,317	18,629,940
ส.ค.-60	19,070,332	18,726,084	19,065,945
ก.ย.-60	19,084,612	19,099,138	19,501,951
ต.ค.-60	19,417,684	19,479,623	19,937,957
พ.ย.-60	19,827,422	19,867,688	20,373,963
ธ.ค.-60	20,466,619	20,263,484	20,809,969
ม.ค.-61	20,657,240	20,667,165	21,245,975
ก.พ.-61	21,036,412	21,078,888	21,681,981
มี.ค.-61	21,556,193	21,498,813	22,117,986
เม.ย.-61	21,958,420	21,927,103	22,553,992
MAPE		0.81	1.95

จาก Table 3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต พบว่าวิธีของบอกร์-เงินกินส์มีค่า MAPE ต่ำกว่าวิธีของโฮลด์

วิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต พบว่าวิธีของบอกร์-เงินกินส์มีค่า MAPE ต่ำกว่าวิธีของโฮลด์ และเมื่อนำข้อมูลชุดที่ 2 ที่แบ่งไว้จำนวน 12 ค่า ไปรวมกับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 แล้ว หาตัวแบบที่เหมาะสมใหม่ด้วยวิธีบอกร์-เงินกินส์ พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมยังคงเป็นตัวแบบเดิมคือ ARIMA(0,1,1) โดยที่ค่าพารามิเตอร์ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย ได้ผลการ คือ

$$\ln Z_t = 0.0197 + \ln Z_t + a_t + 0.4034a_{t-1}$$

สำหรับผู้สนใจศึกษาเพื่อพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตครั้งต่อไป อาจจะใช้วิธีการพยากรณ์ที่ได้ในครั้งนี้นำไปเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่น เช่น วิธีการพยากรณ์รวม การวิเคราะห์อินเทอร์เน็ตเวบไซต์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย เป็นต้นในการศึกษาเพิ่มเติม

สรุปผล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน โดยใช้การพยากรณ์ 2 วิธี คือวิธีของบอกรี-เจนกินส์ และวิธีของโฮลต์ พิจารณาเปรียบเทียบความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ต่ำที่สุด พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์จำนวนบัญชีผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ต คือวิธีของบอกรี-เจนกินส์ เนื่องจากมีค่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.81 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าวิธีของโฮลต์ มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.95

เอกสารอ้างอิง

1. THE STANDARD TEAM.(2018).THE STANDARD. Retrieved Dec 18, 2015, from <https://thestandard.co/extend-online-transfer-limit-to-699999/>
2. ศิริเทพ จันทน์บุญแก้ว. การพยากรณ์ปริมาณสายโทรศัพท์เข้าสำหรับศูนย์บริการลูกค้าธนาคารพาณิชย์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 2560.
3. ดวงพร หัชชะวนิช.การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภครายเดือนด้วยตัวแบบบอกรี-เจนกินส์ และตัวแบบปรับให้เรียบเอชไอพีเนสเซียล. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 2556; 33(2):100-113.
4. วรางคณา เรียนสุทธิ และ น้าอ้อย นิสัน. การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกไก่แปรรูป.วารสารมหาวิทยาลัย นครสวรรค์: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ; 2017 : 25(2)
5. Hanke, J. E., Wichern, D. W., & Reitsch, A. G.. Business forecasting (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.2001.
6. Dickey, D.A., Fuller, W.A. (1981), Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
7. Phillips, P.C.B., Perron, P. (1998), Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75, 335-346.
8. Wei, W.W.S. (2006). *Time Series Analysis: univariate and multivariate methods*, 2nd edn. Pearson Addison Wesley, New York.

อาการแสดงทางตาในผู้ติดเชื้อเอชไอวีหรือผู้ป่วยโรคเอดส์ในจังหวัดมหาสารคาม

Ocular Manifestations in Patients with Human Immunodeficiency Virus/Acquired Immune Deficiency Syndrome in Maha Sarakham

พลอยทราย รุจกรกานต์^{1*}, ธานิตา วัฒนา¹, ปริญญา สีหไตร¹

Ploysai Rujkorakarn^{1*}, Thanita Hlowchitsieng¹, Parinya Srihatrai¹

Received: 22 January 2019; Revised: 15 March 2019; Accepted: 25 March 2019

บทคัดย่อ

ผู้ติดเชื้อเอชไอวีหรือผู้ป่วยโรคเอดส์อาจมีอาการทางตาได้หลายรูปแบบ การศึกษานี้ได้รายงานความชุกและประเมินปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอาการแสดงทางตา โดยได้ทำการศึกษาที่จุดเวลาใดเวลาหนึ่งในผู้ป่วยที่มีผลการตรวจภูมิคุ้มกันในเลือดต่อเชื้อเอชไอวีเป็นบวกที่เข้ารับการตรวจรักษา ณ คลินิกผู้ติดเชื้อเอชไอวีหรือผู้ป่วยโรคเอดส์ โรงพยาบาลสุทธาเวช ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2561 โดยรวบรวมข้อมูลจากเวชระเบียนผู้ป่วย การสัมภาษณ์ ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ และการตรวจตาโดยจักษุแพทย์ พบว่าจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 58 ราย มี 57 รายที่ได้รับการรักษาด้วยยาต้านรีโทรไวรัส ความชุกของการตรวจพบทางตาทั้งสิ้น ร้อยละ 32.8 ได้แก่ ภาวะตาแห้ง (ร้อยละ 13.79) โรคของหลอดเลือดจอตา (ร้อยละ 6.9) รอยแผลเป็นที่จอตา (ร้อยละ 6.9) การอุดตันของรูม่านตา (ร้อยละ 3.45) และภาวะการอักเสบของม่านตาส่วนหน้าจากเชื้อไวรัสเฮอร์ปีส์ (ร้อยละ 1.72) พบสัดส่วนของอาการแสดงทางตาที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผู้ป่วยเพศหญิง [AOR=8.4;95%CI=1.34-52.48; p=0.023]. เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นพบว่ากลุ่มประชากรในการศึกษานี้มีอายุน้อยและระดับที่ลิมโฟไซต์ชนิดซีดี 4 มีค่าที่ค่อนข้างสูง ภาวะตาแห้งเป็นอาการแสดงทางตาที่พบได้บ่อยที่สุด และพบว่าเพศหญิงเป็นปัจจัยเสี่ยงต่ออาการแสดงทางตาต่างๆ

คำสำคัญ: เอชไอวี เอดส์ อาการแสดงทางตา ตาแห้ง

Abstract

HIV-infected patients or AIDS patients could present with various ocular manifestations. This cross-sectional study reports the prevalence and risk factors of ocular manifestations in human immunodeficiency virus (HIV)/ acquired immune deficiency syndrome (AIDS) patients, presented at the HIV/AIDS clinic, Suddhavej Hospital. The study was conducted from July 2017 to June 2018. Data was collected from medical records, patient interview, laboratory investigation and ocular examination. Of the 58 patients with HIV/AIDS, 57 were on antiretroviral therapy. The prevalence of ocular findings was 32.8%, which were dry eye disease (13.79%) followed by retinal microvasculopathy (6.9%), chorioretinal pigmented scar (6.9%), posterior synechiae (3.45%) and herpetic anterior uveitis (1.72%). The rate of ocular manifestation was significantly higher in female patients [AOR=8.4; 95%CI=1.34-52.48; P=0.023]. The subjects in the present study were in younger age group and the level of CD4+ T lymphocytes was quite high. Dry eye disease was the most common ocular manifestation. Female sex was shown to be the risk factor for all of ocular findings.

Keywords: HIV, AIDS, ocular manifestations, dry eye

¹ อาจารย์ ฝ้ายจักษุวิทยา โรงพยาบาลสุทธาเวช คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

¹ Lecturer, Faculty of Medicine, Suddhavej Hospital, Mahasarakham University, Mueang, Maha Sarakham 44000, Thailand

* Corresponding author: Srihatrai P. Tel.:+66865342777, Fax:+6643712991 e-mail: parinya@msu.ac.th

Introduction

Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS) was first recognized as a new disease in 1981^{1,2}. This syndrome is caused by a human immunodeficiency virus (HIV) that attacks immune cells called CD4+ T lymphocyte cells. According to the Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS), there were 36.7 million people worldwide living with HIV/AIDS in 2016, an estimated 450,000 people were in Thailand³. Even though approximately 6,400 people were newly infected in this country, the annual number of new HIV infections has declined from preceding years³. The high risk group included young women (aged 15–24 years), people who inject drugs, sex workers, transgender people, prisoners and men who have sex with men³. The incidence is rising among young people, which might be caused by their earlier sexually active status and easier way to connect to each other through social media.

HIV-associated disorders may involve any part of the eye from the adnexa and anterior to posterior segment, including orbit and the optic nerve⁴. Ocular manifestations of HIV/AIDS affect 50–75% of infected persons worldwide and may be divided into four categories: vasculopathy, unusual malignancies, neuro ophthalmologic abnormalities and opportunistic infections^{5,6}. Before the introduction of highly active antiretroviral therapy (HAART), cytomegalovirus (CMV) retinitis was the most common opportunistic ocular infection, affecting 37% of HIV-infected patients⁷. The incidence, visual morbidity and mortality of CMV retinitis and other HIV-associated retinopathies have decreased in the era of HAART⁸. Although the incidence of sight-threatening complications has decreased, there are still minor problems such as external ocular manifestations, which may disturb the quality of life and need some treatments^{9,10}.

According to the Thailand National Guidelines on HIV/AIDS treatment and prevention 2017, HIV infected cases could be able to have complete access to HAART. The data was analysed to determine the factors associated with HIV and ocular complications in this group of patients during the HAART era, and is the first report of its kind in this province.

Materials and Methods

A cross sectional study was conducted in Suddhavej Hospital from July 2017 to June 2018. The protocol was approved by the Mahasarakham University ethics committee for research involving human subjects (approval number 029/2018). All HIV-infected patients seen in HIV/AIDS clinic were included. All investigations were carried out in accordance with the tenets of the Declaration of Helsinki, and had been registered in the Thai Clinical Trials Registry (TCTR) system, clinicaltrials.in.th, (Study ID TCTR20180716002). All participants gave informed consent. Fifty-eight patients had complete data and attended ocular examination.

Data were collected from medical records, patient interviews, laboratory investigations and ocular examination performed by ophthalmologists. Both eyes of all participants were evaluated for best corrected visual acuity (BCVA) measured by Snellen chart, intraocular pressure measurement (via air puff tonometer), adnexal examination, anterior segment (slit lamp biomicroscope), dilated fundus examination using non-contact lens (20D Volk lens, Super Field® Volk lens).

Dry eye disease (DED) was diagnosed by using the Ocular Surface Disease Index (OSDI) questionnaire^{12,13}, defined as 13 points or more plus fluorescein staining of the ocular surface or fluorescein tear break up time of less than 10 seconds¹⁴. Herpetic anterior uveitis was diagnosed from clinical signs of anterior chamber cells with the presence of localized corneal scars or edema, decreased corneal sensation, geographically or diffusely distributed keratic precipitates, acutely elevated intraocular pressure or iris atrophy¹⁵. Retinal microvasculopathy was the most common HIV related ocular manifestation in a few studies^{16,17}. The cotton-wool spots, microaneurysms, retinal haemorrhages, telangiectatic vascular changes and areas of capillary nonperfusion might be revealed from the examination in these kind of patients^{10,18}.

Results were expressed as frequencies (%). Categorical variables were compared using Chi-squared test or Fisher's exact test. Association factors were determined by logistic regression analysis. The results were expressed as Odd Ratio (OR), 95% confidence

intervals (CI) and P-value. A $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

Out of 74 patients in HIV/AIDS clinic, 59 patients agreed to be recruited and attended ocular examination. Of these, 1 patient was excluded because of incomplete data. A total of 58 patients were enrolled in the study. Data was collected and ocular examination was done by ophthalmologists. Fifty-two (89.7%) patients were male. The mean age of the patients was 25.6 ± 8.9 , range 19 - 57, and 72.4% of them were aged under 25 years old. The majority (71.1%) of patients were university students. Sexual transmission (93.1%) was the most common route of HIV infection. Forty nine (84.5%) homosexual patients were reported by the health status interview (Table 1).

The prevalence of ocular manifestation in females (66.7%) was higher than in males (19.2%) ($P = 0.026$). Ocular manifestations were commonly observed in the patients aged 25 years old or above (43.8%), ($P = 0.043$). Heterosexual orientation had ocular manifestation (43.8%) more than homosexual orientation (18.4%), ($P = 0.03$). By contrast, occurrence of ocular manifestations did not vary significantly across different occupational status, income, education status and route of infection (Table 1).

Only 1 of 58 patients was not on HAART and 54 patients have taken HAART less than five years. Duration of known HIV infection was less than 2 years in 50 (86.2%) patients. Eighty-three percent of patients had a recent CD4+ count of 200 cells/mm³ and above (Table 2). More than 95% of the patients had BCVA equal or better than 20/70 in each eye (Table 3).

Table 1 Distribution of socio-demographic characteristics and ocular manifestation of HIV/AIDS patients in Suddhavej Hospital

Socio-demographic characteristics	Ocular manifestation		P
	Presence, n (%)	Absence, n (%)	
Sex			
Male	10 (71.43)	42 (95.45)	0.026
Female	4 (28.57)	2 (4.55)	
Age (years), mean (SD)	31 (12.64)	23.91 (6.74)	0.009
Less than 25	7 (50.00)	35 (79.55)	0.043
25 or above	7 (50.00)	9 (20.45)	
Occupational status			
Employed	6 (42.86)	6 (13.64)	0.071
Unemployed	0 (0)	3 (6.82)	
University student	8 (57.14)	35 (79.55)	
Income (Thai Baht)			
Less than 10,000	9 (64.29)	35 (79.55)	0.434
10,000-20,000	4 (28.57)	7 (15.91)	
More than 20,000	1 (7.14)	2 (4.55)	
Education			
Below secondary	2 (14.29)	3 (6.82)	0.585
Secondary or above	12 (85.71)	41 (93.18)	
Route of infection			
Sexual intercourse	12 (85.71)	42 (97.67)	0.146
Mather to child transmission	2 (14.29)	2 (14.29)	
Sexual orientations			
Heterosexual	5 (35.71)	4 (9.09)	0.030
Homosexual	9 (64.29)	40 (90.91)	

Of 58 patients, 19 (32.8%) had ocular manifestations. The most frequent ocular manifestation in the present study was anterior segment manifestations which is DED (13.8%). Posterior segment manifestations were retinal microvasculopathy (6.9%) and chorioretinal pigmented scar (6.9%) (Table 4).

Table 2 Clinical profile of HIV/AIDS patients in Suddhavej Hospital

Clinical profile	n (%)
Current CD4+ cells (cells/mm ³)	
0-199	10 (17.24)
200-499	31 (53.45)
500 or above	17 (29.31)
Duration of HIV infection (months)	
Less than 13	34 (58.62)
13- 24	16 (27.59)
25-60	4 (6.90)
More than 60	4 (6.90)
Duration of antiretroviral therapy (years)	
5 or less	54 (93.10)
More than 5	4 (6.90)

HIV; human immunodeficiency virus.

Table 3 The visual status of HIV/AIDS patients in Suddhavej Hospital

Visual acuity	Right eye, n (%)	Left eye, n (%)
20/20-20/70	56 (96.55)	57 (98.28)
20/70-20/200	2 (3.45)	1 (1.72)

Table 4 Distribution of ocular manifestations of HIV/AIDS patients in Suddhavej Hospital

Ocular manifestations	n (%)
Anterior segment	
Dry eye disease	8 (13.79)
Herpetic anterior uveitis	1 (1.72)
Posterior synechiae	2 (3.45)
Posterior segment	
Retinal microvasculopathy	4 (6.90)
Chorioretinal pigmented scar	4 (6.90)
Total	19 (32.76)

In multiple logistic regression analysis, female patients were 8.4 times more likely to have ocular manifestation than male patients [AOR=8.4; 95% CI=1.34-52.48; $P=0.023$] (Table 5).

Table 5 Risk factors for ocular manifestation of HIV/AIDS patients in Suddhavej Hospital

Factor	Adjusted OR	95% CI	P
Sex			
Male	1		
Female	8.4	1.34 - 52.48	0.023

OR; odds ratio, CI; confidence interval.

Discussion

The overall prevalence of ocular manifestations in the present study was higher than in other studies, which were 17.5% in India¹⁹, 26.3% in China²⁰, and 25.7% in Ethiopia²¹. The prevalence was lower than the reports from Gondar University Hospital (60%)²² and TM Jafferji Hospital (70%)²³, that could be caused by these studies being carried out in tertiary care hospitals and about 90% of the patients were in WHO clinical staging of HIV/AIDS, stages III or IV, indicating mainly patients who were seriously ill and had low immune status. While more than half of patients in the present study were visiting HIV/AIDS clinic as outpatients with healthy condition, correlated with the study shown by Edathodu *et al* in 2009²⁴.

The most common ocular manifestation in this study was DED, which is consistent with the study

reported by Jimma in 2013 (11.3%)²⁵. Although it was not a serious sight-threatening problem, but it could impact the quality of life and need medical treatment^{9,10}. DED affects between 20% to 38.8% of HIV-positive hosts in the later stages of AIDS. Prevailing theories of its pathogenesis implicate HIV itself as the inflammatory mediator that destroys primary and accessory lacrimal glands. Direct infection and damage to the conjunctiva may also be involved.^{26,27}

Sight-threatening complications and posterior segment manifestations were not common in our patients. These might be caused by the posterior segment lesions such as cytomegalovirus (CMV) retinitis and HIV microangiopathy were strongly associated with CD4+ count less than 200 cells/mm³^{19,28-30}.

Female gender showed higher prevalence of dry eye compare to male as reported by Asiedu K *et al* in 2017³¹. In the present study, females showed significant negative influence to develop ocular manifestations in multivariate analysis, patients aged ≥ 25 and heterosexual contact were also predictive factors. However because of the lower number of patients in these groups, this result should be cautiously concluded. One limitation of this study is a small number of the population studied.

Conclusion

This study showed the prevalence of non-sight threatening anterior segment and adnexal ocular manifestations was higher than posterior ocular manifestations in HIV/AIDS patients with high CD4+ T lymphocytes count during the HAART era. The most common ocular manifestation was DED. We recommend that patients who have any eye symptoms, should get an eye examination in spite of high CD4+ cells count level.

Acknowledgements

This study was funded by a research grant from Mahasarakham University (MSU) Faculty of Medicine. We thank the participants for their time, and the HIV/AIDS Clinic at MSU Faculty of Medicine's Suddhavej Hospital for access to the resources used.

Authors' contributions: Srihatrai P: design, data collection, writing and final approval; Rujkorakarn P: design, data collection, writing the paper and analysis of data; Watha T: design, and data collection.

Foundations: This study was funded by a research grant from Mahasarakham University (MSU) Faculty of Medicine.

Conflicts of Interest: Rujkorakarn P, None; Watha T, None; Srihatrai P, None.

References

1. Gottlieb MS, Schroff R, Schanker HM, Weisman JD, Fan PT, Wolf RA, Saxon A. Pneumocystis carinii pneumonia and mucosal candidiasis in previously healthy homosexual men: evidence of a new acquired cellular immunodeficiency. *N Engl J Med* 1981;305(24):1425-31. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6272109>)
2. Masur H, Michelis MA, Greene JB, Onorato I, Stouwe RA, Holzman RS, Wormser G, Brettman L, Lange M, Murray HW, Cunningham-Rundles S. An outbreak of community-acquired Pneumocystis carinii pneumonia: initial manifestation of cellular immune dysfunction. *N Engl J Med* 1981;305(24):1431-8. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6975437>)
3. UNAIDS Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS). UNAIDS 2017 report on the global AIDS epidemic. Switzerland, *UNAIDS Joint United Nations Programme on HIV/AIDS 2017*. Available from www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/2017_data-book_en.pdf (Last accessed April 7, 2018).
4. Mehta R, Mehta P, Mohanty L, Bedi N, Punjabi S, Jain R, Nagar CK. Changing pattern of ophthalmic manifestation in AIDS patients in post HAART era. *Int J Adv Health Sci* 2014;1(5):15-22. (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.683.9445&rep=rep1&type=pdf>)
5. Kestelyn PG, Cunningham ET. HIV/AIDS and blindness. *Bull World Health Organ* 2001;79(3):208-13. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11285664>)

6. Vrabec TR. Posterior segment manifestations of HIV/AIDS. *Surv Ophthalmol* 2004;49(2):131-57. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14998690>)
7. Jabs DA. Ocular manifestations of AIDS. *Curr Opin Ophthalmol* 1990;1(2):171-175. (https://journals.lww.com/co-ophthalmology/citation/1990/04000/ocular_manifestations_of_aids.16.aspx)
8. Goldberg DE, Smithen LM, Angelilli A, Freeman WR. HIV-associated retinopathy in the HAART era. *Retina* 2005;25(5):633-49. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16077362>)
9. Jeng BH, Holland GN, Lowder CY, Deegan WF 3rd, Raizman MB, Meisler DM. Anterior segment and external ocular disorders associated with human immunodeficiency virus disease. *Surv Ophthalmol* 2007;52(4):329-68. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17574062>)
10. Kim YS, Sun HJ, Kim TH, Kang KD, Lee SJ. Ocular manifestations of acquired immunodeficiency syndrome. *Korean J Ophthalmol* 2015;29(4):241-248. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4520867/>)
11. Bureau of AIDS, TB and STIs. Thailand National Guidelines on HIV/AIDS Treatment and Prevention 2017. Thailand, *Bureau of AIDS, TB and STIs*. Available from www.silomclinic.in.th/file/Thailand_National_Guidelines_on_HIV_AIDS_Treatment_and_Prevention_2017.pdf (Last accessed April 24, 2018).
12. McGinnigle S, Naroo SA, Eperjesi F. Evaluation of dry eye. *Surv Ophthalmol* 2012;57(4):293-316. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22726587>)
13. Chiffman RM, Christianson MD, Jacobsen G, Hirsch JD, Reis BL. Reliability and validity of the Ocular Surface Disease Index. *Arch Ophthalmol* 2000;118(5):615-21. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10815152>)
14. Bron AJ. Diagnosis of dry eye. *Surv Ophthalmol* 2001;45 Suppl 2:S221-6. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11587146>)
15. Cunningham ET. Diagnosing and treating herpetic anterior uveitis. *Ophthalmology* 2000;107(12):2129-30. ([https://www.aaojournal.org/article/S0161-6420\(00\)00287-6/fulltext](https://www.aaojournal.org/article/S0161-6420(00)00287-6/fulltext))
16. Abu EK, Abokyi S, Obiri-Yeboah D, Ephraim RK, Afedo D, Agyeman LD, Boadi-Kusi SB. Retinal microvasculopathy is common in HIV/AIDS patients: a cross-sectional study at the Cape Coast Teaching Hospital, Ghana. *J Ophthalmol* 2016;2016:8614095. (<https://www.hindawi.com/journals/joph/2016/8614095/>)
17. Martin-Odoom A, Bonney EY, Opoku DK. Ocular complications in HIV positive patients on antiretroviral therapy in Ghana. *BMC Ophthalmol* 2016;16:134. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4973055/>)
18. Biswas J, Fogla R, Gopal L, Narayana KM, Banker AS, Kumarasamy N, Madhavan HN. Current approaches to diagnosis and management of ocular lesions in human immunodeficiency virus positive patients. *Indian J Ophthalmol* 2002;50(2):83-96. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12194584>)
19. Pathai S, Deshpande A, Gilbert C, Lawn SD. Prevalence of HIV-associated ophthalmic disease among patients enrolling for antiretroviral treatment in India: A cross-sectional study. *BMC Infect Dis* 2009;9:158. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19775470>)
20. Wang Z, Jia R, Ge S, He T, Zhang Y, Yang Y, Wang Y, Shi W, Ji Y, Ye F, Chen P, Lu J, Sun J, Xu X, Zhou Y, Gu P, Luo M, Lu H, Fan X. Ocular complications of human immunodeficiency viral infection in eastern China. *Am J Ophthalmol* 2012;153(2):363-369.e1. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21982101>)
21. Amsalu A, Desta K, Nigussie D, Delelegne D. Ocular manifestation and their associated factors among HIV/AIDS patients receiving highly active antiretroviral therapy in Southern Ethiopia. *Int J Ophthalmol* 2017;10(5):776-781. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28546937>)
22. Yared A, Asfawessen G, Azanaw M. Ocular manifestations of HIV/AIDS patients in Gondar university hospital, north west Ethiopia. *Ethiop J Health* 2006;20(3):166-169. (https://www.researchgate.net/publication/242512213_Ocular_manifestations_of_HI)

- VAIDS_patients_in_Gondar_University_Hospital_North_West_Ethiopia)
23. Sahoo S. HIV- and AIDS-related ocular manifestations in Tanzanian patients. *Malays J Med Sci* 2010;17(1):12–16. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3216149/>)
 24. Edathodu J, Ali B, Alrajhi AA. CD4 validation for the World Health Organization classification and clinical staging of HIV/AIDS in a developing country. *Int J Infect Dis* 2009;13(2):243-6. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18945632>)
 25. Bekele S, Gelaw Y, Tessema F. Ocular manifestation of HIV/AIDS and correlation with CD4+ cells count among adult HIV/AIDS patients in Jimma town, Ethiopia: a cross sectional study. *BMC Ophthalmol* 2013;13:20. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23710936>)
 26. Acharya NR, Cunningham ET. Corneal, anterior segment, and adnexal manifestations of human immunodeficiency virus. *Int Ophthalmol Clin* 1998;38(4):161-77. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10081732>)
 27. Biswas J, Sudharshan S. Anterior segment manifestations of human immunodeficiency virus/acquired immune deficiency syndrome. *Indian J Ophthalmol* 2008;56(5):363-75. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18711264>)
 28. Gogri PY, Misra SL, Kothari RN, Bhandari AJ, Gidwani HV. Ophthalmic manifestations of HIV patients in a rural area of western Maharashtra, India. *Int Sch Res Notices* 2014;2014:347638. (<https://www.hindawi.com/journals/isrn/2014/347638/>)
 29. Kumar P, Vats DP, Mishra S, Makkar A, Banarji A, Patyal S, Gurunadh VS. CD4 counts: a strong indicator of retinal and ocular lesions in HIV disease. *Med J Armed Forces India* 2011;67(4):354–357. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4920618/>)
 30. Chiotan C, Radu L, Serban R, Cornăcel C, Cioboată M, Anghelie A. Posterior segment ocular manifestations of HIV/AIDS patients. *J Med Life* 2014;7(3):399-402. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4233448/>)
 31. Asiedu K, Kyei S, Boampong F, Ocansey S. Symptomatic Dry Eye and Its Associated Factors: A Study of University Undergraduate Students in Ghana. *Eye Contact Lens* 2017;43(4):262-266. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26963438>)

ผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอมะยาดิ จังหวัดร้อยเอ็ด

Health Promotion Program among Prehypertensive People, Chumphon Sub-District, Moeiwadee District, Roi Et Province

ฉัตรลดา ดีพร้อม¹, นิวัฒน์ วงศ์ใหญ่²

Chatlada Deeprom¹, Niwat Wongyai²

Received: 11 March 2019; Revised: 16 May 2019; Accepted: 28 May 2019

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอมะยาดิ จังหวัดร้อยเอ็ด กลุ่มตัวอย่าง 68 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มละ 34 คน โดยกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยประยุกต์ทฤษฎีด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองร่วมกับพฤติกรรมป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. (อาหาร อารมณ์ ออกกำลังกาย ไม่สูบบุหรี่ ไม่ดื่มสุรา) และนำการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” มาประยุกต์ใช้กับกลุ่มทดลอง และจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ยังไม่เคยมีรายงานที่นำการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” มาใช้ในกลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูง เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมโดยแบบสอบถามและวัดระดับความดันโลหิต การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ Paired t-test และ Independent t-test

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง การรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการควบคุมระดับความดันโลหิต พฤติกรรมป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. สูงกว่าก่อนการให้โปรแกรม และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และระดับความดันโลหิตในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ ลดลงต่ำกว่าก่อนให้โปรแกรม และลดลงต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ข้อเสนอแนะ การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเองร่วมกับการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” สามารถส่งเสริมการควบคุมระดับความดันโลหิตได้อย่างได้ผล สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูงกลุ่มอื่น เพื่อควบคุมและป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและลดจำนวนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงรายใหม่ต่อไป

คำสำคัญ : โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ, กลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง

Abstract

This quasi-experimental research aimed to test the effectiveness of the Health Promotion Program among pre-hypertensive people in Chumphon Sub-District, Moeiwadee District, Roi Et Province. The 68 high risk of high blood pressure participants were divided into 2 groups, an experimental group and a control group. There were 34 people per group. The experimental group was intervened with Health Promotion Program for 10 weeks. The Motivation theory of self-efficacy, the behaviours prevention of 3E and 2S (Eating, Emotion, Exercise, Stop Smoking, Stop Drinking) and the exercise by the 9 tables were applied with the receiving of health promotion program. Previous research have never had exercised by 9 tables in among pre-hypertensive subjects. The data were collected by using a quantitative

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

questionnaire and blood pressure measurement and were analysed for percentage, mean, standard deviation, Paired Samples t-test, and Independent Samples t-test.

The results showed that after the intervention of Health Promotion Program the mean score of knowledge about hypertension, perceived severity, self-efficacy, hypertension behaviours prevention of 3E and 2S was higher than in the pre intervention program and higher than the comparison group by a statistically significant difference at $p < 0.001$. The systolic and diastolic blood pressure were decreased compared with the pre intervention program by a statistically significant difference at $p < 0.001$.

The study suggests that the application of self-efficacy theory together with exercise with “Table 9 Tables” can promote the blood pressure control effectively. We can use the Health Promotion Program among people at risk of hypertension in the community in order to prevent hypertension, which can consequently leads to decreases in a number of hypertension patients.

Keywords: The Hypertension Risk Group / Health Promotion Program

บทนำ

โรคความดันโลหิตสูงเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประชากรทั่วโลกเสียชีวิตก่อนวัยอันควร และเป็นปัญหาที่กำลังมีความรุนแรงมากขึ้น ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศเศรษฐกิจเกิดใหม่ ซึ่งภาวะความดันโลหิตสูงจะไม่มีสัญญาณเตือน หรืออาการแสดงให้เห็นชัดเจน จึงมักจะถูกเรียกว่าเป็น “ฆาตกรเงียบ” (Silent killer) ผู้ป่วยจำนวนมากเป็นโรคนี้โดยที่ไม่รู้ตัวมาก่อนว่ามีภาวะความดันโลหิตสูง¹ องค์การอนามัยโลก กำหนดไว้ตั้งแต่ พ.ศ.2542 ว่าผู้ใดก็ตามที่มีความดันโลหิตมีค่าตั้งแต่ 140/90 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไปจากการวัดความดันโลหิตซ้ำๆ อยู่เป็นเวลานาน ถือว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง² นอกจากนี้ภาวะความดันโลหิตสูงส่งผลต่อการป่วยและการเสียชีวิตด้วยโรคไม่ติดต่อสำคัญหลายโรค ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคหัวใจล้มเหลว โรคหลอดเลือดสมอง และโรคไต³ จากการศึกษาวิจัยเสี่ยงของการเกิดโรคความดันโลหิตสูงของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าการนอนกรนเป็นสาเหตุของความดันโลหิตสูงที่พบได้บ่อยที่สุดประมาณร้อยละ 50 ของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่ทราบสาเหตุ นอกจากนี้ยังพบว่า เพศ พันธุกรรม อายุที่มากขึ้น ผู้ที่มีรูปร่างอ้วน การขาดการออกกำลังกาย ผู้ที่ชอบรับประทานอาหารเค็มและการสูบบุหรี่ เสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูงด้วย⁴ จากข้อมูลองค์การอนามัยโลก พบว่า โรคความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุการตายทั่วโลกสูงถึง 7.5 ล้านคน หรือร้อยละ 12.8 ของสาเหตุการตายทั้งหมด และพบว่าผู้ที่มีความดันโลหิตสูงทั่วโลกมีจำนวนเกือบถึง พันล้านคน ซึ่งสองในสามอยู่ในประเทศกำลังพัฒนา และมีการคาดการณ์ว่าจะมีความชุกของโรคความดันโลหิตสูงทั่วโลกเพิ่มขึ้นเป็น 1.56 พันล้านคน ในปี พ.ศ. 2568⁵ ในประเทศไทยกระทรวงสาธารณสุขได้ให้ความสำคัญกับโรคความดันโลหิตสูงโดยได้กำหนดให้โรคความดันโลหิตสูงเป็น

โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง 1 ใน 5 โรค และได้ถูกกำหนดไว้เป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาในแผนยุทธศาสตร์สุขภาพวิถีชีวิตไทย พ.ศ. 2554-2563 จากข้อมูลสถานการณ์การเข้ารับการรักษาในสถานบริการสุขภาพของกระทรวงสาธารณสุขด้วยโรคความดันโลหิตสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกภูมิภาคเมื่อเปรียบเทียบปี พ.ศ. 2546 และปีพ.ศ. 2556 พบว่า อัตราผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มจาก 389.8 และโดยส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าตนเองเป็นความดันโลหิตสูง⁶ ข้อมูลสถานการณ์โรคความดันโลหิตสูงในปีพ.ศ.2558-2560 พบว่า อัตราผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงรายใหม่ 913.97, 1,178.60 และ 1,355.42 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ นอกจากนี้ข้อมูลระบบรายงาน HDC พบว่าการคัดกรองโรคความดันโลหิตสูงในประชากรอายุ 35 ปีขึ้นไป จำนวน 16,906,211 คน พบเป็นกลุ่มเสี่ยง 3,909,876 คน เป็นผู้ป่วยรายใหม่จำนวน 761,922 คน⁶

ข้อมูลโรคความดันโลหิตสูงในเขตสุขภาพที่ 7 (ขอนแก่น, มหาสารคาม, ร้อยเอ็ด, กาฬสินธุ์) ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 94,291 คน ปี พ.ศ. 2559 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 46,993 คน ปี พ.ศ. 2560 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 197,883 คน และในปี พ.ศ. 2561 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 178,583 คน จะเห็นได้ว่ากลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูงในเขตสุขภาพที่ 7 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น¹ ปัจจุบันสถานการณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังในจังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2558 พบว่ามีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 30,130 คน ปี พ.ศ.2559 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 46,993 คน ปี พ.ศ. 2560 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 55,956 คน และในปี พ.ศ. 2561 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 54,732 คน จากข้อมูลย้อนหลังพ.ศ. 2558-2561 เห็นได้ว่า

กลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูงในจังหวัดร้อยเอ็ดมีแนวโน้มสูงทุกปี⁷

จากผลการคัดกรองโรคความดันโลหิตสูงในประชาชนอายุ 35 ปีขึ้นไป ของโรงพยาบาลเมยวดี ในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 419 คน พ.ศ. 2559 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 982 คน ปี พ.ศ. 2560 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 512 คน และในปี พ.ศ. 2561 พบว่ากลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มมากขึ้นจำนวน 1,494 คน โดยกลุ่มอายุโดยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 35-59 ปี จากข้อมูลย้อนหลัง 4 ปี จะเห็นได้ว่า กลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูงในอำเภอเมยวดี มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น⁸ และจากผลการคัดกรองโรคความดันโลหิตสูงในประชาชนที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไป ในเขตตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 259 คน ปี พ.ศ. 2559 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 262 คน ปี พ.ศ. 2560 มีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 301 คน และในปี 2561 พบว่ามีกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง 554 คน จากข้อมูลย้อนหลังพ.ศ. 2558-2561 พบว่าแนวโน้มของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ในเขตตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี และในปีพ.ศ.2561 มีจำนวนกลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูงเป็นอันดับ 1 ของอำเภอเมยวดี⁹ หากไม่ได้รับการดูแลและส่งเสริมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมจะส่งผลให้อัตราการเกิดโรคความดันโลหิตสูงของคนในพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ทฤษฎีพฤติกรรมทางสุขภาพในเรื่องการรับรู้ความสามารถของตนเองเป็นแนวคิดของแบนดูรา¹⁰ เป็นทฤษฎีที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งยังได้รับการยอมรับว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองเป็นปัจจัยนำที่ช่วยให้การดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเรื้อรังมีประสิทธิภาพโดยองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาให้บุคคลเกิดความเชื่อว่าตนเองมีความสามารถ เกิดจากอิทธิพลหลัก 4 ประการ คือ ประสบการณ์ของความสำเร็จ (Mastery experience) การได้รับประสบการณ์จากต้นแบบ (Social model) การได้รับการโน้มน้าวชักจูง (Social persuasion) และสภาวะทางกายและอารมณ์ (Somatic and emotional state)¹¹ และจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการนำทฤษฎีการรับรู้ความสามารถตนเองมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่เสริมสร้างสุขภาพทั้งในกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง และกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง มีความเชื่อมั่นในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมารับประทานอาหาร การออกกำลังกาย และมีผลให้ระดับความดันซิสโตลิก และไดแอสโตลิก ลดลง¹² และจากนโยบายกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดนโยบาย 10 ปี (พ.ศ 2554 –พ.ศ. 2563)

ในการลดตาย ลดโรค ลดภาระของโรคไม่ติดต่อ ด้วยยุทธศาสตร์สุขภาพวิถีชีวิตไทย มุ่งเน้นที่ป้องกันโรคไม่ติดต่อ 5 โรค คือ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือดสมอง และมะเร็ง โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใส่ใจ 3 อ. บอกลา 2 ส. กล่าวคือใส่ใจดูแลตัวเอง เรื่อง อ.อาหาร อ.ออกกำลังกาย อ.อารมณ์ ลด ละ เลิก การสูบบุหรี่และลดการดื่มสุราร่วมด้วย จะเป็นการทำให้กลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงสามารถลดระดับความดันโลหิตลงอยู่ในระดับปกติได้ โดยมุ่งเน้นป้องกันการเกิดโรคในประชาชนกลุ่มเสี่ยงมากกว่ากลุ่มป่วย เนื่องจากมีต้นทุนการดูแลสุขภาพต่ำกว่าการรักษาในกลุ่มป่วย¹

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” หลากหลายกลุ่มช่วงอายุ ทั้งนี้การออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ทำให้ผู้นำไปใช้ได้พัฒนาสมอง ฝึกปฏิบัติการรับรู้ของร่างกาย พัฒนาความคิด การตัดสินใจ ช่วยผ่อนคลายความตึงเครียด และเมื่อได้เคลื่อนไหวร่างกายบ่อยๆ จะทำให้เส้นประสาท และกล้ามเนื้อได้ยืดเหยียด ระบบไหลเวียนโลหิต และชีพจรก็ทำงานดีขึ้นด้วย¹³ และจากการศึกษาผลของการรำไทยบนตารางเก้าช่องต่อภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ มีค่าเฉลี่ยความทนทานของหัวใจและปอดเพิ่มขึ้น¹⁴ แต่ยังไม่พบการศึกษาการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ในกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง โดยการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องใช้เวลา 30-60 นาที ต่อครั้ง โดยมีความถี่อย่างน้อย 3 ครั้ง/สัปดาห์ขึ้นไป และระยะเวลาในการออกกำลังกายตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไป เป็นหนึ่งในการปรับพฤติกรรมลดการดำเนินชีวิตที่สามารถช่วยควบคุมความดันโลหิต โดยการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเส้นเลือด ลดความต้านทานในหลอดเลือดทำให้ปริมาณเลือดที่สูบฉีดแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น และระดับพาสมาโนริฟิเนฟฟินลดลง ผลโดยรวมจึงทำให้ความดันโลหิตลดลง² ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพในกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงร่วมกับทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเอง ดังนั้นหากการออกกำลังกายแบบ “ตาราง 9 ช่อง” จะสามารถทำให้เกิดขึ้นได้อย่างสม่ำเสมอ จำเป็นต้องพัฒนาให้มีความเชื่อว่าตนเองสามารถออกกำลังกายแบบตารางเก้าช่องได้ รวมทั้งการปฏิบัติตัวตามหลัก 3อ. 2ส. ถือว่าเป็นการควบคุมและป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้อีกทางหนึ่งด้วย เพื่อช่วยให้กลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงมีการปฏิบัติตัวที่ถูกต้องเหมาะสมเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ยั่งยืน ช่วยลดปัญหาการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในอนาคตได้และเพื่อชีวิตที่ยืนยาวอย่างมีคุณภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อเปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ
2. เพื่อเปรียบเทียบการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ
3. เพื่อเปรียบเทียบการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการควบคุมระดับความดันโลหิตก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ
4. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ
5. เพื่อเปรียบเทียบค่าความดันโลหิตก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ

สมมติฐานการวิจัย

1. ภายหลังจากทดลอง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าก่อนทดลอง และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
2. ภายหลังจากทดลอง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง มากกว่าก่อนทดลอง และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
3. ภายหลังจากทดลอง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการควบคุมระดับความดันโลหิต มากกว่าก่อนทดลองและมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
4. ภายหลังจากทดลอง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. ที่ถูกต้อง มากกว่าก่อนทดลอง และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
5. ภายหลังจากทดลอง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตลดลงมากกว่าก่อนทดลอง และลดลงมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) แบบสองกลุ่มทำการวัดผลก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ (Experimental group) และกลุ่มเปรียบเทียบ (Comparison group) โดยกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพได้ปฏิบัติตามโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบได้รับการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดระดับความดันโลหิต และได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวสำหรับกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงตามปกติ จากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขใช้เวลาในการศึกษา 10 สัปดาห์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาคั้งนี้ คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด อายุระหว่าง 35 – 59 ปี ที่ได้รับการคัดกรองความเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง และมีระดับความดันโลหิตในช่วง 120-139/80-89 มิลลิเมตรปรอท ที่ยังอยู่ในกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง และยังไม่ได้วินิจฉัยว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง ทั้งเพศหญิงและเพศชาย อายุระหว่าง 35 – 59 ปี ไม่มีความผิดปกติของร่างกายจนมีข้อห้ามในการออกกำลังกาย เช่น บาดเจ็บที่กระดูกและข้อ และมีความเต็มใจและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

การคัดเลือกพื้นที่ เป็นหมู่บ้านในพื้นที่เขตตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ประกอบด้วย 14 หมู่บ้าน ซึ่งมีบริบทเหมือนกัน ขนาดและจำนวนประชากรใกล้เคียงกัน สภาพสังคม และวัฒนธรรมมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด ทำการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีการจับฉลาก โดยกลุ่มทดลองได้พื้นที่บ้านหนองแวงห้วยทรายและกลุ่มเปรียบเทียบได้พื้นที่บ้านโคกศิริ

กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเสี่ยงที่มีคุณสมบัติที่เป็นไปตามที่ระบุไว้ในประชากรที่จะศึกษาคั้งนี้ โดยมีขนาดตัวอย่างทั้งหมด 68 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มละ 34 คน จำนวนตัวอย่างได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันของอรรถจักรวิวัฒน์กุล¹⁴

$$n/\text{กลุ่ม} = \frac{2\sigma^2 (z\alpha + z\beta)^2}{\Delta^2}$$

กำหนดให้

$$n = \text{จำนวนตัวอย่าง}$$

Z_α = ค่าสถิติมาตรฐานภายใต้โค้งปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น $Z_\alpha = 1.64$

Z_{β} = ค่าสถิติมาตรฐานภายใต้โค้งปกติ ที่กำหนดให้ power of test = 90
 ดังนั้น $Z_{\beta} = 1.28$
 σ^2 = ความแปรปรวน
 Δ = ผลต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ เท่ากับ

$$12.53 - 10.36 = 2.17$$

และจากงานวิจัยที่ศึกษามาแล้ว และเป็นงานวิจัยที่ศึกษาใกล้เคียงกันกับงานวิจัยครั้งนี้มากที่สุดจากการศึกษาของเพ็ญศรี สุพิมล¹⁵ ได้ศึกษาผลของโปรแกรมสุขศึกษาโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรค ร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมเพื่อป้องกันโรคความดันโลหิตสูงของกลุ่มเสี่ยง อายุ 35-59 ปี อำเภอสองดาว จังหวัดสกลนคร จึงได้นำคะแนนของความรู้ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมาหาค่าความแปรปรวน ค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ของกลุ่มทดลอง จำนวน 43 คน เท่ากับ 12.53 คะแนน และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1.94 และค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ของกลุ่มเปรียบเทียบ จำนวน 44 คน เท่ากับ 10.36 คะแนน และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 2.88

สามารถแทนค่าสูตร

$$n/\text{กลุ่ม} = \frac{2(6.05)(1.64+1.28)^2}{(2.17)^2}$$

$$= 21.95 \approx 22$$

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ขอเพิ่มขนาดตัวอย่างต่อกลุ่ม โดยปรับเพิ่มร้อยละ 20 เพื่อใช้ป้องกันการสูญหายจึงใช้สูตรคำนวณขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้จากสูตรคำนวณขนาดตัวอย่าง

nadj = จำนวนขนาดตัวอย่างที่ปรับแล้ว

R = สัดส่วนการตกสำรวจหรือสัดส่วน

การสูญหายจากการติดตามในการศึกษาครั้งนี้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 22 คน แทนค่าในสูตร

$$nadj = \frac{n}{(1-R)^2}$$

$$= \frac{22}{(1-0.2)^2}$$

$$= 34.37 \approx 34 \text{ คน}$$

เพราะฉะนั้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 68 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ 34 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 34 คน

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการวิจัยและจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยได้รับการอนุมัติตามหนังสือเลขที่ใบรับรอง 010/2561

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้วิจัยได้ทบทวนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถแห่งตนของ Bandura¹⁰ ได้แก่ กิจกรรมการให้ความรู้การบรรยายเรื่องโรคความดันโลหิตสูง เพื่อเน้นให้กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงและหลักการปฏิบัติตัวตามหลัก 3อ.2ส. ที่ถูกต้องผ่านสื่อต่างๆ กิจกรรมการใช้ตัวแบบเพื่อชี้ให้เห็นประสบการณ์ในการลดความดันโลหิตสูงตามหลัก 3อ. 2ส. และปัจจุบันมีระดับความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ การพุดจูงใจ แบ่งกลุ่มพุดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และร่วมกันตั้งเป้าหมายในการปฏิบัติตัวตามหลัก 3อ.2ส. และการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ให้ประสบความสำเร็จ รวมทั้งอุปสรรคร่วมให้คำแนะนำ เพื่อช่วยลดความวิตกกังวลต่อการปฏิบัติตัวตามหลัก 3อ.2ส. และการมาร่วมออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ในทุกวันจันทร์ พุธ อาทิตย์ เวลา 17.00-18.00 น. 3 ครั้ง/สัปดาห์ จึงทำให้กลุ่มทดลองมีกำลังใจที่จะเข้าร่วมและรับรู้ถึงความสามารถของตนเองว่า ตนสามารถทำได้ พร้อมเสริมกิจกรรมการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง และกิจกรรมการมีพฤติกรรมป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. โดยเน้นการมีส่วนร่วมในกิจกรรม รวมทั้งมีการติดตามเยี่ยมบ้าน ให้กำลังใจในกลุ่มทดลองร่วมกับกลุ่มอสม. ทุกวันอาทิตย์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยติดตามกระตุ้นเตือนการรับรู้ความสามารถของตนในการลดระดับความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพจากการไปติดตามเยี่ยมบ้านเพื่อสนับสนุนความรู้ที่ถูกต้องและการปฏิบัติตัวที่เหมาะสม ให้กำลังใจ และสร้างมั่นใจในความสามารถตนเองที่จะปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อลดการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โดยมีแบบติดตามพฤติกรรมมารับประทานอาหารการออกกำลังกาย และการจัดการความเครียดในสัปดาห์ที่ 2 - 10 ทุกวันอาทิตย์สัปดาห์ละ 1 ครั้งของการเข้าร่วมโปรแกรม

สื่อที่ใช้ ได้แก่ สื่อบุคคลต้นแบบโมเดลอาหาร แผ่นพับคู่มือการป้องกันโรคความดันโลหิตสูง โปสเตอร์ แผ่นภาพพลิก การประชาสัมพันธ์ผ่านหอกระจายข่าวประจำหมู่บ้าน เครื่องวัดความดันโลหิต สื่อบุคคลนำออกกำลังกายด้วยตารางเก้า

ช่อง อุปกรณ์การออกกำลังกาย ได้แก่ แผ่น “ตาราง 9 ช่อง” จำนวน 34 แผ่น และคู่มือการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง”

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถามที่ปรับปรุงจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป จำนวน 9 ข้อ ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 10 ข้อ ตอบถูกให้ 1 ตอบไม่ถูกต้องให้ 0 วัดผลตามเกณฑ์การประเมินความรู้จากการเรียนรู้ของ Bloom¹⁶ แบ่ง 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ในส่วนที่ 3-5 แบบสอบถามการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 10 ข้อ แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการควบคุมระดับความดันโลหิตจำนวน 8 ข้อ และแบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส.จำนวน 13 ข้อ ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 3 ระดับ คือ ทราบ ไม่แน่ใจ ไม่ทราบ, มั่นใจ ไม่แน่ใจ ไม่มั่นใจและปฏิบัติเป็นประจำ ปฏิบัติเป็นบางครั้ง ไม่ปฏิบัติตามลำดับโดยใช้เกณฑ์จัดลำดับคะแนนด้วยวิธีอิงกลุ่มของ Best¹⁷ แปลผลเป็นแบ่ง 3 ระดับ คือ ระดับสูง ปานกลาง และระดับต่ำ โดยสร้างครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์การวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือจากแบบสอบถาม ดังนี้

- 1) แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง
- 2) แบบสอบถามการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง
- 3) แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการควบคุมระดับความดันโลหิต
- 4) แบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส.

ใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Objective-item Congruence = IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญด้านโรคเรื้อรัง โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.72

2. การตรวจสอบความเที่ยง (Reliability)

ทำการทดสอบหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม จากการนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มประชากรที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ทำการวิจัยมากที่สุด จำนวน 30 ชุด จากนั้นนำข้อมูลได้มาหาค่าความ

เชื่อมั่น โดยใช้ค่า KR-20 ในแบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงมีค่าเท่ากับ 0.92 และคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าคอนบาร์ช แอลฟา (Cronbach's Alpha) ในแบบสอบถามด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงมีค่าเท่ากับ 0.73 แบบสอบถามด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองมีค่าเท่ากับ 0.75 และแบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. มีค่าเท่ากับ 0.80 โดยรวมค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม มีค่าเท่ากับ 0.84

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) วางแผนโปรแกรมการสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ปรับแก้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งดำเนินการยื่นขอจริยธรรมในมนุษย์

2) ประสานงานผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโคกสี ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์การทำวิจัย

กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ

สัปดาห์ที่ 1 คณะผู้วิจัยชี้แจงแก่กลุ่มตัวอย่าง และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เกี่ยวกับวัตถุประสงค์การศึกษาวิจัย ขั้นตอน การจัดโปรแกรม สร้างสัมพันธภาพ และการเก็บรวบรวมข้อมูลทำแบบสอบถามในแต่ละด้านก่อนการเข้ารับโปรแกรม วันที่กระดับความดันโลหิต ครั้งที่ 1

สัปดาห์ที่ 2 กิจกรรมให้ความรู้ “มารู้จักอันตรายจากโรคความดันโลหิตกันเถอะ” บรรยายความรู้เรื่องโรคความดันโลหิตสูง โอกาสเสี่ยงและความรุนแรงของโรคความดันโลหิตสูง เอกสารโปสเตอร์แผ่นพับธงโภชนาการ โมเดลอาหาร และกิจกรรม “3อ.2ส.ห่างไกลความดันโลหิตสูง” ได้แก่ ให้ความรู้เกี่ยวกับอาหารหลัก 5 หมู่ เพิ่มผัก ลดหวาน มัน เค็ม ยกตัวอย่างอาหารที่เหมาะสมในการเลือกรับประทานผักและผลไม้ลดความดันโลหิต และฝึกทักษะการเลือกอาหาร ส่งเสริมการทำอาหารรับประทานเองในครัวเรือน สื่อที่ใช้ประกอบคือโปสเตอร์อาหารหลัก 5 หมู่ โปสเตอร์ตัวอย่างอาหาร ให้ความรู้เรื่องความเครียดส่งผลต่อระดับความดันโลหิตอย่างไร และมีการสาธิตพร้อมให้กลุ่มทดลองร่วมบริหารจัดการด้วย 7 เทคนิค หัวเราะบำบัดกายเสริมใจ สื่อที่ใช้คือ ภาพพลิก สื่อบุคคล ให้ความรู้เกี่ยวกับโทษของการดื่มสุรา การสูบบุหรี่ซึ่งส่งผลต่อระดับความดันโลหิตอย่างไร และสาธิตการทดลองสารพิษในควันบุหรี่ สื่อที่ใช้คือโปสเตอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ขวดน้ำ ผ้าขาว บุหรี่ ไฟแช็ค สายยางขนาดเล็กน้ำเปล่า หลังจากนั้นร่วมอภิปรายกลุ่ม พูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็น

สัปดาห์ที่ 3 กิจกรรม “9 ช่อง ก้าวไกล ก้าวไว ไกลโรค” ให้ความรู้เรื่องการออกกำลังกายที่เหมาะสม พร้อมการสาธิต ทำการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ประกอบเพลง สื่อที่ใช้ คือ สื่อภาพพลิก และสื่อบุคคล โดยกิจกรรมออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” 9 ช่อง ก้าวไกล ก้าวไว ไกลโรค ประกอบเพลง และให้กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและอาสาสมัคร สาธารณสุขฝึกการเดินตามการสาธิต โดยการออกกำลังกาย เพื่อลดระดับความดันโลหิตใช้เวลาทุกวันจันทร์ วันพุธ และวัน อาทิตย์ เวลา 17.00–18.00 น. 3 ครั้ง/สัปดาห์ และกิจกรรม การใช้ตัวแบบหรือบุคคลต้นแบบเล่าประสบการณ์เกี่ยวกับการ ลดความดันโลหิตตามหลัก 3อ.2ส. ได้สำเร็จ พร้อมทั้งมีการ ประเมินสภาวะทางด้านร่างกายและอารมณ์ โดยสร้างสัมพันธภาพ ร่วมกันอภิปราย พูดคุย และแบ่งกลุ่มแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ถึงการประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเองในการพยายาม ควบคุมระดับความดันโลหิตเพื่อให้กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้าง เสริมสุขภาพทราบถึงผลดีของการปฏิบัติตัวตามหลัก 3อ.2ส. และการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” พร้อมทั้งประเมิน ความพร้อมในการออกกำลังกายแบบทั้งด้านร่างกาย และ อารมณ์

สัปดาห์ที่ 3,4,5,6,7,8,9,10 เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทีมผู้วิจัยร่วมกับ อสม.นำออกกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ประกอบเพลงทุกวันจันทร์ วันพุธ และวันอาทิตย์ เวลา 17.00–18.00 น. จำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ หลังออกกกำลังกาย ด้วย “ตาราง 9 ช่อง” เสร็จจะมีการชมเชยและพูดให้กำลังใจ แก่กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพทุกครั้ง พร้อมทั้ง ทำการติดตามเยี่ยมบ้านทุกๆ วันอาทิตย์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ติดตามกระตุ้นเตือนถึงการปฏิบัติตัวที่เหมาะสม ให้กำลังใจ และสร้างความเชื่อมั่นในความสามารถตนเองที่จะปฏิบัติเพื่อ ลดการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้จากสภาพร่างกายและจิตใจ ที่มีความพร้อม โดยมีแบบติดตามพฤติกรรมมารับประทาน อาหาร การออกกำลังกาย และการจัดการความเครียด

สัปดาห์ที่ 10 ทำแบบสอบถามในแต่ละด้านหลังการ เข้าร่วมโปรแกรม ทีมผู้วิจัยนำออกกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” “เก้าช่อง ก้าวไกล ก้าวไว ไกลโรค” ประกอบเพลง ติดตามพฤติกรรม และในวันถัดมาทำการวัดระดับความดันโลหิต ครั้งที่ 2

กลุ่มเปรียบเทียบ

สัปดาห์ที่ 1 ทำแบบสอบถามก่อนการทดลอง บันทึก ระดับความดันโลหิต ครั้งที่ 1

สัปดาห์ที่ 10 ทำแบบทดสอบหลังการทดลอง บันทึก ระดับความดันโลหิต ครั้งที่ 2

และเมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัยผู้วิจัยได้นำโปรแกรม สร้างเสริมสุขภาพนี้ไปใช้ในในกลุ่มกลุ่มเปรียบเทียบด้วย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

1. สถิติเชิงพรรณนา ใช้วิเคราะห์ข้อมูลด้านลักษณะ ประชากรของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด
2. สถิติเชิงอนุมาน ในการเปรียบเทียบผลต่างคะแนน เฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรม สร้างเสริมสุขภาพและกลุ่มเปรียบเทียบ ใช้สถิติ Paired t-test และ การเปรียบเทียบผลต่างคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการ ทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพและ กลุ่มเปรียบเทียบใช้สถิติ Independent t-test ที่ระดับความ เชื่อมั่นทางสถิติ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไป พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็น เพศหญิง ร้อยละ 79.42 มีอายุ 46-55 ปี ร้อยละ 47.05 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 79.41 การศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 58.82 ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 76.47 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 2,000-5,000 บาท ร้อยละ 52.94 ไม่มี โรคประจำตัว ร้อยละ 97.50 ไม่มีญาติสายตรงเป็นโรคความ ดันโลหิตสูง ร้อยละ 70.00 และได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ โรคความดันโลหิตสูงหรืออันตรายจากโรคความดันโลหิตสูง 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 72.50

2. ภายหลังจากให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคความ ดันโลหิตสูง การรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความสามารถของ ตนเอง พฤติกรรมการป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส.มากกว่า ก่อนเข้าร่วมโปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

ภายหลังจากให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตตัวบน (SBP) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าเฉลี่ยระดับ ความดันโลหิตตัวล่าง (DBP) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบพบว่า คะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

3. ภายหลังจากให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีผลต่างคะแนนเฉลี่ยความรู้ การรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความสามารถของตนเอง พฤติกรรม การป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส.มากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ และระดับความดันโลหิต ลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

Table 1. The comparison of the average mean score of knowledge about Hypertension, perceived severity, self-efficacy, hypertension behaviours prevention of 3E and 2S (Eating, Emotion, Exercise, Stop Smoking, Stop Drinking), level of blood pressure between the experimental group and the comparison group before and after the program.

Knowledge, Perceived severity, Self-efficacy, Hypertension behaviours prevention of 3E and 2S, blood pressure	Before the program		After the program.		Mean Diff.	t	95%CI	p – value
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.				
Experimental group (n=34)								
knowledge about Hypertension	7.25	0.80	9.25	0.77	2.00	5.278	-0.12 – 2.29	.000*
perceived severity	26.97	2.92	29.42	1.12	2.45	4.780	1.44 – 3.57	.000*
Self-efficacy	25.52	2.56	27.97	2.65	1.45	2.451	1.20 – 2.47	.000*
Hypertension behaviours prevention	30.15	2.29	34.95	2.14	4.80	12.770	-5.34 – 3.16	.000*
Systolic blood pressure (SBP)	135.60	11.73	127.42	8.91	-8.18	-6.115	-0.89 – -4.67	.000*
Diastolic blood pressure (DBP)	83.75	7.13	78.37	6.37	-5.38	-2.773	-1.43 – 1.05	.000*
Control group (n=34)								
knowledge about Hypertension	7.74	2.25	7.98	1.83	0.24	1.91	-2.13 – 0.05	0.077
perceived severity	25.04	2.39	25.79	2.71	0.75	0.77	-1.45 – 0.65	0.444
Self-efficacy	20.01	3.19	20.89	3.26	0.88	0.17	-0.02 – 0.37	0.787
Hypertension behaviours prevention	25.67	2.25	26.00	1.83	0.33	1.00	0.21 - 0.86	0.233
Systolic blood pressure (SBP)	131.05	5.90	130.67	6.57	-0.38	0.87	-1.01 – 0.24	0.222
Diastolic blood pressure (DBP)	84.17	2.62	83.57	2.69	-0.60	1.21	-1.43 – 0.88	0.079

*p-value < 0.05

Table 2. The comparison of the average mean score of knowledge about Hypertension, perceived severity, self-efficacy, hypertension behaviours prevention of 3E and 2S (Eating, Emotion, Exercise, Stop Smoking, Stop Drinking), level of blood pressure between the experimental group and the comparison group

Knowledge, Perceived severity, Self-efficacy, Hypertension behaviours prevention of 3E and 2S, blood pressure	n	d	Mean Diff.	t	95%CI	p – value
knowledge about Hypertension						
experimental group	34	2.00	1.76	4.67	1.40 - 3.45	.000*
control group.	34	0.24				
perceived severity						
experimental group	34	2.45	1.70	6.45	4.43 - 8.35	.000*
control group.	34	0.75				
Self-efficacy						
experimental group	34	2.45	1.57	2.63	0.54 – 3.84	.000*
control group.	34	0.88				
Hypertension behaviours prevention of 3E and 2S						
experimental group	34	4.80	4.47	5.04	2.27 – 5.21	.000*
control group	34	0.33				
Systolic blood pressure (SBP)						
experimental group	34	8.18	7.80	4.88	-11.13 -4.12	.000*
control group	34	0.38				
Diastolic blood pressure (DBP)						
experimental group	34	5.38	4.78	6.41	-7.12 - -3.23	.000*
control group	34	0.60				

*p-value < 0.05

วิจารณ์และสรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง(Quasi-experimental research) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอเมวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ระยะเวลาทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ภายหลังจากให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพพบว่า

กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง และมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง มากกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ เป็นผลมาจากได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพที่ทีมผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น จากกลวิธีทางการสุศึกษา ในกิจกรรม “มารู้จักอันตรายจากโรคความดันโลหิตกันเถอะ” บรรยายความรู้เรื่องโรคความดันโลหิตสูง โอกาสเสี่ยงและความรุนแรงของโรคความดันโลหิตสูง รวมถึงการใช้สื่อชนิดต่าง ๆ เช่น สื่อวีดิทัศน์ ภาพนิ่ง แผ่นพับ คู่มือเรื่องโรคความดันโลหิตสูง ร่วมเล่นเกมส์เพื่อเป็นการกระตุ้นการเรียนรู้ การอภิปรายกลุ่ม แลกเปลี่ยนความรู้ คำชมเชย และรางวัล โดยเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการสร้างให้เกิดการเรียนรู้ โดยสื่อที่ใช้นำเสนออันมีความแตกต่างกันจึงกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของกลุ่มทดลอง โดยให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ ลงมือคิดและร่วมทำกิจกรรม¹⁸ และแนวคิดของ Bloom¹⁹ กล่าวไว้ว่าการเรียนรู้ที่ดีต้องใช้กิจกรรมเรียนรู้ในหลายรูปแบบจึงทำให้คะแนนคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าก่อนการทดลอง และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัสสร พิชญพงศ์โสภณ และ จุฬารัตน์ โสตะ²⁰ ศึกษาผลของโปรแกรมสุศึกษาเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้เรื่องโรคความดันโลหิตสูงหลังการทดลองสูงกว่าคะแนนก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กิจกรรมให้ความรู้เรื่องโทษของการดื่มสุรา การสูบบุหรี่ และการสูดอากาศทดสอบสารพิษในวันบหรี่และภาวะเครียด แสดงให้เห็นถึงการรับรู้โอกาสเสี่ยงในด้านต่างๆ ที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ บุคคลจะแสดงพฤติกรรมสุขภาพอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อหลีกเลี่ยงการเป็นโรคนั้น บุคคลต้องมีความเชื่อว่า เขามีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรค และโรคนั้นมีความรุนแรงต่อชีวิตเขาอย่างไร เพื่อหลีกเลี่ยงต่อการเป็นโรคนั้นๆ ทำให้เห็นความสำคัญของการมีสุขภาพดี จึงเกิดความร่วมมือในการป้องกันโรค สอดคล้องกับผลงานวิจัยของราไฟ นอกตาจัน²¹ รายงานวิจัยเรื่องผลของโปรแกรมการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคต่อพฤติกรรมป้องกันโรคความดันโลหิตสูงของประชาชนกลุ่มเสี่ยง ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย

คะแนนการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคความดันโลหิตสูง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

ภายหลังจากให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการควบคุมระดับความดันโลหิต มากกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ เป็นผลมาจากกิจกรรมของทีมผู้วิจัยที่ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ความสามารถของตนเองจากการจัดกิจกรรมกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดและปรับทัศนคติที่ดีต่อการอยากมีพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม โดยมีต้นแบบมาพูดให้คำแนะนำประสบการณ์เกี่ยวกับการควบคุมระดับความดันโลหิต และการมีพฤติกรรมที่เหมาะสมในการควบคุมระดับความดันโลหิตที่ประสบผลสำเร็จ และให้กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมตั้งเป้าหมายตามหลัก 3อ. 2ส. รายบุคคล เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในความสามารถของตนและสร้างความเชื่อมั่นว่าตนเองสามารถปฏิบัติตัวเหมาะสมเพื่อควบคุมความดันโลหิตได้ ตามแนวคิดของ Bandura¹⁰ กล่าวว่าการนำทฤษฎีการเรียนรู้ความสามารถของตนมาปรับใช้ มีผลต่อความคาดหวังต่อความสามารถของตน และความคาดหวังต่อผลลัพธ์ที่ตามมา ทำให้มีผลเชิงบวกด้านพฤติกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยของจันทกานต์ วัลยเสถียร²² รายงานวิจัยเรื่อง ผลของโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในบุคลากรกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถของตนเอง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

ภายหลังจากให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. ที่ถูกต้องมากกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตลดลงมากกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และลดลงมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ เป็นผลมาจากได้รับกิจกรรม “3อ. 2ส. ห่างไกลความดันโลหิตสูง” และฝึกปฏิบัติออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” “9 ช่อง ก้าวไกล ก้าวไว ไกลโรค” ประกอบเพลง ทุกวันจันทร์ พุธและวันอาทิตย์เวลา 17.00-18.00น. จำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ โดยจะมีกรมประเมินสภาพร่างกายและจิตใจที่มีความพร้อมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพก่อนทุกครั้ง ตามแนวคิดของ Bandura¹⁰ กล่าวไว้ วิธี การที่จะสร้างเสริมการเรียนรู้ความสามารถของตัวอีกวิธีคือ การลดความรู้สึกตั้งเครียดและต้องไม่ทำให้เกิดความรู้สึกหรือภาวะอารมณ์ที่ไม่ดี เนื่องกิจกรรมที่ต้องออกแรงหรือใช้กำลัง อาจจะทำให้เกิดความรู้สึกอ่อนแรง ความเจ็บปวดได้ พร้อม

ทำการติดตามเยี่ยมบ้านในทุกๆ วันอาทิตย์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อสังเกตพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งมีการให้กำลังใจโดยทีมผู้วิจัย อาสาสมัครสาธารณสุข และครอบครัว มีการชมเชยพฤติกรรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรม สร้างเสริมสุขภาพในการป้องกันโรคความดันโลหิตสูงตามหลัก 3อ. 2ส. ที่ถูกต้อง โดยมีการสนับสนุนให้กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมบริโภคอาหารหลัก 5 หมู่ เพิ่มผัก สดหวาน มัน เค็ม ผักและผลไม้ลดความดันโลหิต พร้อมส่งเสริมการทำอาหารรับประทานเองในครัวเรือน และชมเชยให้กำลังใจผู้เข้าร่วมโปรแกรมมาร่วมออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” เป็นประจำ เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อว่า บุคคลทุกคนสามารถประสบความสำเร็จได้หากมีความเชื่อมั่นในการรับรู้ความสามารถของตนเอง Bandura¹⁰ ทำให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจ จึงสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งความคาดหวังต่อความสามารถของตนเองเป็นปัจจัยหลัก ในการเลือกที่จะมีพฤติกรรมหรือการกระทำใด ๆ และถ้าหากมีความเชื่อมั่นอย่างแน่แท้ว่า พฤติกรรมหรือการกระทำนั้น ๆ จะสามารถทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ต้องการได้ จะส่งผลให้มีพฤติกรรมสุขภาพนั้นต่อไป Bandura¹⁰ เป็นผลทำให้ภายหลังการให้โปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพ กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตลดลงมากกว่าก่อนการเข้าร่วมโปรแกรม และลดลงมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” อย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเองของ Bandura¹⁰ เป็นผลทำให้กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพเป็นอย่างดี ไม่เบื่อหน่าย เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันจนทำให้บรรลุมิติวัตถุประสงค์เกิดผลตามเป้าหมายที่วางไว้ และมีพฤติกรรมป้องกันตนเองตามหลัก 3อ. 2ส. ที่ถูกต้อง และการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” อย่างสม่ำเสมอเป็นผลให้ระดับความดันโลหิตลดลง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของรำไพ นอกตัจัน²⁰ ศึกษาผลของโปรแกรมการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคต่อพฤติกรรมป้องกันโรคความดันโลหิตสูงของประชาชนกลุ่มเสี่ยง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคความดันโลหิตสูง สูงกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวรรณ จันทร์ประเสริฐ และคณะ¹³ ศึกษาผลของการรำไทยบนตารางเก้าช่องต่อภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ มีค่าเฉลี่ยความทนทานของหัวใจและปอดเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของปิยะนุช รักพาณิชย์²³ ศึกษาการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง พบว่าการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องใช้เวลา 30-

60 นาที ต่อครั้ง โดยมีความถี่ 1-7 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลาในการออกกำลังกายตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไป จะช่วยลดความดันซิสโตลและไดแอสโตลิก 3 มม.ปรอท มีผลต่อการลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคหลอดเลือดในสมองได้เป็นหนึ่งในการปรับพฤติกรรมการดำเนินชีวิตที่สามารถช่วยควบคุมความดันโลหิตได้

สรุปผล

ผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด สามารถควบคุมระดับความดันโลหิตได้สำเร็จ ทั้งนี้อาศัยทฤษฎีการรับรู้ความสามารถแห่งตนร่วมกับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3 อ. 2 ส. ติดตามพฤติกรรมเยี่ยมบ้านโดยทีมผู้วิจัย อาสาสมัครสาธารณสุข และการใช้ “ตาราง 9 ช่อง” ในการออกกำลังกายเป็นผลทำให้ระดับความดันโลหิตลดลงและอยู่ในระดับปกติ เป็นที่น่าพอใจ ทั้งนี้หลังการวิจัยในพื้นที่อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ดได้นำ “ตาราง 9” ช่องมาใช้ในการนำประชาชนในชุมชนออกกำลังกายอย่างแพร่หลายขยายไปทั้ง 5 รพสต. ในพื้นที่อำเภอเมยวดี จากแกนนำอาสาสมัครสาธารณสุขที่ได้รับการถ่ายทอดวิธีการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” ในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเอง ร่วมกับการออกกำลังกายด้วย “ตาราง 9 ช่อง” สามารถส่งเสริมการควบคุมระดับความดันโลหิตได้อย่างได้ผล สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูงกลุ่มอื่น เพื่อควบคุมและป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและลดจำนวนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงรายใหม่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อสำนักงานสาธารณสุขอำเภอเมยวดี ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโคกสี เจ้าหน้าที่ ผู้ใหญ่บ้าน อสม. อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มนักศึกษาผู้ช่วยวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง บ้านหนองแวงห้วยทราย และบ้านโคกศิริ ที่กรุณาให้ข้อมูลและเข้าร่วมโปรแกรมตลอดการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 กระทรวงสาธารณสุข; 2561
2. สมาคมความดันโลหิตแห่งประเทศไทยโรคความดันโลหิตสูง 2561สืบค้น21เมษายน 2562, ได้จาก: <http://www.thaihypertension.org>
3. กมลทิพย์ วิจิตสุนทรกุล. ภาวะความดันโลหิตสูงในการสำรวจพฤติกรรมเสี่ยงโรคไม่ติดต่อและการบาดเจ็บ. รายงานผลการดำเนินงานประจำปี; 2558.
4. จันจิราภรณ์ วิชัย, สายสมร พลตงนอก, กิตติศักดิ์ สวรรยาวิสุทธิกรรมเรื่องโรคความดันโลหิตสูง(Hypertension) ขอนแก่น; 2558.
5. สำนักโรคไม่ติดต่อ. (2561). ประเด็นสารธรรมรงค์วันความดันโลหิตสูงโลก ปี2561. สืบค้น10 สิงหาคม2561, ได้จาก:<http://www.thaincd.com/>
6. มงคล การุณงามพรรณ และสุตารัตน์ สุวาร. เสริมสร้างพลังอำนาจในตนเองลดความเสี่ยงต่อความดันโลหิตสูง: บทบาทสำคัญของพยาบาล. วารสารพยาบาลสงขลานครินทร์. (2559). 36(3), 224.
7. สำนักโรคไม่ติดต่อ. อัตราความดันโลหิตสูงรายใหม่จากกลุ่มเสี่ยงความดันโลหิตสูง. สืบค้น 15 สิงหาคม 2561, ได้จาก: <https://hdcservice.moph.go.th>
8. โรงพยาบาลเมยวดี. การตรวจคัดกรองโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ประจำปี พ.ศ.2561. ร้อยเอ็ด: โรงพยาบาลเมยวดี; 2561
9. สำนักงานสาธารณสุขอำเภอเมยวดี. รายงานการตรวจคัดกรองโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ประจำปี พ.ศ.2561. ร้อยเอ็ด: โรงพยาบาลเมยวดี; 2561
10. Bandular, A. Self-efficacy: The Exercise of Control. New York: Freeman; 1997
11. ยุภาพร นาคกลิ้ง, ปราณีย์ ทัดศรี. ผลของโปรแกรมการสร้างเสริมการรับรู้ความสามารถตนเองต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตสูงที่ควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ได้:สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย, 2560. 6(1):27-35.
12. เจริญ กระบวนรัตน์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. สืบค้นเมื่อ20 กันยายน 2561. ได้จาก; <https://www.thaihealth.or.th>
13. สุวรรณ จันท์ประเสริฐ และคณะ. ผลของการร่ำไทยบนตารางเก้าช่องต่อภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ. วารสารสภาการพยาบาล. (2556). 4(2):68-80
14. อรุณ จิรวัดน์กุล. ชีวสถิติสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. ขอนแก่น: ภาควิชาชีวสถิติและประชากรศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551
15. เพ็ญศรี สุพิมล. ผลของโปรแกรมสุขศึกษาเพื่อป้องกันโรคความดันโลหิตสูงของกลุ่มเสี่ยงอายุ 35-59 ปีอำเภอส่องดาว จังหวัดสกลนคร.(วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขศึกษาและการส่งเสริมสุขภาพ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2552.
16. Bloom, B. S., Madaus, G. F., & Hastings, J. T. Evaluation to improve learning. New York; 1997
17. Best, J.W. Research Education 3rd ed. Englewood Cliffs. New Jersey : Prentice Hall Inc; 1977
18. Jaruwat Nippanon. Behavioral science: health behavior in Public Health. KhonKaen: Department of Health Education, Faculty of Public Health, Khon Kaen University. Thai; 2000
19. Bloom, B.S. Handbook on formative and summative evaluation of study of learning. New York: David Mackay; 1971
20. สุภัทสรา พิชญพงษ์โสภณและจุฬารัตน์ โสตะ.ประสิทธิผลของโปรแกรมสุขศึกษาเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ของประชากรกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขศึกษาและการส่งเสริมสุขภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2561.
21. รำไพ นอกตาจัน. ผลของโปรแกรมการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคต่อพฤติกรรมป้องกันโรคความดันโลหิตสูงของประชาชนกลุ่มเสี่ยง. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้าจันทบุรี.2559; 27(2):16-28.
22. จันทกานต์ วัลยเสถียร. ผลของโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในบุคลากรกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา (วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา;2557
23. ปิยะนุช รักพาณิชย์. ศึกษาการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง.วารสารแพทยธานี.2557; 41(1): 33-43

การพัฒนาแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จังหวัดอุบลราชธานี

The Development of Environmental Care Model for the Home Bound Elderly by a Family, Ubon Ratchathani Province

วีรพันธ์ ซื่อสัตย์¹, กชพงศ์ สารการ², รวีวรรณ เผ่ากัณหา³, วรพจน์ พรหมสัตยพรต⁴

Weerapan Suesat¹, Kotchamong Sarakan², Rawewan Paokanha³, Vorapoj Promsatayaprot⁴

Received: 23 March 2019; Revised: 3 May 2019; Accepted: 23 May 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ มุ่งหมายเพื่อศึกษารูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัวของชุมชนนาเวียง อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ในเดือนมกราคม ปี 2561 กลุ่มเป้าหมายคือผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านจำนวน 69 คน ผู้บริหารระดับตำบลจำนวน 2 คน เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับผู้สูงอายุจำนวน 2 คน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านจำนวน 9 คน ผู้ดูแลผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านจำนวน 9 คน และกรรมการหมู่บ้านจำนวน 9 คน วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการศึกษา พบว่า บริบทของชุมชนเป็นชุมชนเขตชนบท เป็นสังคมเกษตรกรรม มีสภาพสิ่งแวดล้อมของบริเวณพื้นที่ห้อง (Mean= 3.84 S.D. = 0.21) และสภาพสิ่งแวดล้อมของห้องนอน (Mean=3.76, S.D.=0.60) โดยรวมอยู่ในระดับมาก รองลงมาเป็นสภาพสิ่งแวดล้อมของห้องน้ำ (Mean=3.34, S.D.=0.53) และสภาพสิ่งแวดล้อมของบริเวณบันได (Mean=3.06, S.D.=0.77) อยู่ในระดับปานกลาง ครอบครัวของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านยังขาดความชัดเจน ความต่อเนื่อง และไม่เข้าใจหลักการดูแลสภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ้านเพียงพอ ได้มีการประยุกต์แนวทางการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเชิงรุกจากการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับครอบครัวของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน โดยมีกลไกในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้การดูแลด้านสิ่งแวดล้อมภายในบ้านของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านมีความเหมาะสมกับการดำรงชีวิต ซึ่งลดอุบัติเหตุที่เกิดจากการหกล้ม แตกต่างจากระบบเดิมซึ่งมีการดูแลผู้สูงอายุระยะยาวที่เน้นการดูแลด้านสุขภาพเท่านั้น โดยสรุป รูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัวนี้ได้องค์ประกอบ เรียกว่า SOMETS Model คือ 1) หลักการและนโยบาย 2) วัตถุประสงค์ 3) กลวิธีการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม 4) การดำเนินงานดูแลด้านสิ่งแวดล้อมโดยครอบครัว 5) การนำรูปแบบไปใช้งาน และ 6) เงื่อนไขแห่งความสำเร็จ องค์ประกอบทั้งหมดนี้เป็นแนวทางที่จะพัฒนาเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ต่อไป

คำสำคัญ: ดูแลด้านสิ่งแวดล้อม ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน โดยครอบครัว

Abstract

The action research aimed to study the model for the environmental care of the home-bound elderly of Narueang community in Nayia district, UbonRatchathani province in January 2018. The target groups were 69 elderly people, 2 sub-district administrators, 2 officials tasked to deal with the elderly, 9 village public health volunteers, 9 individuals taking care of the elderly, and 9 village committee members. They were derived by the specific sampling. The research

¹ นักศึกษาปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาสุขภาพศาสตร์การพัฒนากุมิภาค คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
e-mail address : suesat999@gmail.com

² อาจารย์, คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

³ อาจารย์, คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี วิทยาเขตอุดรธานี

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

instruments were a questionnaire and an interview. The statistic used to analyze data were percentage, mean, standard deviation, and content analysis. The study found that the communal context under study was a countryside and an agricultural society. There was an environmental condition of the room floor (Mean= 3.84 S.D.= 0.21) and the environment of the bedroom (Mean= 3.76, S.D.= 0.60) in the high level . Followed by the environment of the bathroom (Mean= 3.34, S.D.= 0.53) and the environmental conditions of the stairs (Mean= 3.06, S.D.= 0.77) in the medium level. It was found that the families of the elderly under study lacked clarity and knowledge as to how to take care of the environment within the family. An aggressive method was applied to the way to take care of the environment with participation from all parties concerned. The caring mechanism was consistently improved to make the environment more suitable for the elderly. With a positive system in use, fatal accidents on the part of the elderly could be substantially reduced. Furthermore, the new approach was different from the traditional one which was focused only on long term care. The model of the environment for the elderly consisted of what was called SOMETS Model : 1) principles and policies, 2) objectives, 3) tactics in taking care of environments, 4) implementation by the families, 5) model application and 6) success conditions. All of these elements are guidelines for developing an appropriate model for environmental care of the Home Bound Elderly by a Family.

Keywords: Environmental Care, Home-bound Elderly, by Families.

บทนำ

ประชากรของโลกได้เปลี่ยนผ่านสู่ประชากรสูงวัย โดยเฉพาะกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ประเทศสมาชิกในยุโรปอเมริกาเหนือได้เข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์แล้ว ในขณะที่บางประเทศในเอเชีย เช่น ญี่ปุ่นได้เข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสุดยอดแล้วเช่นกัน ในภูมิภาคอาเซียน ข้อมูลของประเทศไทยในภาพรวมชี้ให้เห็นว่า “ประชากรรุ่นเกิดล้าน” ที่เกิดในช่วงระยะเวลา 20 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 -2526 กำลังเคลื่อนเข้าสู่การเป็นกลุ่มประชากรสูงอายุ¹ จังหวัดอุบลราชธานี มีประชาชนส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในเขตชนบท เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มของผู้สูงอายุ มีผู้สูงอายุทั้งสิ้น 219,422 คน คิดเป็นร้อยละ 12.17 ของประชากรทั้งจังหวัด จำแนกผู้สูงอายุตามที่อยู่อาศัยได้ ดังนี้ 1) ในเขตเมือง 40,370 คน หรือร้อยละ 18.40 ของผู้สูงอายุทั้งจังหวัด 2) ในเขตชนบท 179,052 คน หรือร้อยละ 81.60 ของผู้สูงอายุทั้งจังหวัด² ผู้สูงอายุเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงในทางการเสื่อมถอย จากการเสื่อมของการทำงานระบบต่าง ๆ ที่ร่างกายทำให้เกิดปัญหาสุขภาพทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และจิตวิญญาณ³ การเปลี่ยนแปลงร่างกายที่สำคัญ คือ การเปลี่ยนแปลงทางร่างกายของผู้สูงอายุ (Physical Status Aging) ทำให้เสี่ยงต่อการล้ม ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการบาดเจ็บ และการเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลของผู้สูงอายุ⁴ อัตราการหกล้มในผู้สูงอายุต่างกันขึ้นกับลักษณะของชุมชน⁵ โดยอัตราการหกล้มจะต่ำสุดในผู้ที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป เฉลี่ยแล้วผู้สูงอายุไทยจะหกล้มร้อยละ 20.00 ผู้สูงอายุหกล้มเกิดในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ เกิดภายนอกบริเวณสวน ร้อยละ 58.00 รองลงมาเป็นภายในบ้านร้อยละ 27.00 การหกล้มขณะเดินลง

บันไดมากกว่าการเดินขึ้นบันได ส่วนการหกล้มในบ้าน เกิดในสัปดาห์แรกที่เข้าไปอยู่ ดังนั้นสิ่งแวดล้อมภายในบ้านของผู้สูงอายุจึงมีผลทำให้เกิดการหกล้มได้ สิ่งที่สูงอายุสะท้อนออกมาจากความรู้สึก เป็นความต้องการที่มีต่อผู้ดูแลซึ่งสมาชิกในครอบครัวจะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างผู้สูงอายุกับบุตรหลานลดลง จะทำให้ผู้สูงอายุเกิดความว่าเหว และรู้สึกว่าตนไม่มีคุณค่า⁶ เนื่องจากบ้านเป็นปัจจัยที่สำคัญในการอยู่อาศัยของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน

ชุมชนนาเรืองเป็นตำบลแห่งหนึ่งในอำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีผลงานในการดูแลผู้สูงอายุระยะยาวดีเด่นของจังหวัดอุบลราชธานี ปี 2559 และเป็นชุมชนที่มีผู้มาศึกษาดูงานโดยตลอด มีทั้งหมด 9 หมู่บ้าน เมื่อพิจารณาข้อมูลผู้สูงอายุ 3 ปีย้อนหลัง พบว่า พ.ศ.2558 พ.ศ.2559 และพ.ศ. 2560 มีผู้สูงอายุร้อยละ 11.87 12.94 และ 13.88 ตามลำดับ⁷ ในปัจจุบันชุมชนนาเรืองมีประชากร 5,090 คน เป็นประชากรผู้สูงอายุ 745 คน คิดเป็น ร้อยละ 14.64 ซึ่งถือว่าชุมชนนาเรืองเป็นสังคมสูงวัยแล้ว ซึ่งใน พ.ศ. 2559 รัฐบาลได้มุ่งเน้นในการดูแลผู้สูงอายุระยะยาวที่มีภาวะพึ่งพิงในพื้นที่ (Long Term Care: LTC) ทั้งกลุ่มติดบ้าน และกลุ่มติดเตียง โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือ ทำอย่างไรจะป้องกันไม่ให้ผู้สูงอายุที่ยังแข็งแรงไม่เกิดการเจ็บป่วยจนต้องอยู่ในภาวะพึ่งพิง และทำอย่างไรผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงจะได้รับการดูแลอย่างเหมาะสมไม่เป็นการแกะครอบครว้มากเกินไป การวิจัยเพื่อศึกษาสภาพของการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จึงมีความจำเป็น ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลในการพัฒนาเพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านควรได้รับการดูแลสิ่ง

แวดล้อมภายในบ้าน เพื่อให้ผู้สูงอายุเกิดความปลอดภัยในการดำรงชีวิตต่อไป ส่วนใหญ่เวลาประมาณร้อยละ 80-90 ของผู้สูงอายุอยู่ที่บ้าน ผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่อยู่ติดบ้านที่สุดในสังคม แรงคิดที่แตกต่างกันของสิ่งแวดล้อมทางด้านที่พักอาศัยของผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านซึ่งเป็นกลุ่มที่ช่วยเหลือตนเองได้ หรือต้องการความช่วยเหลือบางส่วน มีความจำกัดในการดำเนินชีวิตในสังคม และเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่มีโรคเรื้อรังที่ควบคุมไม่ได้ หรือมีภาวะแทรกซ้อน มีหลายโรค และมีกลุ่มอาการสำคัญของผู้สูงอายุที่มีผลต่อการไปมาได้โดยอิสระ ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านเป็นกลุ่มที่มีส่วนร่วมกับสังคมน้อย เนื่องจากมีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดอันตราย เช่น ไม่สามารถไปร่วมกิจกรรมที่วัดได้เช่นเดิม การดูแลผู้สูงอายุระยะยาวที่มีภาวะพึ่งพิงในชุมชนเรื้อรังยังไม่ครอบคลุมถึงการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมในบ้านที่ป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุจากการหกล้ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการพัฒนาแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว เพื่อเป็นประโยชน์การวางแผนและการปฏิบัติงานในระดับพื้นที่ ให้สอดคล้องกับปัญหา และสภาพความเป็นจริง ให้เกิดประโยชน์สูงสุด สามารถตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนในการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมภายในบ้านของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน อันจะนำไปสู่ชุมชนที่จัดการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มดังกล่าวที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาพของการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จังหวัดอุบลราชธานี
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จังหวัดอุบลราชธานี
3. เพื่อประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จังหวัดอุบลราชธานี

รูปแบบการวิจัย

เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

วิธีดำเนินงานวิจัย

โดยมี 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพของการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว โดยได้ดำเนินการ ดังนี้

1.1 ทบทวนเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว

1.2 สำรวจ วิเคราะห์สภาพปัญหา และอุปสรรคของการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว

1.3 จัดประชุมสรุปผลการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว และคืนข้อมูลให้ชุมชน

1.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ

1) แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเอง ประกอบด้วยด้านข้อมูลทั่วไป จำนวน 12 ข้อ ด้านสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย จำนวน 10 ข้อ และด้านสภาพปัจจุบันของสิ่งแวดล้อมภายในบ้าน จำนวน 4 ข้อ รวมทั้งหมด 26 ข้อ โดยใช้แบบมาตรา ส่วนประมาณค่า 3 ระดับ

การหาคุณภาพของแบบสอบถาม จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เป็นผู้ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ระหว่างประเด็นคำถามกับการดูแลสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน โดยผู้วิจัยคัดเลือกประเด็นคำถามที่มีดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไปนั้น นำแบบสอบถามที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านในอำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 30 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของ Cronbach โดยใช้โปรแกรมสำเร็จ ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม 0.93

2) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) มี 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 สัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ให้การสัมภาษณ์ ส่วนที่ 2 สัมภาษณ์เกี่ยวกับนโยบายและแนวทางในการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน และ ส่วนที่ 3 สัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน ใช้สัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูล 2 กลุ่ม คือ 1) ผู้บริหารระดับตำบล และ 2) เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับผู้สูงอายุ

3) แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) มี 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 สัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ให้การสัมภาษณ์ ส่วนที่ 2 สัมภาษณ์เกี่ยวกับสภาพและความคาดหวังของสิ่งแวดล้อมภายในบ้านที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน ส่วนที่ 3 สัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน เป็นการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ (Informal Interview) ที่เปิดกว้างไม่จำกัดคำตอบเพื่อจับประเด็น และนำมาตีความหมาย ใช้สัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูล 3 กลุ่ม คือ 1) ผู้ดูแลผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน 2) อาสาสมัครสาธารณสุข

ประจำหมู่บ้าน และ 3) กรรมการหมู่บ้าน

การพัฒนาแบบสัมภาษณ์ โดยตรวจสอบความตรงของเครื่องมือ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ที่มีความรู้เกี่ยวกับการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปีขึ้นไป

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว

มีการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พัฒนาร่างรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ซึ่งดำเนินการโดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะเวลาที่ 1 แนวคิดของ Kemmis & McTaggart⁹ และแนวคิดทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน มาเป็นข้อมูลประกอบในการร่างรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ซึ่งได้ร่างรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ซึ่งรูปแบบประกอบด้วย 8 องค์ประกอบหลัก คือ 1) หลักการและนโยบาย 2) วัตถุประสงค์ 3) กลวิธีการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม 4) โครงสร้างการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม 5) เครื่องมือที่ใช้ในการดูแลสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุ 6) การดำเนินงานดูแลด้านสิ่งแวดล้อม 7) แนวทางการใช้รูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม และ 8) เงื่อนไขแห่งความสำเร็จ

ขั้นตอนที่ 2 การสนทนากลุ่มเพื่อวิพากษ์รูปแบบเพื่อประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ ความสามารถด้านการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุ ประเมินความเหมาะสมของสภาพที่พิกอาศัยของผู้สูงอายุ

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นซึ่งดำเนินการโดยนำผลการประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว มาทดลองใช้กับพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

ระยะที่ 3 การประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัวจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญ และมีประสบการณ์การทำงานด้านการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุ เช่น นักวิชาการจากมหาวิทยาลัย/วิทยาลัย นักวิชาการจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ประธานชมรมผู้สูงอายุระดับจังหวัด และระดับอำเภอ และผู้สูงอายุดีเด่นระดับชาติ เพื่อวิพากษ์ และประเมินรูปแบบที่ร่างขึ้นมาโดยใช้แบบประเมินความ

เหมาะสม และความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 17 คน

ขั้นตอนที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบตามข้อเสนอแนะข้อสังเกตของผู้ทรงคุณวุฒิ และผลการประเมินรูปแบบ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบผลสรุปการประเมินความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริงเพื่อสรุปและนำเสนอเป็นรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จังหวัดอุบลราชธานี

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี เอกสารรับรองเลขที่ SSJ.UB 2561-064

ประชากรและการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 6 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้สูงอายุ เลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน จำนวน 69 คน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้บริหารระดับตำบล เลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง จำนวน 2 คน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับผู้สูงอายุของตำบลนาเรือง เลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง จำนวน 2 คน

กลุ่มที่ 4 กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในตำบลนาเรือง เลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง จำนวน 9 คน

กลุ่มที่ 5 กลุ่มผู้ดูแลผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านในตำบลนาเรือง เลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง จำนวน 9 คน

กลุ่มที่ 6 กลุ่มกรรมการหมู่บ้านของตำบลนาเรือง เลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง จำนวน 9 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้วัดเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบสอบถามการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน ที่อยู่อาศัยจริงในตำบลนาเรือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเอง ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา จำนวนบุตร จำนวนสมาชิกในครอบครัว รายได้ อาชีพเดิมและอาชีพปัจจุบัน สถานภาพในชุมชน และโรคประจำตัว การแปลผลใช้การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่ำสุด สูงสุด

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในบ้านของผู้สูงอายุ ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุจากการหกล้ม

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม สภาพปัญหา และข้อเสนอแนะของผู้สูงอายุ

2. เครื่องมือที่ใช้วัดเชิงคุณภาพ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ได้แก่

1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview)

2) แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview)

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. สภาพปัญหาและความต้องการจำเป็นของการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านของชุมชนนาเรือง อำเภอหนองบัว จังหวัดอุบลราชธานี ที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 69 คน ดัง (Table1) และ (Table2)

Table 1 General environmental problems of narueang community, ubon ratchathani province (n=69)

Variables	No of people	Percent
Gender	69	100.00
Male	15	21.74
Female	54	78.26
Age group (years)	69	100.00
60-69	9	13.04
70-79	29	42.03
80-89	19	27.54
90-99	12	17.39
Max=94, Min=60, Mean= 78.94, S.D.= 8.71		
Education level	69	100.00
No school	5	7.25
Primary school	63	91.30
College and higher	1	1.45
Marital status	69	100.00
Single	2	2.90
Couple	14	20.29
Separated/divorced	53	76.81
All family members	69	100.00
1-4	27	39.10
5-8	38	55.10
9-12	4	5.80
Max=11, Min=1, Mean = 5.23, S.D.= 2.24		
Place of accident	69	100.00
In the ground floor house	16	23.19
Outdoors	8	11.59
Indoor and outdoor	5	7.25
No accident	40	57.97

Table 2 Environment of the home bound elderly in narueang community, ubon Ratchathani province (n=69)

Variables	Mean	SD	Level
Environment of the room floor	3.84	0.21	high
Environment of the bedroom	3.76	0.60	high
Environment of the bathroom	3.34	0.53	modrtate
Environment of stairs	3.06	0.77	moderate

จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของ 1) กลุ่มผู้บริหารระดับตำบลว่าควรมีการประสานงานและมีความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน เพื่อสนับสนุนงบประมาณและบุคลากร มีการจัดตั้งศูนย์ฟื้นฟูคุณภาพชีวิตเพื่อผู้สูงอายุและคนพิการ ในการดูแลผู้สูงอายุต้องดูแลแบบองค์รวมและส่งเสริมให้คนในครอบครัวผู้สูงอายุได้ดูแลผู้สูงอายุด้วย 2) เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับผู้สูงอายุว่าต้องนำนโยบายของรัฐและผู้บริหารมาใช้ให้เกิดผลในทางปฏิบัติ ต้องมีการประสานงานกับทุก ๆ กลุ่ม 3) กลุ่มผู้ดูแลผู้สูงอายุส่วนใหญ่เห็นว่าควรปรับสภาพบริเวณที่ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านในบริเวณที่ใช้เป็นประจำให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิต เช่น มีเปิดไฟในห้องน้ำทิ้งไว้เวลากลางคืน มีการตัดแปลงโถส้วมจากนั่งยอง ๆ ให้สูงขึ้นเพื่อให้สามารถนั่งราบได้ เป็นต้น 4) กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเห็นว่าในฐานะเป็น อสม.ก็ได้อุดูแลผู้สูงอายุในขณะที่ไปเยี่ยมบ้าน แนะนำการจัดบ้านเรือนให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุแก่ผู้ดูแลผู้สูงอายุในเขตรับผิดชอบของตนเอง และ 5) กลุ่มกรรมการหมู่บ้านก็ได้ประสานงานกับเทศบาลตำบลนาเรืองและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาเรือง เพื่อทำแผนงานให้มีการดูแลผู้สูงอายุในทุกด้านอย่างต่อเนื่องของชุมชนนาเรือง อำเภอหาบือเงิน จังหวัดอุบลราชธานี

2. การพัฒนารูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว การสังเคราะห์รูปแบบในเมืองต้น พบว่ามี 8 องค์ประกอบ จึงมีการพัฒนา ดังนี้

2.1 การสนทนากลุ่มเพื่อวิพากษ์รูปแบบเพื่อพิจารณาว่ารูปแบบจาก 8 องค์ประกอบที่ผู้วิจัยนำเสนอ ได้ข้อสรุปว่า รูปแบบที่เหมาะสม ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการและนโยบาย 2) วัตถุประสงค์ 3) กลวิธีการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม 4) การดำเนินงานดูแลด้านสิ่งแวดล้อมโดยครอบครัว 5) การนำรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมไปใช้งาน และ 6) เงื่อนไขแห่งความสำเร็จ ผู้คุณวุฒิที่ร่วมสนทนากลุ่มได้แนะนำและเน้นให้พัฒนาที่บริเวณห้องน้ำและบริเวณบันได

2.2 ทดลองใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นในพื้นที่บ้านเชือก ม.5 ตำบลหนองขอน อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งดำเนินการปรับรูปแบบเป็น คู่มือ "อยู่บ้านดี ไม่มีลม" และทดลองใช้เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดูแลสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน มีระดับคุณภาพชีวิต ดัง (Table 3)

Table 3 Test environmental care model of the home bound elderly

In the last 2 weeks	Pre test		Post test	
	Mean	SD	Mean	SD
Quality of life in physical health	21.00	3.70	29.00	4.14
Quality of life for mental health	18.20	3.03	21.20	3.59
Quality of life in social relationships	11.20	3.37	12.60	4.20
Quality of life in environmental	21.60	2.70	30.80	3.85
Total quality of life	80.60	3.08	102.80	3.95

3. การประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ดังนี้

3.1 ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 17 คน วิพากษ์และประเมินรูปแบบที่ร่างขึ้นมา โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง

3.2 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และผลการประเมินรูปแบบ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขั้นตอนสุดท้าย

สรุปรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว จังหวัดอุบลราชธานี มี 6 องค์ประกอบ เรียกว่า SOMETS Model คือ 1) หลักการและนโยบาย (Strong Policy) 2) วัตถุประสงค์ (Objective of environment care) 3) การดำเนินงานดูแลด้านสิ่งแวดล้อมโดยครอบครัว (Management by the family and network) 4) กลวิธีการดูแลด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental care strategies) 5) เงื่อนไขแห่งความสำเร็จ (Teamwork for Development) และ 6) การนำรูปแบบไปใช้งาน (Strategies Care by Family) ดัง (Figure 1)

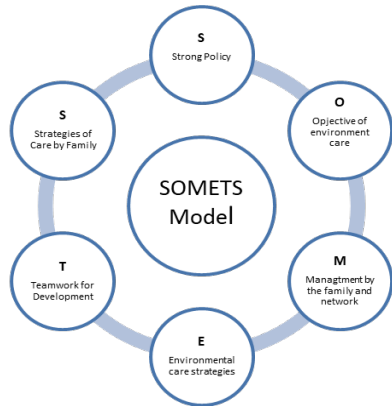


Figure 1 SOMETS Model

อภิปรายผล

ผู้วิจัยได้อภิปรายตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. สภาพการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัวเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นและสำคัญ เนื่องจากผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่อยู่ที่บ้านมากที่สุด ควรมีการป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากการหกล้ม สอดคล้องกับการศึกษาของนอร์นี ตะหวา⁹ พบว่า ผู้สูงอายุหกล้มภายในบ้าน ร้อยละ 17.80 และลักษณะที่พบบ่อยที่สุดไม่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ ร้อยละ 29.90 และสอดคล้องกับการศึกษาของละออม สร้อยแสง¹⁰ พบว่า ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในบ้าน คือ ขอบเขตพื้นที่ประตูทางเดินต่างระดับ พื้นปูด้วยกระเบื้องเซรามิก การจัดสิ่งของในบ้านไม่เป็นระเบียบ ใช้เศษผ้า หรือเสื้อผ้าเก่าเป็นที่เช็ดเท้า และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมนอกบ้าน คือ ทางเดินรอบบ้านมีสิ่งกีดขวาง ร้อยละ 37.30 แนวทางการป้องกันการหกล้มที่สำคัญมี 3 ประการ คือ 1) การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมภายในและรอบบ้าน 2) การส่งเสริมการออกกำลังกายให้ผู้สูงอายุ และ 3) การให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการหกล้มในชุมชน สภาพการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว นอกจากได้รับความร่วมมือในการดูแลจากลูกหลานของผู้สูงอายุแล้ว ยังมีความจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือจากชุมชนหรือภาคีเครือข่ายอื่น ๆ ด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของกฤตวิทย์ สวัสดิ์มงคล¹¹ พบว่าผู้สูงอายุมีความคาดหวังให้องค์กรบริหารส่วนตำบล สนับสนุน ให้มีการรวมกลุ่มเป็นชมรมผู้สูงอายุ เพื่อทำกิจกรรมร่วมกัน และจัดให้มีเจ้าหน้าที่สาธารณสุขไปตรวจและดูแลสุขภาพเวลาเจ็บป่วยที่บ้าน จัดให้มีการสนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์ เช่น ไม้เท้า เครื่องพยุงกาย ตลอดจนให้ช่วยเหลือด้านการสงเคราะห์สวัสดิการการเงินยังชีพอย่างทั่วถึง และสอดคล้องกับการศึกษาของสุรพล ชยภพ¹² พบว่าการดูแลผู้สูงอายุที่ไม่ถูกทอดทิ้ง มีรูปแบบการดูแลจากครอบครัว และญาติพี่น้อง แต่ผู้สูงอายุที่ถูกทอดทิ้งพบรูปแบบการดูแลแบบพึ่งตนเอง และพึ่งรัฐสวัสดิการ สภาพการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูง

อายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ต้องได้รับการปรับปรุงสภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ้านให้เหมาะสม เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากการหกล้ม สอดคล้องกับการศึกษาของวิฑูรต์ เหลียวรุ่งเรือง¹³ พบว่าบ้านผู้สูงอายุมีลักษณะเป็นบ้านไม้ยกพื้นมีอายุการใช้งานมานานจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงเนื่องจากอุบัติเหตุส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในที่อยู่อาศัยในบ้านของตนเองโดยเฉพาะบริเวณห้องน้ำ/ห้องอาบหน้า ชานบ้าน/ระเบียงบ้าน

2. ผลการพัฒนาแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ได้รูปแบบที่ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ มีการจัดการสนทนากลุ่ม(Focus Group) เพื่อวิพากษ์รูปแบบและประเมินรูปแบบดังกล่าว มีการทดลองใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นในพื้นที่อำเภอเมือง ซึ่งดำเนินการปรับรูปแบบเป็น คู่มือ"อยู่บ้านดี ไม่มีล้ม" และทดลองใช้เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าผู้สูงอายุกลุ่มบ้านมีระดับคุณภาพชีวิต¹⁴ ก่อนทดลองอยู่ในระดับกลาง ๆ (Mean=21.00 S.D.=3.70) และหลังทดลองอยู่ในระดับที่ดี (Mean=29.00 S.D.=4.14) แสดงว่า คุณภาพชีวิตด้านสุขภาพกายของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านของบ้านที่ทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น และความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม¹⁵ ในผู้สูงอายุของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน มีระดับความเสี่ยงก่อนทดลอง ระดับ 1 (Mean=1.60 S.D.=0.65) และมีระดับความเสี่ยงหลัง ทดลอง ระดับ 1 (Mean=1.40 S.D.=0.55) โดยรวมมีความเสี่ยงลดลง

3. การประเมินรูปแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว ตามข้อวิจารณ์และเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด การพัฒนาแบบนั้น ไม่มีข้อก้ำกหนดที่แน่นอนตายตัว โดยทั่วไปการพัฒนาแบบจะเริ่มต้นจาก องค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการหรือต้องการที่จะพัฒนาแล้วสร้างรูปแบบขึ้น แล้วนำไปตรวจสอบหาความเหมาะสมและความเป็นไปได้หรือทดลองใช้ต่อไป

การพัฒนาแบบการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัว กรณีศึกษาชุมชนนาเรือง อำเภอนาเยี่ย จังหวัดอุบลราชธานีที่พัฒนาขึ้น มี 6 องค์ประกอบสรุปเป็น SOMETS Model คือ รูปแบบการพัฒนาสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุในครอบครัวของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน โดยการวางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามกระบวนการดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านโดยครอบครัวของผู้สูงอายุร่วมมือกับเครือข่ายต่างๆ ของชุมชนนาเรือง อำเภอนาเยี่ย จังหวัดอุบลราชธานี ให้เน้นพัฒนาสิ่งแวดล้อมในห้องน้ำและบริเวณบันได จึงจะทำให้ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านดำรงชีวิตอยู่ในครอบครัว และชุมชน

ทำกิจวัตรประจำวัน และลดอุบัติเหตุจากการหกล้ม เพื่อให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดี ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบเดิม ที่มีการดูแลผู้สูงอายุระยะยาวที่เน้นการดูแลด้านสุขภาพเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ขอขอบพระคุณ นายแพทย์สุวิทย์ โรจนศักดิ์โสธร นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนทางการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาเรืองและประชาชนในชุมชนนาเรือง และบ้านเข็อกอำเภอมือ จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

บรรณานุกรม

1. ปรีชา นวลเป็นใย. ประชากรรุ่นเก็นล้าน. วารสารข้าราชการ 2561;60(4): 3-4.
2. การปกครอง,กรม. กระทรวงมหาดไทย. ระบบสถิติทางการทะเบียน. (ออนไลน์) 2562 สืบค้นจาก http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat/upstat_m.php; เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2562.
3. สกฤณา บุญนารากร. การสร้างเสริมสุขภาพแบบองค์รวมทุกช่วงวัย. เทมการพิมพ์, สงขลา; 2551; 247.
4. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. คู่มือดูแลผู้สูงอายุ: เติบโตไม่มีล้ม. บริษัทโอเพ่นเวิลด์สพับลิชชิงเฮาส์ จำกัด. กรุงเทพฯ; 2559; 82-3.
5. ประเสริฐ อัสสันตชัย. ปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยในผู้สูงอายุและการป้องกัน. พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัทยูเนี่ยนครีเอชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร; 2554; 12.
6. ศศิพัฒน์ ยอดเพชร. ครอบครัวและผู้สูงอายุ. มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). กรุงเทพฯ; 2553; 38.
7. สาธารณสุข, กระทรวง. ระบบฐานข้อมูล Health Data Center. (ออนไลน์) 2562 สืบค้นจาก https://ubn.hdc.moph.go.th/hdc/reports/page.php?cat_id=ac4eed1bddb23d6130746d62d2538fd เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2562
8. วาโร เฟิงสวัสดิ์. การวิจัยและการพัฒนา. (ออนไลน์) 2562 สืบค้นจาก <http://snrujst.snru.ac.th/wp-content/uploads/2016/08/SNRU-JST-1-2-1.pdf> เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2562.
9. นอรีนี ตะหวา และปวีตร ชัยวิสิทธิ์. รายงานการวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการสภาพแวดล้อม และที่พักอาศัย

สำหรับผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช; 2556; 75.

10. ละออม สร้อยแสง. การศึกษาแนวทางการป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุชุมชนมิตรภาพพัฒนา.วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. กรุงเทพฯ; 2557; 69-70.
11. กฤตวิทย์ สวัสดิ์มงคล. บทบาทในการดูแลผู้สูงอายุขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัว อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย.การศึกษาระดับรัฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551; 78-86.
12. สุรพล ชยภพ. การพัฒนารูปแบบการดูแลผู้สูงอายุโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาวัฒนธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2552; 302-47.
13. วิชญ์ เหลียวรุ่งเรือง และคณะ. บ้านและชุมชนสำหรับผู้สูงอายุในภาคเหนือ. เชียงใหม่. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2552; 169.
14. สุวัฒน์ มหัตนรินทร์กุล และคณะ. เปรียบเทียบแบบวัดคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกทุก 100 ตัวชี้วัด และ 26 ตัวชี้วัด. โรงพยาบาลสวนปรุง. เชียงใหม่, 2540; 125-133.
15. ผ่องพรรณ อรุณแสง. การประเมินภาวะสุขภาพผู้ใหญ่และผู้สูงอายุสำหรับพยาบาล. คลังนานา. ขอนแก่น, 2555; 75.

คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลง แก้ไขเนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและนำไปอ้างอิงได้

การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับความตรวจสอบที่ถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร Browallia New ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา

4. การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้ส่งงานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง ได้แก่ ".doc" (MS Word) หรือ ".rtf" (Rich Text)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. จำนวนเอกสารอ้างอิงไม่เกิน 2 หน้า

7. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

8. การส่งบทความ ส่ง online ระบบ Thai Jo สามารถเข้าไปดูรายละเอียดที่ www.journal.msu.ac.th

9. หากจัดรูปแบบไม่ถูกต้องทางวารสารจะไม่พิจารณาผลงาน

บทความวิจัย/บทความวิชาการ ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลังของงานวิจัย ไม่ใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)] และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงอรรถของหน้าแรก เพื่อกองบรรณาธิการสามารถติดต่อได้

บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเดิม ความยาวไม่เกิน 250 คำ หรือไม่เกิน 10 บรรทัด และไม่ควรรู้คำย่อ

คำสำคัญ (Keyword) ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาประมาณ 4-5 คำสั้น ๆ

บทนำ (Introduction) เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารประกอบ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods) ให้ระบุรายละเอียด วัน เดือน ปีที่ทำทดลอง วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งที่มาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปลผล

ผลการศึกษา (Results) รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อนและมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปลมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิแทน

วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion) แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams) ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายสั้น ๆ เป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

กิตติกรรมประกาศ (Adcknowledgements) ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยได้รับงานสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

เอกสารอ้างอิง (References) ระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ Vancouver Style ดังตัวอย่างข้างล่าง และสามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ www.journal.msu.ac.th

1. การอ้างอิงหนังสือ

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. สถานที่เมืองพิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. p 22-5. (ชื่อชุด; vol 288).

ตัวอย่าง: Getqen,TE. Health economics: Fundamentals of funds. New York: John Wiley & Son; 1997. P. 12-5 (Annals of New York academy of science; voll 288).

ชมพูนุช อ่องจิต. คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539

2. การอ้างอิงจากวารสาร

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์ เดือนย่อ 3 ตัวอักษร วันที่/ปีที่ (ฉบับที่): เลขหน้า.

ตัวอย่าง:

ก. วารสารไม่เรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FK, Coppel AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998 Mar 1;55(5):697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนรุ่งเข้าสู่โลกาภิวัตน์ครั้งใหม่. นกบริหาร 2547;24(2): 31-6

ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FD, Coppel AL Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998;55:697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนรุ่งเข้าสู่โลกาภิวัตน์ครั้งใหม่. นกบริหาร 2547;24(2): 31-6

3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

รูปแบบ : ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา เดือน (ย่อ 3 ตัว) วันที่; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. P.1561-5

ตัวอย่าง: Bengtsson S, solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical informatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7th World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5. พัททชัย พุทธรชัย, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้น การสุกของพริก. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15. สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ; 2541. หน้า 142-9

4. การอ้างอิงจากพจนานุกรม

รูปแบบ: ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

ตัวอย่าง: Stedmin's medical dictionary. 26th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชันส์; 2546. หน้า 1488

5. การอ้างอิงจากหนังสือพิมพ์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ ปี เดือน วัน; Sect.: sohk 15.

ตัวอย่าง: Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. The Washington Post 1996 Jun 21; Sect. A: 3(col.5).

พรรณี รุ่งรัตน์ สทศ. ดั้งที่มพัฒนาข้อสอบระดับชาติมันใจคุณภาพ. เดลินิวส์ 12 พฤษภาคม 2548.

6. อ้างอิงจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสารอิเล็กทรอนิกส์ [หรือ serial online] ปีที่พิมพ์เอกสาร ถ้าจำเป็นระบุเดือนด้วย; Vol no (ฉบับที่): [จำนวนหน้าจากการสืบค้น]. ได้จาก: URL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> วันที่ เดือน ปีที่ทำการสืบค้น (เขียนเต็ม)

ตัวอย่าง: More SS. Factors in the emergence of infectious disease, Emerh Infect Dis [serial online] 1995 Jan-Mar; (1): [24 screene]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ตุลาคม-ธันวาคม (17): 2542 ได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html> May 13 2005.

Instruction for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December)

Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. Papers should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" or ".rtf" (Rich Text) on standard size paper, A4 or 8.5x11 inches, and arranged in two columns: single space for English, double space for Thai language.

3. Browallia font type is required with font size as follows:

Title the article: 18 pt. Bold

Name(s) of the authors: 16 pt.

Main Heading: 16 pt. Bold

Sub-heading: 14 pt. Bold

Body of the text: 14 pt

Footnotes for authors and their affiliations: 12pt.

4. The number of pages to 15, including references, tables, graphs, or pictures.

5. Types of manuscripts accepted: research articles and review articles.

6. Organization of research articles.

Title: denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters.

Name(s): of the author(s) and their affiliation must be given in both Thai and English.

Abstract: This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important findings in the text. Authors should attempt to restrict the abstract to no more than 250 words.

Keywords: Give at least 4-5 concise words.

The body of the text comprises the following headings:

Introduction: A summary of who is doing what, why where, and when?

Materials and Methods: A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation.

Results: Present the output. List the information in complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

Discussion and Conclusion: Discuss how the results are relevant to the objectives or former findings, why? Finally state what recommendations could be drawn.

Tables, figures, diagrams, pictures: should be screened for those important to support the findings, and separated from the text. Captions should be placed above the tables but under the figures.

Acknowledgement: the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

References: listed and referred to in vancouver style.
(<http://www.library.uq.edu.au/training/citation/vancouv.html>)

7. Authors of review articles should follow the typical format style. This includes an introduction, the body of content, conclusion, and references.

Submission of manuscripts

1. Manuscripts should be submitted through the Thai Jo Manuscripts submission system at www.journal.msu.ac.th.
2. The uncorrected manuscripts will be rejected by the editorial board.

Review of manuscripts:

1. The editorial board will review all manuscripts for format compliance. Manuscripts formatted incorrectly will be returned to the author for correction.
2. Following submission of the corrected manuscript, the Peer Review Committee will review and offer comments
3. Manuscripts receiving the approval of the Peer Review Committee may be returned to the author for revision as advised by the Committee. Manuscripts failing to adopt the Committee's suggestions will not be published.



ใบสมัครเป็นสมาชิกรวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-นามสกุล

ที่อยู่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... แขวง/ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

หน่วยงาน.....

ถนน..... แขวง/ตำบล..... อำเภอ.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

ออกใบเสร็จในนาม.....

- สมัครเป็นสมาชิกหนึ่งปี ค่าสมัคร 400 บาท
- สมัครเป็นสมาชิกสองปีติดต่อกัน ค่าสมัคร 800 บาท

ส่งจ่ายผ่านเลขที่บัญชี 983-9-26661-6 ธนาคารกรุงไทย ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (เงินรายได้)

สาขาท่าขอนยางมหาสารคาม

ทั้งนี้ขอให้ส่งหลักฐานการสมัคร (ใบสมัครนี้) และสำเนาการชำระเงินได้ที่ science.msu@hotmail.com หรือ ส่งเป็นเอกสารทางไปรษณีย์มาที่ งานวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150