



- **Isolation and Screening of Oleaginous Yeasts Capable of Using Glycerol as a Carbon Source**
Patcharanan Amornrattanapan and Panisara Thongthep **61**
- **การตรวจสอบอาคารเพื่อการประเมินมูลค่าของอาคารสำนักงานในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร**
พูลสิน ศรีรัตนอารี วรานนท์ คงสง เสรีย์ ตู๊ประกาย และบุญธรรม หาญพาณิชย์ **71**
- **Correlation of Lecanoric Acid with Atranorin in Lichen *Parmotrema tinctorum***
Duangkamon Sangiamdee Chutima Sriviboon Kansri Boonpragob Prichukorn Khongsatra and Soontaree Tansuwan **81**
- **Development of Nanosized Hydroxyapatite from Biowaste for Variety Applications**
Neeranut Kuanchertchoo Wantana Mongkolvisuit Warunee Fangtawanit Dujreutai Pongkao Kashima and Soontaree Tansuwan **88**

สถาบันวิจัยและพัฒนา
อาคารสุโขทัย ชั้น 12 มหาวิทยาลัยรามคำแหง
หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
โทรศัพท์ 0-2310-8119 โทรสาร 0-2310-8696

สพ.19096



Ramkhamhaeng Research Journal of Sciences and Technology

ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562 Vol. 22 No.2 July - December 2019

- **ความหลากหลายของอาหารผสมที่มีต่อผลผลิตเขากวางย่อน**
มณี อัครานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา จิตรภาณุ อินทวงศ์ จิระวุฒ นาเค อังชัย ช่วยสถิตย์
แพรวพิไล เจริญสิทธิ์กองคำ และวีระศักดิ์ มะประสิทธิ์ **1**
- **การเปรียบเทียบผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดและฟางหวาน 3 พันธุ์**
ยิ่งยง เมฆลอย และมณี อัครานนท์..... **13**
- **ผลของสารสกัดยาสูบพิษสมุนไพรและโคโคซานต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา**
สมฤทัย ต้นมา และณรงค์ฤทธิ์ ตี๋คำป้อ **23**
- **การผลิตสารสีแวนด้วยเอนไซม์สีแวนซูเครสเพื่อการเพิ่มมูลค่ากากของเสียอุตสาหกรรม**
ธนวัฒน์ ราชภิรมย์ ณัฐฐิณี อธิกุลกิตติพงศ์ และวิทวัส แจ่มเอียด **35**
- **การพัฒนาการทำนายผลการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล**
พรพิมล ชัยวุฒิดักดี และ ยุวดี กล่อมวิเศษ **43**
- **ประเภทการกินอาหารของปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวตังกระเบน จังหวัดจันทบุรี**
รัฐธีร์ ธนฐิติวรภาพษ์ นภาพุญ เทวนเพชร และธณิ อารังนาวาสวัสดิ์ **53**

วารสารวิจัยรามคำแหง
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

<http://www.rd.ru.ac.th>

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ผู้จัดพิมพ์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ที่ปรึกษาบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วุฒิศักดิ์ ลาภเจริญทรัพย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชาล ทองประยูร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยรามคำแหง
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.มณี อัครวานนท์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

กองบรรณาธิการ
สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว
ศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ สืบคำ
ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ สาคริก
ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สุขสำราญ
ศาสตราจารย์ ดร.งามผ่อง คงคาทิพย์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ สุนิประเสริฐ
รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ มีเวที
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ คันทพนิต
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลี ณ นคร
รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิตธรรมมยง
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณมา ตั้งเจริญชัย
รองศาสตราจารย์ ดร.สมนึก บุญเกิด
รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ ยี่มิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมล จันทร์แจ่ม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ ไรจนกิจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติกานต์ กร้ามาตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณท กงสง
ศาสตราจารย์ ดร.บุญทัน ดอกไธสง
ศาสตราจารย์ ดร.สุภาวค์ จันทวานิช
รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ พันธุลาก
รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ ลิขิตวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชีพ พิพัฒนศิริ
รองศาสตราจารย์ ดร.ดุขฎิ โยเหลา
รองศาสตราจารย์ ดร.พรสุข หุ่นรินทร์
รองศาสตราจารย์ บุญผา บุญทิพย์
รองศาสตราจารย์ อนุกุล พลศิริ
รองศาสตราจารย์ เอมอร ดิสปัญญา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกชรัตน์ เตชะไตรศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวิจวน เบญจศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนัยวรรณ ภู่อารีย์
อาจารย์ ดร.กรวิภา สรรพกิจจำนง
อาจารย์ ดร.สยามพร โยธาสุมทร

สาขามนุษยศาสตร์
และสังคมศาสตร์

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สถาบันคลังสมองแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ฝ่ายจัดทำ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรชัย วงศ์वासนา	ประธานฝ่ายจัดทำ
	อาจารย์ ยิ่งยง เมฆลอย	กรรมการ
	นางสาวสายพิน ริตมัต	กรรมการ
	นางลักขิกา ขจัดภัย	กรรมการ
	นางสาวฐนิตฐา ยิบพิกุล	กรรมการ
	นางญนันทพร กลั่นเจริญ	กรรมการ
	นางบุปผา เอี่ยมจรรยา	กรรมการ
	นายอำนาจ สิงห์ตาลง	กรรมการและเหรัญญิก
	นางสาวแพรวไพไล เจริญสิทธิ์ก่องคำ	กรรมการและเลขานุการ
	นายวีระศักดิ์ มะประสิทธิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
	นางสาวรุจิราภรณ์ ปานแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รับพิจารณาและตีพิมพ์บทความวิจัยสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดเผยแพร่ ออก 2 ฉบับต่อปี ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม – เดือนธันวาคม

การเผยแพร่ มอบให้ห้องสมุดหน่วยงานรัฐบาล สถาบันการศึกษาในประเทศ

ข้อมูลการติดต่อ ฝ่ายจัดทำ
กองบรรณาธิการวารสารวิจัยรามคำแหง
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
อาคารสุขโขทัย ชั้น 12 หั้วหมาก บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทร. 02-310-8696
Email: ruresearch@ru.ac.th

พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

- บทความทุกบทความได้รับการตรวจสอบถูกต้องทางวิชาการโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review)
- มีผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกประจำกองบรรณาธิการมากกว่าร้อยละ 50
- มีบทความจากนักวิชาการภายนอกลงตีพิมพ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50 ทุกฉบับ
- ข้อความและบทความในวารสารวิจัยรามคำแหงเป็นแนวคิดของผู้เขียน การตีพิมพ์บทความซ้ำเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ กองบรรณาธิการและมหาวิทยาลัยรามคำแหง
- กองบรรณาธิการไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอก แต่ควรอ้างอิงแสดงที่มา

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับนี้ เป็นวารสารวิจัยของมหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้ก้าวเข้าสู่ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562 ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI

การเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุคดิจิทัล ที่เทคโนโลยีเข้ามามีผลกระทบต่อสังคมมนุษย์อย่างมาก และรวดเร็ว โดยเฉพาะสังคมไทยที่มีความซับซ้อนทั้งเรื่องอายุ ทัศนคติ ช่องว่างของระดับรายได้และความเหลื่อมล้ำในสังคม การนำเสนอบทความทางวิชาการ อาจเป็นช่องทางหนึ่งในการสื่อสารอย่างพินิจพิเคราะห์ ให้เห็นถึงปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่วิถีทางในแก้ไข คลื่นคล้ายปมปัญหาต่างๆ ของสังคมไทยได้อย่างค่อยเป็นค่อยไป ในช่วงเวลาแห่งการเปลี่ยนผ่านนี้

กองบรรณาธิการและฝ่ายจัดทำขอขอบพระคุณ ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) กับความพยายามในการรักษามาตรฐานวารสารในประเทศไทยให้คงอยู่ในระดับนานาชาติ อันเป็นความก้าวหน้าทางวิชาการที่สำคัญของประเทศไทย และขอขอบคุณนักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ที่ให้เกียรติ ให้ความสนใจนำบทความอันทรงคุณค่าของท่านตีพิมพ์ในวารสารวิจัยรามคำแหง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความไว้วางใจเช่นนี้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณ
บรรณาธิการ

ความหลากหลายของอาหารผสมที่มีต่อผลผลิตเขากวางอ่อน

The Effects of Mixed-feed Varieties on Deer Velvet Antler Production

มณี อัครานนท์¹ พรชัย วงศ์วาสนา² จิตรภาณุ อินทวงศ์³ จิระวุฒ นาเค⁴ ธงชัย ช่วยสถิตย์⁵
แพรวไพไล เจริญสิทธิ์กองคำ⁵ และวีระศักดิ์ มะประสิทธิ์⁵



บทคัดย่อ

เขากวางอ่อนเป็นผลผลิตหลักที่ได้จากการทำธุรกิจฟาร์มกวาง ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกปี การงอกของเขากวางเกิดขึ้นปีละครั้ง เขากวางงอกใหม่มีลักษณะอ่อนนุ่ม หุ้มด้วยกำมะหยี่ หลังจากนั้นประมาณ 150 วัน เขากวางเริ่มแข็งแล้วหลุดจากตัวกวาง หลังจากเขาแข็งหลุดประมาณ 15 วัน เขากวางอ่อนค่อยๆงอกออกมาใหม่ เป็นวัฏจักรหมุนเวียนแบบนี้ทุกปี สรรพคุณของเขากวางอ่อนในการทำให้ร่างกายแข็งแรงเป็นที่ยอมรับในวงการแพทย์ทั้งตะวันออกโดยเฉพาะประเทศจีนและตะวันตกมานาน เขากวางอ่อนที่มีคุณภาพ ราคาสูง คือเขากวางอ่อนที่มีน้ำหนักมาก เส้นรอบวงมีขนาดใหญ่ และสวยงามเพราะมีความสมดุลย์ของลักษณะเขาทั้งสองข้างเท่ากัน การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อทดสอบชนิดของอาหารผสมที่มีผลต่อคุณภาพของเขากวางอ่อน พบว่า อาหารผสมที่มีความหลากหลายโดยเฉพาะที่มีข้าวโพดเป็นส่วนผสม เมื่อให้กวางรูซ่าและกวางซีก้ากินเป็นระยะเวลา 1 ปี และตัดเขากวางอ่อนในปีรุ่งขึ้น เขากวางอ่อนของกวางที่กินอาหารผสมหลากหลายชนิดมากกว่าและมีข้าวโพดเป็นส่วนผสม มีลักษณะรูปร่างของเขาน่าดูใหญ่กว่า และมีคุณค่าโภชนาการในเขากวางอ่อนสูงกว่าเขากวางอ่อนของกวางที่กินอาหารผสมหลากหลายชนิดน้อยกว่าและไม่มีข้าวโพดเป็นส่วนผสม สรุปได้ว่า ชนิดของอาหารและส่วนผสมของอาหารที่ใช้เลี้ยงกวางเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เขากวางมีคุณภาพสูง

คำสำคัญ: ข้าวโพด เขากวางอ่อน กวางรูซ่า กวางซีก้า

ABSTRACT

Deer velvet antler is the main product of deer farming business. Each year, the harvest of deer velvet antler occurs once a year. Velvet antler is soft and covered with velvet-like peel. After being soft for 150 days, the velvet antler becomes harder and sheds. After the stage of no antler for 15 days, the soft antlers gradually come out. The properties of deer velvet antler which generate healthy condition are long-time acceptance both in traditional Chinese medicine and western society. Deer velvet antlers with high quality are the ones which are big, heavy and beautiful. This study was to search for the mixed-feed varieties which enhanced the quality of deer velvet antler. It showed that after feeding both sika and rusa deer with more varieties of mixed-feed especially with corn for a year, the velvet antlers which were harvested next year after the treatment had better shape, bigger and more nutritional value

¹ รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

³ เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปปฏิบัติการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

⁴ เจ้าหน้าที่วิจัยปฏิบัติการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

⁵ เจ้าหน้าที่วิจัยปฏิบัติการ สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน มหาวิทยาลัยรามคำแหง

than the velvet antlers of deer which were fed with fewer varieties of mixed-feed and no corn in the mixed-feed. It is empirical conclusion that food types and varieties of mixed-feed are the principal factors which affect deer antler production.

Keywords: corn, deer velvet antler, rusa deer, sika deer

บทนำ

วัตถุประสงค์หลักของการทำฟาร์มกวางส่วนใหญ่ คือ การตัดเขากวางอ่อน ซึ่งเขาของกวางมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากเขาวัวควาย ตรงที่เขากวางหลุดและงอกใหม่ทุกปี (มณี, 2554ก;ข) เขาที่งอกใหม่มีลักษณะเป็นเขาอ่อนมีหนัคล้ายกำมะหยี่หุ้ม เขากวางอ่อนมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย สรรพคุณของเขากวางอ่อนได้รับการเชื่อถือมานานกว่า 2,000 ปี ว่า มีสรรพคุณช่วยให้ร่างกายสดชื่น แข็งแรง กระปรี้กระเปร่า ช่วยสร้างซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอและเพิ่มภูมิต้านทานโรค (มณี และคณะ, 2555ก ;ข ; Chen et al., 2015; Kuo et al., 2018; Tang, et al., 2018; Zhang et al., 2019) ทั้ง นี้ เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการในเขากวางอ่อน มีฮอร์โมน IGF-1 และ Testosterone (รังสรรค์และคณะ, 2555) นอกจากนี้ พบโปรตีนมากกว่า 50 % ในเขากวางอ่อน โดยเฉพาะคอลลาเจนมีมากกว่า 41 % การวิจัยสรรพคุณของเขากวางอ่อนในเรื่องของการมีส่วนช่วยให้ผู้มีบุตรยากพบว่า สัตว์ทดลองซึ่งในที่นี้ใช้หนูขาวให้กินเขากวางอ่อน ทำให้หนูขาวมีปริมาณตัวอสุจิมากกว่าหนูขาวที่ไม่ได้ให้กินเขากวางอ่อน และมีประสิทธิภาพทำให้หนูขาวเพศเมียตั้งครรภ์และให้ลูกมากกว่า (มณีและคณะ, 2555ก)

จากการที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงมีผลงานวิจัยเกี่ยวกับกวางมากมายหลายหัวข้อ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับเขากวางอ่อนในหัวข้อสัณฐานวิทยาของเขากวางอ่อนทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นว่าอายุของตัวกวางเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สัณฐานวิทยาของเขากวางอ่อนแตกต่างกัน (มณี, 2551; มณี, 2554ก; มณีและคณะ, 2561ก) เขากวางอ่อนที่มีอายุวันของการงอกไม่เท่ากัน ลักษณะรูปร่างของเขากวางแตกต่างกัน เพราะเขากวางเมื่อแรกเริ่มงอกใหม่มีลักษณะอ่อนนุ่มมีขนคล้ายกำมะหยี่หุ้มไว้ และ

เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่ง เขากวางอ่อนกลายเป็นเขาแข็งแล้วหลุด และจะงอกใหม่ทุกปี ปีละครั้งเป็นวัฏจักรแบบนี้ทุกปี การงอกของเขากวางอ่อนมีผลต่อการสืบพันธุ์ของกวาง (มณี, 2554ข; 2555ก;ข; 2561ก) การวิจัยนี้ต้องการค้นหาคำตอบว่าอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางที่มีส่วนผสมของชนิดอาหารแตกต่างกันมีผลต่อลักษณะรูปร่างและคุณค่าโภชนาการในเขากวางอ่อนแตกต่างกันอย่างไร

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการวิจัยในกวางรูซ่าเพศผู้และกวางซีก้าเพศผู้ ที่เลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ตั้งแต่ พ.ศ. 2558-2561 ซึ่งฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จัดสร้างขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2545 ที่มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย (พรชัย, 2547: 2548) โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นสถานีวิจัยเกี่ยวกับกวางให้กับคณาจารย์ นักศึกษาในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก (มณี, 2551) มีงานวิจัยรองรับการทำฟาร์มกวางมาตลอดระยะเวลา 17 ปี ในหัวข้อแตกต่างกันมากมาย ผลที่เกิดจากการวิจัยนั้นฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงนำมาทดลองใช้ปฏิบัติในการเลี้ยงกวาง (มณีและคณะ, 2561ข) ชนิดของอาหาร (มณีและคณะ, 2556ก;ข, 2557ข) การสร้างรูปแบบของกรงกวางหรือคอกกวางที่ทำให้กวางไม่เครียด การจัดการอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ภายในกรงกวางหรือคอกกวาง กวางทุกตัวได้รับอาหารและน้ำอย่างเพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวัน หลีกเลี้ยงการแก่งแย่งอาหาร น้ำและรวมถึงที่พักนอน (มณี และพรชัย, 2559ก) การจัดโรงเรือนจัดการกวางที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการฉีดยา กวาง ติดเบอร์หูกวางเพื่อแสดงตัวตน การต้อนกวางเพื่อตัดเขากวางอ่อน (มณี

และคณะ, 2554ก;ข) การบริหารจัดการฟาร์มที่มีประสิทธิภาพ (มณีและคณะ, 2561ข) โดยมุ่งเน้นสุขภาพที่ดีของตัวกวาง การให้ลูกกวางที่แข็งแรง มีอัตราการตายต่ำมาก มีอัตราการเจริญเติบโตสูง (มณีและคณะ, 2557ก; 2561ข)

กวางที่ศึกษาวิจัย

กวางรูซ่า มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน เพศผู้มีน้ำหนักตั้งแต่ 50-100 กก. เพศเมียน้ำหนักตั้งแต่ 45-80 กก. (ข้อมูลจากฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง)

กวางซิก้า มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น เพศผู้มีน้ำหนักตั้งแต่ 40-90 กก. เพศเมียน้ำหนักตั้งแต่

35-70 กก. (ข้อมูลจากฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง)

กวางเลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง มีการบันทึกประวัติ วันเกิด วันที่ตัดเขาผสมพันธุ์ ตั้งครรภ์ คลอดลูก เป็นต้น จากเดิมกวางซิก้าและกวางรูซ่าเป็นกวางที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงสั่งซื้อ พ่อพันธุ์แม่พันธุ์มาจากประเทศเวียดนามและประเทศออสเตรเลียตามลำดับ ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ปัจจุบันเป็นกวางรุ่นลูกหลานที่ผสมพันธุ์และเกิดในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง และเป็นกวางที่ได้เพิ่มเติมมาจาก ฟาร์มอื่นๆ ด้วย เพื่อการผสมพันธุ์ไม่ให้เกิดพันธุ์กรรมที่ชิดกัน ปัจจุบันฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงมีกวางมากกว่า 1,000 ตัว



ภาพที่ 1 กวางรูซ่าเพศผู้



ภาพที่ 2 กวางซีก้าเพศผู้

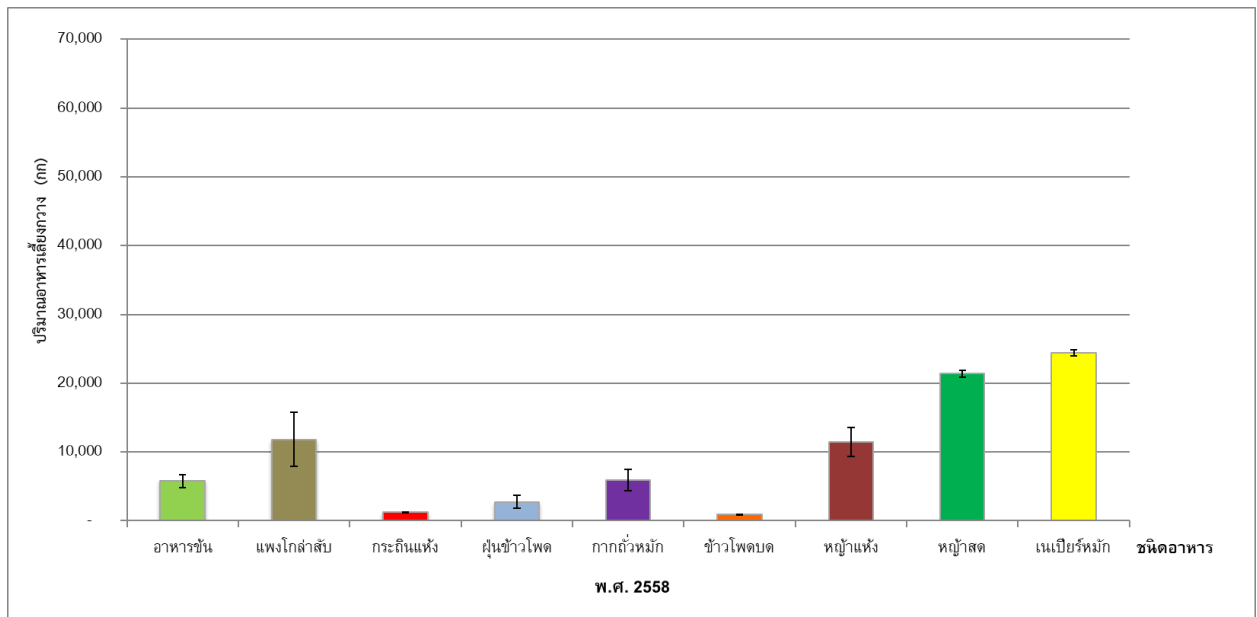
ชนิดอาหารที่ทดลองใช้เลี้ยงกวาง

ทดลองเลี้ยงกวางด้วยอาหารที่มีส่วนผสมแตกต่างกันดังภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 โดยให้

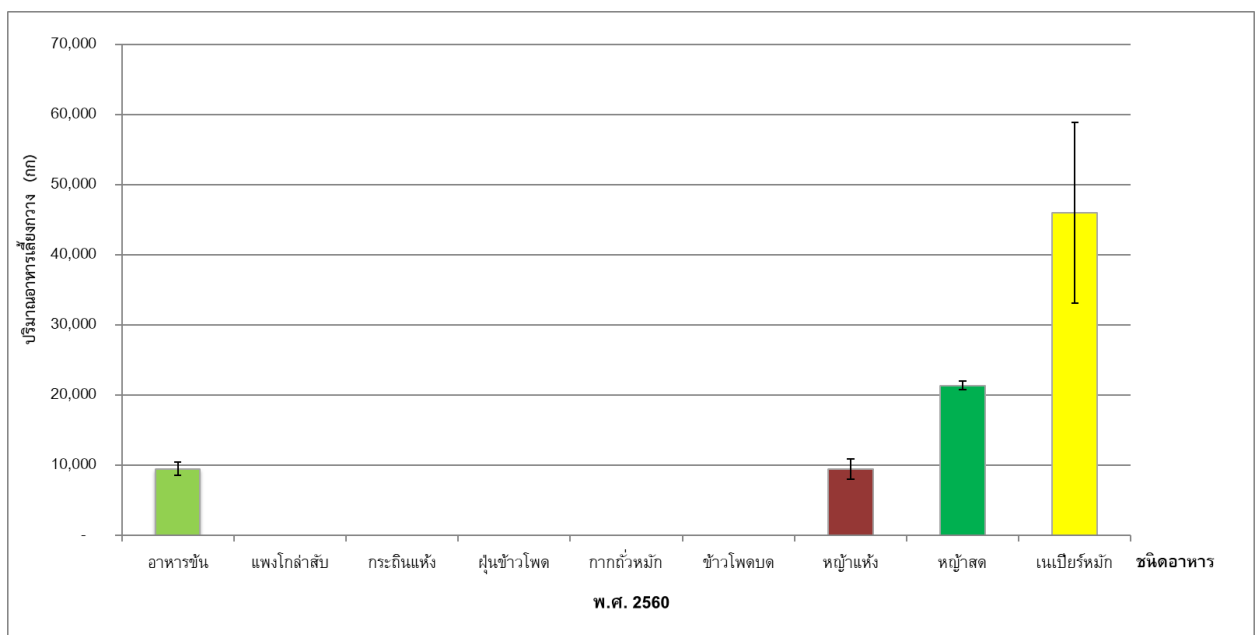
1. ทั้งกวางรูซ่าและกวางซีก้ากินอาหารตามส่วนผสมที่ 1 ดังในภาพที่ 3 พ.ศ. 2558 ศึกษาลักษณะ

รูปร่างเขากวางอ่อน และตรวจวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการของเขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2559

2. ทั้งกวางรูซ่าและกวางซีก้ากินอาหารตามส่วนผสมที่ 2 ดังในภาพที่ 4 พ.ศ. 2560 ศึกษาลักษณะรูปร่างเขากวางอ่อน และตรวจวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการของเขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 3 ปริมาณอาหารชนิดต่างๆ (ส่วนผสมที่ 1) ที่ทดลองใช้เลี้ยงกวางในแต่ละเดือนที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงในปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4 ปริมาณอาหารชนิดต่างๆ (ส่วนผสมที่ 2) ที่ทดลองใช้เลี้ยงกวางในแต่ละเดือนที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงในปี พ.ศ. 2560

การศึกษาลักษณะรูปร่างเขากวางอ่อน

หลังจากตัดเขากวางอ่อนจากกวางซีก้าและกวางรุซ่าของกวางที่มีอายุ 3 ปีขึ้นไป ดำเนินการบันทึกลักษณะของเขากวางอ่อน โดยชั่งน้ำหนัก

วัดความยาว และเส้นรอบวงของกิ่งต่างๆ ของ เขากวางอ่อน

การเตรียมเขากวางอ่อนเพื่อวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการในเขากวางอ่อน



ภาพที่ 5 ชั่งน้ำหนักเขากวางอ่อน



ภาพที่ 6 เขากวางอ่อนบดเพื่อเตรียมตรวจวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ

วิธีวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการของเขากวางอ่อน

คาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีของ Sullivan and Donald, 1993 pp. 105-107, โปรตีนด้วยวิธี AOAC (2016) 981.10, ไขมันด้วยวิธี AOAC (2016) 960.39, แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม แมงกานีส สังกะสี ทองแดง เหล็กด้วยวิธี AOAC (2016) 984.27, ซีลีเนียม ด้วยวิธี AOAC (2012) 986.15, วิตามินด้วยวิธี AOAC (2016) 986.27

ในปี พ.ศ. 2558 ส่วนผสมของอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางมี 9 ชนิด แต่ในปี พ.ศ. 2560 ส่วนผสมของอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางมีเพียง 4 ชนิด เมื่อศึกษาลักษณะรูปร่างเขากวางอ่อน (n=32) พบว่าเขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2559 มีลักษณะรูปร่างสมบูรณ์กว่า น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงมากกว่าเขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 1 และภาพที่ 7 และภาพที่ 8)

ผลการวิจัย

ลักษณะรูปร่างเขากวางอ่อน

ตารางที่ 1 น้ำหนัก ความยาว และเส้นรอบวงกลางเขาของเขากวางอ่อนที่ตัดเมื่อ พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับเขากวางอ่อนที่ตัดเมื่อ พ.ศ. 2561

ลักษณะเขากวางอ่อน	กวางรุซ่า ($\bar{x} \pm SD$)		กวางซีก้า ($\bar{x} \pm SD$)	
	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2561
น้ำหนักเขา (g)	447.09 $\pm$ 176.88	401.49 $\pm$ 137.34	260.03 $\pm$ 104.31	233.03 $\pm$ 100.47
ความยาวเขา (cm)	31.40 $\pm$ 7.35	29.70 $\pm$ 6.80	30.20 $\pm$ 6.55	28.30 $\pm$ 6.25
เส้นรอบวงกลางเขา (cm)	10.90 $\pm$ 1.63	9.47 $\pm$ 1.58	8.35 $\pm$ 1.03	7.61 $\pm$ 0.77



พ.ศ. 2559



พ.ศ. 2561

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบตัวอย่างเขากวางอ่อนของกวางรุซ่าที่ตัดในปี พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2561



พ.ศ. 2559



พ.ศ. 2561

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบตัวอย่างเขากวางอ่อนของกวางซิก้าที่ตัดในปี พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2561

คุณค่าโภชนาการในเขากวางอ่อน

ในปี พ.ศ. 2558 ส่วนผสมของอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางมี 9 ชนิด แต่ในปี พ.ศ. 2560 ส่วนผสมของอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางมีเพียง 4 ชนิด เมื่อตรวจหาค่าโภชนาการในเขากวางอ่อน ($n=32$) พบว่า เขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2559 มีคุณค่าโภชนาการมากกว่าเขากวางอ่อนที่ตัดในปี

พ.ศ. 2561 ถึงแม้ว่า ค่าคุณค่าโภชนาการในเขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2561 น้อยกว่าเขากวางอ่อนที่ตัดในปี พ.ศ. 2559 แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณค่าโภชนาการในเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าและกวางซีก้าที่ตัดเมื่อ พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับที่ตัดเมื่อ พ.ศ. 2561 ซึ่งให้อาหารที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน

	เขากวางรูซ่า		เขากวางซีก้า	
	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2561
Total Carbohydrate (Include fiber) (g/100g)	2.98 ± 0.91	2.86 ± 0.85	1.92 ± 0.74	1.24 ± 0.81
Protein (g/100g)	19.52 ± 0.98	19.06 ± 0.87	23.48 ± 1.45	22.86 ± 1.86
Total Fat (g/100g)	0.66 ± 0.06	0.45 ± 0.02	0.87 ± 0.11	0.73 ± 0.16
Calcium (Ca) (mg/100g)	8983.00 ± 879.77	8064.00 ± 991.04	10939.00 ± 956.53	9248.00 ± 855.69
Phosphorus (P) (mg/100g)	4338.00 ± 467.34	3306.00 ± 336.76	5296.00 ± 576.90	5282.00 ± 476.92
Magnesium (Mg) (mg/100g)	198.54 ± 22.49	178.38 ± 26.57	186.83 ± 24.77	181.69 ± 25.61
Sodium (Na) (mg/100g)	319.00 ± 30.46	307.00 ± 32.44	379.00 ± 22.47	349.00 ± 37.51
Potassium (K) (mg/100g)	113.00 ± 17.05	107.00 ± 15.94	134.00 ± 13.79	123.00 ± 14.88
Manganese (Mn) (mg/100g)	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.01
Zinc (Zn) (mg/100g)	3.91 ± 0.44	3.52 ± 0.83	3.03 ± 0.35	2.85 ± 0.54
Copper (Cu) (mg/100g)	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.07 ± 0.01
Iron (Fe) (mg/100g)	3.13 ± 0.27	2.94 ± 0.41	3.59 ± 0.65	3.14 ± 0.48
Selenium (Se) (µg/100g)	4.93 ± 0.86	4.56 ± 0.58	2.11 ± 0.12	1.56 ± 0.39
Vitamin B1 (mg/100g)	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01
Vitamin B2 (mg/100g)	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.02

สรุปและวิจารณ์ผล

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีความได้เปรียบในเรื่องของการทำเกษตรกรรม มีความหลากหลายของชนิดของพืชอาหารที่ปลูกไว้เพื่อเลี้ยงสัตว์ ทำให้เกษตรกรที่ทำการปศุสัตว์มีโอกาสเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารที่หลากหลายชนิด อย่างไรก็ตามเกิดคำถามขึ้นว่า สัตว์ชนิดใดต้องกินอาหารชนิดไหนที่จะทำให้มีผลผลิตจากตัวสัตว์ได้มากที่สุดขึ้นอยู่กับว่า สัตว์ที่เลี้ยงนั้นเพื่อผลผลิตอะไร ยกตัวอย่าง เช่น ให้ผลผลิตเป็นนม หรือเป็นเนื้อ หรือเป็นเขากวางอ่อน เป็นต้น

ผลผลิตหลักที่ได้จากการทำฟาร์มเลี้ยงกวางคือ เขากวางอ่อน แต่มีปัจจัยมากมายที่มีผลต่อการเจริญของเขากวางอ่อน เช่น ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่มีผลต่อการสืบพันธุ์ของกวางและการให้ผลผลิตเขากวางอ่อน (พรชัย, 2552; มณีและพรชัย, 2559ข) การบริหารจัดการกวางที่มีผลต่อความเป็นอยู่ของกวางโดยเฉพาะการทำให้กวางเครียด (Hauer and Heibig, 2005; Grovenburg, et al., 2009; Omsjoe et al., 2009;

Goddard, 2014) รวมถึงจำนวนกวางที่เลี้ยงในคอก มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ (Warren, 2011) อายุของกวาง อาหาร และพันธุกรรมมีผลต่อผลผลิตเขากวางอ่อน (Demarais, 2002) แต่ยังไม่มีการศึกษามาก่อนว่า อาหารชนิดไหนที่เหมาะสมกับกวางที่เลี้ยงในประเทศไทย ที่จะทำให้ผลผลิตเขากวางอ่อนมีคุณภาพสูง เป็นที่แน่นอนว่า ต้องไม่ใช่อาหารเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นอาหารผสมหลากหลายชนิด มีรายงานว่าการให้อาหารที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของกวางแตกต่างกัน (มณีและคณะ, 2556ก,ข; 2557ก,ข; French et al., 1956)

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ สรุปได้ว่า ชนิดของอาหารและส่วนผสมของชนิดอาหารที่ให้กวางกินมีผลเด่นชัดต่อการเจริญเติบโตของเขากวางอ่อนไม่ว่า ลักษณะรูปร่างของเขากวางอ่อนและรวมถึงโภชนาการที่มีอยู่ในเขากวางอ่อน เพราะอาหารผสมที่ให้กวางรูซ่าและกวางซีก้ากินถ้ามีความหลากหลายมากและมีข้าวโพดเป็นส่วนผสม จะเป็นฟ่อนข้าวโพดหรือข้าวโพดบด ทำให้กวางให้ผลผลิตเขากวางที่มีเขาลักษณะอุดมสมบูรณ์ สวยงาม ขนาดใหญ่น้ำหนักมาก ในขณะที่อาหารผสมที่มีความหลากหลาย

น้อยกว่าและไม่มีข้าวโพด ทำให้กว้างให้ผลผลิต
เขากว้างอ่อนที่มีความสมบูรณ์และมีคุณค่าโภชนาการ
ในเขากว้างน้อยกว่า พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 ส่วนผสม
ของอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางมีความหลากหลาย
ของอาหารมากกว่าในปี พ.ศ. 2560 จึงทำให้เขากว้าง
ที่ตัดในปีสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2559 มีลักษณะของ
เขากว้างอ่อนสวยงามกว่า และมีคุณค่าโภชนาการ
ในเขากว้างอ่อนมากกว่าเขากว้างอ่อนที่ตัดในปี
พ.ศ. 2561 อาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพ
ของเขากว้างอ่อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหง
ที่สนับสนุนงานวิจัยของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัย
รามคำแหง

เอกสารอ้างอิง

- พรชัย วงศ์วาสนา. 2547. โครงการจัดทำฟาร์มกวาง
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย
รามคำแหง. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์
รามคำแหง. 28 หน้า.
- พรชัย วงศ์วาสนา. 2548. ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัย
รามคำแหง. มหาวิทยาลัยรามคำแหง 34 ปี.
หน้า 56-60.
- พรชัย วงศ์วาสนา. 2552. ผลของภูมิอากาศที่มีต่อ
การเลี้ยงกวางในประเทศไทย. วารสารวิจัย
รามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).
12(1): 67-75.
- มณี อัครานนท์. 2551. งานวิจัยจากฟาร์มกวาง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง. จดหมายข่าว
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย
รามคำแหง. 2(6): 1- 6. June 2551.
- มณี อัครานนท์. 2554ก. สัตฐานวิทยาของเขากว้าง
อ่อนของกวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวาง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัย
รามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).
14(1): 40-70.
- มณี อัครานนท์. 2554ข. ความสัมพันธ์ระหว่าง
วงรอบการเจริญของเขากว้างกับการสืบพันธุ์.

วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี). 14(2): 1-16.

มณี อัครานนท์. 2555ก. การสืบพันธุ์ของกวางที่เลี้ยง
ในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง.
วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี). 15(1): 1-17.

มณี อัครานนท์. 2555ข. การปรับปรุงพันธุ์กวาง
เศรษฐกิจในประเทศไทย. วารสารวิจัย
รามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).
15(2): 1-25.

มณี อัครานนท์ และพรชัย วงศ์วาสนา 2559ก.
การพัฒนาฟาร์มกวางต้นแบบในประเทศ
ไทย. รายงานการวิจัยสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 79 หน้า.

มณี อัครานนท์ และพรชัย วงศ์วาสนา 2559ข.
ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศ
ที่เปลี่ยนแปลงต่อผลผลิตของ ฟาร์มกวาง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัย
รามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).
19(2): 1-15.

มณี อัครานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา ธิติรัตน์
เอกสิทธิกุล และสัญญา กุดั่น. 2555ก.
ประสิทธิภาพของเขากว้างอ่อนต่อสรีรวิทยา
การสืบพันธุ์ของหนูหนูและหนูพ็อพันธุ์
ที่ปลดระวาง. วารสารวิจัยรามคำแหง
(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15(2): 81-119.

มณี อัครานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา ธิติรัตน์
เอกสิทธิกุล และสัญญา กุดั่น. 2555ข.
ผลเจียบพลันและเรื้อรังของการกินเขากว้าง
อ่อนในปริมาณสูงและในระยะยาวในสัตว์
เลี้ยงลูกด้วยนม. วารสารวิจัยรามคำแหง
(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15 (ฉบับ
พิเศษ): 1- 36.

มณี อัครานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา และจิตราภณ
อินทวงศ์. 2556ก. ความนำกินของอาหาร
ผสมสำเร็จของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัย
รามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง
(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 16(1): 1-12.

- มณี อัครวานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา และวิศาล อธิพรธรรม. 2556ข. ผลของการบริหารจัดการน้ำต่อผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 16 (1): 48-58.
- มณี อัครวานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา วิศาล อธิพรธรรม และจิตรภาณุ อินทวงศ์. 2557ก. การวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 17 (1): 38-49.
- มณี อัครวานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา วิศาล อธิพรธรรม และจิตรภาณุ อินทวงศ์. 2557ข. ประสิทธิภาพของมูลกวางต่อการปลูกหญ้าที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 17(2): 1-13.
- มณี อัครวานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา ยິงยง เมฆลอย จิตรภาณุ อินทวงศ์ ธงชัย ช่วยสถิตย์ จิระวุฒนาเค. 2561ก. การผันแปรของวงรอบการเจริญของเขากวางและพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของกวางที่เลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 21(1): 1-12.
- มณี อัครวานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา จิตรภาณุ อินทวงศ์ ธงชัย ช่วยสถิตย์ จิระวุฒนาเค. 2561ข. การบริหารจัดการฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงและการรอดชีวิตของลูกกวาง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 21(2): 1-19.
- รังสรรค์ แสงสุข มณี อัครวานนท์ ธิติรัตน์ เอกสิทธิ์กุล พรชัย วงศ์วาสนา และสัญญา กุศลัน. 2555. คุณค่าทางโภชนาการของเขากวางอ่อน. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15(1): 96-108.
- Chen, J., Yang, Y., Abbasi, S., Halinezhad, D., Kontulainen, S. and Honaramooz, A. 2015. The effects of Elk velvet antler dietary supplementation on physical growth and bone development in growing rats. Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2015; 2015:819520 Doi 10.1155/2015/819520.
- Demarias, S. 2002. Managing for antler production: Understanding age, nutrition, and genetic influences. Res. Adv. Forest and Wildlife Research Center. 7(1): 1-4.
- French, C.E., McEwen, L.C., Magruder, N.D., Ingram, R.H. and Swift, R.W. 1956. Nutrient requirements for growth and antler development in the White-Tailed Deer. J. Wildl. Manag. 20(3): 221-232.
- Goddard, P. 2014. Deer Handling and Transport. InGrandin, T. (ed.) Livestock Handling and Transport. 4th edition. CABI, UK, pp. 342-377.
- Grovenburg, T.W., Jenks, J.A., Jacques, C. N., Klaver, R.W. and Swanson, C.C. 2009. Aggressive defensive behaviour by free ranging white-tailed deer. J. Mammal. 90: 1218-1223.
- Hauer, G. and Heibig, L. 2005. Bison Handling Facilities. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, Canada.
- Kuo, C-Y; Cheng, Y-T., Ho, S-T., Yu, C-C. and Chen, M-J. 2018. Comparison of anti-inflammatory effect and protein profile between the water extracts from Formosan sambar deer and red deer. J. Food Drug Anal. 26(4): 1275-1282.
- Omsjoe, E. H., Stien, A., Invine, J., Abon, S.D., Dahl, E., Thoresen, S.I., Rustad, E. and Ropstad, E. 2009. Evaluating capture stress and its effects on reproductive success in Svalbard reindeer. Can. J. Zool. 87:73-85.

- Tang, Y., Fan, M., Choi, Y., Choi, E. Moon, S., Debnath, T., Yu, Y., Lee, I. and Kim, E. 2018. Protective effect of sika deer (*Cervus nippon*) velvet antler extract against cisplatin-induced kidney and liver injury in a prostate cancer PC-3 Cell Xenograft Model. J. Chem. <http://doi.org/10.1155/2018/6705156>.
- Warren, R. J. 2011. Deer overabundance in the U.S.A.: recent advances in population control. Anim. Prod. Sci. 51:259-266.
- Zhang, L., Wang, J., Li, T., Li, P-Y., Wang, Y-H., Yang, M., Liu, J-P and Liu, J-H. 2019. Determination of the chemical components and phospholipids of velvet antler using UPLC/QTOF-MS coupled with UNIFI software. Exp. Ther. Med. <http://doi.org/10.3892/etm2019.7372>. pp. 3789-3799.

การเปรียบเทียบผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดและฟางหวาน 3 พันธุ์

Comparative Study on Productivity and Nutritive Value of Maize and 3 Sweet Sorghum Varieties

ยิ่งยง เมฆลอย¹ และมณี อัครานนท์²



บทคัดย่อ

การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฟางหวาน (*Sorghum bicolor* (Linn) Moench) 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวฟางหวานพันธุ์ Wray Cowley และ Keller โดยเปรียบเทียบกับข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่อายุการตัด 60 75 และ 90 วัน ผลจากการทดลองพบว่า การเพิ่มอายุการตัดข้าวฟางหวานและข้าวโพด ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งข้าวฟางหวานพันธุ์ Wray มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยที่อายุ 60 75 และ 90 วัน เท่ากับ 114.48 134.91 และ 202.10 กรัมต่อต้น ตามลำดับ รองลงมาคือ ข้าวฟางหวานพันธุ์ Keller ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และข้าวฟางหวานพันธุ์ Cowley ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม น้ำหนักต้นเฉลี่ยของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 กับข้าวฟางหวานพันธุ์ Cowley ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ข้าวฟางหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด โดยปริมาณโปรตีนสูงสุดเฉลี่ย 13.24 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 60 วัน โดยปริมาณโปรตีนจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้น และปริมาณเยื่อใยรวมสูงที่สุดเฉลี่ย 25.05 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณเยื่อใยรวม ตลอดจนค่า NDF และ ADF ของข้าวฟางหวานและข้าวโพดจะสูงขึ้นเมื่ออายุของพืชมากขึ้น ข้าวฟางหวานพันธุ์ Wray ที่อายุการตัด 60 วัน จึงมีความเหมาะสมที่สุดในด้านปริมาณผลผลิตและคุณภาพทางโภชนาการ

คำสำคัญ: คุณค่าทางโภชนาการ ผลผลิต ข้าวฟางหวาน

ABSTRACT

The study on productivity and nutritive values of 3 varieties of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (Linn) Moench) (Wray, Cowley and Keller) compared with maize variety Nakhon Sawan 3 were cut at age 60, 75 and 90 days. The results showed that the total dry matter yields of the sweet sorghum and maize, significantly increased with an increase cutting age. Wray variety had the highest dry matter which average of 60, 75 and 90 days were 114.48, 134.91 and 202.10 gram per plant Respectively, followed by Keller sweet sorghum, Nakhon Sawan 3 and Cowley sweet sorghum. However, the average dry matter of Nakhon Sawan 3 variety were not significantly different from Cowley sweet sorghum variety. It was found that Wray had the highest protein content (13.24 %) when harvested at the age of 60 days. The protein content decreased significantly when cutting age increased with the average of highest crude fiber content 25.05 %. The crude fiber content as well as the NDF and ADF values of sweet sorghum and maize

¹ นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

² รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

increased as plants grew older. Wray sweet sorghum variety at the cutting age of 60 days is therefore the most suitable in terms of yield and nutritional quality.

Keywords: nutritive values, productivity, sweet sorghum

บทนำ

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ อาหารข้นซึ่งเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูง แต่มีเยื่อใยต่ำ เช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่ว มันสำปะหลัง และอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด หญ้าแห้งซึ่งเป็นอาหารที่มีเยื่อใยสูงแต่โภชนะต่ำ อาหารหยาบมีความสำคัญต่อสัตว์กินพืชมาก โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้องต้องกินอาหารหยาบเป็นหลัก ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีฝนตกเฉพาะฤดู การขาดแคลนอาหารสัตว์ในฤดูแล้งจึงเป็นข้อจำกัดสำคัญประการหนึ่งในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทย ดังนั้นการจัดหาพืชอาหารให้เพียงพอจะเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าวลงได้ ข้าวฟ่างหวานซึ่งเป็นพืชชนิดเดียวกันกับข้าวฟ่างจัดเป็นพืชทนแล้งได้ดีและให้ผลผลิตชีวมวลสูง สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ผลิตน้ำตาล น้ำเชื่อม และอาหารสัตว์ มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นจึงปลูกได้ปีละหลายครั้ง มีปริมาณน้ำตาลในลำต้นใกล้เคียงกับอ้อย (ประสิทธิ์, 2549) และเนื่องจากมีน้ำตาลในลำต้นสูง จึงน่าจะสามารถมาผลิตอาหารหมักโดยไม่ต้องเติมสารเสริมใดๆ เก็บถนอมไว้ในสภาพสุญญากาศ เมื่อพืชอาหารสดเปลี่ยนสภาพเป็นพืชหมักแล้วจะสามารถอยู่ได้เป็นเวลานานโดยที่คุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง (สายัญ, 2547) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาถึงผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ สำหรับการนำมาเป็นพืชอาหารสัตว์

วิธีดำเนินการวิจัย

การเปรียบเทียบผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฟ่างหวาน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Cowley Keller และ Wray โดยเปรียบเทียบกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่อายุหลังการปลูก 60 75 และ 90 วัน วางแผนการทดลองแบบ 4 × 3

factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ โดยทำการเตรียมแปลงปลูกโดยใช้ระยะปลูก 50 × 50 เซนติเมตร หยอดเมล็ดหลุมละ 3 เมล็ด ถอนต้นให้เหลือหลุมละ 1 ต้น เมื่ออายุได้ 7 วัน หลังเพาะเมล็ด พร้อมกับให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัม ต่อไร่ เมื่ออายุได้ 15 วัน ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และให้อีกครั้งเมื่ออายุได้ 30 วัน ในอัตราเดียวกัน

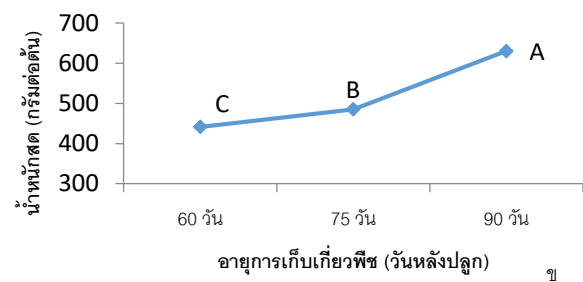
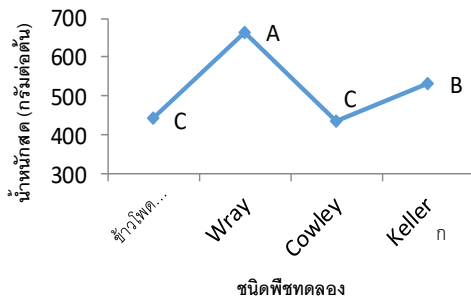
ทำการบันทึกข้อมูลเมื่อข้าวโพดและข้าวฟ่างที่อายุ 60 75 และ 90 วัน โดยสุ่มตัวอย่างบันทึกผลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และน้ำลำต้นของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวานทั้ง 3 พันธุ์ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า เยื่อใยรวม ตามวิธี AOAC (2010) ผนังเซลล์ (NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธี Van Soest et al. (1991) นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีน้ำหนักสดของต้นมากกว่าข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และข้าวฟ่างหวานพันธุ์อื่นๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller (ภาพที่ 1 ก) การเพิ่มอายุการเก็บเกี่ยวจาก 60 75 และ 90 วัน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักสดของต้นข้าวโพดและข้าวฟ่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1 ข) ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย พบว่า ในแต่ละระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีน้ำหนักสดมากกว่าข้าวโพดและข้าวฟ่างพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อายุ 60 วัน พันธุ์ Wray น้ำหนักสดมากที่สุดเฉลี่ย 573.89 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์ Keller น้ำหนักสดเฉลี่ย 436.23 กรัม ส่วนพันธุ์ Cowley กับข้าวโพดนครสวรรค์ 3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยไม่

มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักเท่ากับ 379.92 กับ 376.47 กรัม ตามลำดับ ที่อายุ 75 วัน พันธุ์ Wray ยังคงมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ Keller พันธุ์ Cowley และข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ตามลำดับ และที่อายุ 90 วัน น้ำหนักสดมากที่สุด

เฉลี่ย 747.91 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์ Keller พันธุ์ Cowley และข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ตามลำดับ โดยที่น้ำหนักสดของพันธุ์ Cowley และข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 น้ำหนักสดของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ (กรัมต่อต้น) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บัณฑิตจากชนิดพันธุ์ ข. บัณฑิตจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

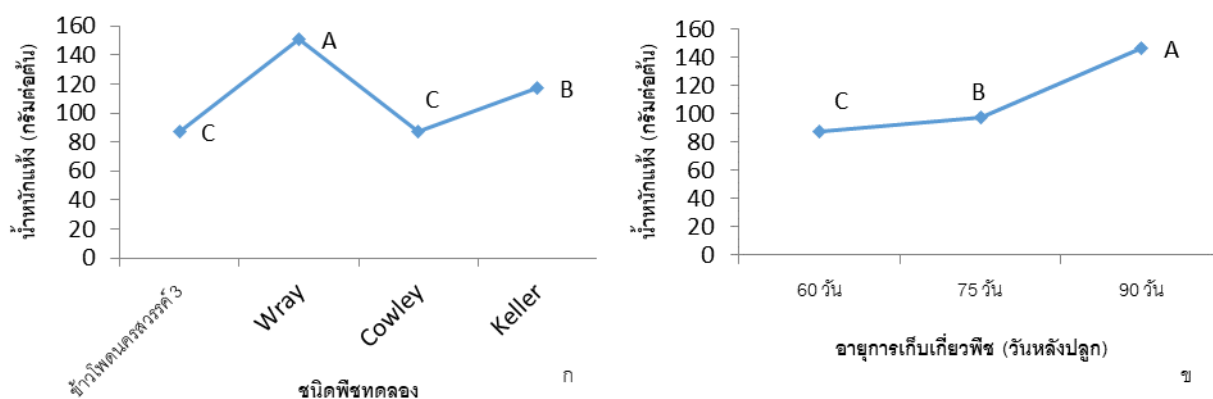
ตารางที่ 1 น้ำหนักสดของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ (กรัมต่อต้น) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วันหลังปลูก)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	376.47 ⁱ	409.96 ^g	539.11 ^e
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	573.89 ^d	674.73 ^c	747.91 ^a
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	379.92 ⁱ	369.20 ^h	532.25 ^e
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	436.23 ^g	460.40 ^f	702.03 ^b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ด้านผลผลิต น้ำหนักแห้งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับน้ำหนักสดคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray ยังคงมีน้ำหนักมากกว่าข้าวโพดและข้าวฟ่างพันธุ์อื่นๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller (ภาพที่ 2 ก) การเพิ่มอายุการเก็บเกี่ยวจาก 60 75 และ 90 วัน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดและข้าวฟ่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 2 ข) โดยอายุเก็บเกี่ยวที่ 60 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 114.48 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์ Keller น้ำหนักแห้งเฉลี่ย 87.18 กรัม โดยที่พันธุ์ Cowley และข้าวโพด

นครสวรรค์ 3 มีน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 75.04 และ 74.82 กรัม ตามลำดับ อายุ 75 วัน พันธุ์ Wray ยังคงมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ Keller พันธุ์ Cowley และข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ตามลำดับ และที่อายุ 90 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 202.10 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์ Keller ส่วนพันธุ์ Cowley กับข้าวโพดนครสวรรค์ 3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยมีค่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 2 น้ำหนักแห้งของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ (กรัมต่อตัน) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บัณฑิตจากชนิดพันธุ์ ข. บัณฑิตจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ (กรัมต่อตัน) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วันหลังปลูก)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	74.82 ⁱ	82.50 ^h	105.04 ^e
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	114.48 ^d	134.91 ^c	202.10 ^a
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	75.04 ^j	79.94 ⁱ	106.75 ^e
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	87.18 ^g	92.89 ^f	172.16 ^b

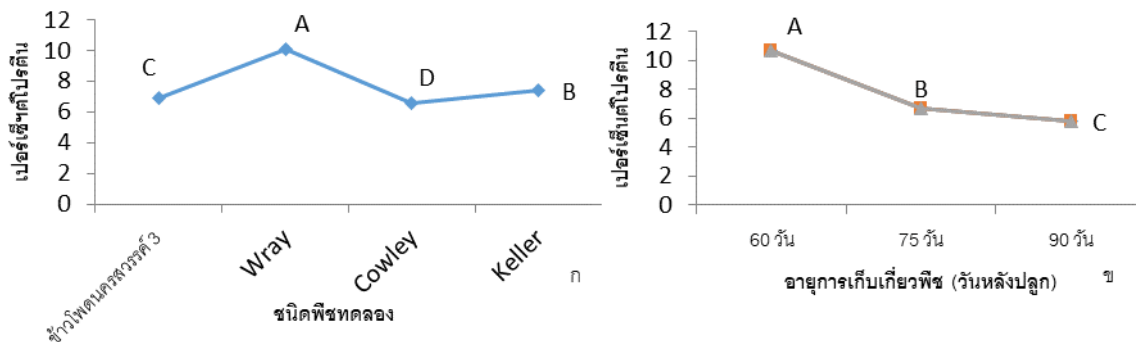
ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ในด้านองค์ประกอบทางเคมี ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Keller ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ตามลำดับ (ภาพที่ 3 ก) อายุการเก็บเกี่ยวที่มากขึ้นมีผลต่อการลดลงของปริมาณโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 ข) โดยปริมาณโปรตีนมากที่สุดอายุเก็บเกี่ยวที่ 60 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray พันธุ์ Keller พันธุ์ Cowley และข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 13.28 10.88 9.52 และ 9.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอายุการเก็บเกี่ยวที่ 75 และ 90 วัน ปริมาณโปรตีนในข้าวโพดและข้าวฟ่างทั้ง 3 พันธุ์จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ปริมาณไขมันพบว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley มีปริมาณไขมันมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Wray พันธุ์ Keller และข้าวโพดนครสวรรค์ 3 มีปริมาณไขมันน้อยที่สุด (ภาพที่ 4 ก) อายุการเก็บเกี่ยวที่มากขึ้นปริมาณไขมันจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4 ข) โดยอายุการเก็บเกี่ยวที่ 60 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller และพันธุ์ Wray มีเปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 1.78 1.66 1.61 และ 1.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอายุการเก็บเกี่ยวที่ 75 และ 90 วัน ปริมาณไขมันในข้าวโพดและข้าวฟ่างทั้ง 3 พันธุ์จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ปริมาณเก่าพบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณเก่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray พันธุ์ Cowley และพันธุ์ Keller ตามลำดับ (ภาพที่ 5 ก) อายุการเก็บเกี่ยวที่มากขึ้นปริมาณเก่าจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4 ข) โดย

อายุการเก็บเกี่ยวที่ 60 วัน ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณเก่าสูงที่สุด เฉลี่ย 8.81 6.47 และ 6.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray และพันธุ์ Cowley (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์โปรตีนของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บั๊จจัยจากชนิดพันธุ์ ข. บั๊จจัยจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์โปรตีนรวมของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	9.08 ^a	6.12 ^g	5.34 ^{ij}
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	13.28 ^a	9.34 ^d	7.47 ^f
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	9.52 ^c	5.26 ^j	4.91 ^k
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	10.88 ^b	5.85 ^h	5.34 ^{ij}

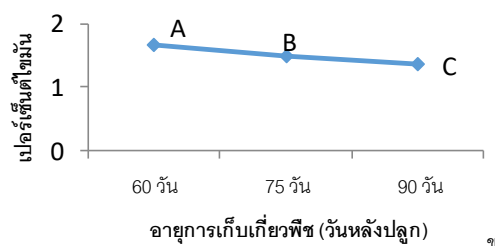
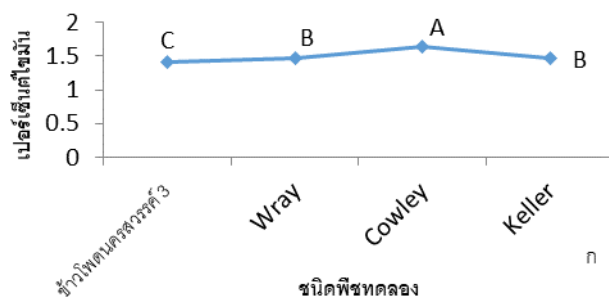
ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ด้านปริมาณเยื่อใยพบว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณเยื่อใยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ Keller ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ตามลำดับ (ภาพที่ 6 ก) อายุของพืชที่มากขึ้นมีผลให้ปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 6 ข) โดยปริมาณเยื่อใยรวมที่อายุการเก็บเกี่ยว 90 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณเยื่อใยรวมเฉลี่ย 29.11 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ Cowley มีปริมาณเยื่อใยรวมน้อยที่สุดเฉลี่ย 23.58 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

ส่วนของผนังเซลล์ (NDF) ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller มีเปอร์เซ็นต์ของ NDF สูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ Wray ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ตามลำดับ (ภาพที่ 7 ก) อายุของพืชที่มากขึ้นมีผลให้ NDF สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7 ข) อายุการเก็บเกี่ยวที่ 60 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller มีปริมาณ NDF เฉลี่ย 60.41 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 60.34 ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray 60.71 เปอร์เซ็นต์ และ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley 62.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง NDF ของพืชแต่ละชนิดจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ (ตารางที่ 7) ด้านปริมาณลิกนินเซลลูโลส (ADF) ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีเปอร์เซ็นต์ของค่า ADF สูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ Keller ข้าวโพดพันธุ์ นครสวรรค์ 3 และข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley ตามลำดับ (ภาพที่ 8 ก) อายุของพืชที่มากขึ้นมีผลให้ ปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 8 ข) โดยที่อายุเก็บเกี่ยว 90 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์

Wray มีปริมาณ ADF เฉลี่ย 42.99 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ Keller 41.36 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 38.85 เปอร์เซ็นต์ และข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley 36.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณ ADF ของพืชแต่ละชนิด จะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติเช่นเดียวกับ NDF (ตารางที่ 8)



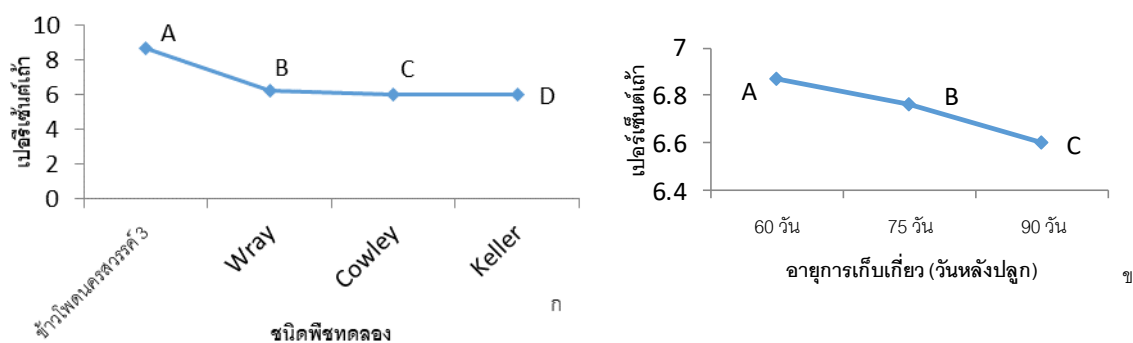
ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์ไผ่ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บัณฑิตจากชนิดพันธุ์ ข. บัณฑิตจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ไผ่ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วันหลังปลูก)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	1.66 ^b	1.39 ^f	1.21 ^h
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	1.59 ^c	1.43 ^e	1.36 ^f
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	1.78 ^a	1.63 ^{bc}	1.53 ^d
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	1.61 ^c	1.47 ^e	1.30 ^g

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)



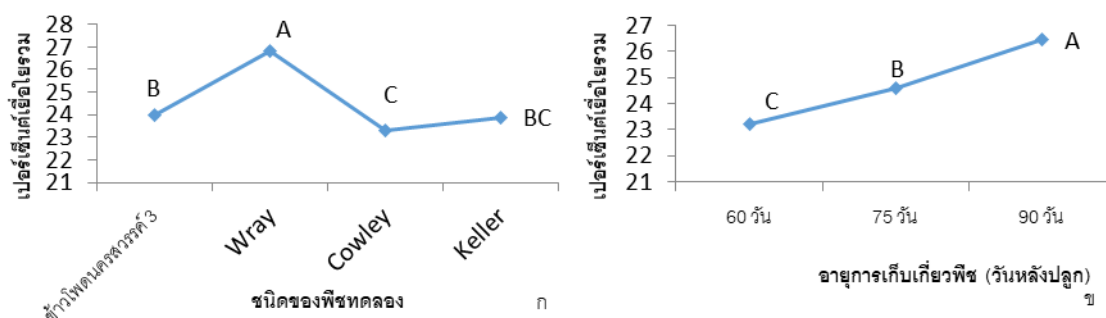
ภาพที่ 5 เปอร์เซนต์ได้ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บัณฑิตจากชนิดพันธุ์ ข. บัณฑิตจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 5 เปอร์เซนต์ได้ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วันหลังปลูก)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์ 3	8.81 ^a	8.78 ^a	8.53 ^b
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	6.47 ^c	6.25 ^d	5.99 ^g
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	6.08 ^f	6.07 ^f	5.99 ^g
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	6.12 ^e	5.95 ^h	5.89 ⁱ

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)



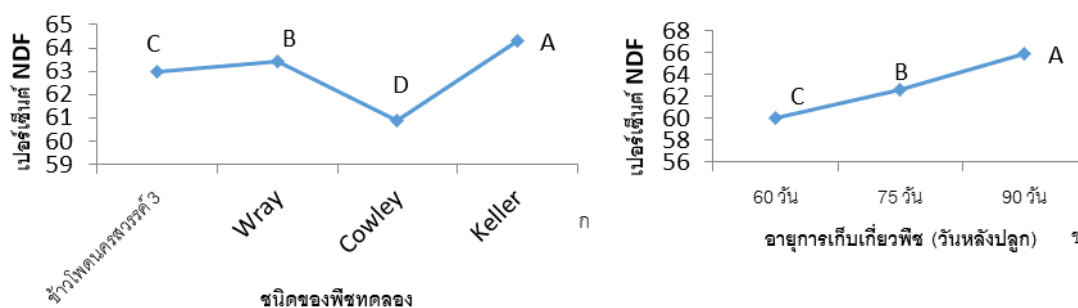
ภาพที่ 6 เปอร์เซนต์เฉลี่ยรวมของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บัณฑิตจากชนิดพันธุ์ ข. บัณฑิตจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์เยื่อใยรวมของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	22.19 ^e	22.92 ^{de}	26.85 ^b
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	25.05 ^{bcd}	26.25 ^b	29.11 ^a
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	22.70 ^e	23.71 ^{cde}	23.58 ^{cde}
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	22.90 ^{de}	22.49 ^{bc}	26.28 ^b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)



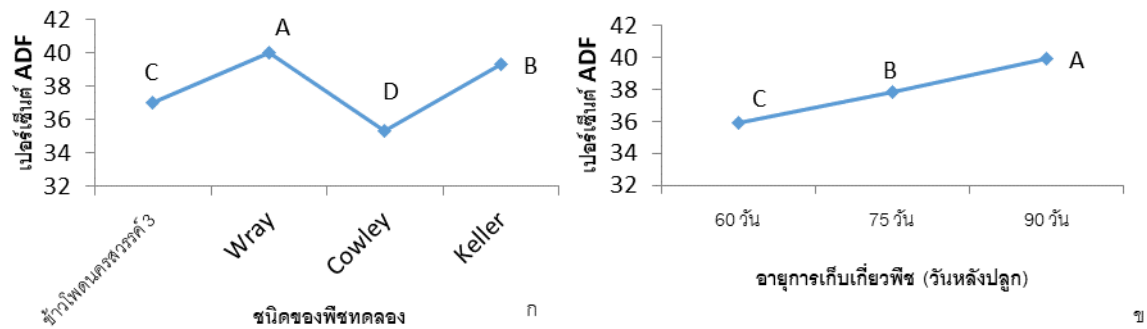
ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์ NDF ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

ก. บัณฑิตจากชนิดพันธุ์ ข. บัณฑิตจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ NDF ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	60.34 ^f	62.16 ^e	66.44 ^b
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	60.71 ^f	64.78 ^c	64.83 ^c
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	58.88 ^g	60.74 ^f	62.97 ^d
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	60.41 ^f	63.03 ^d	69.44 ^a

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์ ADF ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน
 ก. บั๊จจัยจากชนิดพันธุ์ ข. บั๊จจัยจากอายุการเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ ADF ของข้าวโพดและข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 60 75 และ 90 วัน

พืชทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)		
	60	75	90
ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3	34.53 ^g	37.62 ^d	38.85 ^c
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray	37.83 ^d	39.11 ^c	42.99 ^a
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley	33.79 ^b	35.55 ^f	36.69 ^e
ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller	37.33 ^d	39.19 ^c	41.36 ^b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ($p = 0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบตามอายุข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีน้ำหนักของต้นทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักสดต่อต้นน้ำหนักแห้งเฉลี่ยที่อายุ 60 75 และ 90 วัน เท่ากับ 573.89/114.48 674.73/134.91 และ 747.91/202.10 กรัม ต่อ ต้น ตามลำดับ รองลงมาคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller ส่วนด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด โดยปริมาณโปรตีนสูงสุดเฉลี่ย 13.28 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 60 วัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley มีปริมาณไขมันมากที่สุด โดยปริมาณโปรตีนสูงสุดเฉลี่ย 1.78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 60 วัน การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าซึ่งเป็นแร่ธาตุหรือสารอนินทรีย์พบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงสุด ที่อายุเก็บเกี่ยว 60 และ 75 วัน เท่ากับ 8.81 และ 8.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray Cowley และ Keller ตามลำดับ ด้านปริมาณเยื่อ

ใยรวม ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Wray มีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุดเฉลี่ย 26.80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ปริมาณเยื่อใยรวมจะสูงขึ้นเมื่ออายุของพืชมากขึ้น เยื่อใยเป็นส่วนที่ย่อยได้ยากจึงเหมาะใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะรวมพวกเคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น (กมลทิพย์, 2554) ผนังเซลล์ (NDF) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ ส่วนลิกนินเซลลูโลส (ADF) เป็นส่วนของลิกนินและเซลลูโลส ซึ่งลิกนินเป็นสารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องย่อยไม่ได้ เมื่อพืชอายุมากขึ้นผนังเซลล์จะแข็ง และเนื่องจากมีลิกนินเพิ่มในปริมาณมากขึ้น (ยิ่งลักษณ์, 2556) ซึ่งอาจจะหุ้มองค์ประกอบอื่นๆ ของเซลล์ทำให้น้ำย่อยไม่สามารถผ่านชั้นของลิกนิน นอกจากนี้อายุที่มากขึ้นส่วนของลำต้นจะเพิ่มขึ้น ส่วนของใบซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง และเป็นส่วนที่ย่อยได้สูงลดลง จึงทำให้สัตว์ได้ประโยชน์จากพืชนั้นได้น้อย

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ ประสมเพชร. 2554. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด.
- ประสิทธิ์ ใจศีล. 2549. ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ มข.40 เพื่อผลิตเอทานอล. ขอนแก่น : ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ยิ่งลักษณ์ มูลสาร. 2556. การวิเคราะห์อาหารสัตว์. กรุงเทพฯ : แอคทีฟ พรินท์ จำกัด
- สายนธ์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 2010. Official Method of Analyses. 18th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis. B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74(10) : 3583 – 3597.

ผลของสารสกัดหยาบพืชสมุนไพรและไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา

Effect of Herb Crude Extracts Mixed on Chitosan to Inhibit Cucumber Pathology

สมฤทัย ตันมา¹ และณรงค์ฤทธิ์ ตี๋คำป้อ²



บทคัดย่อ

พืชวงศ์แตงเป็นพืชที่นิยมปลูกในประเทศไทย เช่น แตงกวา แตงโม เมล่อน แคนตาลูป ฟักทอง มะระ เป็นต้น ปัญหาสำคัญของการปลูกพืชวงศ์แตงคือ การเกิดโรคระบาดที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก ซึ่งโรคระบาดในพืชวงศ์แตงเกิดจากสาเหตุหลักคือเชื้อก่อโรค 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อ Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2), เชื้อไวรัสในกลุ่มพ็อตไวรัส (Potyvirus) และเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) ทำให้มีการใช้สารเคมีในการเพาะปลูกพืชเหล่านี้อย่างแพร่หลาย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรและไคโตซานเพื่อยับยั้งเชื้อก่อโรคพืชในแตงกวา ผลการตรวจด้วยชุดตรวจ Cucurbits-3 in 1 Easy kit (สวทช.) กับใบแตงกวาที่ได้จากแปลงทดลองที่มีการใช้สารชีวภาพฉีดพ่นเป็นเวลา 30 วัน พบว่าสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคทั้ง 3 ชนิดได้ และ ใบพืชไม่แสดงอาการติดโรค ในขณะที่สารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสะเดา และสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่งให้ผลบวกต่อเชื้อ Potyvirus และใบพืชแสดงอาการติดโรคโดยมีจุดสีเหลืองน้ำตาลบนใบพืช สำหรับใบแตงกวาที่ใช้สารละลายไคโตซานฉีดพ่นเพียงอย่างเดียว พบว่าใบพืชให้ผลลบต่อการติดเชื้อทั้ง 3 ชนิด แต่ใบพืชได้รับความเสียหายจากการโดนแมลงกัดกิน จากนั้นศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือด้วยเทคนิค GC-MS พบว่าประกอบด้วยสารที่สำคัญคือ Acetic acid, Ethanol, Propanol, 2-methyl, Acetone และ Butanal, 3-methyl ตามลำดับ จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าของผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือมีประสิทธิภาพยับยั้งการเกิดเชื้อก่อโรค 3 ชนิดในแตงกวาได้ อีกทั้งป้องกันแมลงศัตรูพืชมากัดกินในพืชได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: ไคโตซาน แตงกวา พ็อตไวรัส สาบเสือ

ABSTRACT

Plants in the cucurbitaceae family have been widely cultivated in Thailand i.e. cucumber, watermelon, melon, cantaloupe, pumpkin and bitter gourd. The major problem in cucurbitaceae cultivation is the plant pathology outbreaks which cause substantial economic damage. The cucurbitaceae epidemic plant disease is caused by three types of pathogens: Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2), Potyvirus and *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac). Chemicals therefore are widely used in the cultivation of these plants. In this research investigation, the researchers studied the use of crude extracts from herbs and chitosan to inhibit plant pathogens in cucumbers. Cucurbits-3 in 1 easy kit (NSTDA) was used to detect the inhibitory

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

² คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

effect on the cucumber leaves obtained from the experimental planting plot which had been sprayed with biological substances for thirty days. The result showed that the mixture of chitosan and Siam weed (*Chromolaena odorata*) extracts was efficient in inhibiting all three types of pathogens and the cucumber leaves did not show signs of infection. The mixture of chitosan and neem leaf (*Azadirachta indica*) extract and the mixture of chitosan and guava leaf extracts showed a positive effect on Potyvirus and the plant leaves showed signs of infection with yellow-brown spots on the leaves. Cucumber leaves sprayed with chitosan only were found to exhibit negative effects on all three types of pathogens. Plant leaves were damaged by insect bites. The study of the chemical components of the chitosan solution and Siam weed extracts using the GC-MS technique found that the major substances were Acetic acid, Ethanol, Propanol, 2-methyl, Acetone and Butanal, and 3-methyl. The basic study found that the components of chitosan solutions and Siam weed extracts exhibited efficiency in inhibiting the three types of pathogens in cucumbers and could prevent insect pests when compared with the use of chitosan only.

Keywords: chitosan, cucumber, potyvirus, Siam weed

บทนำ

พืชวงศ์แตงเป็นพืชที่นิยมปลูกในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคเหนือตอนบน เช่น แดงกวา แตงโม เมล่อน แคนตาลูป ฟักทอง มะระ เป็นต้น พืชวงศ์แตงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและกำลังจะได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะแตงกวาเพื่อใช้ผลิตอาหารกระป๋องสำเร็จรูป เช่น ทำแตงกวาดอง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการปลูกแตงกวาและพืชวงศ์แตงมักประสบปัญหาสำคัญคือการเกิดโรคระบาดที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก ซึ่งโรคระบาดในพืชวงศ์แตงเกิดจากสาเหตุหลักคือเชื้อก่อโรค 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อ Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2), เชื้อไวรัสในกลุ่มไฟที่ไวรัส (Potyvirus) และเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) นอกจากนี้ยังมีเชื้อในกลุ่มเชื้อราพวก *Fusarium oxysporum*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Colletotrichum* spp., *Alternaria* spp. และเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Erwinia tracheiphila* อีกทั้งแมลงศัตรูพืชจำพวก เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน เต่าแตงแตง ซึ่งเชื้อและแมลงเหล่านี้ก่อให้เกิดโรคต่างๆ ต่อพืชวงศ์แตง อาทิ โรคราน้ำค้าง (Downy mildew) หรือที่เกษตรกรนิยมเรียกว่าโรคใบลาย, โรคใบด่าง (Mosaic) และโรคใบจุดเหลี่ยม

(angular leaf spot) เป็นต้น ทำให้มีการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการเพาะปลูกพืชเหล่านี้อย่างมาก ซึ่งก่อให้เกิดสารเคมีอันตรายตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของทั้งตัวเกษตรกรและผู้บริโภค

ปัจจุบันแนวทางการทำเกษตรอินทรีย์ได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้น เกษตรกรมีการใช้สารชีวภาพที่ได้จากพืชหรือสัตว์ต่างๆ ทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์เพื่อกำจัดเชื้อก่อโรคและแมลงศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสารออกฤทธิ์ที่สกัดจากพืชและสัตว์ไม่คงทนและสลายตัวง่าย จึงไม่ก่อให้เกิดการสะสมของสารพิษในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม (Murray, 2000) อาทิ การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากใบสบเสือที่สกัดด้วยเอทานอล ในการเป็นสารไล่ สารฆ่าและสารยับยั้งการกินของเพลี้ยอ่อนตัวฝักยาว พบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบสบเสือมีผลต่อการไล่ การฆ่า และการยับยั้งการกินของเพลี้ยอ่อนตัวฝักยาว (Leguminosae) (ณัฐพงศ์, 2560) การศึกษาใช้สารสกัดจากพืชในพื้นที่สะลง อ.แมริม จ.เชียงใหม่ ควบคุมการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum* sp. ที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก ทำการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจากพืช 12 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กระเทียม ข่า ขมิ้น ดีปลี พลุ พลุควา ฟักทะเลยาโจร มะกรูด ส้มป่อย สะระแหน่ และสบเสือ โดยทำการสกัดด้วยเอทานอล

95 เปอร์เซ็นต์และน้ำกลั่น ทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา พบว่าสารสกัดจากข้าวให้ผลในการยับยั้งดีที่สุดที่สกัดด้วยเอทานอล และน้ำกลั่น ตามลำดับ (กัลทิมา, 2547) การศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืช 5 ชนิด ได้แก่ ใบฝรั่ง ใบพลู เปลือกทับทิม รากหญ้าน้ำ และหัวแก่นตะวัน ในการยับยั้งการเจริญของ *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* สาเหตุโรคเน่าและของผักกาดขาวปลี ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนปลูกพืชทดลอง สารสกัดหยาดพืชทั้ง 5 ชนิด โดยใช้สารตัวทำลายเอทานอล 95% เอทิลอะซิเตท เฮกเซน และน้ำ กรองและระเหยแห้งภายใต้สภาพสุญญากาศ ผลการวิจัยพบว่าสารสกัดหยาดใบพลูในเอทานอล 95% และในเอทิลอะซิเตท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคเน่าและได้ดีที่สุด (วิลาวรรณและคณะ, 2559) การศึกษาผลของการพ่นน้ำส้มควันไม้ สารสกัดพืชสูตรผสม (ไล่ต้น 40% หนอนตายหยาก 20% บอระเพ็ด 5% ตะไคร้หอม 5% ยูคาลิปตัส 5% ข่า 5% มะคำดีควาย 5%) สารสกัดหยาดยี่โก สารสกัดสะเดา จุลินทรีย์ *Baillus subtilis* จุลินทรีย์ *Trichoderma* spp. และสารสกัดหยาดมะรุม ต่อการควบคุมศัตรู ลำไยในสภาพแปลงปลูก และในโรงเรือนมุ้งตาข่าย ระหว่างปี 2555-2556 พบว่าการพ่นสารสกัดพืชสูตรผสมอัตราเจือจางน้ำ 400 เท่า ทุกๆ 2 สัปดาห์ ให้ผลดีที่สุดในการควบคุมแมลงศัตรูลำไย โดยสามารถลดความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงได้ 41.9% เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใช้สาร (control) (พัชรภรณ์, 2556) ยังมีรายงานวิจัยของ (อนุรักษ์, 2561) ประสิทธิภาพของไคโตซานต่อการควบคุมโรคใบจุดของต้นกล้วยน้ำว้า พบว่าไคโตซานยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *C. oryzae* สาเหตุโรคใบจุดของต้นกล้วยน้ำว้าบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (in vitro) และลดอาการใบจุดบนใบ ของต้นกล้วยน้ำว้า (in vivo) ด้วยกรรมวิธี detached leaf งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารสกัดที่เป็นของผสมของสารละลายไคโตซานและพืชสมุนไพรท้องถิ่นเพื่อยับยั้งการเกิดโรคของพืชวงศ์แตง โดยเตรียมสารสกัดหยาดจากใบสาบเสือ ใบสะเดา ใบฝรั่ง นำมาผสมกับสารละลายไคโตซานเพื่อใช้เป็นสารธรรมชาติสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อก่อโรคและแมลงศัตรูพืชในแปลงทดลองแตงกวา

Cucumis sativus L.) โดยทดสอบการติดเชื้อก่อโรคแตงสำคัญ 3 ชนิดที่ใบของแตงกวาเบื้องต้นด้วยชุดตรวจ Cucurbits-3 in 1 Easy Kit (สวทช.) และศึกษาองค์ประกอบเคมีที่สำคัญของสารผสมด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อหาสารพิษเคมีสำคัญของสารผสมที่เตรียมได้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นสูตรสารธรรมชาติเพื่อใช้ป้องกันโรคและแมลงในแตงกวาต่อไป

จุดมุ่งหมายการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพืชสมุนไพรในท้องถิ่นและไคโตซานที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคพืชวงศ์แตงในแปลงทดลองแตงกวา
2. เพื่อศึกษาพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาดพืชสมุนไพรและไคโตซานที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา
3. เพื่อพัฒนาสูตรสารผสมพืชสมุนไพรและไคโตซานเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบป้องกันโรคพืชตระกูลแตง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากพืชและสารละลายไคโตซาน

เก็บพืชสมุนไพรใบฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) ใบสะเดา (*Azadirachta indica* A.Juss.) และใบสาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson) ในเขตพื้นที่อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย นำใบพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมาล้างทำความสะอาด ตากแดดจนแห้งสนิทประมาณ 1-2 วัน บั่นให้ละเอียด ชั่งใส่ถุงละ 3 กรัม เตรียมสารละลายไคโตซาน 1.0% w/v ใน 1.0% v/v Acetic acid แล้วนำใบพืชสมุนไพรทั้ง 30 ชนิดที่ชั่งไว้มาผสมกับสารละลายไคโตซาน 1.0% w/v โดยมีอัตราส่วน 20 มิลลิลิตร และน้ำ 5 ลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทดสอบในแปลงทดลองต่อไป คัดค่าความเข้มข้นของสารสกัดในสารละลายได้ 0.06% w/v

2. การเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อปลูกทดสอบโรคในแปลงทดลอง

นำเมล็ดแตงกวา (*Cucumis sativus* L.) พันธุ์ลูกผสมล้านนา โดยเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์เพาะลงในถาดเพาะ หลุมละ 2 เมล็ด ประมาณ 2 สัปดาห์ รดน้ำ

พอประมาณ จนต้นอ่อนเริ่มงอกและมีรากออกมา แข็งแรงพร้อมที่จะเจริญเติบโต เตรียมแปลงปลูก แดงกวา และนำต้นกล้าที่เพาะไว้มาลงปลูกในแปลง จำนวน 4 ต้นต่อหนึ่งแปลง จำนวน 3 แปลง โดยการ ทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (control) และ กลุ่มทดลอง (treatment) เมื่อต้นแดงกวาโตพอสมควร มีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ จึงเริ่มการใช้กับสารสกัดพืช สมุนไพรที่เตรียมไว้ต่อไป

3. ประสิทธิภาพของสารสกัดพืชสมุนไพรและ สารละลายไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรค แดงกวาในแปลงทดลอง

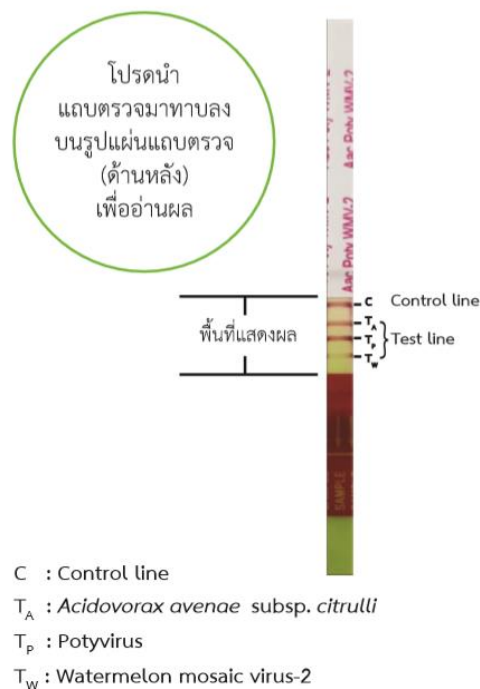
เตรียมสารผสมสารละลายไคโตซานและสาร สกัดใบสะเดา, สารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่ง, สารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารผสมในการยับยั้ง เชื้อก่อโรคของแดงกวา เป็นระยะเวลา 30 วัน ทำการ ฉีดพ่นสารผสมที่เตรียมไว้ โดยฉีดพ่นทุกๆ 5 วัน สังเกตการเจริญเติบโตของต้นแดงกวาและการเกิดโรค ที่ใบของแดงกวา จากนั้นนำตัวอย่างใบพืชทั้งกลุ่ม ควบคุม และกลุ่มทดลองไปตรวจด้วยชุดตรวจ

Cucurbits-3 in 1 Easy Kit (สวทช.) นำผลที่ได้ของ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมาเปรียบเทียบกัน

4. การตรวจการติดเชื้อก่อโรค 3 ชนิด ของใบ แดงกวาด้วยชุดตรวจ Cucurbits-3 in 1 Easy Kit (สวทช.)

จุดประสงค์ของชุดตรวจ Cucurbits-3 in 1 Easy kit ใช้สำหรับตรวจหาเชื้อก่อโรคในแดงกวา 3 ชนิดได้พร้อมกันในคราวเดียว ได้แก่ Watermelon mosaic virus2 (WM-2) เชื้อไวรัสในกลุ่มโพที่ไวรัส (Potyvirus) และเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) โดยชุดตรวจนี้มีความจำเพาะ เจาะจงต่อเชื้อก่อโรคพืชทั้ง 3 ชนิดข้างต้นโดยไม่ทำ ปฏิกริยาข้ามกันเองและไม่ทำปฏิกริยาข้ามกับเชื้อไวรัส และแบคทีเรียก่อโรคพืชชนิดอื่นๆ และมีความไว เพียงพอในการตรวจเชื้อในตัวอย่างพืชเป็นโรคที่เก็บ จากแปลงปลูก มีความถูกต้อง แม่นยำ ง่าย และสะดวก ในการใช้งาน รู้ผลรวดเร็วภายใน 10 นาที และสามารถ พกพาไปตรวจในแปลงปลูกได้ไม่ต้องอาศัย ผู้ชำนาญการและอุปกรณ์เครื่องมือเทียบเส้น Test line

5. เทียบเส้น Test line



ภาพที่ 1 วิธีแปลผลปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ผลบวก : หมายถึงตัวอย่างพืชที่ทดสอบมีเชื้อก่อโรคพืชเป้าหมาย จะเกิดแถบสีทั้ง Test line (T) และ Control line (C)

5. การศึกษาองค์ประกอบเคมี

ศึกษาองค์ประกอบเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยสารละลาย 5% เอทานอลในน้ำ วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น GC/MS TG8050 ยี่ห้อ Shimadzu โดยใช้คอลัมน์ capillary column ชนิด DB-5MS ขนาดความยาว 30.0 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.1 ไมโครเมตร ใช้ฮีเลียม(He) เป็น carrier gas ด้วยอัตรา 3.0 มล./นาที ปริมาณตัวอย่างที่ฉีด 2 ไมโครลิตร ฉีดสารสกัดตัวอย่างเป็นแบบ split injection mode อัตราส่วน 5:1 และใช้โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ ดังนี้ ตั้งอุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้น 70°C เป็นเวลา 2 นาที โปรแกรมเครื่อง 120°C เป็นเวลา 2 นาที โดยเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 3°C ต่อนาที จากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 230°C โดยเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10°C ต่อนาที ให้อุณหภูมิคงที่นาน 10 นาที ส่วนของแมสสเปกโตรมิเตอร์ อุณหภูมิระหว่างเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีกับแมสสเปกโตรมิเตอร์ (Interface) 280°C ในส่วนของแมสสเปกโตรมิเตอร์อุณหภูมิแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน (Ion source) 250°C พลังงานของอิเล็กตรอน (electron impact) ชนกับโมเลกุลของสาร

เท่ากับ 70 eV อุณหภูมิส่วนตัดแยกไอออน (Quadrupole) 150°C ช่วงขนาดโมเลกุลขณะวิเคราะห์เท่ากับ 50-500 อะตอมมิกแมสยูนิท จากนั้นบันทึกผลเป็นโครมาโทแกรม และประเมินผลเปรียบเทียบค่า Mass spectrum ขององค์ประกอบทางเคมีในสารสกัดใบฝรั่งแต่ละพีค (peak) ที่ได้กับค่า Mass spectrum ของค่ามาตรฐานที่มีการบันทึกไว้ใน library ในฐานข้อมูลของ NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library 2014

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของสารผสมสารสกัดหยาบพืชและไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวาในแปลงทดลอง

ผลประสิทธิภาพการใช้สารผสมของพืชสมุนไพรและไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา 3 ชนิดในแปลงทดลองได้ว่า สารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือให้ผลดีที่สุด เนื่องจากไม่พบใบแตงกวาที่ติดเชื้อ Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2) เชื้อไวรัสในกลุ่ม Potyvirus และเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) และใบไม้โดนแมลงกัดกิน แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา 3 ชนิด ในแปลงทดลอง

ชนิดของสารผสม	ต้นแตงกวา อายุ 30 วัน (ใช้ของผสมฉีดพ่นและรดดิน 4 ครั้ง)	ผลการทดสอบการติดเชื้อมาก่อนโรคพืช ด้วยชุด ทดสอบ Cucurbits-3 in 1 Easy Kit (สวทช.)
1. แปลงควบคุม (ไม่ใช้สารผสมฯ)		1) ผลตรวจเชื้อก่อโรค 3 ชนิด พบผลบวกต่อเชื้อ - Potyvirus - Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2) 2) ผลทางกายภาพ - ใบมีจุดสีน้ำตาลเหลืองขนาดใหญ่ เกือบทุกใบทั้ง 4 ต้น ใบหัก บ้างใบแห้งตายคาต้น - ใบโดนแมลงกัดกินจำนวนมาก เกือบทุกใบทั้ง 4 ต้น
2. แปลงที่ใช้สาร ผสมสารละลาย ไคโตซานและ สารสกัดใบสะเดา		1) ผลตรวจเชื้อก่อโรค 3 ชนิด พบผลบวกต่อเชื้อ - Potyvirus 2) ผลทางกายภาพ - เส้นใบสีและใบมีจุดสีเหลืองขนาดเล็ก พบใบที่เป็นจุดสีเหลืองทั้ง 4 ต้นๆ ละประมาณ 3-4 ใบ - ไม่พบใบที่โดนแมลงกัดกิน

ตารางที่ 1 แสดงผลของสารผสมสารละลายโคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา 3 ชนิด ในแปลงทดลอง (ต่อ)

ชนิดของสารผสม	ต้นแตงกวา อายุ 30 วัน (ใช้ของผสมฉีดพ่นและรดดิน 4 ครั้ง)	ผลการทดสอบการติดเชื้อมาก่อนโรคพืช ด้วยชุดทดสอบ Cucurbits-3 in 1 Easy Kit (สวทช.)
3. แปลงที่ใช้สารผสม สารละลายโคโตซานและ สารสกัดใบฝรั่ง		1) ผลตรวจเชื้อมาก่อนโรค 3 ชนิด พบผลบวกต่อเชื้อ - Potyvirus 2) ผลทางกายภาพ - เส้นใบสีและใบมีจุดสีเหลืองและสีน้ำตาลทั่วทั้งใบ พบใบจุดมากกว่าแปลงสะเดา โดยพบทั้ง 4 ต้นๆ ละประมาณ 6-10 ใบ - ไม่พบใบที่โดนแมลงกัดกิน
4. แปลงที่ใช้สารผสม สารละลายโคโตซานและ สารสกัดใบสาบเสือ		1) ผลตรวจเชื้อมาก่อนโรค 3 ชนิด - ไม่พบผลบวกต่อเชื้อทั้ง 3 ชนิด 2) ผลทางกายภาพ - ใบมีสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่พบใบที่มีจุดสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ทั้ง 4 ต้น - ไม่พบใบที่โดนแมลงกัดกิน

ตารางที่ 1 แสดงผลของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา 3 ชนิด ในแปลงทดลอง (ต่อ)

ชนิดของสารผสม	ต้นแตงกวา อายุ 30 วัน (ใช้ของผสมฉีดพ่นและรดดิน 4 ครั้ง)	ผลการทดสอบการติดเชื้อมาก่อนโรดพืช ด้วยชุด ทดสอบ Cucurbits-3 in 1 Easy Kit (สวทช.)
5. แปลงที่ใช้ สารละลายไคโตซาน		1) ผลตรวจเชื้อก่อโรค 3 ชนิด ไม่พบผลบวกต่อเชื้อทั้ง 3 ชนิด 2) ผลทางกายภาพ - เส้นใบสีและใบมีจุดสีเหลืองขนาดเล็ก พบเฉลี่ย 1-2 ต้นๆละ 1-2 ใบ - พบใบที่โดนแมลงกัดกิน เกือบทั้ง 4 ต้น

2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)

2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสะเดา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสะเดา โดยใช้เครื่อง GC-MS บริษัท Shimadzu โดยใช้คอลัมน์ capillary คอลัมน์ชนิด DB-5MS ขนาดความยาว 30.0 เมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร พบว่า องค์ประกอบทางเคมีที่จำแนกได้นั้นใช้เวลาในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ในช่วงเวลา 1.802 ถึง 31.450 นาที แสดงองค์ประกอบสารทั้งหมด 7 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยเรียงลำดับตามเวลาที่สารถูกชะออกจากคอลัมน์ (retention time) ทั้งนี้มีสารองค์ประกอบที่พบมากที่สุด

คือ Acetic acid โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 81.35 ถัดมา เอทานอล, Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1S) และ Norephedrine, (+/-) มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 17.79, 0.26 และ 0.22 ตามลำดับและสารอื่นๆ

2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่ง

ผลการวิเคราะห์สารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่ง โดยมี 5% เอทานอลในน้ำเป็นตัวทำละลาย มีองค์ประกอบเคมีทั้งหมด 15 ชนิด ทั้งนี้มีสารองค์ประกอบที่พบมากที่สุดคือ เอทานอล โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 65.26 ถัดมา Acetic acid, Isopropyl Alcohol, Eucalyptol และ (+)-2-Bornanone มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 15.69, 7.70, 5.46 และ 4.42 ตามลำดับและสารอื่นๆ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสะเดา โดยเทคนิค GC-MS

ลำดับ	RT	ชื่อ	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	%Area
1	1.820	Norephedrine, (+/-)-	C ₉ H ₁₃ NO	151	0.22
2	2.041	Ethanol	C ₂ H ₆ O	46	17.79
3	4.184	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	60	81.35
4	18.671	Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.15
5	22.569	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1S)-	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.26
6	23.800	Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	170	0.12
7	31.450	Nonane, 3,7-dimethyl-	C ₁₁ H ₂₄	156	0.11

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่ง โดยเทคนิค GC-MS

ลำดับ	RT	ชื่อ	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	%Area
1	1.820	(S)-(+)-1-Cyclohexylethylamine	C ₈ H ₁₅ NH ₂	104	0.03
2	1.961	Ethanol	C ₂ H ₅ OH	46.07	65.26
3	2.402	Isopropyl Alcohol	C ₃ H ₈ O	60.1	7.70
4	4.209	Acetic acid	CH ₃ COOH	60.052	15.69
5	4.305	Ethyl Acetate	C ₄ H ₈ O ₂	88.11	0.79
6	12.121	3-Hexen-1-ol, (E)-	C ₇ H ₁₄ O	100.161	0.03
7	16.064	Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	106.12	0.05
8	16.782	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	C ₈ H ₁₄ O	126.1962	0.05
9	17.365	3-Hexenoic acid, ethyl ester	C ₈ H ₁₄ O ₂	142.198	0.08
10	18.666	Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	154.249	5.46
11	20.689	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	0.34
12	22.564	(+)-2-Bornanone	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	4.42
13	22.725	Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl-5-(1-methylethyl), (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-	C ₄ H ₁₀ N ₂ O	154.2493	0.03
14	23.488	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	154.253	0.02
15	23.854	alpha.-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	0.06

2.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือ

ผลการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือ โดยมี 5% เอทานอลในน้ำเป็นตัวทำละลาย มีองค์ประกอบเคมีทั้งหมด 17 ชนิด ทั้งนี้มีสารองค์ประกอบที่พบมากที่สุดคือ Acetic acid โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 76.38 ถัดมา เอทานอล, Propanal, 2-methyl, Acetone และ Butanal, 3-methyl มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 12.85, 1.82 และ 1.57 ตามลำดับและสารอื่นๆ (ตารางที่ 4)

2.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารละลายไคโตซาน

ผลการวิเคราะห์สารละลายไคโตซาน โดยมี 5% เอทานอลในน้ำเป็นตัวทำละลาย มีองค์ประกอบเคมีทั้งหมด 7 ชนิด ทั้งนี้มีสารองค์ประกอบที่พบมากที่สุดคือ Acetic acid โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 99.81 ถัดมา Dodecane, Hexanal และ

Sulfurous acid, 2-ethylhexyl isohexyl ester มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 0.06, 0.04 และ 0.03 ตามลำดับและสารอื่นๆ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือ โดยเทคนิค GC-MS

ลำดับ	RT	ชื่อ	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	%Area
1	1.571	Acetic acid, [(aminocarbonyl)amino]oxo-	C ₃ H ₄ N ₂ O ₄	132	0.77
2	1.825	(S)-(+)-1-Cyclohexylethylamine	C ₈ H ₁₇ N	127	0.22
3	1.983	Ethanol	C ₂ H ₆ O	46	12.85
4	2.333	Acetone	C ₃ H ₆ O	58	1.57
5	3.238	Propanal, 2-methyl-	C ₄ H ₈ O	72	1.82
6	4.202	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	60	76.38
7	5.348	Butanal, 3-methyl-	C ₅ H ₁₀ O	86	1.53
8	5.621	Butanal, 2-methyl-	C ₅ H ₁₀ O	86	1.48
9	6.564	Pentanal	C ₅ H ₁₀ O	86	0.14
10	6.757	Furan, 2-ethyl-	C ₆ H ₈ O	96	0.54
11	10.058	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	100	0.23
12	12.271	2H-Pyran-2-methanol, tetrahydro-	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	0.08
13	20.693	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.69
14	22.571	Benzene, 1-ethenyl-4-methoxy-	C ₉ H ₁₀ O	134	0.14
15	31.329	alfa.-Copaene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.41
16	32.729	4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	C ₂₃ H ₃₄ O ₂	342	0.81
17	35.310	Cadala-1(10),3,8-triene	C ₁₅ H ₂₂	202	0.33

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายไคโตซานโดยเทคนิค GC-MS

ลำดับ	RT	ชื่อ	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	%Area
1	4.313	Acetic acid	CH ₃ COOH	60.052	99.81
2	10.046	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	100.161	0.04
3	17.358	Octanal	C ₈ H ₁₆ O	128.21204	0.02
4	23.788	Nonane, 3,7-dimethyl-	C ₁₁ H ₂₄	156.313	0.02
5	31.418	Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	170.340	0.06
6	33.935	Nonane, 3,7-dimethyl-	C ₁₁ H ₂₄	156.313	0.02
7	35.804	Sulfurous acid, 2-ethylhexyl isohexyl ester	C ₁₄ H ₃₀ O ₃ S	278.451	0.03

สรุปและวิจารณ์ผล

ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อ Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2), เชื้อไวรัสในกลุ่มโพทิวรัส (Potyvirus) และเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. ของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรจากชุดตรวจ Cucurbits-3 in 1 Easy kit พบว่า สารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคทั้ง 2 ชนิด บนใบแตงกวาได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารละลายไคโตซาน, สารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสะเดา

และสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่งตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาหุ้เคมีองค์ประกอบของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือพบว่า มีองค์ประกอบเคมีทั้งหมด 17 ชนิด ทั้งนี้มีสารองค์ประกอบที่พบมากที่สุดคือ Acetic acid โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 78.38 ถัดมาเป็น เอทานอล, Propanal, 2-methyl, Acetone และ Butanal, 3-methyl มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 12.85, 1.82 และ 1.57 ตามลำดับ และสารอื่นๆ ซึ่งองค์ประกอบเคมีของสารผสมเหล่านี้ส่งผลให้สารผสมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคแตงกวาทั้ง 3

ชนิด อีกทั้งยังสามารถไล่แมลงศัตรูพืชไม่ให้มากัดกินใบแตกกว่าได้ โดยเฉพาะองค์ประกอบหลักที่พบคือ Acetic acid หรือกรดน้ำส้มสายชูที่ใช้เป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารละลายไคโตซาน ซึ่งมีรายงานวิจัย ที่ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบสายพันธุ์อเมริกัน พบว่าน้ำส้มควันไม้จากต้นลิ้นจี่มีปริมาณกรดอะซิติกและฟีนอลสูงสุด คือ 82.56 และ 6.56% ทำให้น้ำส้มควันไม้จากต้นลิ้นจี่สามารถไล่แมลงสาบได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้จากต้นกระท้อน ต้นมะม่วง ซึ่งน้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) หรือกรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) เป็นสารประเภทกรดเช่นเดียวกับกรดอะซิติก ประกอบด้วยน้ำ 80-90% และสารประกอบอินทรีย์กว่า 200 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติก, อะซิโตน และ เมทานอล นอกจากนี้เกษตรกรพื้นบ้านยังมีการใช้น้ำส้มสายชูและน้ำส้มควันไม้ในการเพิ่มผลผลิตและกำจัดเชื้อก่อโรคพืชต่าง ๆ แต่ยังไม่มียางงานผลงานวิจัยทางวิชาการมากนัก

สำหรับข้อมูลการใช้สารสกัดจากใบสาบเสือมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้เป็นสารชีวภาพสำหรับป้องกันและกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Afolabi et al. (2007) ที่ศึกษาการสกัดใบสาบเสือด้วยเมทานอลและน้ำ และพบหมู่เคมีที่สำคัญจากสารสกัดใบสาบเสือคือ สารประกอบพวก tannins, steroids, terpenoids, flavonoids และ cardiac glycosides โดยส่วนที่ละลายน้ำ คือพวก tannins, phenol และ saponin ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำสารสกัดใบสาบเสือไปใช้เป็นสารป้องกันแมลง และเชื้อก่อโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรามาต และศศิธร (2553) พบว่าสารสกัดใบสาบเสือที่ความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *Phyllosticta citricarpa* ที่เป็นสาเหตุของโรคจุดดำของส้มโอได้ถึง 68.2%

สรุปผลและวิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวาในแปลงทดลอง เบื้องต้น

พบว่าสารผสมของสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสาบเสือให้ผลยับยั้งการติดเชื้อทั้ง 2 ชนิด คือ เชื้อ Watermelon mosaic virus-2 (WMV-2) และเชื้อไวรัสในกลุ่มไฟทิวไรส (Potyvirus) ได้ และใบแตงกวาไม่แสดงอาการติดเชื้อ ส่วนสารผสมสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบสะเดา และสารละลายไคโตซานและสารสกัดใบฝรั่ง แสดงผลยับยั้งเชื้อ Watermelon mosaic virus-2 ได้เพียง 1 ชนิด และใบแตงกวาแสดงการติดเชื้อในขณะที่ยังมีสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว สามารถยับยั้งการติดเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้ แต่ใบแตงกวาได้รับผลเสียหายจากแมลงศัตรูพืชกัดกินใบ

จากผลการศึกษาร่วมกันของสารผสมสารละลายไคโตซานและใบสาบเสือ ด้วยเทคนิค GC-MS พบองค์ประกอบเคมีที่สำคัญ 5 ชนิด ดังนี้ Acetic acid, เอทานอล, Propanal, 2-methyl-, Acetone และ Butanal, 3-methyl

จากผลการศึกษาเบื้องต้นนี้ สามารถนำไปพัฒนาสูตรสารชีวภาพจากไคโตซานและใบสาบเสือเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบใช้กำจัด ป้องกันเชื้อก่อโรคแตงกวาหรือพืชตระกูลแตงต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณสำหรับการทำวิจัยจากทุนวิจัยเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) พ.ศ.2562

เอกสารอ้างอิง

- กัลทิมา พิชัย. 2547. การศึกษาการใช้สารสกัดพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญในพื้นที่สละวง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น ระบบสารสนเทศงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ-เชียงใหม่.
- จิตติมา โสติวิไลพงศ์, วิลาวรรณ เชื้อบุญ และดุสิต อธิษฐ์วัฒน์. 2558. สารสกัดหยาบพืชควบคุมโรคเน่าและของผักกาดขาวปลี. วารสาร Thai Journal of Science and Technology. ปีที่ 4 ฉบับที่ 3: 244-254.

- ณัฐพงศ์ เมธิ์นรังสรรค์. 2560. ผลจากสารสกัดจากใบ
สาบเสือในการควบคุมเพลี้ยอ่อนตัว *Aphis*
craccivora Koch (Hemiptera: Aphididae).
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ฉบับที่ 37(1):
79-84.
- พัชรารณณ์ ณ นคร. 2556. ประสิทธิภาพของน้ำส้ม
ควันไม้ในการควบคุมด้วงหมัดผักและ
การศึกษาการผลิต การใช้ประโยชน์ของ
น้ำส้มควันไม้ในจังหวัดปทุมธานี.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต. ปทุมธานี. คณะ
เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิลาวรรณ เชื้อบุญ, อุษณีย์ นรียัม และดุสิต อธิวัฒน์.
2559. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม
ควันไม้ในการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลใน
ระบบการผลิตข้าว. วารสาร Thai Journal of
Science and Technology. ปีที่ 5 ฉบับที่ 2:
135-143.
- อนุรักษ์ สันป่าเป้า. 2561. ประสิทธิภาพของไคโตซาน
ต่อการควบคุมโรคใบจุดของต้นกล้าปาล์ม
น้ำมัน. วารสารแก่นเกษตร. ปีที่ 46. ฉบับ
พิเศษ 1: 1087-1091.
- สุธามาศ ณ น่าน และศศิธร วรปิติรังสี. 2553. ผลของ
สารสกัดสมุนไพรบางชนิดในการป้องกัน
กำจัดโรคจุดดำของส้มโอ. วารสาร
Agricultural Science Journal. Vol.41(3/1)
(Suppl.): 81-84.
- Afolabi C. Adinmoladun, E.O. Ibukun and I.A.
Dan-Ologe. 2007. Phytochemical
constituents and antioxidant properties of
extracts from the leaves of *Chromolaena*
odorata. Scientific Research and Essay.
Vol.2(6): 191-194.
- Murray B. Isman. 2000. Plant essential oils for
pest and disease management. Crop
Protection. Vol.19: 603-608.

การผลิตสารลิแวนด้วยเอนไซม์ลิแวนซูเครสเพื่อเพิ่มมูลค่ากากของเสีย อุตสาหกรรม

Production of Levan by Levansucrase for Value-Added Industrial Waste

ธวัชพันธ์ ราชภิรมย์¹ ณัฐจิณี ชีรกุลกิตติพงศ์² และวิทวัส แจ่มเยี่ยม³



บทคัดย่อ

Bacillus siamensis เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ลิแวนซูเครส (Levansucrase) ซึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายซูโครสผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อโมเลกุลผ่านกระบวนการทรานส์ฟรุกโตซิลเลชันเกิดเป็นสารลิแวนซึ่งเป็นสารประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ โดยจะมีโครงสร้างเป็นน้ำตาลฟรุกโทสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\beta(2\rightarrow6)$ linkages กับ $\beta(2\rightarrow1)$ linkages ในสายหลักและโซ่กิ่งตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการทำบริสุทธิ์เอนไซม์จากจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารลิแวนด้วยเอนไซม์ลิแวนซูเครส ที่ความเข้มข้นของซูโครส ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิต่างๆ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตลิแวนเท่ากับ ความเข้มข้นของซูโครส 20%(w/v) pH 6 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารลิแวน โดยมีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด 0.68 ยูนิตต่อมิลลิลิตร จากนั้นทำการศึกษาการบำบัดของเสียอุตสาหกรรมอาหารที่มีซูโครสความเข้มข้น 20% (w/v) ด้วยเอนไซม์ลิแวนซูเครสบริสุทธิ์ ที่ pH 6 และอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง พบว่ากิจกรรมเอนไซม์มีค่าสูงสุด 0.57 ยูนิตต่อมิลลิลิตร จากการศึกษาสรุปได้ว่าเอนไซม์ลิแวนซูเครสบริสุทธิ์สามารถเปลี่ยนรูปของเสียให้เป็นสารลิแวน ซึ่งเป็นสารที่มีมูลค่า เพื่อส่งเสริมให้มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* ของเสียอุตสาหกรรม ลิแวน ลิแวนซูเครส

ABSTRACT

Levansucrase is excreted from *Bacillus siamensis* which can degrade sucrose through hydrolysis reaction and transfructosylation reaction to form Levan. Levan is polysaccharide with the structure of fructose linked with bonds of $\beta(2\rightarrow6)$ linkages and $\beta(2\rightarrow1)$ linkages in the main chains and branched chains, respectively. In this research investigation, the researchers examined the enzyme purification of *Bacillus siamensis* and the conditions appropriate for the production of Levan using Levansucrase with sucrose concentration, potential of hydrogen ion (pH), and various temperatures. It was found that the conditions appropriate for the production of Levan were 20 percent (w/v) sucrose concentration, pH 6 at 37 degree

¹ หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

² หลักสูตรสาขาวิชาเภสัชศาสตร์ชีวภาพ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

³ หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Celsius for 48 hours. The enzyme activity was at the maximum of 0.68 unit per milliliter (IU/mL). The study of food industrial waste management with 20 percent (w/v) sucrose concentration using pure Levansucrase at pH 6 and 38 degree Celcius for 48 hours found that enzyme activity was at the maximum of 0.57 IU/mL). It can be concluded that pure Levansucrase could transform waste into Levan which is a valuable substance to promote its development to be quality products.

Keywords: *Bacillus siamensis*, industrial waste, levan, levansucrase

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาทางด้านมลพิษที่เกิดจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อชุมชนหรือครัวเรือนที่อยู่ใกล้เคียงโรงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมามีหลายด้าน เช่น ด้านสุขภาพทางร่างกายและจิตใจ ทรัพยากรทางธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมและมีจำนวนลดลงซึ่งอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ เนื่องจากมีความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อโรงงานอุตสาหกรรมทางด้านอาหารและเครื่องดื่ม คือ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดและกำจัดขยะ (Küçükaşık et al., 2011) ดังนั้น การพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานและเคมีชีวภาพ (Bio-refineries) แบบยั่งยืนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการอุตสาหกรรม แนวคิดนี้เกี่ยวข้องกับการผลิตสารประกอบต่างๆ เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ, สารเคมี หรือพลังงานที่ดีจากแหล่งพลังงานทดแทน เช่น ชีวมวล (Alam and Hossain., 2007) กระบวนการแปรรูปชีวมวลเป็นวัสดุชีวภาพที่เป็นประโยชน์สามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของวัตถุดิบที่ทั้งในปัจจุบันและลดปริมาณน้ำเสียที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมต่างๆ

ในสังคมปัจจุบันอาหารไม่ได้มีไว้เพื่อความ ต้องการด้านพลังงานของร่างกายเพียงเท่านั้น แต่ยังเน้นไปทางด้านการส่งเสริมสุขภาพ ความสนใจทางด้านสุขภาพที่เพิ่มขึ้นของผู้คนในการเลือกรับประทานอาหาร (Dominguez and Rodridues., 2014) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาผู้คนให้ความสำคัญกับพฤติกรรมบริโภคอาหารมากขึ้นและอาหารที่ให้ประโยชน์จะถูกให้ความสำคัญทางด้านการรักษาสุขภาพของมนุษย์

ลีเวน (Levan) เป็นโพลิเมอร์คาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่มีน้ำตาลฟรุกโตสต่อกันเป็นสายหลัก (Cerning, 1990) ถูกผลิตได้จากเชื้อจุลินทรีย์หลากหลายชนิด (Ebskamp et al., 1999) การศึกษาเกี่ยวกับการรวบรวม การสังเคราะห์และการผลิตลีเวน เริ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2413 ถึง 2483 ในเยอรมนี ฝรั่งเศส และอังกฤษ (Hendry and Wallace., 1993) นอกจากคุณสมบัติทั่วไปของลีเวนยังมีคุณสมบัติทางชีวการแพทย์ที่สำคัญ เช่น สารต่อต้านอนุมูลอิสระ, ต้านการอักเสบ, ป้องกันมะเร็ง, สารต่อต้านเอดส์ เป็นต้น (Dahech and Belghith., 2011) และยังใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางในการจัดทำครีมผิวมอยเจอไรเซอร์ (Yang, 2007) การใช้ประโยชน์จากลีเวนในภาคอุตสาหกรรมมีจำนวนมาก ลีเวนจึงกลายเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่สำคัญและเป็นสารที่มีความต้องการในตลาด โดยที่ลีเวนเป็นผลผลิตที่มีมูลค่าสูง ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการศึกษาทำการวิจัยในระดับปริญญาโทของ ณัฐวุฒิ และ จุลชนันท์ (2017) โดยศึกษาการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้ และพบว่ามีลักษณะโครงสร้างเป็นสารลีเวนด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ Nuclear magnetic resonance (NMR)

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตสารลีเวน (Levan) ซึ่งเป็นสารพรีไบโอติกมูลค่าสูง โดยการทำบริสุทธิ์เอนไซม์ลีแวนซูเครสจากจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* และหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารลีเวนด้วยเอนไซม์ลีแวนซูเครสบริสุทธิ์ ที่ความเข้มข้นของซูโครสความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิต่างๆ และศึกษาการผลิตสารลีเวนจากของเสียอุตสาหกรรมที่มีซูโครสเป็นองค์ประกอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเอนไซม์ลีแวนซูเครสจาก *Bacillus siamensis*

นำจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* มาทำการแยกจุลินทรีย์เบื้องต้นบนอาหารแข็งเลี้ยงจุลินทรีย์สูตร Differentiate media ทำการคัดเลือกโคโลนีที่สร้างเมือกทำการเลี้ยงลงในอาหารเหลวเลี้ยงจุลินทรีย์สูตร Enrich media เพื่อเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ให้มีการเจริญเติบโต โดยตั้งจุลินทรีย์ออกมาจำนวน 1 ลูบ และใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 1 คืน ด้วย ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นำจุลินทรีย์ที่ได้จากอาหารเหลวสูตร Enrich media จำนวน 1,000 ไมโครลิตร มาใส่ในขวดรูปชมพู่ที่เตรียมอาหารเหลวเลี้ยงจุลินทรีย์สูตรที่ Selective media ปริมาณ 200 มิลลิลิตร เพื่อทำการหมักให้ได้เอนไซม์ออกมา โดยเขย่าทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ด้วย ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะได้สารละลายที่มีเอนไซม์ลีแวนซูเครสผสมอยู่ เพื่อนำสารละลายไปใช้แยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์ต่อไป

2. การแยกเอนไซม์ลีแวนซูเครสให้บริสุทธิ์จาก *Bacillus siamensis*

นำสารละลายเอนไซม์ที่ได้ไปปั่นเหวี่ยง ด้วย ความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเตรียมเรซิน (TOYOPERL DEAE-650M) ลงในคอลัมน์ ปรับสภาพด้วย Phosphate buffer (pH6) จากนั้นนำสารละลายส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง เข้าสู่คอลัมน์ที่อัตราการไหล 1mL/min จนหมด ต่อมาเติม Phosphate buffer (pH6) เป็นเวลา 10 นาที เพื่อกำจัดสารละลายส่วนเกินออกไป และทำการเติม Sodium chloride "0-1 M NaCl" โดยป้อนที่ความเข้มข้นต่ำไปสูง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปทำการทดสอบเอนไซม์โดยการนำสารละลายแต่ละช่วงไปบ่มเพื่อดูค่ากิจกรรมของเอนไซม์ หาความเข้มข้นของ NaCl ที่ต้องใช้เพื่อตั้งเอนไซม์ออกจากผิวของเรซินและทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ และเก็บผลการทดลอง

การทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ลีแวนซูเครส (Levansucrase)

เตรียมน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 20%(w/v) ละลายด้วย Phosphate buffer (pH 6) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง 15 มิลลิลิตร จากนั้นป้อนเอนไซม์ลีแวนซูเครส ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส, pH 6, โดยใช้ความเร็วรอบที่ 200 รอบต่อนาที แล้วเลี้ยงไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และแช่ในน้ำเย็นจัด 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ และเก็บผลการทดลอง

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ลีแวนซูเครส

เตรียมน้ำตาลซูโครสที่ 10 20 และ 30%(w/v) ในสารละลาย Phosphate buffer (pH 3 6 และ 9) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ป้อนเอนไซม์ลีแวนซูเครส ลงในหลอดทดลอง ปริมาณ 3 มิลลิกรัม ทำการบ่มด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 37 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และแช่ในน้ำเย็นจัด 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ และเก็บผลการทดลอง

4. การคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์

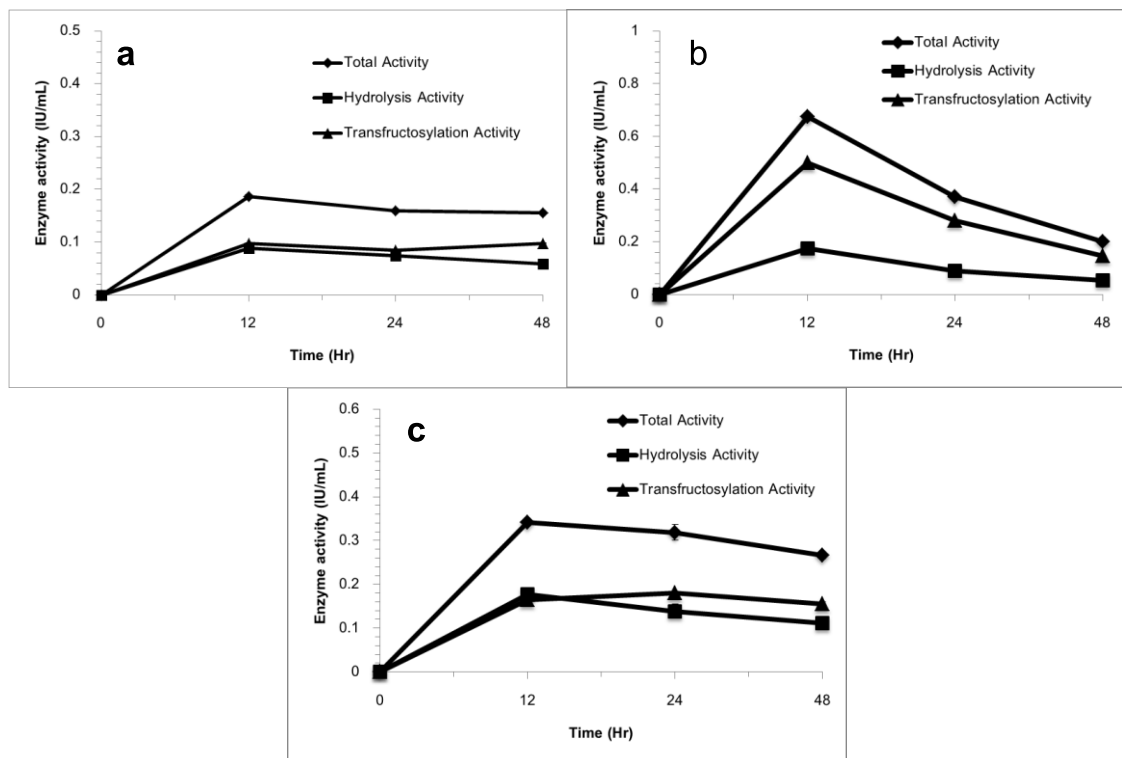
ทำการวัดปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคสและฟรุกโตสด้วยเครื่อง HPLC รุ่น Shimadzu UFLC และคอลัมน์วิเคราะห์ รุ่น Luna 5 µm NH2 100 Å ขนาด 250 x 4.6 mm ใช้เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) เป็นอะซิโตนไนไตรล์ (Acetonitrile) และน้ำ DI ในอัตราส่วน 80 ต่อ 20 ที่อัตราการไหล 2 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส

กิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาทั้งหมดสามารถวัดได้จากปริมาณของกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยจากการสลายพันธะของซูโครส โดยลีแวนซูเครส 1 หน่วยถูกกำหนดให้สามารถผลิตกลูโคส 1 ไมโครโมลต่อนาที

กิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสามารถวัดได้จากปริมาณฟรุกโตสอิสระที่เกิดขึ้น และกิจกรรมของปฏิกิริยาทรานส์ฟรุกโตซิลเลชันสามารถคำนวณได้จากผลต่างระหว่างกิจกรรมทั้งหมดและกิจกรรมของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

ผลการวิจัย

1. ผลของความเข้มข้นของซูโครสต่อการผลิตสารลิแวนด้วยเอนไซม์ลิแวนซูเครส (Levansucrase)
จากการทดลองความเข้มข้นของซูโครสในอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นของซูโครส 10 20 และ 30% (w/v) pH 6 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง เกิดกิจกรรมเอนไซม์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กิจกรรมของเอนไซม์ในการผลิตสารลิแวน a) 10%(w/v) ของซูโครส b) 20%(w/v) ของซูโครส และ c) 30%(w/v) ของซูโครส ที่ pH 6 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

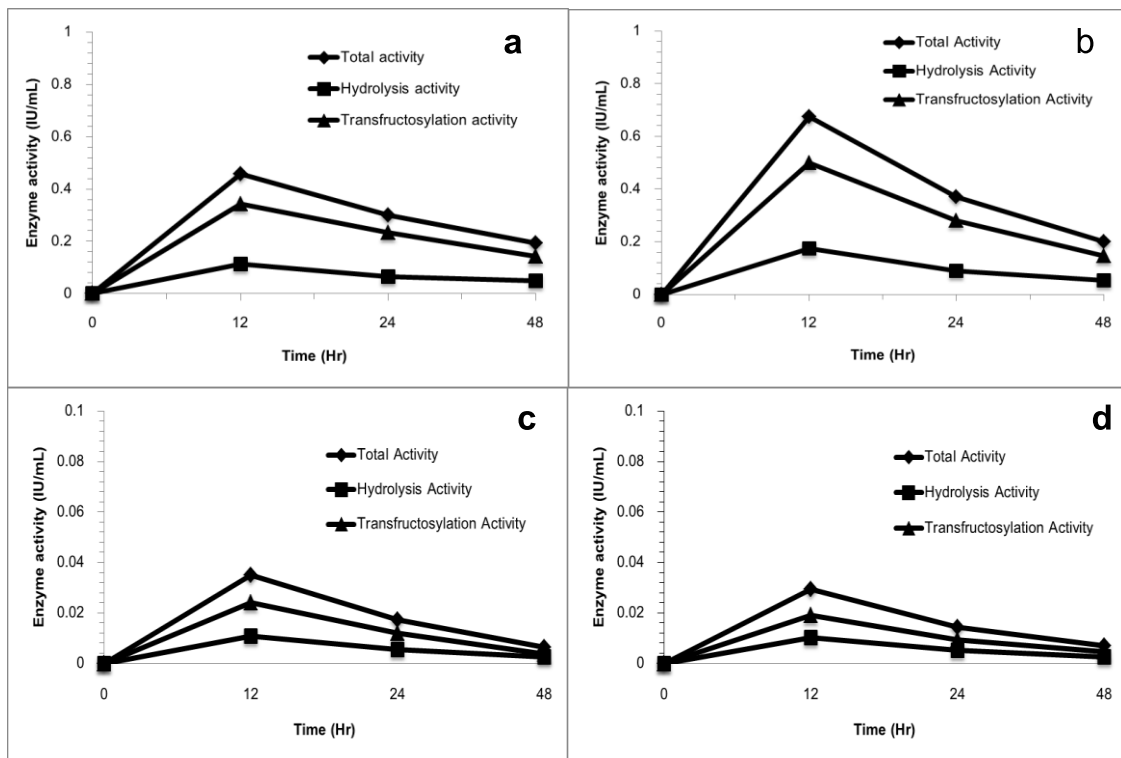
ในช่วงเวลาของการบ่มที่ 12 ชั่วโมงพบว่า กิจกรรมเอนไซม์ ทั้งหมดของซูโครสเข้มข้น 10 และ 30% (w/v) โดยมีค่า 0.17 และ 0.34 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าซูโครสเข้มข้น 20%(w/v) อย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่า 0.68 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม เมื่อบ่มถึงชั่วโมงที่ 24 พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมด มีค่าต่ำลง อยู่ที่ 0.16, 0.37 และ 0.32 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ 20%(w/v) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูงสุด และปริมาณซูโครสก็ลดลงเหลือ 1.17%(w/v) และเมื่อบ่มถึงชั่วโมงที่

48 พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมดของอาหารที่ประกอบด้วยซูโครสเข้มข้น 10, 20 และ 30% (w/v) มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.15 0.20 และ 0.27 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่ได้ดังภาพที่ 1 ทำให้เห็นว่าที่ซูโครสเข้มข้น 20%(w/v) นั้นเหมาะสมแก่การผลิตสารลิแวนมากที่สุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่า และมีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูงสุดที่ 0.68 ยูนิตต่อมิลลิลิตร กิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุกโตซิลเลชันของอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีซูโครสเข้มข้น 10% (w/v) มีค่าสูงสุด 0.088

และ 0.098 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีซูโครสเข้มข้น 20% (w/v) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันสูงสุด 0.175 และ 0.50 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีซูโครสเข้มข้น 30% (w/v) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันสูงสุด 0.177 และ 0.164 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

2. ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อการผลิตสารลิแวนด้วยเอนไซม์ลิแวนซูเครส

จากการทดลองความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใน phosphate buffer ที่มีความเข้มข้นของซูโครส 20% (w/v) pH ของ Phosphate buffer 3 6 9 และ 12 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง เกิดกิจกรรมเอนไซม์ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์ในการผลิตสารลิแวน a) pH 3 b) pH 6 c) pH 9 และ d) pH 12 ที่ความเข้มข้นซูโครส 20%(w/v) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ในช่วงเวลาของการบ่มที่ 12 ชั่วโมงพบว่า กิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมดของค่า pH 3, 6, 9 และ 12 โดยมีค่า 0.46 0.68 0.035 และ 0.029 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในสภาพความเป็นด่าง หรือ pH มากกว่า 7 จะทำให้กิจกรรมเอนไซม์มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด และที่สภาวะความเป็นกรด เอนไซม์ยังคงสามารถทำงานได้อยู่แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าที่ pH เท่ากับ 6 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ เมื่อบ่มถึงชั่วโมงที่ 24 พบว่า กิจกรรม

เอนไซม์ทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 0.30 0.37 0.017 และ 0.014 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เห็นได้ว่าที่ pH 6 ยังคงมีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูงสุด และปริมาณซูโครสก็ลดลงเหลือ 1.17%(w/v) และที่สภาวะความเป็นเบส จะพบว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์จะยิ่งต่ำลงอีกเมื่อเวลานานขึ้น และเมื่อบ่มถึงชั่วโมงที่ 48 พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมดของอาหารที่ของค่า pH 3, 6, 9 และ 12 มีค่าลดลงเท่ากับ 0.19 0.20 0.006 และ 0.006 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่ได้ตั้ง

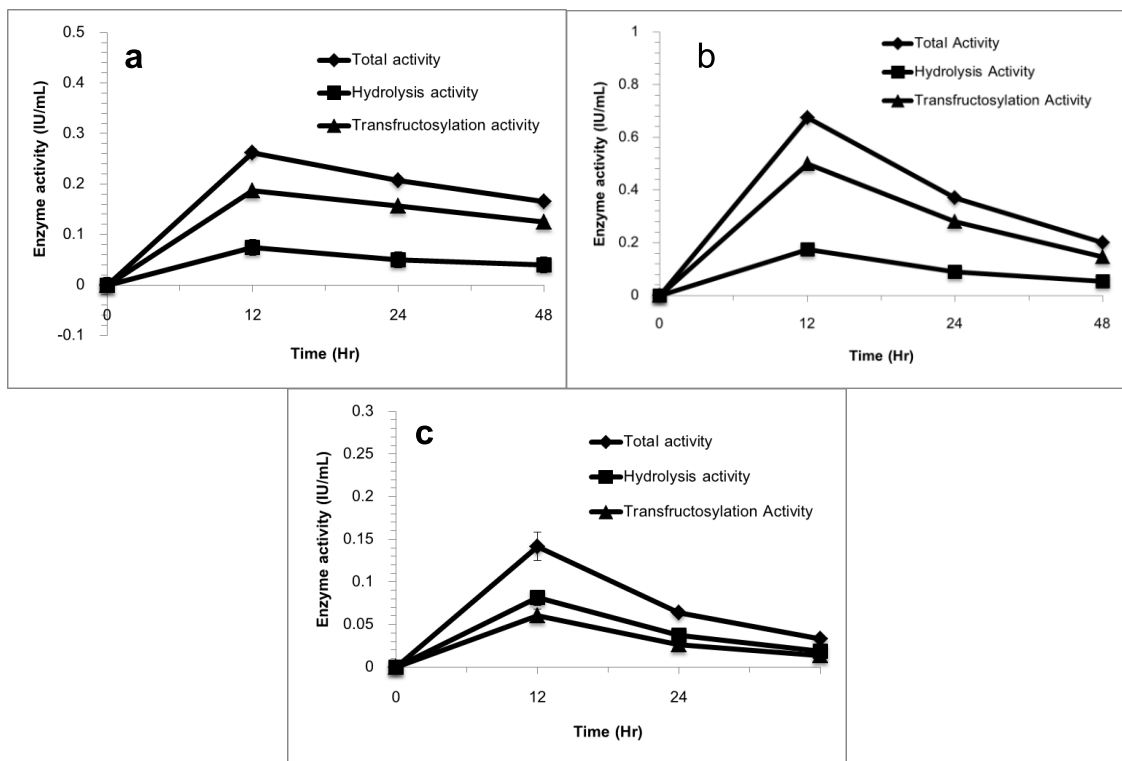
ภาพที่ 2 ทำให้เห็นว่าที่ pH 6 นั้นเหมาะแก่การผลิตสารสีแวนมากที่สุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่า และมีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูง

กิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันของ pH 3 มีค่าสูงสุด 0.11 และ 0.34 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ pH 6 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันสูงสุด 0.17 และ 0.50 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ pH 9 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันสูงสุด 0.011 และ 0.024 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และ pH 12 มีค่ากิจกรรม

เอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันสูงสุด 0.01 และ 0.019 ยูนิตต่อมิลลิลิตรที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

3. ผลของอุณหภูมิต่อการผลิตสารสีแวนด้วยเอนไซม์สีแวนซูเครส

จากการทดลองอุณหภูมิที่มีความเข้มข้นของซูโครส 20% (w/v) pH ของ Phosphate buffer 6 ที่อุณหภูมิ 30 37 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง เกิดกิจกรรมเอนไซม์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กิจกรรมของเอนไซม์ในการผลิตสารสีแวน a) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส b) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ c) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นซูโครส 20%(w/v) pH 6 ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ในช่วงเวลาของการบ่มที่ 12 ชั่วโมงพบว่า กิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมดของอุณหภูมิ 30 37 และ 50 องศาเซลเซียส โดยมีค่า 0.26 0.68 และ 0.14 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะทำให้กิจกรรมเอนไซม์มีค่าต่ำอย่างเห็นได้ชัด และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เอนไซม์ยังคงสามารถทำงานได้อยู่แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าที่ 37

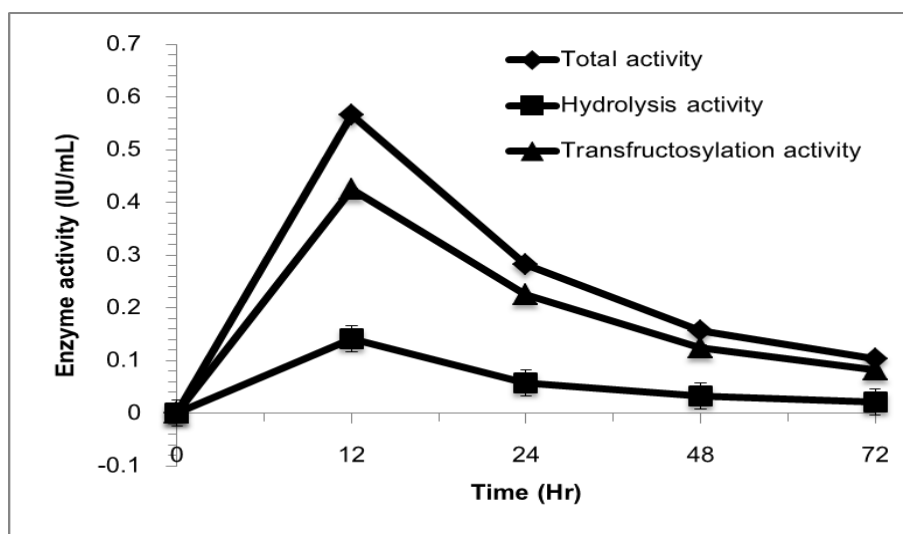
องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ เมื่อบ่มถึงชั่วโมงที่ 24 พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ที่ 0.21 0.37 และ 0.064 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ยังคงมี กิจกรรมเอนไซม์สูงกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเมื่อบ่มถึงชั่วโมงที่ 48 พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ทั้งหมดของอาหาร

ที่อุณหภูมิ 30 37 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่าลดต่ำลงเท่ากับ 0.17 0.20 และ 0.033 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่ได้ตั้งภาพที่ 3 ทำให้เห็นว่าที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นั้นเหมาะแก่การผลิตสารลิแวนมากที่สุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่า และมีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูงสุด กิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุกโตซิลเลชันของอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด 0.074 และ 0.187 หน่วยต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุกโตซิลเลชันสูงสุด 0.17 และ 0.50 หน่วยต่อมิลลิลิตร ที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุกโตซิลเลชันสูงสุด 0.081 และ 0.06 หน่วยต่อมิลลิลิตรที่ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

4. การผลิตสารลิแวนจากของเสียอุตสาหกรรม

อาหารด้วยเอนไซม์ลิแวนซูเครส (Levansucrase)

การผลิตสารลิแวนจากกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นของเสีย 20% (w/v) ทำการบ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่ pH 6 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด 0.57 หน่วยต่อมิลลิลิตร ที่เวลา 12 ชั่วโมง เกิดการไฮโดรไลซิสและทรานส์ฟรุกโตซิลเลชัน 0.142 และ 0.425 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ในขณะเดียวกันพบว่าของเสียเข้มข้น 20% (w/v) ประกอบด้วยซูโครสเข้มข้นประมาณ 17% (w/v) ด้วยวิธี High-performance liquid chromatography (HPLC) และสามารถลดลงเหลือประมาณ 0.6% (w/v) เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง มีกลูโคสและฟรุกโตสเกิดขึ้นสูงสุด 8.00 และ 1.65% (w/v) ตามลำดับ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 กิจกรรมของเอนไซม์ในการผลิตสารลิแวน ที่ความเข้มข้นของของเสียอุตสาหกรรม 20%(w/v) pH 6 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

สรุปและวิจารณ์ผล

เอนไซม์ลิแวนซูเครสที่ได้จากจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* สามารถผลิตสารลิแวนได้ดีที่ความเข้มข้นของซูโครส 20%(w/v) pH ของ Phosphate buffer 6 และอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยมีกิจกรรมเอนไซม์ activity สูงสุด 0.68 หน่วยต่อมิลลิลิตร ที่เวลาบ่ม 12 ชั่วโมง และเอนไซม์ลิแวนซูเครสดังกล่าว

สามารถเปลี่ยนรูปของเสียอุตสาหกรรมให้เป็นสารลิแวนได้ โดยใช้เวลาบ่ม 48 ชั่วโมง มีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด 0.57 หน่วยต่อมิลลิลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการระหว่างดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณ บริษัท เอส เอ็ม ซี ฟู้ด (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ของเสียเพื่อนำมาใช้ในการศึกษางานวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ภายใต้แผนงานบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ ไตรโสมถ และ จุลชนันท์ สายเครือคำ. 2561. การคัดเลือกและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ที่ผลิตสารฟรืไบโอติกในรูปของลิแวนจากถั่วเหลืองหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยบูรพา.

Alam A.S. and Hossain K.M. 2007. A study on industrial waste effluents and their management at selected food and beverage industries of Bangladesh. J. Appl. Sci. Environ. Manage. 11: 5-9.

Dominguez A.L., and Rodridues L.R. 2014. An overview of the recent developments on fructooligosaccharides production and applications. Food Bioprocess Technol. 7: 324-337.

Ebskamp, M. J. M., Smeekeens, J. C. M. and Weisbeek, P. J.. 1999. Method for obtaining transgenic plants showing a modified fructan pattern. Google Patents.

Küçükaşık F., H. Kazak, D. Güney. 2011. Molasses as fermentation substrate for Levan production by Halomonas sp. Applied Microbiology and Biotechnology. 89(6): 1729-1740.

Hendry G.A., and Wallace R.K. 1993. The origin, distribution, and evolutionary significance of fructans. Science and Technology of Fructans. Florida, USA : 119-139

Dahech I., and Belghith. K.S. 2011. Administration of Levan polysaccharide reduces the alloxan-induced oxidative stress in rats. International Journal of Biological Macromolecules. 49 (5): 942-947.

Cerning J. 1990. Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria. FEMS Microbiology Letters. 87(1-2): 113-130

Yang S.T. 2007. Bioprocessing for Value-added Products from Renewable Resources, (first ed.), Elsevier, Ohio, USA.

การพัฒนาการทำนายผลการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

Development of Rules for Predicting Academic Learning Outcomes of Freshmen Students using Data Mining Techniques

พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์ และ ยุวดี กล่อมวิเศษ¹



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้การทำเหมืองข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการเรียนของนักศึกษาในรายวิชาต่างๆ ของแผนการศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสร้างกฎความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนของรายวิชาและเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 โดยใช้กฎความสัมพันธ์ (Association Rules) ด้วยอัลกอริทึมเอปปริออริ (Apriori algorithm) และกฎการตัดสินใจสำหรับจำแนกข้อมูล (Data Classification) ด้วยเทคนิค J48 เพื่อจะได้นำมาวางแผนการเรียนของนักศึกษา จากการศึกษาพบว่ากฎที่ใช้ในการจำแนกผลการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 กลุ่มที่เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 และ กลุ่มที่ได้เกรดเฉลี่ยสูงกว่า 2.00 ด้วยเทคนิค J48 ให้ค่าความถูกต้องสูงถึง 91% และจำนวนกฎความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มีจำนวนเท่ากับ 5 ด้วยความเชื่อมั่นที่ 1.00 และ ค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 1.00

คำสำคัญ: ผลการเรียน กฎความสัมพันธ์ การจำแนกข้อมูล การทำเหมืองข้อมูล การทำนาย

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers apply the knowledge of data mining to analyze the academic learning outcomes of the students in various courses in the first year study plan of the Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The researchers also establish the relationship rules between the learning outcomes of the courses taken with a grade point average (GPA) lower than 2.00 using the association rules with a priori algorithm and the decision rules for data classification with the technique of J48. The results could be used to make a plan for the study of the students. The study found that the rules used for the classification of the learning outcomes of the students under study with a GPA lower than 2.00 and those with a GPA higher than 2.00 using the J48 technique yielded the accuracy of 91 percent. The number of the association rules of the courses that affected a GPA lower than 2.00 of the students under study was 5 with the reliability at 1.00 and Lift>1.00.

Keywords: academic learning outcome, association rules, data classification prediction, data mining

¹ อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทนำ

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เป็นการวิเคราะห์และสืบค้นองค์ความรู้ หรือสิ่งที่สำคัญออกมาจากข้อมูลจำนวนมาก โดยได้มีการนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากขึ้น เช่น การวิเคราะห์เครดิตลูกค้าของบริษัทสำหรับการให้สินเชื่อ (ทิพย์ธิดา, 2556) การวิเคราะห์ข้อมูลทางการแพทย์ (ศุภามณ, 2561) การจำแนกและคัดเลือกแขนงวิชาสำหรับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (จิราภาและคณะ, 2558) การวิเคราะห์รายวิชาที่มีผลต่อการพัฒนาของนักศึกษา (บุษราภรณ์และคณะ, 2559) รวมทั้งการนำมาใช้ในการเกิดประโยชน์ในการสืบค้นสิ่งที่น่าสนใจออกมาจากข้อมูลการศึกษาของนักศึกษา

การหาความสัมพันธ์เป็นกระบวนการหนึ่งในการทำเหมืองข้อมูลที่ได้รับความนิยมมาก โดยจะใช้กฎความสัมพันธ์ในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลสองชุดหรือมากกว่าสองชุดขึ้นไปภายในฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ โดยที่อัลกอริทึมอปริออริ (Apriori Algorithm) เป็น การหาความสัมพันธ์ (Association Rule) พื้นฐาน โดยการสร้างรูปแบบของเซตไอเทม (Itemset) ที่มีค่ามากกว่าค่าสนับสนุนต่ำสุด (Minimum Support) ที่ได้กำหนดไว้ โดยทำการสร้างรูปแบบของเซตไอเทม (Itemset) ที่มีขนาดยาวมากขึ้นทีละหนึ่งขั้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่เหลือเซตไอเทม (Itemset) ที่จะสร้างอีกต่อไป ทำให้ได้กลุ่มข้อมูลที่ปรากฏร่วมกันบ่อยทั้งหมด (Agrawal, et al., 1993)

ในขณะที่ต้นไม้ตัดสินใจเป็นเทคนิคการจำแนกประเภท (Classification) ซึ่งมีการเรียนรู้ข้อมูลแบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โดยอัลกอริทึม J48 หรือ C4.5 พัฒนาโดย Quinlan ในปี ค.ศ. 1993 (Quinlan, 1993) J48 ขยายมาจาก ID3 ซึ่งอาศัยหลักการของ Information Gain หรือ Entropy Reduction สำหรับจำแนกกิ่ง (node) ของต้นไม้ (tree) เกณฑ์ที่ใช้ช่วยประกอบการเลือกแอตทริบิวต์ (Attribute) คือ ทดลองเลือกแต่ละแอตทริบิวต์ (Attribute) มาทำหน้าที่เป็น Root Node และวัดค่า Gain ซึ่งเป็นค่าที่ชี้ว่าแอตทริบิวต์ (Attribute) นั้นจะช่วยจำแนกคลาส (Class) ของข้อมูลได้ดีเพียงใด โดย

การจำแนกที่ดีที่สุดคือให้ Leaf Node ที่เป็นข้อมูลเดียวกันทั้งหมด และค่า Gain ที่สูงที่สุดหมายถึงการจำแนกคลาส

จากข้อมูลสถิติของสำนักทะเบียนและประมวลผลของภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่าในปีการศึกษา 2561 จำนวนนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่สอบได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2 มีจำนวน 19 คน จากจำนวนทั้งหมด 115 คน คิดเป็นร้อยละ 16.52 ทำให้นักศึกษาเหล่านั้นมีโอกาสที่จะพัฒนาหรือสำเร็จการศึกษาช้ากว่ากำหนด นับการสูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายของนักศึกษาและสถาบันการศึกษา

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อหา รูปแบบกฎความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและอัลกอริทึมอปริออริ (Apriori Algorithm) โดยข้อมูลนำมาศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลของนักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยประกอบไปด้วยข้อมูลผลการเรียนในวิชาต่างๆ ของชั้นปีที่ 1 ส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัย การดำเนินการวิจัย ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รายละเอียดของแนวคิดและเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ได้แก่ การหาความสัมพันธ์ (Association Rule Discovery) และการจำแนกข้อมูล (Data Classification) ในส่วนที่ 3 แสดงกฎความสัมพันธ์ และกฎการทำนายผลการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ส่วนที่ 5 เป็นการสรุปงานวิจัยและแนวทางการปรับปรุงงานวิจัยในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การรอบการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้อาศัยกระบวนการมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลการทำเหมืองข้อมูลซึ่งพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1996 โดยความร่วมมือของ 3 บริษัท คือ DaimlerChrysler SPSS และ NCR กระบวนการทำงานนี้เรียกว่า “Cross-Industry Standard Process for Data Mining” หรือเรียกย่อว่า

“CRISP-DM” (Shearer, 2000) โดยประกอบด้วย 6 ขั้นตอนทำต่อเนื่องกัน ดังภาพที่ 1 คือ

1) Business Understanding เป็นขั้นตอนการเข้าใจปัญหาและแปลงปัญหาที่ได้ให้อยู่ในรูปโจทย์ของการทำเหมืองข้อมูล

2) Data Understanding เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมมาได้เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูล และพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลทั้งหมดหรือจำเป็นต้องเลือกข้อมูลบางส่วนมาใช้ในการวิเคราะห์

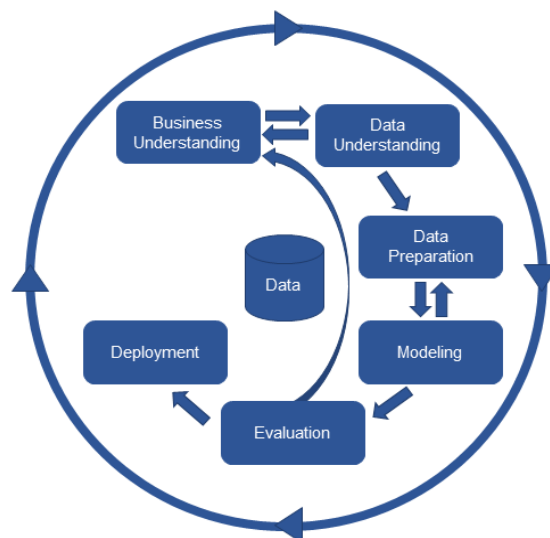
3) Data Preparation เป็นขั้นตอนที่ทำการแปลงข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมา (Raw Data) ให้กลายเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นถัดไปได้ โดยต้องมีการทำข้อมูลให้ถูกต้อง (Data Cleaning) เช่น

การแปลงข้อมูลให้อยู่ในช่วง (Scale) เดียวกัน หรือการเติมข้อมูลที่ขาดหายไป (Missing Value) เป็นต้น

4) Modeling เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทำเหมืองข้อมูล ในที่นี้อาศัยเทคนิคการหาความสัมพันธ์ และการจำแนกข้อมูล ในบางครั้งอาจจะต้องการย้อนกลับไปขั้นตอน Data Preparation เพื่อแปลงข้อมูลบางส่วนให้เหมาะสมกับแต่ละเทคนิคด้วย

5) Evaluation เป็นขั้นตอนที่วัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกับวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนแรก เพื่อจะได้เปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้

6) Deployment เป็นการนำเอาองค์ความรู้ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ได้จริงในองค์กรหรือบริษัท



ภาพที่ 1 กระบวนการมาตรฐานในการทำเหมืองข้อมูล

2. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาข้อมูลผลการเรียนของนักศึกษา ภาควิชาสถิติ ในแต่ละรายวิชาของชั้นปีที่ 1 ตามแผนการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต(สถิติประยุกต์) ระหว่างปีการศึกษา 2559 – 2561 จำนวน 383 ระเบียน ซึ่งสามารถแบ่งรายวิชาออกเป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาต่างๆ ดังนี้

1) กลุ่มวิชาแกน ประกอบด้วยรายวิชาดังนี้

- รหัสวิชา 05016201 แคลคูลัส 1
- รหัสวิชา 05016202 แคลคูลัส 2
- รหัสวิชา 05016213 พีชคณิตเชิงเส้น 1

– รหัสวิชา 05106030 เคมีทั่วไป

– รหัสวิชา 05206500 ชีววิทยาทั่วไป

– รหัสวิชา 05306003 ฟิสิกส์ทั่วไป

– รหัสวิชา 05406002 หลักสถิติ

2) กลุ่มวิชาบังคับ ประกอบด้วยรายวิชาดังนี้

– รหัสวิชา 05406004 สถิติวิเคราะห์

– รหัสวิชา 05506003 การเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน

– รหัสวิชา 05506004 การเขียนโปรแกรมเชิงออบเจกต์

3) กลุ่มวิชาภาษาศาสตร์ ประกอบด้วยรายวิชา ดังนี้

- รหัสวิชา 90201001 ภาษาอังกฤษ พื้นฐาน 1
- รหัสวิชา 90201002 ภาษาอังกฤษ พื้นฐาน 2

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 โปรแกรม Microsoft Excel 2010

เป็นโปรแกรมทางด้านตารางคำนวณ หรือที่เรียกว่า เสปรดชีต (Spreadsheet) เป็นโปรแกรมในชุด Microsoft Office มีความสามารถในการสร้าง ตาราง การคำนวณ การวิเคราะห์ การออกรายงานในรูปแบบตารางและกราฟ โดยนำมาใช้ในการเตรียมข้อมูล

3.2 โปรแกรม Weka 3.7

โปรแกรมประยุกต์ RapidMiner เกิดขึ้นในปี 2006 จาก Ingo Mierswa and Ralf Kilenberg ผลสำรวจจาก Kdnuggets ปี 2014 พบว่า เป็นอันดับ 1 ในกลุ่มโปรแกรมด้านการวิเคราะห์ข้อมูล และ Gartner จัดให้ RapidMiner อยู่ในกลุ่ม Leaders ในปี 2015 ร่วมกับ ซอฟต์แวร์กลุ่มนี้ คือ SAS, IBM, KNIME และ RapidMiner ตัวอย่างบริษัทที่ใช้ RapidMiner บริษัท Paypal จำกัด การพัฒนาด้าน Business Intelligence เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในคลังข้อมูลเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการองค์กร ประกอบด้วยระบบจัดการข้อมูลและโปรแกรมแอปพลิเคชันด้านการวิเคราะห์ข้อมูล (สายชล, 2558)

4. เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

4.1 การหาความสัมพันธ์ (Association Rule)

เป็นเทคนิคหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยการค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีอยู่เพื่อนำไปหารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อยๆ (Frequent Pattern) ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกฎความสัมพันธ์ (Association Rule) สามารถเขียนได้ในรูปเซตของรายการที่เป็นเหตุ ไปสู่เซตของรายการที่เป็นผล ซึ่งมีรากฐานมาจากการวิเคราะห์ตะกร้าตลาด (Market Basket Analysis) เช่น ลูกค้าที่ซื้อผ้าอ้อมส่วน

ใหญ่จะซื้อเบียร์ด้วย ข้อมูลที่นำมาใช้จะอยู่ในรูปแบบ Nominal หรือ Ordinal เท่านั้น

การหาความสัมพันธ์ด้วยอัลกอริทึม อพริโอริ (Apriori Algorithm) ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1. การหาเซตไอเทม (itemset) เป็นการหารูปแบบของข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อยๆ ในฐานข้อมูลหรือมากกว่าค่า minimum support ที่กำหนดในขั้นตอนนี้จะแบ่งได้อีกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย คือ

1.1. การสร้างรูปแบบของเซตไอเทม (itemset) โดยการ join จะใช้รูปแบบของเซตไอเทม (itemset) ที่มีค่ามากกว่า minimum support มาทำการสร้างรูปแบบของเซตไอเทม (itemset) ที่มีขนาดยาวมากขึ้นทีละหนึ่งขั้นไปเรื่อยๆ

1.2. การนับค่า support หลังจากการสร้างรูปแบบของเซตไอเทม (itemset) ได้แล้ว ขั้นถัดมาจะทำการคำนวณค่า support ที่เกิดขึ้น โดยที่ support คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่พบเซตไอเทม (itemset) ในฐานข้อมูล (Database)

2. การสร้างกฎความสัมพันธ์ (Association Rule) หลังจากที่ได้หาเซตไอเทม (itemset) ได้แล้วจะนำรูปแบบที่หาได้มาสร้างเป็นกฎความสัมพันธ์

การค้นหาคำความสัมพันธ์นี้มีเกณฑ์ในการวัดความน่าสนใจ 3 แบบ ได้แก่

- ค่าสนับสนุน (Support) แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่เป็นไปตามกฎจากข้อมูลทั้งหมดดังสมการ (1)

$$\text{Support (LHS,RHS)} = \frac{\text{จำนวนรายการโดยประกอบไอเทมLHS และ RHS}}{\text{จำนวนรายการใน Database}} \quad (1)$$

- ค่าความมั่นใจ (Confidence) แสดงถึงความน่าเชื่อถือของกฎ เมื่อรูปแบบไอเทมเซตด้านซ้ายของกฎความสัมพันธ์ (Left Hand Side: LHS) เกิดขึ้นแล้วมีโอกาสเกิดรูปแบบไอเทมเซตด้านขวาของกฎความสัมพันธ์ (Right Hand Side: RHS) มากน้อยเท่าใด ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ถ้าใกล้เคียง 1 หมายถึงมีความเชื่อมั่นในการหาความสัมพันธ์มาก ดังสมการ (2)

$$\text{Confidence (LHS} \rightarrow \text{RHS)} = \frac{\text{Support(LHS,RHS)}}{\text{Support(LHS)}} \quad (2)$$

• ค่าสหสัมพันธ์ หรือเรียกว่าค่าลิฟต์ (Lift) คือค่าที่บ่งบอกว่าการเกิดรูปแบบไอเทมเซตด้านซ้ายของกฎความสัมพันธ์ (Left Hand Side: LHS) และรูปแบบไอเทมเซตด้านขวาของกฎความสัมพันธ์ (Right Hand Side: RHS) มีความสัมพันธ์กันมากหรือไม่ โดยถ้าค่าลิฟต์ มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่ารูปแบบ LHS และ RHS ไม่ขึ้นต่อกัน (Independent) แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 1 มาก ๆ แสดงว่ากฎทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมากด้วย ดังสมการ (3)

$$\text{Lift (LHS} \rightarrow \text{RHS)} = \frac{\text{Support(LHS,RHS)}}{\text{Support(LHS)} \times \text{Support(RHS)}} \quad (3)$$

เราจะพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ที่มีค่าสนับสนุนและค่าความมั่นใจสูงกว่าค่าสนับสนุนต่ำสุด (Minimum Support) และค่าความมั่นใจต่ำสุด (Minimum Confidence)

4.2 การจำแนกข้อมูล(Data Classification)

เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกระบวนการสร้างโมเดลจัดการข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่กำหนดมาให้จากกลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่เรียกว่าข้อมูลสอนระบบ (Training data) ที่แต่ละแถวของข้อมูลประกอบด้วยฟิลด์หรือแอตทริบิวต์อาจเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous) หรือค่ากลุ่ม (Categorical) โดยจะมีแอตทริบิวต์แบ่ง (Classifying Attribute) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คลาสของข้อมูล จุดประสงค์ของการจำแนกประเภทข้อมูลคือการสร้างโมเดลการแยกแอตทริบิวต์หนึ่งโดยขึ้นกับแอตทริบิวต์อื่นๆ โดยตัวชี้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบการจำแนกข้อมูล ได้แก่

1) ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการจำแนกหรือเป็นตัววัดขนาดของความผิดพลาด หากค่าความถูกต้องมีค่ามากจะมีความผิดพลาดน้อย ดังสมการ (4)

$$\text{ความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกต้องในคลาสนั้น}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}} \quad (4)$$

2) ค่าความแม่นยำ (Precision) เป็นอัตราส่วนของการทำนายข้อมูลในคลาสที่ได้ถูกต้องจากจำนวนข้อมูลทั้งหมดในคลาสนั้น ดังสมการ (5)

$$\text{ความแม่นยำ} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกต้องในคลาสนั้น}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ทำนายได้ในคลาสนั้น}} \quad (5)$$

3) ค่าความระลึก (Recall) เป็นอัตราส่วนของการค้นพบคลาสที่ใกล้เคียงกับคำขอและมีการค้นคืนให้กับผู้ใช้งับเอกสารที่ตรงตามคำขอทั้งหมดแม่นยำ ดังสมการ (6)

$$\text{ความระลึก} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกต้องในคลาสนั้น}}{\text{จำนวนข้อมูลที่ต้องทั้งหมด}} \quad (6)$$

4) ค่าความถ่วงดุล (F-Measure) เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแม่นยำและค่าความระลึกเพื่อหาค่าความถ่วงดุล โดยค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่าที่คำนวณได้เข้าใกล้ 1 หมายความว่า การให้ผลในการจำแนกมีประสิทธิภาพสูง และถ้าค่าคำนวณได้เข้าใกล้ 0 หมายความว่า การให้ผลในการจำแนกมีประสิทธิภาพต่ำ ดังสมการ (7)

$$\text{ความถ่วงดุล} = \frac{2(\text{ความแม่นยำ})(\text{ความระลึก})}{\text{ความแม่นยำ} + \text{ความระลึก}} \quad (7)$$

การสร้างต้นไม้ตัดสินใจ C4.5 ใช้ค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกน (Gain Ratio) เพื่อเลือกคุณลักษณะที่จะใช้เป็นรากหรือโหนด ถ้าให้ชุดข้อมูล M ประกอบด้วยค่าที่เป็นไปได้คือ $\{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ และให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดค่า m_i เท่ากับ $P(m_i)$ จะได้ว่าค่าเกนสารสนเทศ (Information Gain) ของ M เขียนแทนด้วย $I(M)$ ดังสมการ (8)

$$I(M) = \sum_{i=1}^n -P(M_i) \log_2 P(M_i) \quad (8)$$

กำหนดให้ T แทนชุดตัวอย่างข้อมูลสำหรับใช้สร้างตัวแบบและคุณลักษณะที่เป็นโหนด คือ x และมีค่าทั้งหมดที่เป็นไปได้ n ค่าโหนดปัจจุบันจะแบ่งตัวอย่าง T ออกตามกิ่งเป็น $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ ตามค่าที่เป็นไปได้ของ x ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่าเกนสารสนเทศหลังจากแบ่งตามคุณลักษณะ x ได้ดังสมการ (9)

$$\text{Gain}(x) = I(T) - I_n(T) \quad (9)$$

$$\text{โดยที่ } I_n(T) = \sum_{i=1}^n \frac{|t_i|}{|T|} I(t_i) \quad (2.9)$$

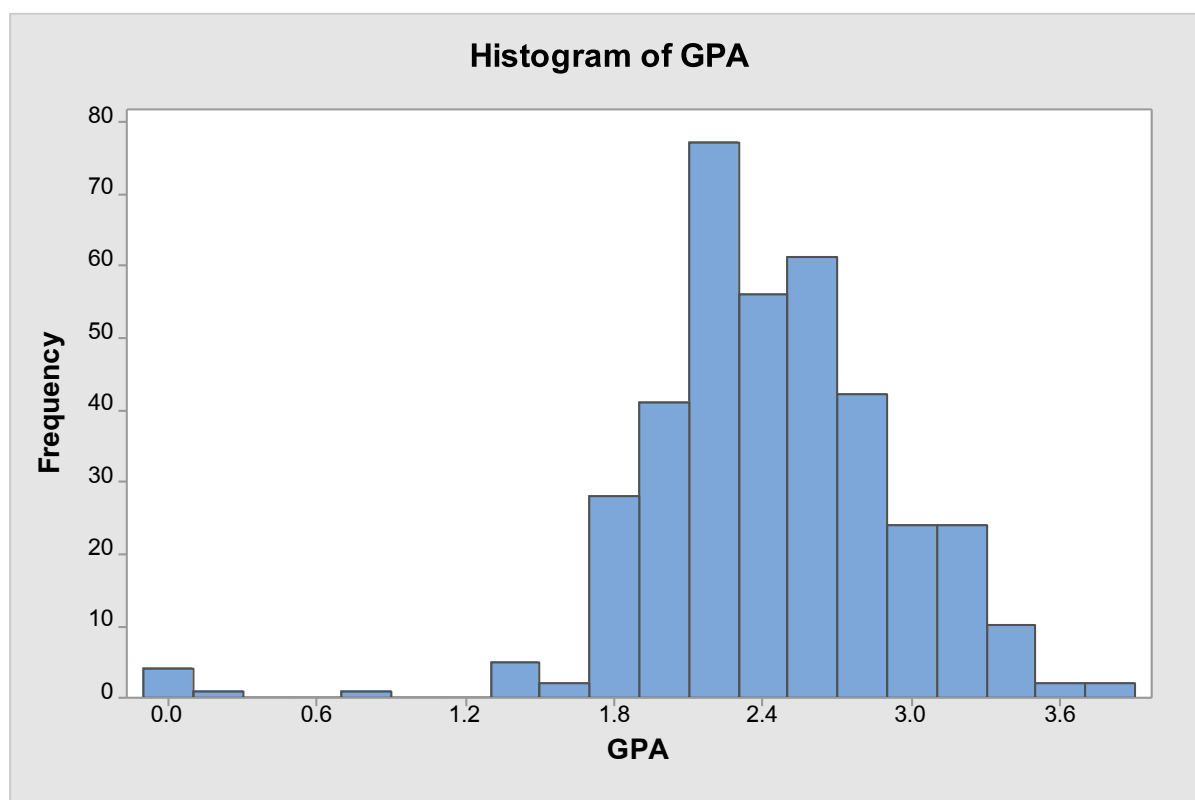
ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับผลการเรียนของนักศึกษา

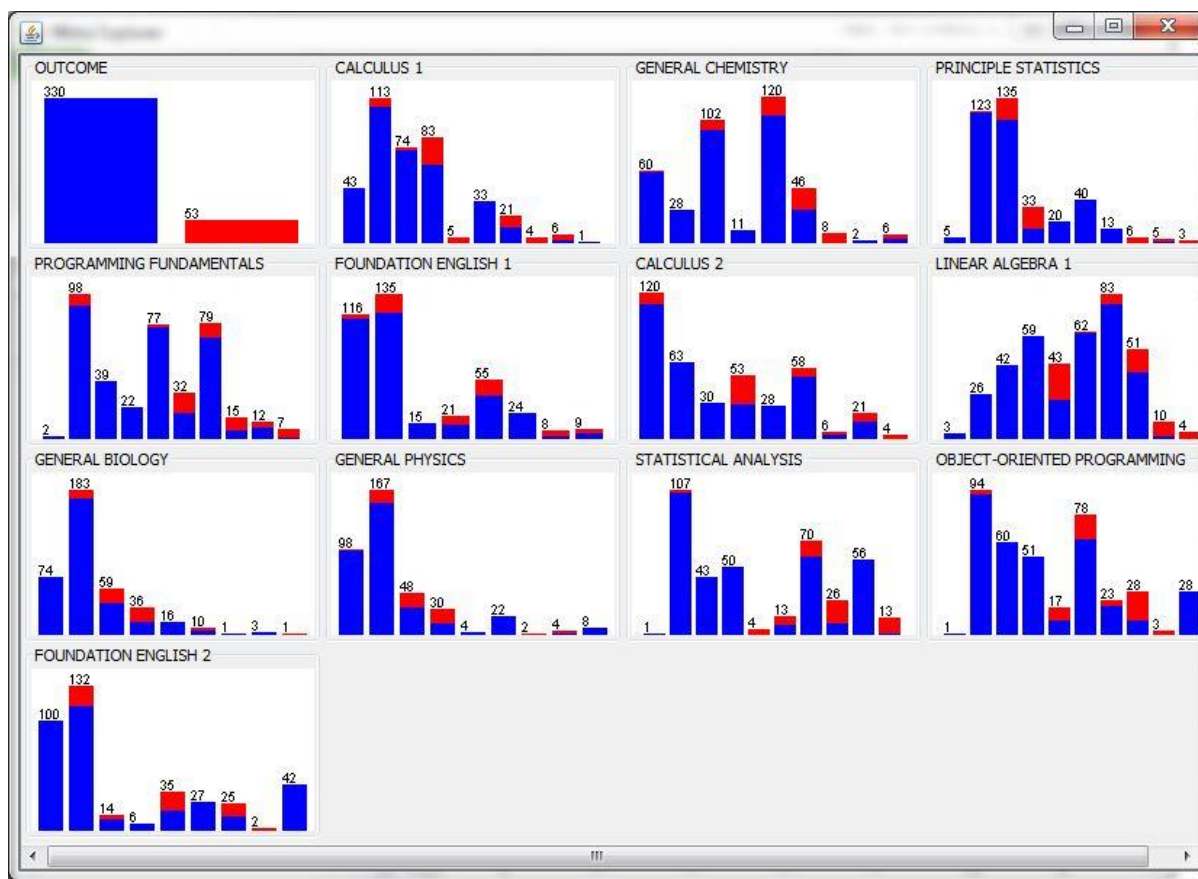
จากภาพที่ 2 แสดงการแจกแจงความถี่ของเกรดเฉลี่ยสะสมของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาสถิติ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า-
คุณทหารลาดกระบัง ระหว่างปีการศึกษา 2559 – 2561
โดยแกน X แทนช่วงของเกรดเฉลี่ยสะสม และ แกน Y
แทนจำนวนนักศึกษาที่ได้เกรดเฉลี่ยสะสมในแต่ละช่วง
ชั้น พบว่ามีลักษณะเบ้ซ้าย (หรือลาดทางซ้าย) โดยที่ค่า
ความเบ้ (Skewness) เท่ากับ -0.79 และค่าเฉลี่ยของ
เกรดเฉลี่ยสะสมเท่ากับ 2.42 และมีนักศึกษาจำนวน 53
คน ที่ได้เกรดเฉลี่ยสะสมน้อยกว่า 2.00 จาก จำนวน
ทั้งหมด 383 คน คิดเป็นร้อยละ 14 เมื่อพิจารณาแยก

ตามรายวิชาต่างๆ ดังภาพที่ 3 แสดงการแจกแจง
ความถี่ของผลการเรียนในรายวิชาต่างๆ ของชั้นปีที่ 1
พบว่านักศึกษาที่เรียนรายวิชาหลักสถิติ สถิติเบื้องต้น
และพีชคณิตเชิงเส้น มีผลการเรียนน้อยกว่า C มีโอกาส
สูงที่จะได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 เนื่องจาก
รายวิชาดังกล่าวเป็นวิชาแกนซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและ
จำเป็นต่อการศึกษารายวิชาต่างๆ ต่อไปของภาควิชา
สถิติ คณะวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 2 ฮิสโทแกรมเกรดเฉลี่ยสะสมของนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 ภาควิชาสถิติ ระหว่างปีการศึกษา 2559 – 2561



ภาพที่ 3 แผนภูมิแท่งแสดงการแจกแจงของเกรดในแต่ละวิชาจำแนกโดยตามผลการเรียน

ตารางที่ 1 กฎความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อการสอบได้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1

ข้อ	กฎความสัมพันธ์	ตัวชี้วัด		
		ค่าความเชื่อมั่น	ค่าสนับสนุน	ค่าสหสัมพันธ์
1	05016202 = "Withdraw" → Result = "Failed"	1.00	0.45	2.22
2	05016201 = "C" → Result = "Failed"	1.00	0.42	2.38
3	05016213 = "Withdraw" → Result = "Failed"	1.00	0.40	2.50
4	05406002 = "D+" → Result = "Failed"	1.00	0.38	2.63
5	05406002 = "C" → Result = "Failed"	1.00	0.38	2.63

2. กฎความสัมพันธ์

จากตารางแสดงกฎความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายกฎทั้ง 5 ข้อที่ได้ดังนี้

- กฎข้อที่ 1 ถ้านักศึกษาถอนรายวิชาแคลคูลัส 2 แล้วนักศึกษามีความน่าจะเป็นที่จะได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 1.00 ค่าสนับสนุนที่ 0.45 ค่าสหสัมพันธ์ที่ 2.22

- กฎข้อที่ 2 ถ้านักศึกษาเรียนรายวิชาแคลคูลัส 1 มีผลการเรียนเท่ากับ C แล้วนักศึกษามีความน่าจะเป็นที่จะได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 0.99 ค่าสนับสนุนที่ 0.42 ค่าสหสัมพันธ์ที่ 2.38

- กฎข้อที่ 3 ถ้านักศึกษาถอนรายวิชาพีชคณิตเชิงเส้น แล้วนักศึกษามีความน่าจะเป็นที่จะได้

เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 0.99 ค่าสนับสนุนที่ 0.40 ค่าสหสัมพันธ์ที่ 2.50

- กฎข้อที่ 4 ถ้านักศึกษาเรียนรายวิชาหลักสถิติมีผลการเรียนเท่ากับ D+ แล้ว นักศึกษามีความน่าจะเป็นที่จะได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 0.98 ค่าสนับสนุนที่ 0.38 ค่าสหสัมพันธ์ที่ 2.63

- กฎข้อที่ 5 ถ้านักศึกษาเรียนรายวิชาหลักสถิติมีผลการเรียนเท่ากับ C แล้ว นักศึกษามีความน่าจะเป็นที่จะได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 0.97 ค่าสนับสนุนที่ 0.38 ค่าสหสัมพันธ์ที่ 2.63

3. กฎการตัดสินใจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยต้นไม้ตัดสินใจด้วยเทคนิค J48 พบว่าความถูกต้อง (Accuracy) เท่ากับ 91.00% ความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 90.70% ความระลึก (Recall) เท่ากับ 91.10% และ F-Measure เท่ากับ 90.90% กฎการตัดสินใจสามารถเขียนอธิบายได้ดังนี้

STATISTICAL ANALYSIS = B : Pass (1.0)

STATISTICAL ANALYSIS = C+: Pass (107.0/2.0)

STATISTICAL ANALYSIS = A: Pass (43.0)

STATISTICAL ANALYSIS = B+: Pass (50.0)

STATISTICAL ANALYSIS = F: Failed (4.0)

STATISTICAL ANALYSIS = D

| LINEAR ALGEBRA 1 = B : Pass (0.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = B+: Pass (0.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = A: Pass (0.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = B: Pass (3.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = W: Pass (4.0/2.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = C+: Pass (0.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = C: Pass (2.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = D+: Failed (2.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = D: Failed (2.0)

| LINEAR ALGEBRA 1 = F: Pass (0.0)

STATISTICAL ANALYSIS = C: Pass (70.0/12.0)

STATISTICAL ANALYSIS = D+: Failed (26.0/9.0)

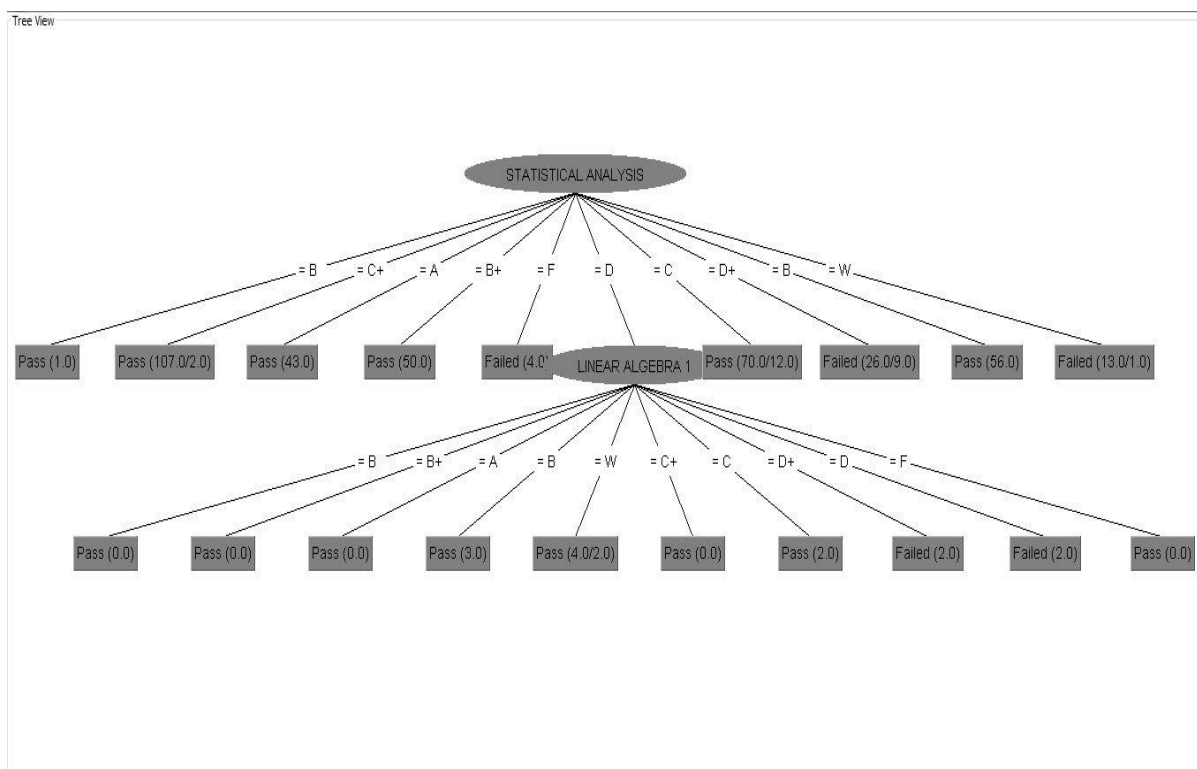
STATISTICAL ANALYSIS = B: Pass (56.0)

STATISTICAL ANALYSIS = W: Failed (13.0/1.0)

โดยรายละเอียดของกฎของต้นไม้ตัดสินใจ แสดงดังภาพที่ 4 และ Confusion Matrix แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก (TP Rate) เท่ากับ 316 ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ (TN Rate) เท่ากับ 33 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก (FP Rate) เท่ากับ 14 และ ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ (FN Rate) เท่ากับ 20

ตารางที่ 2 Confusion Matrix

Predicted/Actual	Pass	Failed
Pass	316	14
Failed	20	33



ภาพที่ 4 แผนภูมิแท่งแสดงการแจกแจงของเกรดในแต่ละวิชาจำแนกโดยตามผลการเรียน

สรุปและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อการสอบผ่านนักศึกษาโดยใช้เทคนิคอัลกอริทึมออริ ทำให้ทราบถึงรายวิชาในชั้นปีที่ 2 ที่มีผลต่อผลการเรียน

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกฎอัตรารายวิชาในกลุ่มวิชาบังคับในชั้นปีที่ 1 จำนวน 10 วิชา และผลการเรียน การสร้างกฎความสัมพันธ์ได้กำหนดค่าสนับสนุนขั้นต่ำและค่าความเชื่อมั่นขั้นต่ำไว้ที่ 0.1 และ 0.8 ตามลำดับจากการวิจัยพบกฎความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อการสอบผ่านของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ได้แก่ รายวิชาหลักสถิติ วิชาฟิสิกส์ วิชาเคมี และวิชาชีววิทยาซึ่งเป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาแกน ตามโครงสร้างหลักสูตร รวมทั้งรายวิชาหลักสถิติเป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญต่อการเรียนต่อในภาควิชาสถิติต่อไป

สำหรับกฎการจำแนกกลุ่มสำหรับนำไปพยากรณ์ด้วยเทคนิค J48 ตัวอย่างกฎที่พบเช่น นักศึกษาที่ได้เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 มักจะมีผลการเรียนรายวิชาสถิติวิเคราะห์เท่ากับ D และรายวิชาฟิสิกส์เชิงเส้นเท่ากับ D โดยมีความถูกต้อง (Accuracy) เท่ากับ 91.00% ความแม่นยำ (Precision)

เท่ากับ 90.70% ความระลึก (Recall) เท่ากับ 91.10% และ F-Measure เท่ากับ 90.90%

ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำกฎความสัมพันธ์และกฎการตัดสินใจไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบแนะนำการเรียนสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เพื่อให้สามารถสอบผ่านไปเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไปได้ รวมไปถึงช่วยอาจารย์ที่ปรึกษาในการวางแผนการเรียนของนักศึกษา และงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการศึกษาให้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- จิราภา เลหาะวรรณท์, รชต ลิ้มสุทธีวันภูมิ, บัณฑิต ฐานะโสภณ และพรฤดี เนติโสภากุล. 2558. การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการจำแนกและคัดเลือกแขนงวิชาสำหรับนักศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. 4(2): 45-53.
- ทิพย์ธิดา วงศ์พิพันธ์. 2556. การใช้เหมืองข้อมูลช่วยในการตัดสินใจการให้สินเชื่อ. งานค้นคว้าอิสระ สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการ

- สื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ.
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- บุษราภรณ์ มหัทธชัย, ครรชิต มัลลียงส์, เสมอแข
สมหอมและณัฐยา ตันตรานนท์. 2559. กฎ
ความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อการผัน
สภาพนักศึกษาโดยใช้อัลกอริทึมอพรีโอริ
[Online]. 1:456-469. http://www.cmruir.cmru.ac.th/bitstream/123456789/448/1/Dropout_Mining.pdf.
- สายชล สนิสมบูรณ์ทอง. 2558. การทำเหมืองข้อมูล.
กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.
- ศุภามณ จันทรสกุล. 2561. เทคนิคเหมืองข้อมูลในการ
วิเคราะห์ข้อมูลทางการพยาบาล.
วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(2):83-
96.
- Agrawal, R., Imielinski, T. and Swami, A. 1993.
Mining Association Rules between Sets of
Items in Large Databases. Proceedings of
the 1993 ACM SIGMOD International
Conference on Management of Data,
Washington DC, May 1993, 207-216.
- Quinlan, J. R. 1993. C4.5: Programs for Machine
Learning. Morgan Kaufmann Publishers.
- Shearer, C. 2000. The CRISP-DM model: The new
blueprint for data mining. Journal of Data
Warehousing, 5(4), 13–22.

ประเภทการกินอาหารของปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

Feeding Types of Fish in Seagrass Beds in Khung Kraben Bay Area, Chanthaburi Province

รัฐธีร์ ธนจิตติวรพงษ์¹ นภาพัญญ์ แหวนเพชร² และธรรณ ชำรงนาวาสวัสดิ์²



บทคัดย่อ

การศึกษาประเภทการกินอาหารของปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม พ.ศ.2560 - เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 สามารถเก็บตัวอย่างปลาได้ 38 ชนิด 826 ตัวอย่าง พบว่ามีประเภทอาหารที่ปลากินได้ 4 ประเภทหลัก ได้แก่ อาหารประเภทสัตว์ อาหารประเภทพืช อาหารประเภทแพลงก์ตอน และอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สาร ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีก 25 กลุ่มอาหาร โดยพบว่าอาหารกลุ่มกุ้ง หญ้าทะเล โคฟีพอด และตะกอนดิน เป็นอาหารที่ปลากินมากที่สุดในอาหารแต่ละประเภท โดยปลาสวนใหญ่ในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนเป็นปลาในกลุ่มที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหารถึงร้อยละ 65.79 จากตัวอย่างปลาทั้งหมด สัดส่วนของอาหารที่ปลากินในแต่ละบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งประเภทการกินอาหารของปลาเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามการแพร่กระจายของหญ้าทะเล ในบริเวณที่มีการแพร่กระจายของหญ้าทะเลจะมีกลุ่มปลาที่กินอาหารประเภทสัตว์และประเภทพืชเป็นหลัก ส่วนในบริเวณที่ไม่มีการแพร่กระจายของหญ้าทะเลจะมีกลุ่มปลาที่กินอาหารประเภทสัตว์และประเภทเศษซากอินทรีย์สารเป็นหลัก ค่าดัชนีการเติมกระเพาะของอาหารของปลาเฉลี่ย 5.61 ± 2.67 และพบว่าในช่วงเวลาน้ำกำลังลงมีค่าดัชนีดังกล่าวมากกว่าในช่วงเวลาน้ำกำลังขึ้น แสดงว่าปลาที่เข้ามาในอ่าวคุ้งกระเบนมีการใช้ประโยชน์จากแหล่งหญ้าทะเลในแง่ของการเป็นแหล่งอาหาร

คำสำคัญ: จังหวัดจันทบุรี ประเภทการกินอาหาร ประชาคมปลา อ่าวคุ้งกระเบน แหล่งหญ้าทะเล

ABSTARCT

In this research investigation, the researchers study the feeding types of fish in the seagrass beds in the Khung Kraben Bay (KKB) area, Chanthaburi province. There were thirty-eight fish species in the 826 specimens that were collected between January 2017 and January 2018. It was found that the food types that fish consumed could be divided into four major types: animals; plants; planktons; and detritus. These could be divided into twenty-five minor groups of food. The dominant food items in each type mostly consumed by fish were shrimps, seagrass, copepods, and sediments. The highest proportion of fish in the sample fish population from the seagrass beds in the KKB area were carnivorous fish (65-79 percent). The proportion of food consumed by the fish in each area studied could be divided into two groups of feeding types based on the distribution of the seagrass. In the area of seagrass distribution were fish consuming animals and plants. In the area with no distribution of seagrass there were mainly fish consuming animals

¹ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

and detritus. The gut fullness index (FL) showed an average of 5.61 ± 2.67 . It was also found that the FL was higher during the ebb tide than during the high tide. This means that the fish coming to the KKB utilized seagrass beds as the source of food supply.

Keywords: Chanthaburi Province, feeding types, fish community, Khung Kraben Bay, seagrass beds

บทนำ

แหล่งหญ้าทะเลเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญทางทะเลระบบหนึ่ง โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งสืบพันธุ์ อนุบาลและวางไข่ เป็นแหล่งหลบภัยจากศัตรูทางธรรมชาติ และเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในสายใยอาหารของสัตว์น้ำนานาชนิด (สุวลักษณ์, 2534) ซึ่งสัตว์น้ำกลุ่มหลักที่เข้ามาอาศัยใช้ประโยชน์และพบเห็นมากที่สุดในแหล่งหญ้าทะเล ได้แก่ ปลา โดยปลาจะเข้ามาใช้ประโยชน์จากแหล่งหญ้าทะเลด้วยวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นแหล่งอาศัยชั่วคราวและถาวร เป็นแหล่งหลบภัย เป็นแหล่งขยายพันธุ์ และเป็นแหล่งอาหารอันอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากสันฐานวิทยาและลักษณะใบ ลำต้น และรากของหญ้าทะเลทำให้เกิดความซับซ้อนในพื้นที่ซึ่งทำให้แหล่งหญ้าทะเลสามารถเป็นแหล่งอาหารได้ทั้งในทางตรง (บริโภคใบและเศษซากของหญ้าทะเลโดยตรง) และทางอ้อม (เป็นแหล่งอาศัยของสัตว์น้ำขนาดเล็กที่เป็นอาหารของปลา) ซึ่งปลาในแหล่งหญ้าทะเลมีบทบาทสำคัญในระบบการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศหญ้าทะเล เนื่องจากปลาสามารถเป็นได้ทั้งผู้บริโภคในขั้นปฐมภูมิ (primary consumer) ไปจนถึงขั้นสูงสุดของห่วงโซ่อาหาร (top carnivore) (อุกกฤต และสุริย์, 2548) ความสัมพันธ์แบบผู้ล่าและเหยื่อของปลาในแหล่งหญ้าทะเลนับเป็นภาพชัดเจนที่แสดงถึงการเข้ามาในแหล่งหญ้าทะเลเพื่อหาอาหารเป็นหลัก (สมหมาย, 2538) ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับประเภทการกินอาหารของปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่อ่าวคุ้งกระเบนที่เป็นแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญที่สุดของอ่าวไทยฝั่งตะวันออก และยังเป็นแหล่งการทำประมงพื้นบ้านที่สำคัญของจังหวัดจันทบุรียังมีการรายงานอยู่น้อย โดยการทราบถึงพฤติกรรมการกินอาหารของปลาในแต่ละช่วงเวลา

และพื้นที่ต่าง ๆ ในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

อาจส่งเสริม และเป็นประโยชน์แก่ชาวประมงในพื้นที่ศึกษา อีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่ช่วยให้ความเข้าใจในปฏิสัมพันธ์ของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศหญ้าทะเลได้เป็นอย่างดี

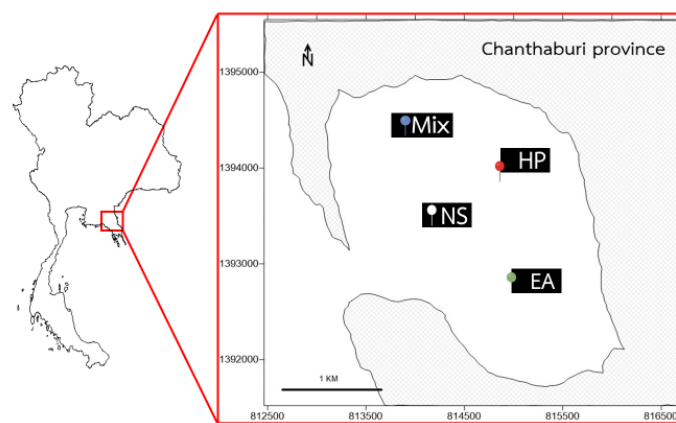
วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาและการเก็บตัวอย่างปลา

สำรวจและเก็บตัวอย่างปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2560 – เดือนมกราคม พ.ศ.2651 แบ่งพื้นที่การเก็บตัวอย่างเป็น 4 สถานีตามการแพร่กระจายของหญ้าทะเลได้แก่ 1) บริเวณที่มีเฉพาะหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) เพียงชนิดเดียว (EA), 2) บริเวณที่มีเฉพาะหญ้ายูชายเข้ (*Halodule pinifolia*) เพียงชนิดเดียว (HP), 3) บริเวณที่มีหญ้าทะเลทั้งสองชนิดในพื้นที่เดียวกัน (Mix) และ 4) บริเวณที่ไม่มีหญ้าทะเลปกคลุม (NS) ทำการเก็บตัวอย่างปลาโดยใช้เครื่องมืออวนติดตา (gill net) ขนาดตาอวน 4 เซนติเมตร กว้าง 1.2 เมตร ยาว 50 เมตร ซึ่งเป็นเครื่องมือประมงและขนาดตาอวนที่ได้รับอนุญาตโดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กรมประมง) ที่สามารถใช้ได้ในพื้นที่นี้ วางอวนขนานกับแนวกันอ่าวในลักษณะขวางกระแสน้ำโดยจะเก็บตัวอย่างปลาในช่วงน้ำกำลังขึ้น และช่วงน้ำกำลังลง ทั้งให้เครื่องมือทำการประมงเป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยเฉลี่ยจากนั้นทำการเก็บกู้เครื่องมือและเก็บรักษาตัวอย่างปลาที่ได้โดยการแช่น้ำแข็ง จำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธานโดยใช้คู่มือ FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the

Western Center Pacific. Volume 3 - 6 Carpenter and Niem, (1999; 2001) และผ่าพิสูจน์กระเพาะอาหาร (stomach content) ของตัวอย่างปลาที่เก็บได้ในพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งตามสถานีเก็บตัวอย่างและช่วงเวลาขึ้น – ลงของน้ำทะเล ด้วยวิธีการประเมินการปรากฏพบของอาหารแต่ละชนิด (Occurrence method) ตามวิธีการของ Hyslop (1980) โดยตรวจสอบอาหารที่พบในกระเพาะอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จำแนกอาหารที่พบในกระเพาะเป็นกลุ่มหรือประเภท และประเมินร้อยละของปริมาณอาหารที่

พบภายในกระเพาะอาหารของปลาแต่ละตัว และนำมาคำนวณค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหาร (Gut Fullness index : FL) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารในกระเพาะของปลาแต่ละชนิด ในระดับ 0 – 10 โดย 0 หมายถึงกระเพาะที่ไม่มีอาหาร (กระเพาะว่าง) และ 10 หมายถึง กระเพาะที่มีอาหารอยู่เต็มกระเพาะหรือล้นกระเพาะ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

ผลการวิจัย

1. ประเภทอาหารในกระเพาะของปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน

จากการผ่าพิสูจน์กระเพาะอาหารของปลาในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน ทั้งหมด 38 ชนิด 826 ตัวอย่าง พบว่าอาหารที่ปรากฏพบในกระเพาะของปลาแบ่งได้เป็น 4 ประเภท โดยประเภทอาหารที่มีสัดส่วนการปรากฏพบมากที่สุดในกระเพาะของปลาในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อาหารประเภทสัตว์มีสัดส่วนการปรากฏพบร้อยละ 47.38 ถัดมาเป็นอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สาร และอาหารประเภทแพลงก์ตอน มีสัดส่วนการปรากฏพบร้อยละ 23.55 และ 15.55 ตามลำดับ และอาหารประเภทพืชมีสัดส่วนการปรากฏพบน้อยที่สุดในกระเพาะของปลาในพื้นที่ศึกษา โดยมีสัดส่วนการร้อยละ 13.52 สามารถแบ่งกลุ่มย่อยของประเภทอาหารได้เป็น 24 กลุ่มย่อย และมีสัดส่วนของอาหารที่พบดังตารางที่ 1 โดยอาหาร

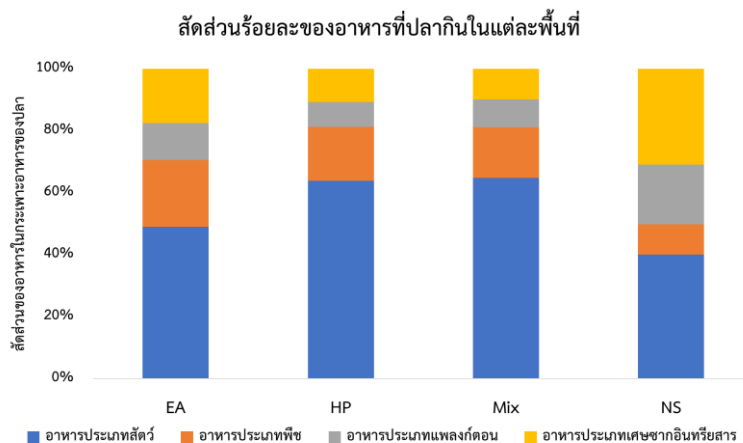
กลุ่มเด่นในแต่ละประเภทอาหาร ได้แก่ กลุ่มกุ้งพบร้อยละ 20.40 ในอาหารประเภทสัตว์, กลุ่มหอยกุกายเข็มพบร้อยละ 55.38 ในอาหารประเภทพืช, กลุ่มโคฟีพอดพบร้อยละ 72.43 ในอาหารประเภทแพลงก์ตอน และกลุ่มตะกอนดินพบร้อยละ 74.07 ในอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สาร (ดังตารางที่ 1)

2. สัดส่วนของอาหารในกระเพาะของปลาในแต่ละสถานี

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปลาในแต่ละสถานี โดยแบ่งประเภทการกินอาหารแสดงผล ดังนี้ 1) บริเวณที่มีเฉพาะหญ้าคาทะเลเพียงชนิดเดียว (EA) มีสัดส่วนของอาหารประเภทสัตว์มากที่สุดร้อยละ 48.90 โดยมีอาหารกลุ่มเด่นได้แก่ กลุ่มหอยฝาเดียว รองลงมาเป็นอาหารประเภทพืช และอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สาร มีสัดส่วนร้อยละ 21.59 และ 17.62 ตามลำดับ และมีอาหารกลุ่มเด่นใน

แต่ละประเภท ได้แก่ กลุ่มหญ้าคาทะเลและกลุ่มตะกอนดิน ส่วนอาหารประเภทแพลงก์ตอนมีสัดส่วนน้อยที่สุดในบริเวณนี้โดยมีสัดส่วนร้อยละ 11.89 อาหารกลุ่มเด่น ได้แก่ กลุ่มไดอะตอม 2) บริเวณที่มีเฉพาะหญ้ากุ่มชายเข้เพียงชนิดเดียว (HP) มีสัดส่วนของอาหารประเภทสัตว์มากที่สุดร้อยละ 63.76 อาหารกลุ่มเด่น ได้แก่ กลุ่มกุ้ง รองลงมาเป็นอาหารประเภทพืชและอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สารคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17.45 และ 10.74 ตามลำดับ อาหารกลุ่มเด่นในแต่ละประเภท ได้แก่ กลุ่มหญ้ากุ่มชายเข้และกลุ่มตะกอนดิน ในขณะที่อาหารประเภทแพลงก์ตอนมีสัดส่วนน้อยที่สุดในบริเวณนี้โดยมีสัดส่วนร้อยละ 8.05 และอาหารกลุ่มเด่นได้แก่กลุ่มโคฟีพอด 3) บริเวณที่มีหญ้าทะเลทั้งสองชนิดในพื้นที่เดียวกัน (Mix) มีสัดส่วนของอาหารประเภทสัตว์มากที่สุดร้อยละ 64.74 อาหารกลุ่มเด่นได้แก่ กลุ่มกุ้งและกลุ่มไส้เดือน

ทะเล รองลงมาเป็นอาหารประเภทพืช และอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สารคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 16.32 และ 10.00 ตามลำดับ อาหารกลุ่มเด่นในแต่ละประเภท ได้แก่ กลุ่มหญ้ากุ่มชายเข้และกลุ่มตะกอนดิน อาหารประเภทแพลงก์ตอนมีสัดส่วนน้อยที่สุดโดยมีสัดส่วนร้อยละ 8.95 อาหารกลุ่มเด่น ได้แก่ กลุ่มไดอะตอม และ 4) บริเวณที่ไม่มีหญ้าทะเลปกคลุม (NS) มีสัดส่วนของอาหารประเภทสัตว์มากที่สุดร้อยละ 39.93 โดยมีอาหารกลุ่มเด่นได้แก่ กลุ่มออสตราคอด รองลงมาเป็นอาหารประเภทเศษซากอินทรีย์สารและอาหารประเภทแพลงก์ตอนโดยมีสัดส่วนร้อยละ 31.03 และ 19.16 ตามลำดับ อาหารกลุ่มเด่นในแต่ละประเภท ได้แก่ กลุ่มตะกอนดิน และกลุ่มโคฟีพอด ในขณะที่อาหารประเภทพืชมีสัดส่วนน้อยที่สุดโดยมีสัดส่วนร้อยละ 9.89 และอาหารกลุ่มเด่น ได้แก่ กลุ่มหญ้ากุ่มชายเข้ (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สัดส่วนร้อยละของอาหารที่ปลากินในบริเวณที่ศึกษา บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยที่ EA คือบริเวณที่มีเฉพาะหญ้าคาทะเลเพียงชนิดเดียว, HP คือ บริเวณที่มีเฉพาะหญ้ากุ่มชายเข้เพียงชนิดเดียว, Mix คือ บริเวณที่มีหญ้าทะเลทั้งสองชนิดในพื้นที่เดียวกัน และ NS คือ บริเวณที่ไม่มีหญ้าทะเลปกคลุม

3. ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหาร (Gut Fullness index : FL) ของปลาในพื้นที่ศึกษาอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

จากการคำนวณค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารของปลาทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารมีค่าตั้งแต่ 0 – 10 ซึ่งมีค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารของปลาเฉลี่ย 5.61 ± 2.67 โดยปลาที่มีค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารเท่ากับ 0 มี 1 ชนิด คือ ปลาเก๋ (Stolephorus indicus) เนื่องจากไม่พบอาหารในกระเพาะ และปลาที่มี

ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารเท่ากับ 10 มี 5 ชนิด ได้แก่ ปลากดทะเลหัวแข็ง (Arius venosus), ปลากะพงดำ (Lobotes surinamensis), ปลาแบนตัวเรียว (Equulites stercorarius), ปลาดิบเต่าลาย (Hemiramphus far) และปลาหลังเขียว (Sardinella albella) เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างปลาที่จับได้ในแต่ละช่วงเวลาการขึ้น-ลงของน้ำทะเลพบว่าในช่วงเวลาน้ำกำลังขึ้นมีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารของปลา 5.54 ± 3.02 และค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารของปลาในช่วงเวลาน้ำกำลังลง

มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.62 ± 3.10 ซึ่งค่าดัชนีการเต็มกระเพาะ
ของอาหาร (Gut Fullness index : FL) ของปลาแต่ละ
ชนิดเป็นไปตามตารางที่ 2

จากการผ่าเพื่อตรวจสอบอาหารภายใน
กระเพาะอาหารของปลาจำนวน 826 ตัวจาก 38 ชนิด
ที่พบในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน พบว่า

สรุปและวิจารณ์ผล

กลุ่มปลาที่แพร่กระจายในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็น
กลุ่มปลาที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร (carnivore) โดยมี
สัดส่วนมากถึงร้อยละ 65.79 ของชนิดปลาทั้งหมด

ตารางที่ 1 สัดส่วนของอาหารกลุ่มย่อยในแต่ละประเภทอาหารหลักที่พบในปลา บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

อาหารประเภทสัตว์		อาหารประเภทพืช		อาหารประเภท แพลงก์ตอน		อาหารประเภท เศษซากอินทรีย์สาร	
กลุ่มอาหาร	ร้อยละ	กลุ่มอาหาร	ร้อยละ	กลุ่มอาหาร	ร้อยละ	กลุ่มอาหาร	ร้อยละ
กุ้ง	20.40	หญ้ากุยช่ายเข็ม	55.38	โคพีพอด	72.43	ตะกอนดิน	74.07
หอยฝาเดียว	13.65	(<i>Halodule pinifolia</i>)		(Copepod)		ฟอรามินิเฟอร่า	25.93
ออสตราคอด (Ostracod)	11.96	สาหร่าย	26.88	ไดอะตอม	20.56	(Foraminifera)	
ปลา	11.04	หญ้าคาทะเล	17.74	(DiatomX			
ปู	9.82	(<i>Enhalus acoroides</i>)		เคย	6.54		
หอยสองฝา	9.05			ลูกปูวัยอ่อน	0.47		
ไส้เดือนทะเล	7.98						
ปูเสฉวน	6.29						
ไส้เดือนตัวกลม	5.67						
แอมฟิพอด (Amphipod)	2.91						
กิ้งก่าเตน	0.46						
ไขปลา	0.31						
ดาวเปราะ	0.15						
ไอโซพอด (Isopod)	0.15						
แมลงน้ำ	0.15						
รวม	15 กลุ่ม		3 กลุ่ม		4 กลุ่ม		2 กลุ่ม

ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ
อุกกฤต และสุริย์ (2548) ที่ทำการศึกษาก่อนประกอบ
ของอาหารในกระเพาะของปลาในแหล่งหญ้าทะเล
ชายฝั่งอันดามัน พบว่าเป็นกลุ่มปลาที่กินสัตว์อื่นเป็น
อาหาร (carnivore) สูงถึงร้อยละ 78 และในเชิงของ
อาหารกลุ่มหลักในแต่ละประเภทรายงานของ
สมหมาย (2538) และ Horinouchi *et al.* (2012)
พบว่าอาหารกลุ่มกุ้ง หญ้าทะเล โคพีพอด และซาก
อินทรีย์สาร เป็นกลุ่มอาหารที่ปลากินมากที่สุดซึ่งมี
สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

จากการวิเคราะห์สัดส่วนของอาหารที่ปลากิน
ในแต่ละบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งประเภทการ
กินอาหารของปลาเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามการ

แพร่กระจายของหญ้าทะเล ซึ่งในบริเวณที่มีการ
แพร่กระจายของหญ้าทะเลนั้นจะมีกลุ่มปลาที่กิน
อาหารประเภทสัตว์และประเภทพืชเป็นหลัก เนื่องจาก
บริเวณที่มีการแพร่กระจายของหญ้าทะเลนั้นเป็นแหล่ง
ที่อยู่อาศัยของเหยื่อต่าง ๆ ที่ปลากินได้ เช่น กุ้ง ปู
หอยฝาเดียว หอยสองฝา และปลาขนาดเล็กซึ่ง
สอดคล้องกับรายงานของ Horinouchi and Sano
(2001) อีกทั้งยังมีหญ้าทะเลที่เป็นแหล่งอาหารหลัก
ของปลากินพืชซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mariani
and Alcoverro (1999) ส่วนในบริเวณที่ไม่มีการ
แพร่กระจายของหญ้าทะเลจะมีกลุ่มปลาที่กินอาหาร
ประเภทสัตว์และประเภทเศษซากอินทรีย์สารใน
สัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน และมีการเพิ่มขึ้นของสัดส่วน

กลุ่มปลาที่กินอาหารประเภทแพลงก์ตอน โดยมีตาราง
ที่ 2 ดัชนีความเต็มกระเพาะของอาหาร (Gut Fullness

index : FL) ของปลาในพื้นที่ศึกษา

ชนิด	FL all	FL rise	FL fall	n
ปลากดทะเลหัวแข็ง (<i>Arius venosus</i>)	10.00	10.00	-	1
ปลากะพงดำ (<i>Lobotes surinamensis</i>)	10.00	10.00	-	1
ปลาแบนตัวเรียว (<i>Equulites stercorarius</i>)	10.00	-	10.00	1
ปลาตบเต่าลาย (<i>Hemiramphus far</i>)	10.00	-	10.00	1
ปลาหลังเขียว (<i>Sardinella albella</i>)	10.00	-	10.00	1
ปลากระบอกทองใต้ (<i>Ellochelon vaigiensis</i>)	8.41	9.90	6.28	17
ปลาสิลิตหินแขก (<i>Siganus javus</i>)	8.07	7.33	8.27	14
ปลาแมว (<i>Thryssa hamiltonii</i>)	8.00	7.75	10.00	9
ปลาแบนยักษ์ (<i>Leiognathus equulus</i>)	7.94	8.01	7.76	147
ปลาหัวหางพัด (<i>Monacanthus chinensis</i>)	7.58	-	7.58	31
ปลาสิลิตใบขนุน (<i>Siganus canaliculatus</i>)	7.53	10.00	7.2	17
ปลาตบเต่าปากแดง (<i>Hyporhamphus limbatus</i>)	7.5.0	6.00	10.00	8
ปลาสิลิตจุดเหลือง (<i>Siganus guttatus</i>)	6.76	6.57	6.95	41
ปลาข้างเงินตาโต (<i>Atherinomorus duodecimalis</i>)	6.33	5.60	10.00	6
ปลาแพะลาย (<i>Upeneus tragula</i>)	6.25	10.00	5.00	4
ปลาข้างลายสี่แถบ (<i>Pelates quadrilineatus</i>)	5.60	8.00	4.00	5
ปลาข้างเหลือง (<i>Selaroides leptolepis</i>)	5.60	5.00	6.00	5
ปลาหัวสามเขา (<i>Triacanthus nieuhofii</i>)	5.50	5.50	-	2
ปลาดอกหมากกระโจง (<i>Gerres filamentosus</i>)	5.40	0.00	5.78	15
ปลาเจลิยบ (<i>Scomberoides tala</i>)	5.3	5.88	0.00	10
ปลากระทุงเหว (<i>Tylosurus acus melanotus</i>)	5.25	5.40	5.00	8
ปลากะพงข้างเหลือง (<i>Lutjanus lutjanus</i>)	5.00	5.00	-	1
ปลาซีจิ้นครีบดำ (<i>Ambassis kopsii</i>)	4.97	5.37	4.85	68
ปลาดอกหมากหลังโค้ง (<i>Gerres oyena</i>)	4.83	3.66	5.64	29
ปลากระบอกหางแบน (<i>Chelon subviridis</i>)	4.74	2.00	6.35	27
ปลากะพงข้างปาน (<i>Lutjanus russelli</i>)	4.14	3.23	5.54	28
ปลาสีกุนเล็กครีบดำ (<i>Carangoides praeustus</i>)	4.00	1.5	6.5	4
ปลากะรังดอกแดง (<i>Epinephelus coioides</i>)	4.00	-	4.00	2
ปลาเห็ดโคน (<i>Sillago sihama</i>)	3.96	3.91	4.00	23
ปลาดุกทะเล (<i>Plotosus canius</i>)	3.76	7.28	3.23	54
ปลาหมูสีแก้มแดง (<i>Lutjanus lutjanus</i>)	3.70	2.25	4.80	99
ปลาข้างตะเภาลายโค้ง (<i>Terapon jarbua</i>)	3.54	5.07	2.04	83
ปลาแบนเบี้ย (<i>Secutor ruconius</i>)	3.33	10.00	0.00	3
ปลาดอกหมากครีบทัน (<i>Gerres erythrouros</i>)	2.62	2.09	2.94	55
ปลาสะละเกล็ดยาว (<i>Scomberoides tol</i>)	2.00	2.00	-	1
ปลาลิ้นเสือ (<i>Pseudorhombus elevates</i>)	1.00	1.00	-	1
ปลาสากเหลือง (<i>Sphyræna jello</i>)	0.67	2.00	0.00	3
ปลากะตัก (<i>Stolephorus indicus</i>)	0.00	-	0.00	1
ค่าเฉลี่ย±SD	5.61±2.67	5.54±3.02	5.62±3.10	826 (รวม)

หมายเหตุ: FL all หมายถึง ค่าดัชนีความเต็มกระเพาะของอาหารของปลารวม, FL rise หมายถึง ค่าดัชนีความเต็มกระเพาะของอาหารของปลาที่จับได้ในช่วงน้ำกำลังขึ้น, FL fall หมายถึง ค่าดัชนีความเต็มกระเพาะของอาหารของปลาที่จับได้ในช่วงน้ำกำลังลง, n หมายถึง จำนวนตัวอย่างปลา และ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่างปลา

สัดส่วนของปลากลุ่มนี้มากกว่าในบริเวณที่มี การแพร่กระจายของหญ้าทะเล เนื่องจากบริเวณ ดังกล่าวเป็นพื้นที่โล่งมีเพียงพื้นที่ตื้นน้ำที่มีตะกอนดิน เป็นแหล่งอาหารหลักและยังไม่มีแหล่งกำบังของสัตว์ น้ำขนาดเล็กทำให้สามารถมองเห็นได้ง่ายจากผู้ล่าซึ่ง สอดคล้องกับรายงานของ Schultz *et al.* (2009) ทำให้ สัดส่วนอาหารในบริเวณนี้แตกต่างไปจากบริเวณอื่น ๆ ของอ่าวคุ้งกระเบนจากค่าดัชนีความเต็มกระเพาะของ อาหารของปลาที่จับได้ในในช่วงน้ำกำลังขึ้น และช่วง น้ำกำลังลง พบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีมีค่าที่สูงขึ้น เล็กน้อยในช่วงเวลาน้ำกำลังลงแสดงให้เห็นว่าปลาที่ เข้ามาในอ่าวคุ้งกระเบนในช่วงเวลาน้ำขึ้นมีการใช้ ประโยชน์จากแหล่งหญ้าทะเลในแง่ของแหล่งอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับ สมหมาย (2538) ที่รายงานว่าแหล่ง หญ้าทะเลเป็นเขตที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิต ต่าง ๆ จนทำให้มีปลาเข้ามาหาอาหารในพื้นที่ โดยใน การศึกษาค้นนี้ปลาจะว่ายเข้ามากินอาหารในบริเวณ อ่าวคุ้งกระเบนพร้อมกับระดับของน้ำทะเลที่สูงขึ้น และ ในช่วงเวลาน้ำลงปลาก็จะว่ายออกจากอ่าวไปตามการ ลดลงของระดับของน้ำทะเลเช่นเดียวกัน โดยจากการ คำนวณค่าดัชนีความเต็มกระเพาะของอาหารพบว่า มี ปลาในพื้นที่ศึกษาจำนวน 19 ชนิดมีค่าดัชนีความเต็ม กระเพาะของอาหารของปลาในช่วงน้ำกำลังลงมากกว่า ค่าดัชนีความเต็มกระเพาะของอาหารของปลาในช่วง น้ำกำลังขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับการสนับสนุนการวิจัยภายใต้ แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางการยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเทภบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

สมหมาย เจนกิจการ. 2538. นิเวศวิทยาของปลาใน แนวหญ้าทะเล บริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้า ใหญ่ จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 144 หน้า.

สุวลักษณ์ นาทีกาญจนลาม. 2534. หญ้าทะเล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 29 หน้า.
อุกกฤต สดภูมินทร์ และ สุรีย์ สดภูมินทร์. 2548. อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลาในแหล่ง หญ้าทะเลทางฝั่งตะวันออกของเกาะภูเก็ต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16 / 2548. สถาบันวิจัย และพัฒนา ทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่ง และป่า ชายเลน, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 47 หน้า.

Carpenter, K.E. and Niem V.H. (eds). 1999. FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 3 and 4. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome. 1379-2790.

Carpenter, K.E. and Niem V.H. (eds). 2001. FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 5 and 6. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome. 2791-4218.

Horinouchi, M. and Sano M. 2001. Effects of changes in seagrass shoot density and leaf height on the abundance of juveniles of *Acentrogobius pflaumii* in a *Zostera marina* bed. Ichthyological Research. 48(2): 179-185.

Horinouchi, M., Tongnunui P., Furumitsu K., Nakamura. Y., Kanou K., Yamaguchi. A., Okamoto K. and Sano. M. 2012. Food habits of small fishes in seagrass habitats in Trang, southern Thailand. Fish Sci 78: 577-587.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach content analysis – a review of methods and their application. Journal of Fish Biology. 17: 411-429.

- Mariani, S. and Alcoverro. T. 1999. A multiple-choice feeding-preference experiment utilising seagrasses with a natural population of herbivorous fishes. *Marin Ecology Progress Series*. 189: 295-299.
- Schultz, S.T., Kruschel C. and Bakran-Petricioli. T. 2009. Influence of seagrass meadows on predator-prey habitat segregation in an Adriatic lagoon. *Marin Ecology Progress Series*. 374: 85-99.

การคัดแยกและคัดกรองยีสต์สะสมไขมันสูงที่สามารถใช้กลีเซอรอล เป็นแหล่งคาร์บอน

Isolation and Screening of Oleaginous Yeasts Capable of Using Glycerol as a Carbon Source

Patcharanan Amornrattanapan¹ and Panisara Thongthep²



บทคัดย่อ

ยีสต์สะสมไขมันสูงเป็นผู้ผลิตไขมันที่มีศักยภาพสำหรับนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตไบโอดีเซล การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างจากใบไม้และดินจากบริเวณป่าชายเลน จังหวัดชลบุรี แล้วนำมาคัดแยกยีสต์โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ YEPG broth ที่มีกลีเซอรอล 2 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งคาร์บอนในขวดรูปชมพู่ภายใต้สภาวะแบบเขย่า พบว่าสามารถคัดแยกยีสต์ได้ทั้งหมด 26 ไอโซเลท จากนั้นนำยีสต์ที่คัดแยกได้มาวิเคราะห์ความสามารถในการสะสมไขมันโดยการย้อมด้วยสี Sudan Black B พบว่าจากยีสต์ทั้งหมด 26 ไอโซเลทที่คัดแยกได้ มียีสต์ 7 ไอโซเลท ได้แก่ 1A 2C 3E 5B 6A 8A และ 9A ที่มีถุงสะสมไขมันภายในเซลล์ จึงนำยีสต์ทั้ง 7 ไอโซเลทมาประเมินปริมาณไขมันภายในเซลล์ด้วยวิธี Nile Red fluorescence assay พบว่ายีสต์ไอโซเลท 1A ที่คัดแยกได้จากใบของต้นแสมดำแสดงศักยภาพในการสะสมไขมันสูงที่สุด เมื่อนำไอโซเลท 1A ไปศึกษาจลศาสตร์ของการผลิตชีวมวลและไขมัน พบว่าที่เวลา 240 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยงในอาหาร GMY broth ไอโซเลท 1A ผลิตชีวมวลได้ 24.24 ± 0.06 กรัมต่อลิตร สะสมไขมันได้ 3.63 ± 0.04 กรัมต่อลิตร คิดเป็นปริมาณไขมันสูงสุด 14.98 เปอร์เซ็นต์ของชีวมวลแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ควรที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงการผลิตไขมันของยีสต์ไอโซเลท 1A ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

คำสำคัญ : กลีเซอรอล ลิพิดจากจุลินทรีย์ ยีสต์สะสมไขมันสูง

ABSTRACT

Oleaginous yeasts are potential lipid producers that could be used for biodiesel production. In this present study, leaf and soil samples from a mangrove forest in Chonburi Province were collected and used for the isolation of yeasts in YEPG broth containing 2% glycerol as a carbon source in shaking flasks. The total of 26 isolates of yeast were obtained and they were further investigated for their ability to accumulate lipid by Sudan Black B staining. The result showed that 7 out of 26 yeast isolates; 1A 2C 3E 5B 6A 8A and 9A had intracellular lipid droplets. All of these isolates were estimated for their approximate amount of lipid accumulation by Nile Red fluorescence assay and only one isolate namely 1A that was isolated from leaves of *Avicennia officinalis* expressed the strongest potential for high level of lipid accumulation. After kinetic studies of biomass and lipid production of isolate 1A at 240 hours of growth in GMY broth, 24.24

¹ Lecturer at Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University

² Student at Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University

± 0.06 g/L of biomass yield, 3.63 ± 0.04 g/L of lipid yield, and lipid content of 14.98% of dry biomass were significantly achieved ($p < 0.05$). Strategies for improvement on lipid production from this isolate is needed to be further investigated prior to its utilization in the future.

Keywords: glycerol, microbial lipid, oleaginous yeast

Introduction

Recently, demands on biodiesel as a biofuel have been increasing in America, Europe, and Asia since it is considered as an environmental-friendly alternative fuel (Eamcharoen and Rungrojchaipon, 2016). Glycerol is an industrial waste derived from biodiesel production via transesterification or alcoholysis of vegetable oils. Generally, proportion of 10% (w/w) of crude glycerol is produced from biodiesel (Santibañez et al., 2011). Yeasts could convert glycerol to intermediate compounds and eventually produce dihydroxy-acetone phosphate as a product via glycolytic pathway. Dihydroxyacetone phosphate is further changed to citric acid which is subsequently converted to storage lipid (Rakicka et al., 2015). Therefore, application of glycerol as a carbon source for the growth of oleaginous microorganisms such as oleaginous yeasts (Kitcha and Cheirsilp, 2011) would be attractive in terms of waste removal and cost reduction for microbial lipid production.

Oleaginous microorganisms are those such as yeasts, molds and microalgae that could accumulate lipid above 20% of their biomass (Evan and Ratledge, 1984). Lipid accumulation in yeasts usually takes place when carbon is in excess and nitrogen is limited (Amaretti et al., 2010). Some genera of oleaginous yeasts; *Rhodosporidium* sp., *Rhodotorula* sp., and *Lipomyces* sp. could accumulate lipid up to 70% of dry biomass (Li et

al., 2008). Oleaginous yeasts store intracellular lipid in lipid droplets that are distributed in the cytosol. Lipid content varies between different yeast strains as well as cultivation conditions (Cuimin et al., 2009). Major composition of yeast lipid is triacylglycerol (TAG). In addition, lipid of oleaginous yeasts has fatty acid profiles similarly to those of vegetable oils that are commonly used as substrates for biodiesel production via transesterification reaction (Sitepu et al., 2014). Thus, this is a great potential to replace vegetable oils for biodiesel production in the future. Taking that into an account, when yeast lipid is utilized as a substrate in transesterification, glycerol would also be produced alongside biodiesel. Subsequently, the obtained waste glycerol could be recycled by applying it as a carbon source for growth and lipid accumulation of oleaginous yeasts again. These processes could be carried out indefinitely to exploit the full potential of both yeast lipid and glycerol.

Oleaginous yeasts are widely distributed in natural habitats (Jiru et al., 2016), e.g. soils, leaves, flowers, and from various environments as well as mangrove forests (Kunthipun et al., 2018).

Therefore, the aim of this work is to isolate and screen for potential oleaginous yeasts capable of using glycerol as a carbon source from biomaterials at a local mangrove forest. Lipid content of a selected yeast isolate was also investigated.

Methods

Sample collection

Five samples of leaves from five different plant species (*Rhizophora mucronata* Poir., *Rhizophora apiculata* Blume, *Xylocarpus moluccensis* (Lamk) M.Roem., *Avicennia officinalis* L. and *Ceriops tagal* C.B.Rob.) and five soil samples near five different *Rhizophora apiculata* Blume trees were collected from Mangrove Forest Conserve and Natural Study Center in Chonburi province, Thailand. Leaves were cut from the living trees and placed in sterile plastic bags (One plant species per bag). Each soil sample was taken at the depth of 2 cm under the soil surface and collected in a sterile plastic bag. All samples were transported to the lab for the isolation of yeasts.

Isolation of yeast strains

After cutting into small pieces, 2 g of each leaf sample was transferred to a 250-ml Erlenmeyer flask containing 100 ml of YEPG broth (20 g/l peptone, 10 g/l yeast extract, 20 g/l pure glycerol) with the addition of 0.05 g/l chloramphenicol. Five grams of each soil sample was added to a 250-ml Erlenmeyer flask containing 100 ml of YEPG broth. All flasks were incubated at room temperature with 150 rpm for 3-5 days. Samples were diluted in 0.85% NaCl and spreaded on YEPG agar (YEPG broth with 2% agar and 0.05 g/l chloramphenicol). Colonies with different morphologies were picked, observed under a light microscope and streaked on freshly-prepared YEPG agar plates to obtain pure cultures.

Primary screening of oleaginous yeasts by Sudan Black B staining

A few colonies of isolated yeast strain were added to 100 ml of GMY broth containing 4% (w/v) pure glycerol and 0.3% (w/v) yeast extract as a carbon source and a nitrogen source, respectively (Munch et al., 2015), with initial O.D.₆₀₀ of 0.02. Flasks were incubated at room temperature with 150 rpm. Five-day cultures were used for Sudan Black B staining. After smear preparation, the experiment was followed by air dry, heat fix, flooding the smear with Sudan Black B solution for 15 minutes, discarding the solution, and flooding the smear with 0.5% Safranin O solution for 30 seconds (Burdon, 1946; Jape et al., 2014). Presence of lipid droplets in the cytosol of yeast cells were observed under a light microscope.

Secondary screening of oleaginous yeasts by Nile Red fluorescence assay (Sitepu, et al., 2012)

Selected yeast isolates from the primary screening were cultivated in 100 ml of GMY broth with initial O.D.₆₀₀ of 0.02 at room temperature with 150 rpm for 5 days. Yeast culture was further adjusted the O.D.₆₀₀ to 1.00 for further use in Nile Red-containing mixture. A Nile Red-containing mixture for each yeast culture was prepared in triplicate. A Nile Red-containing mixture contained 250 μ l of yeast culture, 25 μ l of DMSO/GMY broth (1:1, v/v) and 5 μ g/ml of Nile red. The 200 μ l of the mixture was transferred to each well of a black microtiter plate and fluorescence intensity emitted from Nile Red stained lipid was measured in a fluorescence spectrophotometer using excitation and emission wavelength at 530 and 590 nm, respectively.

Kinetic studies of biomass and lipid production of a selected yeast strain

A selected yeast strain from secondary screening was transferred to 100 ml of GMY broth with initial O.D.₆₀₀ of 0.02 and incubated at room temperature with 200 rpm for 10 days. Yeast cultures were collected every 12 hours for investigating the biomass and lipid production by measuring the weight of dry biomass after drying in a hot air oven at 60°C until the weight was constant. The experiments were carried out in triplicate. Dry biomass was further used for lipid extraction (Tapia et al., 2012; Castanha et al., 2013) by treating with 2M HCl to disrupt cell wall with a proportion of 2M HCl : dry biomass as 4 ml : 0.3 g. After the mixture was incubated for 1 hour at room temperature, the acid was discarded and then cells were mixed with 4 ml of sterile distilled water, 10 ml of methanol and 5 ml of chloroform. After being incubated with shaking at room temperature for 2 hours, the mixture was centrifuged at 180 x g for 2 minutes. Lipid was obtained by collecting the chloroform layer and let the chloroform evaporated and dried at 60°C. The obtained lipid was weighed and further calculated lipid content using the following formula;

$$\text{Lipid content (\%)} = [\text{Dry lipid weight (g/l)} / \text{dry cell weight (g/l)}] * 100$$

Statistical analysis

Values of Nile Red fluorescence intensities, biomass production, lipid production and lipid content were analyzed independently for the statistical significance at p -value < 0.05 using one-way ANOVA in IBM SPSS Statistics (version 22). Data ($n = 3$) are presented as means $\pm$ standard deviation following by different lowercase alphabets which represent significantly difference between each value.

Results

Isolation of yeast strains

In this study, 26 yeast isolates were collected from leaf and soil samples from Mangrove Forest Conserve and Natural Study Center in Chonburi province. Most of yeast strains were isolated from five leaf samples (5 isolates from *Rhizophora mucronata* Poir., 2 isolates from *Rhizophora apiculata* Blume, 6 isolates from *Xylocarpus moluccensis* (Lamk) M.Roem., 4 isolates from *Avicennia officinalis* L. and 4 isolates from *Ceriops tagal* C.B.Rob.). Moreover, 5 yeast isolates were obtained from soils. Each isolate conferred different colony morphologies on YEPG agar, some of them are exhibited in Table 1. Additionally, cells of each isolate appeared similarly from ovoidal to spherical in shape and reproduced asexually by budding (data not shown) which were typical characteristics of yeast cells.

Primary screening of oleaginous yeasts by Sudan Black B staining

All of yeast isolates were grown for 5 days in GMY broth, which is a nitrogen-limited medium providing essential condition to induce high amount of lipid accumulation in oleaginous yeasts (Amaretti et al., 2010), and subjected to Sudan Black B staining to determine the potential of each yeast isolate for lipid accumulation. The results showed that, from a total of 26 yeast isolates tested, lipid accumulation was observed in 7 yeast isolates; 1A 2C 3E 5B 6A 8A and 9A. As shown in Table 2, grey to black and round-shaped intracellular lipid droplets in red cytosol of these isolates were observed, especially in isolates 1A and 2C which had evident lipid accumulation in terms of dye intensity and large lipid droplets.

Secondary screening of oleaginous yeasts by Nile Red fluorescence assay

Seven yeast isolates that showed lipid accumulation based on Sudan Black B results were further cultivated in GMY broth for five days and proceeded to Nile Red fluorescence assay. The results showed that isolate 1A had the highest level of fluorescence intensity (Figure 1) which implied that isolate 1A was able to accumulate the highest amount of lipid in comparison to other yeast strains tested.

Kinetic studies of biomass and lipid production of a selected yeast strain

Based on its highest potential in lipid accumulation, isolate 1A was selected for time course study of biomass and lipid production in GMY broth. As shown in Figure 2, it was found that lipid production of isolate 1A was relatively correlated with biomass production. The maximum biomass production, lipid production and lipid content were significantly ($p < 0.05$) achieved 24.24 ± 0.06^l g/l, 3.63 ± 0.04^e g/l and $14.98\%^k$ of dry biomass, respectively, at the end of incubation (240 hours) which was during stationary phase of growth.

Table 1 Colony morphology of some yeast isolates obtained from leaf and soil samples.

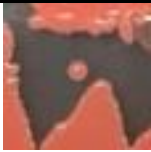
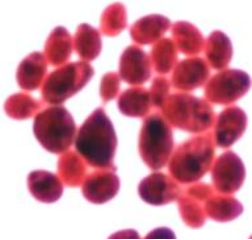
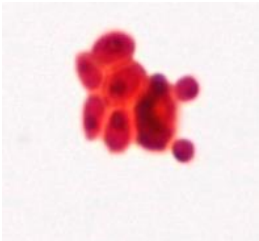
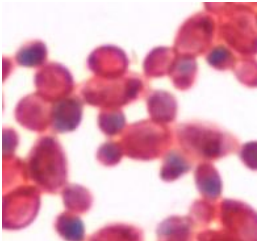
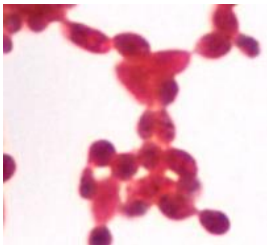
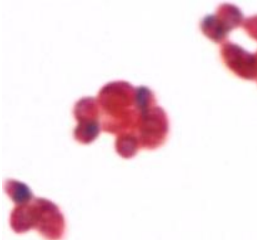
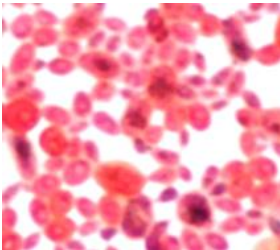
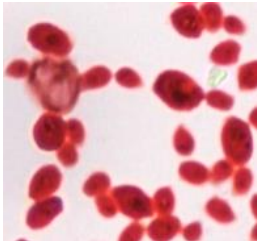
Yeast isolates	Colony morphology						Representative images
	Form	Elevation	Margin	Surface	Color	Diameter (mm)	
1A	Circular	Umbonate	Entire	Glistening	Pink	1	
2C	Filamentous	Flat	Filiform	Rough	Whitish cream	1	
3A	Circular	Convex	Undulate	Glistening	Cream	1.90	
8A	Circular	Convex	Entire	Glistening	White	1.50	

Table 2 Lipid was stained with Sudan Black B in the cells of 7 yeast isolates. Images were captured with a total magnification of 1000x under a light microscope.

Yeast isolate	Source	Cells stained with Sudan Black B	Yeast isolate	Source	Cells stained with Sudan Black B
1A	<i>Avicennia officinalis</i> L.		6A	<i>Ceriops tagal</i> C.B.Rob.	
2C	<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.		8A	<i>Avicennia officinalis</i> L.	
3E	<i>Xylocarpus moluccensis</i> (Lamk) M.Roem.		9A	Soil sample	
5B	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume				

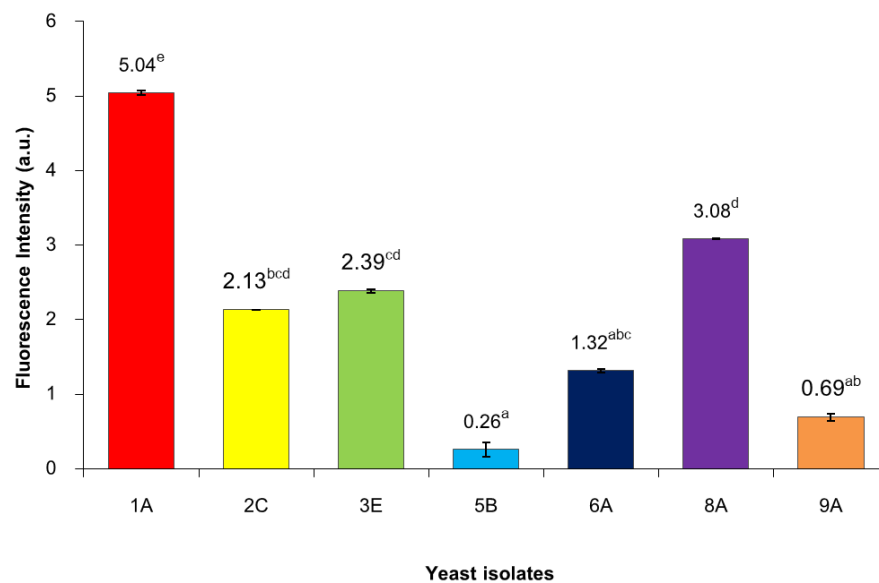


Figure 1 Fluorescence intensities of seven yeast isolates that were stained with Nile Red. (Different lowercase alphabets after each value represent significantly difference, $p < 0.05$)

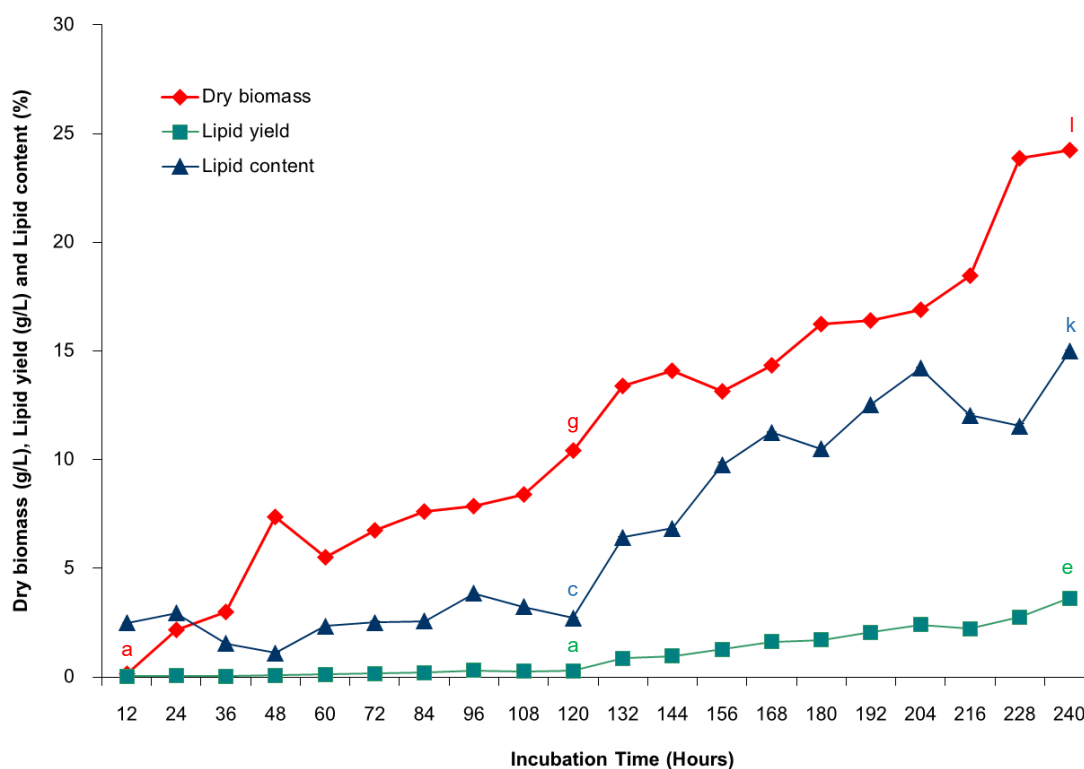


Figure 2 Biomass yield, lipid yield and lipid content achieved by isolate 1A cultivated in GMV broth for 10 days. (Different alphabets above time points represent significantly difference, $p < 0.05$)

Conclusion and Discussion

In this study, 21 yeast isolates could be isolated from five leaf samples and 5 yeast isolates from soils resided in mangrove forest. This result implied that leaves and soils are decent sources for the isolation of yeasts since they are common inhabitants of leaf and could be found in various soils (Jiru et al., 2016).

Further experiments showed that approximately 27% of the total yeast isolates, based on Sudan Black B staining, were oleaginous yeasts. Sudan Black B is a lipid-soluble dye capable of staining intracellular lipid (Jape et al., 2014). In this study, lipid droplets stained with Sudan Black B were observed in 7 yeast isolates which were in concordance with a previous published report that also observed lipid droplets in the following genera of yeasts; *Candida* spp., *Candida tropicalis* and *Rhodotorula mucilaginosa* using Sudan Black B staining (Jape et al., 2014).

Nile Red fluorescence assay was also utilized for the selection of an oleaginous yeast with the highest potential for lipid accumulation. Nile red is a fluorogenic dye that could stain lipid and its level of fluorescence intensity is dependent on the amount of lipid in the cells (Sitepu et al., 2012).

Results from Nile Red fluorescence assay were in concordance with results from Sudan Black B staining which implies that we may use either or both techniques to simply qualitatively screen for oleaginous yeasts. However, these techniques could not be used to directly quantify the concentration of lipid. Hence, based on yeast's ability to accumulate high lipid content, we found that strain 1A was the most promising strain according to the presence of prominent intracellular lipid stained by Sudan Black B and the highest level of Nile Red fluorescence intensity in

comparison to other isolated oleaginous yeast strains.

The investigation of biomass and lipid production of isolate 1A for over 10 days in a nitrogen-limited medium revealed that the maximum lipid content (14.98%) of isolate 1A was higher than *Rhodotorula glutinis*, *R. mucilaginosa*, *R. rubra* and *Sporobolomyces salmonicolor* that had lipid contents of 9.1%, 10.2%, 7.5% and 4.2%, respectively, in a medium that contained pure glycerol (Gientka et al., 2017). This result is in contrast to other reports that showed higher level of lipid content. For example, Munch et al. (2015) who found that *Rhodospiridium babjevae* and *Rhodospiridium diobovatum* had lipid contents of 34.9 ± 3.0 and $63.7 \pm 4.5\%$ of dry biomass, respectively, in the presence of pure glycerol in a nitrogen-limited medium. Castrillón et al. (2017) found that *Meyerozyma guilliermondii* BI281A could accumulate lipid with 34.97% of dry biomass.

Those previous reports as well as this study demonstrated that lipid contents could be varied in different genera, species and strains of yeasts, culture media, types of carbon and nitrogen sources, C/N ratio, and cultivation time etc. In this study, GMY medium was used for yeast cultivation since it had C/N ratio around 50 which was adequate to stimulate lipid accumulation in yeasts (Papanikolaou and Aggelis, 2011).

Lipid content in isolate 1A could be enhanced by further optimization of the cultivation conditions. The residual concentration of carbon source and nitrogen source should be further measured along with biomass and lipid production in order to understand the correlation between lipid production and substrate consumption. Additionally, identification of yeast isolates should be carried out to obtain more information of yeast diversity in the mangrove forest.

In conclusion, our research showed that oleaginous yeasts could be obtained from biomaterials at a mangrove forest which is a natural and valuable resource for the search of new beneficial yeast strains. In addition, these oleaginous yeast isolates could use glycerol which is a promising carbon source for growth and lipid accumulation.

Acknowledgements

A fluorescence spectrophotometer used in this research was supported by Science Innovation Facility, Faculty of Science, Burapha University.

References

- Amaretti, A., Raimondi, S., Sala, M., Roncaglia, L., De Lucia, M., Leonardi, A. and Rossi, M. 2010. Single cell oils of the cold-adapted oleaginous yeast *Rhodotorula glacialis* DBVPG 4785. *Microb. Cell Fact.* 9: 73.
- Burdon, K. 1946. Fatty material in bacteria and fungi revealed by staining dried, fixed slide preparations. *J. Bacteriol.* 52(6): 665-678.
- Castanha, R. F., Morais, L. A. S. D., Mariano, A. P. and Monteiro, R. T. R. 2013. Comparison of two lipid extraction methods production methods produced by yeast in cheese whey. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 56(4): 629-636.
- Castrillón, M. R., Garcia, V. P. J., Rosa, P. D., Landell, M. F., Vu, D., Fabricio, M., Ayub, M. A. Z., Robert, V., Henriques, J. A. P. and Valente, P. 2017. The oleaginous yeast *Meyerozyma guilliermondii* BI281A as a new potential biodiesel feedstock: Selection and lipid production optimization. *Front. Microbiol.* 1776(8): 1-11.
- Cuimin, H., Xin, Z., Jin, Z., Siguo, W. and Zongbao, K. Z. 2009. Effects of biomass hydrolysis by-products on oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides*. *Bioresour. Technol.* 100: 4843-4847.
- Eamcharoen, A. and Rungrojchaipon, P. 2016. The conversion of glycerol to fuel additives. *J. Sci. Ladkrabang.* 25(2): 65-83.
- Evan, C. T. and Ratledge, C. 1984. Influence of nitrogen metabolism on lipid accumulation in oleaginous yeasts. *J. Gen. Microbiol.* 130: 1693-1704.
- Gientka, I., Gadaszewska, M., Blazejak, S., Kieliszek, M., Wrobel, B. A., Rozanska, S. L. and Kot, M. A. 2017. Evaluation of lipid biosynthesis ability by *Rhodotorula* and *Sporobolomyces* strains in medium with glycerol. *Eur. Food Res. Technol.* 243: 275-286.
- Jape, A., Harsulkar, A. and Sapre, V. R. 2014. Modified Sudan Black B staining method for rapid screening of oleaginous marine yeasts. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 3(9): 41-46.
- Jiru, T. M., Abate, D., Kiggundu, N., Pohl, C. and Groenewald, M. 2016. Oleaginous yeasts from Ethiopia. *AMB Express.* 6(1):78.
- Kitcha, S. and Cheirsilp, B. 2011. Screening of oleaginous yeasts and optimization for lipid production using crude glycerol as a carbon source. *Energy Procedia.* 9: 274-282.
- Kunthipun, S., Chokreansukchai, P., Hondee, P., Tanasupawat, S. and Savarajara, A. 2018. Diversity and characterization of cultivable oleaginous yeasts isolated from mangrove forests. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 34: 125.
- Li, Q., Du, W. and Liu, D. 2008. Perspectives of microbial oils for biodiesel production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 80: 749-756.

- Munch, G., Sestric, R., Sparling, R., Levin, B. D. and Cicek, N. 2015. Lipid production in the undercharacterized oleaginous yeasts, *Rhodospiridium babjevae* and *Rhodospiridium diobovatum*, from biodiesel-derived waste glycerol. Bioresour. Technol. 185: 49-55.
- Papanikolaou, S. and Aggelis, G. 2011. Lipids of oleaginous yeasts. Part I: Biochemistry of single cell oil production. Eur. J. Lipid Sci. Tech. 113: 1031-1051.
- Rakicka, M., Lazar, Z., Dulermo, T., Fickers, P. and Nicaud, J. M. 2015. Lipid production by the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* using industrial by-products under different culture conditions. Biotechnol. Biofuels. 8: 104.
- Santibañez, C., Varnero, M. T. and Bustamante, M. 2011. Residual glycerol from biodiesel manufacturing, waste or potential source of bioenergy: A review. Chil. J. Agr. Res. 71(3): 469-475.
- Sitepu, I. R., Garay, L. A., Sestric, R., Levin, D., Block D. E., German, J. B. and Boundy-Mills, K. L. 2014. Oleaginous yeasts for biodiesel: Current and future trends in biology and production. Biotechnol. Adv. 32(7): 1336-1360.
- Sitepu, I. R., Ignatia, L., Franz, A. K., Wong, D. M., Faulina, S. A., Tsui, M., Kanti, A. and Boundy-Mills, K. 2012. An improved high-throughput Nile red fluorescence assay for estimating intracellular lipids in a variety of yeast species. J. Microbiol. Meth. 91: 321-328.
- Tapia, E. V., Anschau, A. A., Coradini, A. L., and Deckmann, A. C. 2012. Optimization of lipid production by the oleaginous yeast *Lipomyces starkeyi* by random mutagenesis coupled to cerulenin screening. AMB Express. 2: 64.

การตรวจสอบอาคารเพื่อการประเมินมูลค่าของอาคารสำนักงาน ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

Building Inspection for Valuating on Office Buildings in Bangkok

พุลลิติน ศรีรัตนอารี¹ วรานนท์ คงสง² เสรีย์ ตู๊ประกาย³
และบุญธรรม หาญพาณิชย์⁴



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจสอบอาคารสำนักงานในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร นำรายงานการตรวจสอบสภาพอาคารมากำหนดราคาต่อตารางเมตรของอาคารสำนักงาน เพื่อเป็นข้อมูลการประเมินมูลค่าทรัพย์สินตามมาตรฐานการประเมินมูลค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ โดยทำการตรวจสอบอาคารสำนักงานตัวอย่างแห่งหนึ่ง ย่านรัชดาภิเษก ด้วยการตรวจพินิจทางสายตาเท่านั้น จะไม่รวมถึงการทดสอบที่อาศัยเครื่องมือพิเศษเฉพาะ ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงและระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน พร้อมทั้งสัมภาษณ์ผู้ประกอบการวิชาชีพด้านวิศวกรรม และผู้ประกอบการด้านการประเมินมูลค่าทรัพย์สิน เพื่อวัดระดับความสำคัญของความคิดเห็นเกี่ยวกับส่วนที่มีผลกระทบต่อสภาพอาคารสำนักงาน ก่อนการประเมินมูลค่าทรัพย์สิน จากการศึกษาความคิดเห็นเรื่องการตรวจสอบอาคารเพื่อการประเมินมูลค่าของอาคารสำนักงาน ปรากฏว่าความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมทั้งหมด เห็นด้วยว่าควรให้มีการตรวจสอบอาคารก่อนการประเมินมูลค่าอาคาร ส่วนความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน มีเพียงร้อยละ 50 เท่านั้นที่เห็นด้วยว่าควรให้มีการตรวจสอบอาคารก่อนการประเมินมูลค่า อีกร้อยละ 50 มีความคิดเห็นว่าไม่จำเป็น เนื่องจากไม่ทำให้มูลค่าทรัพย์สินเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณามูลค่าอาคารสำนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว ปรากฏว่าความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมให้ความสำคัญกับงานระบบอาคารมากที่สุด ส่วนความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สินให้ความสำคัญกับการตกแต่ง และการดูแลมากที่สุด เช่นเดียวกับความคิดเห็นในส่วนใดของอาคารที่ควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับค่าเสื่อมราคา หรืออายุการใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมยังคงให้ความสำคัญกับงานระบบอาคารมากที่สุด ส่วนความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน ก็ยังคงให้ความสำคัญกับการตกแต่งอาคารมากที่สุดเช่นเดิม จากนั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์มูลค่าอาคารสำนักงาน ซึ่งพิจารณาอาคารสำนักงานตามสภาพอาคาร พบว่าสภาพอาคารที่สำรวจอยู่ในระดับต่ำ (B) จึงคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ทราบว่า อาคารสำนักงานตัวอย่างดังกล่าว หากประเมินมูลค่าโดยที่ไม่มีการตรวจสอบอาคารก่อนจะทำให้มีมูลค่าสูงกว่าอาคารที่ผ่านการตรวจสอบสภาพอาคาร ดังนั้น หากมองถึงสภาพอาคาร ณ ปัจจุบันแล้ว ทำให้ผู้ที่ไ้รายงานประเมินทรัพย์สินได้ทราบถึงมูลค่าอาคารตามสมควรจะเป็น

¹ นักศึกษามหาบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

³ รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

⁴ ดร. สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

คำสำคัญ: การตรวจสอบสภาพอาคาร ค่าเสื่อมราคา การประเมินมูลค่าอาคาร

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers examine factors affecting office building inspection in Bangkok Metropolis. The reports of office building inspection were analyzed to determine the cost per square meter of office buildings to be used as asset valuation data in accordance with the Asset Valuation Standards of Thailand. In this qualitative research, the researchers inspected an office building in Ratchadaphisek area. Only visual inspection was carried out without any tests using special tools or tests for stability, security and various systems involved with the safety of life and property. The interviews were conducted with engineering professionals and appraisal professionals in order to congregate the level of importance of their opinions concerning affected parameters on the conditions of office buildings prior to the asset valuation. The study of the opinions regarding the office building inspection for asset valuation showed that all engineering professionals interviewed agreed that there should be building inspection prior to asset valuation. Only fifty percent of appraisal professionals agreed that building inspection should be conducted prior valuation. The other fifty percent expressed that it was not necessary because the inspection did not cause any significant changes in property values. In regard to factors related to the consideration of value of used office buildings, it was found that engineering professionals focused on the building systems at the highest level. Appraisal professionals focused on decorations and maintenance at the highest level. In regard to the opinions concerning the building parts to be paid attention to: depreciation, or period of use, it was found that engineering professionals still paid attention to the building systems at the highest level. Appraisal professionals paid attention to building decorations at the highest level. The analysis of office building value which considered office buildings based on their conditions found that the conditions of the building inspected were at a low level (β). The linear depreciation was then calculated. Findings showed that the valuation of buildings without building inspection was higher than those having been inspected. The asset valuation reports could assist the users to be informed of the building value as it should have been.

Keywords: building inspection, depreciation, the valuation of building

บทนำ

การประเมินมูลค่าทรัพย์สิน (valuation) มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับธุรกรรมในตลาดเงิน ตลาดทุน และระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการประเมินมูลค่าทรัพย์สินเพื่อกำหนดมูลค่า ทรัพย์สินสุทธิของกองทุนรวม อสังหาริมทรัพย์และของบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ที่จะเสนอขายหลักทรัพย์ต่อประชาชน เพื่อเป็นหลักประกันการออกและเสนอขายหุ้นกู้มีประกัน เพื่อกำหนดการซื้อขายทรัพย์สินระหว่างบุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการด้อยค่าของสินทรัพย์

ตามมาตรฐานการบัญชี ฯลฯ การประเมินค่าทรัพย์สินถือเป็นวิชาชีพที่จะต้องใช้ความเชี่ยวชาญ ความชำนาญและการเป็นการเสนอความคิดเห็นจากผู้ประเมินที่มีต่อมูลค่า คุณภาพ หรือคุณลักษณะต่าง ๆ ของทรัพย์สิน ซึ่งการประเมินนั้นถือว่ามีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อทรัพย์สินในทุก ๆ ประเภท แต่ในปัจจุบันการประเมินมูลค่าของสิ่งปลูกสร้างเป็นการประเมินมูลค่าตามอายุการใช้งานของอาคาร โดยไม่ได้มีการตรวจสอบอาคารตามที่กฎหมายกำหนดก่อนการกำหนดราคาต่อตารางเมตรของอาคาร

การตรวจสอบอาคาร เปรียบเสมือนการตรวจสุขภาพของร่างกาย ซึ่งควรได้รับการตรวจประจำปีอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง แม้ไม่เคยเจ็บป่วยก็ตาม หากมีอาการแสดงออกก็สามารถรักษาเยียวยาได้ทันทีที่อาคารก็เช่นเดียวกัน เมื่อมีการใช้อาคารก็ควรมีการตรวจสอบสภาพอย่างสม่ำเสมอ ว่ามีสิ่งบ่งชี้บอกเหตุว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารผิดปกติบ้างหรือไม่

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจสอบสภาพอาคารสำนักงาน เพื่อนำข้อมูลการตรวจสอบสภาพอาคารมากำหนดราคาต่อตารางเมตรของอาคารสำนักงาน แต่ในการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงเพียงมูลค่าของอาคารหลังจากที่มีการตรวจสอบอาคารเรียบร้อยแล้ว จึงนำเสนอในส่วนวิธีประเมินราคาโดยวิธีวิเคราะห์มูลค่าจากต้นทุน (Cost Approach) เพียงวิธีเดียวเท่านั้น ซึ่งการตรวจสอบสภาพอาคารสำนักงานในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครในครั้งนี้ ทำการตรวจสอบโดยการสังเกตด้วยสายตาเท่านั้น จะไม่รวมถึงการทดสอบที่อาศัยเครื่องมือพิเศษเฉพาะ พร้อมทั้งตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงและระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ราคาต่อตารางเมตรของอาคารสำนักงาน ตามรายงาน

การตรวจสอบสภาพอาคารปัจจุบันข้างต้น โดยวิธีวิเคราะห์มูลค่าจากต้นทุน เพื่อให้มูลค่าปัจจุบันเหมาะสมกับสภาพอาคาร โดยพิจารณาพร้อมกับอายุอาคาร และค่าเสื่อมราคา

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงมูลค่าของอาคารตามสภาพอาคารปัจจุบัน โดยศึกษา รวบรวมข้อมูล การตรวจสอบสภาพอาคารสำนักงาน จากเอกสาร ตำรา รายงาน แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สัมภาษณ์ผู้ประกอบการวิชาชีพด้านวิศวกรรม และผู้ประกอบการวิชาชีพด้านการประเมินมูลค่าทรัพย์สิน เพื่อตรวจสอบสภาพอาคารสำนักงานตัวอย่าง ซึ่งนำผลจากการตรวจสอบมาวัดระดับสภาพอาคารและนำไปสู่การกำหนดราคาต่อตารางเมตรของอาคาร เพื่อนำไปประเมินมูลค่าทรัพย์สิน โดยวิธีวิเคราะห์มูลค่าจากต้นทุน ซึ่งสรุปราคาประเมินสุดท้ายที่เหมาะสมในการนำไปใช้

ส่วนรายละเอียดในการตรวจสอบ ในงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบและทำรายงานการตรวจสอบสภาพอาคารและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของอาคาร โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้ระดับคะแนนไว้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์ระดับคะแนนความปลอดภัยสำหรับการประเมินผลในการตรวจสอบ

รายการที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมาย	คะแนนระดับความปลอดภัย	คะแนนรวม
ความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร	15	15
ระบบบริการและอำนวยความสะดวก	8	
ระบบสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม	8	30
ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย	14	
สมรรถนะบันไดหนีไฟและทางหนีไฟ	12	
สมรรถนะเครื่องหมายและไฟป้ายทางออก	5	25
สมรรถนะระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	8	
แผนการป้องกันและระงับอัคคีภัย	8	
		30
แผนการซ่อมอพยพผู้ใช้อาคาร	10	
แผนการบริหารจัดการเกี่ยวกับความปลอดภัย	8	
แผนการบริหารจัดการของผู้ตรวจสอบอาคาร	4	

สมการที่ 1 ; กรณีอาคารสภาพระดับสูง (A)

$$DRC = RC \times [1 - D] \quad ; \quad \text{กรณีค่าเสื่อมตามตารางสมาคม (1)}$$

ผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย

โดยที่

DRC = มูลค่าต้นทุนทดแทนสุทธิ (Depreciated Replacement Cost)

RC = มูลค่าต้นทุนทดแทน (Replacement Cost)

D = ค่าเสื่อมราคา (%) ; (ภาพที่ 2)

n = อายุการใช้งานจริง (ปี)

สมการที่ 2 ; กรณีอาคารสภาพระดับต่ำ (B)

$$DRC = RC \times [1 - (n \times D)] \quad ; \quad \text{กรณีค่าเสื่อมแบบเส้นตรง (2)}$$

$$D = \frac{100\%}{N} \quad ; \quad (3)$$

โดยที่

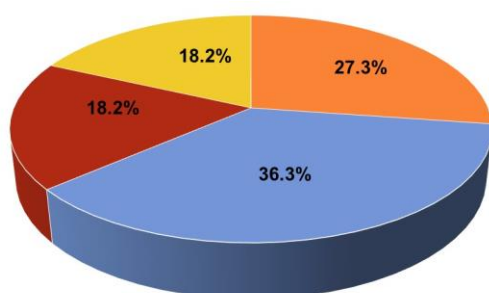
D = อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี (%)

N = อายุการใช้งาน (ปี) ; อ้างอิงตามมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย
กำหนดให้อาคารธุรกิจสูง < 23 เมตร มีอายุการใช้งาน 50 ปี

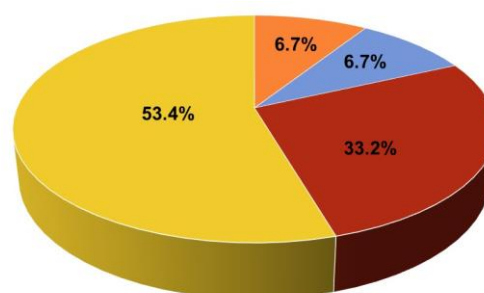
ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นศึกษาการตรวจสอบเพื่อการประเมินมูลค่าของอาคารสำนักงานในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้ทำการตรวจสอบอาคารสำนักงานตัวอย่างแห่งหนึ่งย่านรัชดาภิเษก รวมถึง

การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการวิชาชีพด้านวิศวกรรม และผู้ประกอบการวิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจสอบสภาพอาคารสำนักงาน โดยได้จัดเรียงลำดับความสำคัญหลักๆ ของข้อมูล ดังนี้



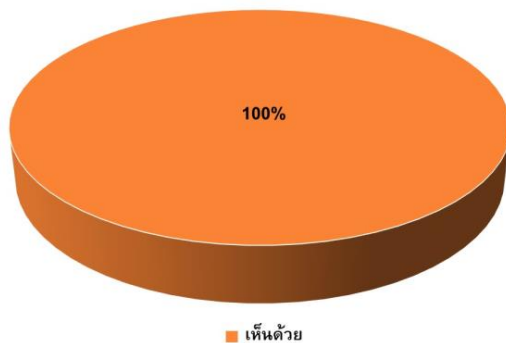
ภาพที่ 3 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพด้านวิศวกรรม



ภาพที่ 4 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน

จากภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 เป็นการแสดง ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพด้าน วิศวกรรม และผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่า ทรัพย์สิน ว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณามูลค่า อาคารสำนักงานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว โดยวิธีต้นทุน จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบวิชาชีพด้านวิศวกรรม มีความ คิดเห็นว่างระบบอาคาร เป็นปัจจัยสูงสุดถึงร้อยละ 36.3 โครงสร้างอาคาร รองลงมาที่ร้อยละ 27.3 และ

อายุอาคาร สภาพอาคาร การตกแต่ง การดูแล อยู่ที่ ร้อยละ 18.2 ซึ่งทางด้านผู้ประกอบวิชาชีพด้าน ประเมินมูลค่าทรัพย์สิน มีความคิดเห็นว่าการตกแต่ง/ การดูแลรักษา เป็นปัจจัยสูงสุด ถึงร้อยละ 53.4 อายุ อาคาร / สภาพอาคาร รองลงมาที่ร้อยละ 33.2 และ โครงสร้างอาคาร กับ งานระบบอาคาร เป็นลำดับ สุดท้ายที่ร้อยละ 6.7 เท่ากัน



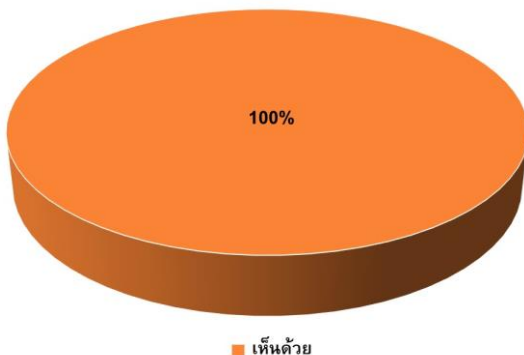
ภาพที่ 5 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านวิศวกรรม



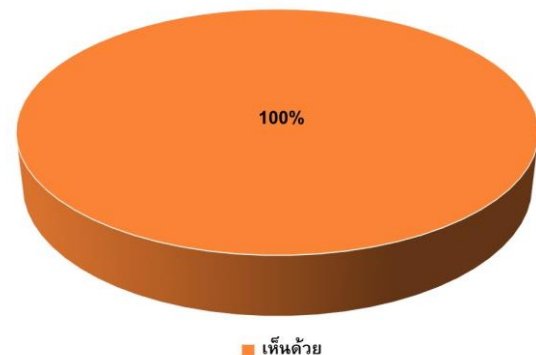
ภาพที่ 6 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน

จากภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6 เป็นการแสดง ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพด้าน วิศวกรรม และผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่า ทรัพย์สิน คิดว่าการประเมินมูลค่าทรัพย์สินในส่วนของ อาคารสำนักงาน ควรจัดให้มีการตรวจสอบสภาพ อาคารก่อนการประเมินมูลค่าหรือไม่ จะเห็นได้ว่าผู้ ประกอบ วิชาชีพ ด้าน วิศวกรรม ร้อยละ 100

มีความคิดเห็นว่าการให้มีการตรวจสอบอาคารก่อน การประเมินมูลค่า ซึ่งต่างจากความคิดเห็นของผู้ ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน มีเพียง ร้อยละ 50 เท่านั้น ที่มีความคิดเห็นว่าการให้มีการ ตรวจสอบอาคารก่อนการประเมินมูลค่า ส่วนอีกร้อยละ 50 เห็นว่าไม่จำเป็นที่จะต้องให้มีการตรวจสอบอาคาร ก่อนการประเมินมูลค่า

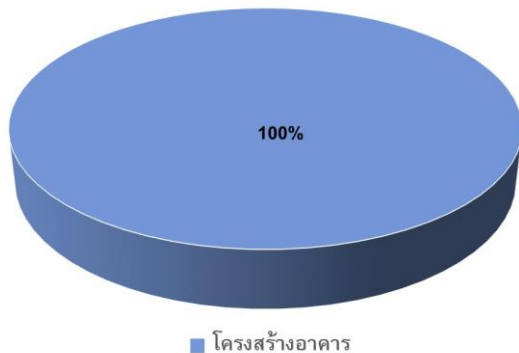


ภาพที่ 7 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านวิศวกรรม



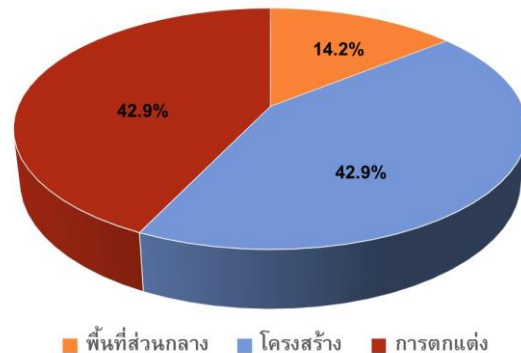
ภาพที่ 8 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน

จากภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8 เป็นการแสดง ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพด้าน วิศวกรรม และผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่า ทรัพย์สิน คิดว่าควรให้พนักงานประเมินมูลค่า ทรัพย์สินมีความรู้เบื้องต้นในการใช้รายงานจากผู้ด้าน



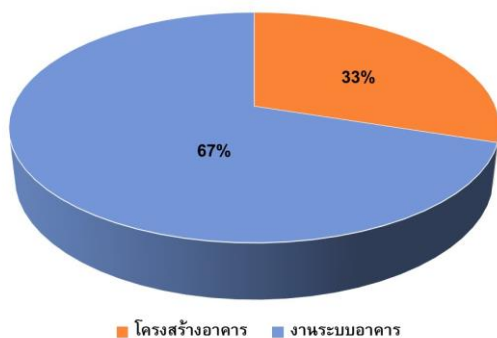
ภาพที่ 9 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านวิศวกรรม

ตรวจสอบอาคารหรือไม่ จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบวิชาชีพ วิศวกรรม และ ผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่า ทรัพย์สิน ร้อยละ 100 มีความคิดเห็นว่าควรให้ พนักงานประเมินมูลค่าทรัพย์สินมีความรู้เบื้องต้นใน การใช้รายงานจากผู้ตรวจสอบอาคาร



ภาพที่ 10 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน

จากภาพที่ 9 และ ภาพที่ 10 เป็นการแสดง ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพด้าน วิศวกรรม และผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่า ทรัพย์สิน ว่าส่วนใดของอาคารสำนักงานที่ควรให้ ความสำคัญมากที่สุด ในการประเมินทรัพย์สิน โดยวิธี ต้นทุน จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบวิชาชีพด้านวิศวกรรม



ภาพที่ 11 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านวิศวกรรม

ร้อยละ 100 มีความคิดเห็นว่าโครงสร้างอาคาร ควรให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งความคิดเห็นของผู้ ประกอบวิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน เห็นว่า พื้นที่ส่วนกลาง และ โครงสร้างอาคาร ที่ควรให้ ความสำคัญมากที่สุด ด้วยร้อยละ 42.9 เท่ากัน ส่วนที่ เหลือร้อยละ 14.2 คือการตกแต่ง



ภาพที่ 12 ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบ วิชาชีพด้านประเมินมูลค่าทรัพย์สิน

จากภาพ 11 และ ภาพ 12 เป็นการแสดง ร้อยละจากความคิดเห็นของผู้ประกอบวิชาชีพ ด้านวิศวกรรม และผู้ประกอบวิชาชีพด้านประเมิน มูลค่าทรัพย์สิน ส่วนใดของอาคารที่ควรให้ความสำคัญ

เกี่ยวกับค่าเสื่อมราคา หรืออายุการใช้งาน จะเห็นได้ว่า ผู้ประกอบวิชาชีพด้านวิศวกรรม ความคิดเห็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 67 มีความคิดเห็นว่างานระบบอาคาร เป็นส่วนสำคัญที่สุด รองลงมา ร้อยละ 33 คือ โครงสร้าง

ออกตามความ พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 เพราะได้รับใบอนุญาตก่อสร้างอาคารก่อนกฎกระทรวงฉบับที่ 33 มีผลบังคับใช้ และไม่เป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้จากการตรวจสอบอาคารสำนักงานตัวอย่าง ย่านรัชดาภิเษก หลังจากการตรวจสอบอาคารเมื่อนำมาวิเคราะห์ตามแล้ว เป็นอาคารสภาพ “ระดับต่ำ B” และในการพิจารณาองค์ประกอบโดยรวมของราคาวัสดุ คุณภาพและฝีมือแรงงาน เห็นได้ว่ารายละเอียดการก่อสร้าง เป็นตามระดับคุณภาพราคา “ปานกลาง” ตามที่ได้อ้างอิงจาก ภาพที่ 13 โดยมีการระบุราคาก่อสร้างอาคารสำนักงานไว้แล้ว โดยอาคารสำนักงานตัวอย่าง เป็นอาคารสำนักงาน สูง 6 ชั้น คุณภาพราคา “ปานกลาง” ระบุว่า ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ตารางเมตรละ 17,850.00 บาท

ภาพที่ 13 รายละเอียดการก่อสร้างตามระดับราคาปี 2560 ฉบับผ่านการพิจารณา

ตารางเมตรของอาคารสำนักงาน โดยแสดงการหามูลค่า
ต้นทุนทดแทนสุทธิของอาคารสำนักงานสภาพอาคาร
ระดับ B ได้จากสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \text{DRC} &= \text{RC} \times [1 - (n \times D)] && ; \text{กรณีค่าเสื่อมแบบเส้นตรง} \quad (4) \\ &= 17,850 \times [1 - (27 \times 0.02)] && ; n = \text{อายุอาคารจริง 27 ปี} \\ &= 8,211.00 \text{ บาท ต่อ ตารางเมตร} \end{aligned}$$

เมื่อ

$$D = \frac{100\%}{N} = \frac{100\%}{50} = 2\%$$

มูลค่าต้นทุนทดแทนสุทธิ เท่ากับ 8,211.00 บาท ต่อ ตารางเมตร จะทำให้ทราบมูลค่าอาคารสำนักงาน 6 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 756.00 ตารางเมตร มีมูลค่าเท่ากับ 6,207,516.00 บาท ซึ่งหากว่าการตรวจสอบอาคารสำนักงานตัวอย่าง

เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว เป็นอาคารสภาพ “ระดับสูง A” สามารถนำมาหามูลค่าต้นทุนทดแทนสุทธิ หรือราคาต่อตารางเมตรของอาคารสำนักงาน โดยแสดงการหามูลค่าต้นทุนทดแทนสุทธิของอาคารสำนักงานสภาพอาคารระดับ A ได้จากสมการที่ 1

$$\begin{aligned} \text{DRC} &= \text{RC} \times [1 - D] && (5) \quad ; D = 44\% \text{ (จากภาพที่ 2)} \\ &= 17,850 \times [1 - 0.44] \\ &= 9,996.00 \text{ บาท ต่อ ตารางเมตร} \end{aligned}$$

มูลค่าต้นทุนทดแทนสุทธิ เท่ากับ 9,996.00 บาท ต่อ ตารางเมตร จะทำให้ทราบมูลค่า

อาคารสำนักงาน 6 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 756.00 ตารางเมตร มีมูลค่าเท่ากับ 7,556,976.00 บาท

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 ทราบถึงสภาพระดับอาคารสำนักงานตัวอย่าง หลังจากที่ได้มีการออกภาคสนามตรวจสอบอาคารแล้ว โดยอาคารสำนักงานตัวอย่างในวิจัยครั้งนี้ สภาพอาคารอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ (B) และ ส่วนที่ 2 ทราบถึงมูลค่าประเมินสุดท้ายของอาคารสำนักงาน จากการวิเคราะห์มูลค่าต้นทุนทดแทนสุทธิ หรือราคาต่อตารางเมตรของอาคารสำนักงานเท่ากับ 8,211.00 บาท ดังนั้นมูลค่าประเมินอาคารสำนักงาน 6 ชั้น เท่ากับ 6,207,516.00 บาท ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ทราบว่า อาคารสำนักงานตัวอย่างดังกล่าว หากประเมินมูลค่าโดยที่ไม่มีการตรวจสอบอาคารก่อน จะทำให้มีมูลค่าอาคารเท่ากับ

7,556,976.00 บาท ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าอาคารที่ได้ผ่านการตรวจสอบสภาพอาคารแล้ว ประมาณร้อยละ 20 ดังนั้น หากมองถึงสภาพอาคาร ณ ปัจจุบันแล้ว ทำให้ผู้ที่ใช้งานประเมินทรัพย์สินได้ทราบถึงมูลค่าอาคารตามสมควรจะเป็น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรรมการผู้จัดการ บริษัท สันติกรู๊ป จำกัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างอาคารสำนักงาน รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้อง ๆ วิศวกรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์และบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ สุดท้ายขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่เป็นแหล่งให้เรียนรู้ชีวิต และสังคมของผู้คนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับปริญญาโท รวมถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือชี้แนะถึงข้อบกพร่องทุกอย่างได้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เกษรา ชีระโกเมน, กาญจน์ รักศิริพงษ์, จักรพันธ์ ภาวังคะ
รัตน์, จุลดิษฐ์ จายนียโยธิน, โชคชัย ยิ้มพงษ์
, นพภาพร พานิช, และคนอื่นๆ. 2559. คู่มือ
เทคนิคการตรวจสอบอาคารเพื่อความ
ปลอดภัย (สำหรับการตรวจสอบอาคารตาม
กฎหมาย). (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร.
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรม
ราชูปถัมภ์

มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (องค์กร
สาธารณประโยชน์). 2562. ราคาประเมินค่า
ก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2562. ที่มา:
https://thaiappblog.files.wordpress.com/2019/05/1019_cost-web-thai.pdf

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรม
ราชูปถัมภ์. 2558. การตรวจสอบอาคาร. ที่มา:
<http://www.thaiengineering.com/2015/index.php/technology/item/579-building-inspection>

สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย. 2561.
บัญชีราคามาตรฐานสิ่งปลูกสร้าง 2560 ฉบับ
ผ่านการพิจารณา. ที่มา: <http://www.vat.or.th/about?cat=6>

สมาคมนักประเมินราคาอิสระไทย. มาตรฐานและ
จรรยาบรรณวิชาชีพการประเมินมูลค่า
ทรัพย์สินในประเทศไทย. ที่มา:
<http://www.tva.or.th/Files/Name2/CONTENT5a28a3f57dbb8f1400a3e351259911448777979.pdf>

สุวิทย์ ตันตระกูล. 2561. การประเมินมูลค่า
สังหาริมทรัพย์ REAL ESTATE VALUATION
. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร. บริษัท
นีโอ ดิจิตอล จำกัด

เอกราช เพชรล่อเหลียน. 2556. ปัจจัยที่ส่งผลต่อมูลค่า
ตลาดของอาคารสำนักงาน โดยวิธีพิจารณา
จากรายได้ กรณีศึกษาพื้นที่
กรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการ
พัฒนาสังหาริมทรัพย์). กรุงเทพฯ. คณะ
สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างกรดลีคานอริกและอะทาโนรินในไลเคน

Parmotrema tinctorum

The Correlation of Lecanoric Acid with Atranorin in Lichen

Parmotrema tinctorum

Duangkamon Sangiamdee¹ Chutima Sriviboon² Kansri Boonpragob³

Prichukorn Khongsatra⁴ and Soontaree Tansuwan⁵



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาความสัมพันธ์ของกรดลีคานอริกและอะทาโนรินโดยใช้วิธีการคำนวณสหสัมพันธ์เพียร์สัน ทำการเก็บตัวอย่างไลเคนมากกว่า 25 ตัวอย่างในกรณีต่างเวลาซึ่งมีผลให้สภาพแวดล้อมต่างกันจากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ใช้วิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงวิเคราะห์สารไลเคน คอลัมน์ที่ใช้คือไฮเปอร์ซิล C18 ขนาด 250 x 4.0 mm, 5 μ m ทำการชะด้วยระบบแกรเดียนท์ ตรวจวัดด้วยเครื่อง ยูวี ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เฟสเคลื่อนที่ 2 ชนิดที่ใช้คือเมทานอลเป็นตัวทำละลาย B และสารละลายบัฟเฟอร์ของ 1% กรดฟอสฟอริกเป็นตัวทำละลาย A โปรแกรมการชะของระบบแกรเดียนท์คือเริ่มต้นด้วย 30% B ที่อัตราการไหล 0.7 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นเพิ่มตัวทำละลาย B เป็น 70% ภายในเวลา 14 นาที แล้วเพิ่มเป็น 100 % ภายในเวลา 30 นาที ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ กรดลีคานอริกและอะทาโนรินไม่มีความสัมพันธ์กันและพบว่าปริมาณเฉลี่ยของกรดลีคานอริกและอะทาโนรินในช่วงฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง

คำสำคัญ: อะทาโนริน โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง กรดลีคานอริก สารทุติยภูมิ

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers study the correlation of lecanoric acid and atranorin using Pearson's correlation. The collection of more than twenty-five lichen samples was conducted at different times with different environments at Khao Yai National Park. The technique of high performance liquid chromatography was used to analyze lichen substances. The hypersil C18 column (250 x 4.0 mm, 5 μ m) under gradient elution and UV detection at λ 254 nm was employed. The two mobile phases used were methanol as solvent B and buffer solution of 1 percent phosphoric acid as solvent A. The program of gradient elution started with 30 percent B at the flow rate of 0.7 milliliter per minute. Then, solvent B was increased at 70 percent within fourteen minutes and at 100 percent within thirty minutes. The analysis

¹ อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

³ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

⁴ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

⁵ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

showed that lecanoric acid and atranorin did not exhibit correlation. It was also found that the average amount of lecanoric acid and atranorin in the rainy season was higher than in the dry season.

Keywords: atranorin, HPLC, lecanoric acid, secondary metabolites

Introduction

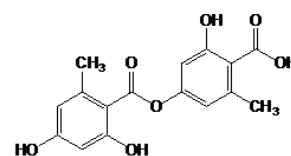
Lichen is a symbiotic partnership of two separate organisms, fungi and algae and synthesize numerous secondary metabolites, known as the lichen substances. Lichens and their metabolites have manifold biological activities: antiviral, antibiotic, antitumor, plant growth inhibitory, antiherbivorous, and enzyme inhibitory activities. Lecanoric acid and atranorin are the main secondary metabolites of the lichen *Parmotrema tinctorum*. These substances can vary among habitats due to different environmental stresses.

Lichens have received special attention in recent years because of their ability for use as a bioindicator of air pollution and for the production of secondary metabolites (Plinio Cesar Pinto et al., 2009; Bialonska and Dayan, 2005) which have the potential to be used commercially. Some of the main compounds of secondary metabolites, known as the lichen substances, were produced for survival in extreme environments, for example lecanoric acid, parietin, emodin, atranorin, gyrophoric acid, fumarprotocetraric acid, rhizocarpic acid, pulvinic dilactone and usnic acid. (Huneck, 1999; Luo et al., 2009) These substances could vary among habitats because of different environmental stresses. It was found that these substances have manifold biological activities including antiviral, antibiotic, antitumor, plant growth inhibitory, antiherbivorous, and enzyme inhibitory activities (Luo, 2009). Lecanoric acid and atranorin, the phenolic compounds, are the main secondary

metabolites of the lichen *Parmotrema tinctorum*. Both of them have antioxidant activity and biological activities. The most powerful tool for the separation and identification of secondary metabolites in lichens is high performance liquid chromatography (HPLC) (Feige, 1993). HPLC is widely used for the quantitative determination of secondary metabolites in lichen. Precise determination of lichen products is essential to enhance our understanding of the production and roles of lichen novel products, which have extensive implications for sustainable utilization in several aspects.

This work aimed to study the correlation of lecanoric acid with atranorin by using the Pearson correlation coefficient. The aim was to prove that the production of secondary metabolites in lichen has no correlation, the production of each substance depending on its environmental surrounding.

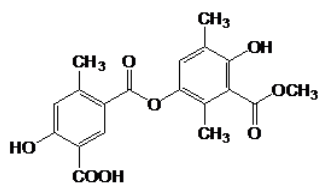
Lecanoric acid $C_{16}H_{14}O_7$ (MW 318.27)



UV(EtOH): [λ_{max} nm (log ϵ)] 214 (4.63), 270.5(4.30), 305.5(4.09)

Potential: antioxidant activity, antifungal activity, enzyme inhibitory activity

Atranorin C₁₉H₁₈O₈ (MW 374.33)



UV(MeOH): [$\lambda_{\max}$ nm (log ϵ)] 210 (4.20), 252(4.16), 312(3.57)

Potential: antioxidant activity, wound healing activity, allergenic activity

Experiment

Chemicals and reagents

Methanol was HPLC grade, while ortho-phosphoric acid, and acetone were of analytical reagent grade. All of them were bought from Merck.

The deionization water with a specific resistance of more than 18.0 M Ω -cm-1 used in this experiment was prepared by an Easy Pure RF Compact ultrapure water system from Barnstead.

The standard substances of lecanoric acid and atranorin were prepared by extracting and purifying them from the lichen Parmotrema tinctorum. They were prepared by Phiphatpong Thepnuan (Thepnuan, 2014).

Analysis

Chromatographic analyses were performed by using the HP 1100 series consisting of a HP G1312A binary pump and a HP G1314A UV variable wavelength detector. Separation was achieved on an ODS Hypersil 250 x 4 mm I.D., 5 μ m column.

The lichen samples were collected from Khao Yai National Park at 14° 24' 52.67" N

and 101° 22' 36.70" E from August 2015 to June 2016. Each collection collected had five samples (N = 5).

The lichen samples were manually cleaned to remove foreign debris on thalli, and then ground into powder with liquid nitrogen using a ceramic mortar and pestle. The fine powder samples were kept frozen in a refrigerator until analysis. 10.0 mg of ground samples were accurately weighed and extracted with acetone after soaking overnight. The extracts were filtered and evaporated until dry. The residues were then dissolved with a small amount of methanol and diluted to the exact volume of 70:30 of methanol:water. The solution samples were filtered through 0.45 μ m syringe membrane before being injected into HPLC.

Two mobile phases were methanol as solvent B and 1% phosphoric acid as solvent A (pH = 2.3 - 2.7). The run started with 30% B at a flow rate of 0.7 ml/min. Solvent B was increased to 70% within 14 minutes, and then up to 100 % in 30 minutes (Feige et al., 1993). At the end of the run time, the post time was set to 10 min before a new run was started. The compounds were detected at a wavelength of 254 nm. The injection volume was 20 μ l.

Results and Discussion

The HPLC chromatogram of the separation of secondary metabolites from the lichen Parmotrema tinctorum is shown in Figure 1. Table 1 shows the amount of lecanoric and atranorin of the thirty samples taken at different times. The results revealed that lecanoric acid had no correlation with atranorin. The Pearson correlation coefficient was 0.260 at $p < 0.01$ as shown in Figure 2.

Table 1. The Sampling Time and Amount of Lecanoric acid and Atranorin

<i>Sampling time</i>	<i>Amount</i>		<i>Sampling time</i>	<i>Amount</i>	<i>(µg/g)</i>
	Lecanoric acid	Atranorin		Lecanoric acid	Atranorin
Aug-15	2827.56	418.2	Feb-16	2239.99	201.87
		5			
	2604.17	382.2		1645.45	143.25
		0			
	2467.18	328.0		2244.16	270.51
		9			
	2701.70	411.3		1919.73	245.94
		6			
	3018.76	375.6		1579.58	285.39
		3			
Oct-15	2760.18	301.1	Apr-16	1883.89	185.28
		9			
	2325.47	248.4		2496.13	185.26
		3			
	2611.19	283.3		2443.53	167.73
		6			
	2393.80	266.4		2333.13	214.60
		3			
	2352.38	263.2		861.08	192.41
		7			
Dec-15	2483.85	112.6	Jun-16	2304.03	163.05
		6			
	2693.00	72.54		2585.18	169.55
	1468.34	328.2		2969.87	185.26
		9			
	1747.31	143.8		2173.51	165.45
		9			
	2210.01	47.92		2023.69	132.35

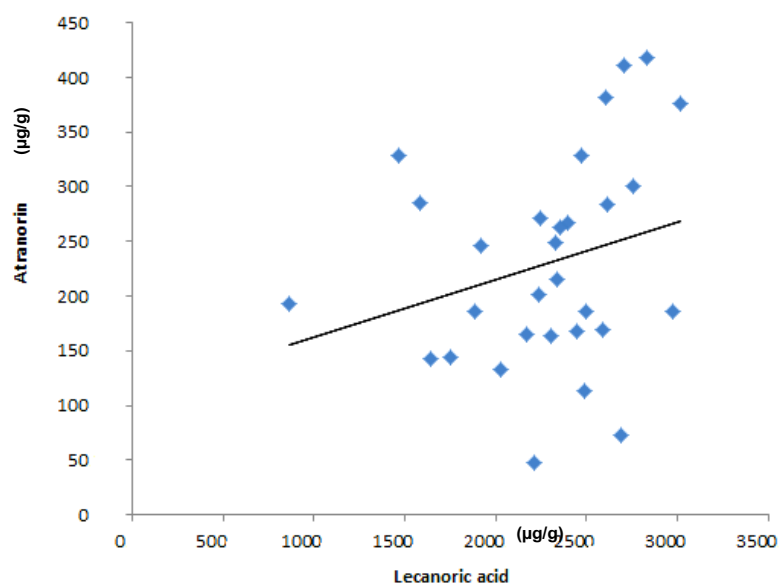


Figure 2. The Pearson correlation coefficient of lecanoric acid and atranorin was 0.260 at $p < 0.01$

Conclusion

The amount of secondary metabolites, lecanoric acid and atranorin can be quantified by using the external standard calibration curve of the HPLC technique. It can be concluded that when lichen produce a high amount of lecanoric acid, it does not mean that atranorin is high as well. Some environments may be suitable for the production of lecanoric acid and other environments may be suitable for the production of atranorin. Another reason is that both substances are produced from different parts of lichen; lecanoric is produced in the medullar layer and atranorin is produced in the cortex layer (Noicharoen, 2002). When comparing the average amount of lecanoric and atranorin produced over time, it was found that during August 2015 – October 2015, which is rainy season, lecanoric acid and atranorin were higher than those during

December 2015 – April 2016, which is dry season as shown in Figure 3. This suggests that the different seasons which have diverse environmental conditions, such as sunlight, moisture and temperature, significantly affect the production of lichen secondary metabolites.

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Council of Thailand (NRCT). Special gratitude goes to Khao Yai National Park under the department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, as well as the Ministry of Natural Resources and Environment of Thailand.

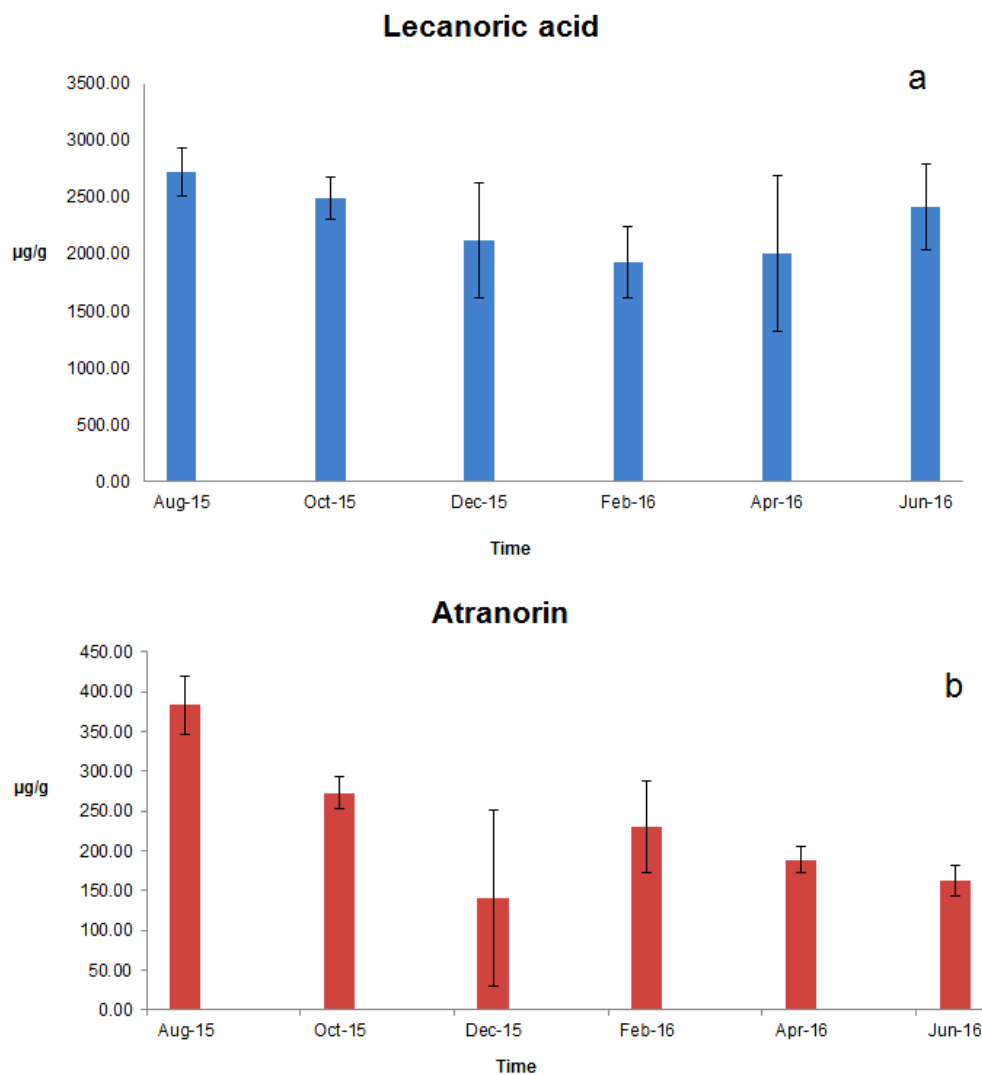


Figure 3. The amount of a) lecanoric acid b) atranorin in lichen *Parmotrema tictorum* collected on August 2015 - June 2016

References

- Bialonska, D. and Dayan, F.E. 2005. Chemistry of the Lichen Hypogymniaphysodes Transplanted to an Industrial Region. *J. Chem. Ecol.* 31(12): 2975-2991
- Feige, G.B., Lumbsch, H.T., Huneck S. and Elix, J.A. 1993. Identification of lichen substances by a standardized high-performance liquid chromatographic method. *J. Chromatogr.* 646: 417-427.
- Huneck, S. 1999. The significance of lichens and their metabolites. *Naturwissenschaften* 86(12): 559– 570.
- Luo, H. , Yamamoto, Y. , Kim, J.A., Jung, J.S., Koh, Y.J. and Hur, J.-S. 2009. Lecanoric acid, a secondary lichen substance with antioxidant properties from *Umbilicaria antarctica* in Maritime Antarctica (King George Island). *Polar Biol.* 32(7): 1033– 1040.

Noicharoen, K. 2002. Biodiversity of foliose and fruticose Lichens at Khao Yai National Park. Master's thesis, Ramkhamhaeng University, Bangkok.

Plinio Cesar Pinto, C., Marcelo Marcelli, P., Hello

Dos Santos, F. and Howell Edwards, G.M. 2009.

J. Mol. Struct. 920(1-3): 128-133.

Thepnuan, P. 2014. Quantitative Determination of Secondary Metabolites in lichen

Parmotrema tictorum by High Performance Liquid Chromatography. Master's thesis,

Ramkhamhaeng University, Bangkok.

การพัฒนาไฮดรอกซีอะพาไทต์ขนาดนาโนจากของเหลือทิ้งชีวภาพเพื่อประยุกต์ใช้งานในหลายรูปแบบ

Development of Nanosized Hydroxyapatite from Biowaste for Variety Applications

Neeranut Kuanchertchoo¹ Wantana Mongkolvisuit² Warunee Fangtawanit³
Dujreutai Pongkao Kashima⁴ and Soontaree Tansuwan⁵



บทคัดย่อ

ไฮดรอกซีอะพาไทต์ HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) เป็นวัสดุอนินทรีย์ที่มีความเป็นผลึกและเสถียรภาพทางเคมีสูง ไฮดรอกซีอะพาไทต์สังเคราะห์จากวัสดุเหลือทิ้ง เช่น เปลือกไข่หรือกระดูกวัวควายเพื่อลดต้นทุนการผลิต HA ที่มีขนาดนาโนเกิดขึ้นจากเทคนิคการตกตะกอน การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ เช่น TEM, XRD, TGA และ FTIR ถูกนำมาใช้เพื่อยืนยันโครงสร้างของ HA ผงของ HA นำมาทำการขึ้นรูปหลายอย่าง เช่น เส้นใยสั้น โครงสร้างที่มีรูพรุน และแผ่นรองรับที่ประกอบด้วยเส้นใยนาโน ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์และสิ่งแวดล้อม งานวิจัยครั้งนี้ ทุกกระบวนการดำเนินงานโดยปราศจากสารเคมีที่เป็นพิษและเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ของเหลือทิ้งชีวภาพ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ อนุภาคนาโน การตกตะกอน

ABSTRACT

Hydroxyapatite, HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), is an effective inorganic material with high degree of crystallinity and chemical stability. HA was synthesized from disposal waste such as egg shells or cattle bones to reduce production cost. The nanosized HA was obtained from precipitation technique. Many characterization techniques such as TEM, XRD, TGA, FTIR, were used to ascertain HA structure. HA was fabricated in a variety of forms, i.e.; whisker, porous structure and HA substrate with nanofiber. These products can be applied in biomedical and environmental purposes. In this research work, all processes were carried out with nontoxic chemicals and environmentally friendly substances.

Keywords: biowaste, hydroxyapatite, nanosized, precipitation

¹ Department of Materials Technology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Asst. Prof.

² Chemistry program, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krunghthep, Dr.

³ Physical Testing Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Centre (MTC), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Senior researcher

⁴ Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Asst. Prof.

⁵ Department of Chemistry, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Assoc. Prof.

Introduction

Hydroxyapatite (HA) is a calcium phosphate compound with a chemical formula of $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Typically, HA has excellent biocompatibility, bioactivity, non-inflammatory and non-toxic properties (Marugan, et al., 2004). HA has been used in regenerative medicine, drug delivery systems, toothpaste formulations, wound healing purposes and heavy metal removal in waste water treatment (Uskkovic, et al., 2010, Krajewski, et al., 2000, and Elliott, 1994). HA can be prepared from low cost animal biowaste, i.e., pig bones, fish bones, cattle bones and egg shells (Huang, et al., 2011, Lorprayoon et al., 1986, Sobczak, et al., 2009). These biowastes were cleaned with hot water to remove organic substances, dried and calcined at 1000°C . Many researchers (Choochaisangrat, et al., 2015, Huang, et al., 2011, Sobczak, et al., 2009,) used the biowaste as starting materials for HA production. These obtained products were characterized phase and crystallinity using XRD. The results showed that the low crystallinity of HA displayed a high reactivity with surrounding tissue (Kuśnieruk, et al., 2016). The calcium to phosphorous ratio showed a ratio greater or lower than 1.67. At the Ca/P ratio of 1.67, the high stability of the material (inert) inside the human body occurred. The bioactivity of material was observed with one at a Ca/P ratio lower than 1.67 (deficient HA). HA is a good material for bone and teeth substitution. HA can be prepared using different methods such as precipitation, sovo-thermal, solid state, sol-gel, sonochemical microwave and hydrothermal methods. (Arends, et al., 1987, Lorprayoon, et al., 1991, CüneytTas, 2000, Jevtic, et al., 2008, Ma, et al., 2009, and Zhu et al., 2014). The summary of methods, advantages and disadvantages are shown in

Laonapakul, 2015 and Kuśnieruk, et al., 2016. In this research work, HA was synthesized from cattle bone ash and egg shells using the precipitation method. The nanosizes of the obtained products were characterized using SEM, XRD and FTIR. Many applications of HA products were also concerned.

Materials and method

Materials

Egg shells were obtained from household waste. Cattle bones were collected from Pratum Thani market. Nitric acid (65%), calcium nitrate $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, and ammonium hydroxide (30%) were purchased from Carlo Erba. Phosphoric acid (85%) received from Lab Scan. Tris [hydroxymethyl] aminomethane (Tris-base) was Ultrapure MB grade.

Equipment

Egg shells were obtained from household waste. Cattle bones were collected from Pratum Thani market. Nitric acid (65%), calcium nitrate $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, and ammonium hydroxide (30%) were purchased from Carlo Erba. The phosphoric acid (85%) was received from Lab Scan. Tris [hydroxymethyl] aminomethane (Tris-base) was Ultrapure MB grade.

Method

Hydroxyapatite prepared from cattle bone ash

(modified from Lorprayoon, 1991)

HA was prepared from selected parts of cattle bones. Organic materials had been removed by calcination at 1000°C for 3 h. The calcined bones were crushed, milled and screened through a sieve (140 mesh; $106\ \mu\text{m}$) to obtain fine powder. The powder of the cattle bone

ash was composed of big particles of HA with some impurities. So, the HA powder was further purified by dissolving the cattle bone ash with 1 N of HNO_3 , adding 10% w/v of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ and precipitating with 30% of NH_4OH with a pH of about 10. The precipitate was filtrated, washed with hot water and dried in a hot air oven. The obtained products were characterized by XRD, TGA, TEM, FTIR. and the Ca/P molar ratio was also examined.

Hydroxyapatite prepared from egg shells

(modified from K-hasuwan *et al.*, 2012)

Normally, egg shells are composed of 95% calcium carbonate, an organic component, and mineral salts (Rivera, *et al.*, 1999). Egg shells can be used as a calcium source for HA preparation. Egg shells were cleaned in hot water and dried in a hot air oven. They were then calcined at 1000°C to totally turn them into CaO . The obtained powder was dissolved with 1 M of HNO_3 . H_3PO_4 (85%) was added into the solution to bring the Ca/P molar ratio to 1.67. The tris-base solution (12% w/v) had been poured into the solution to precipitate the HA. The precipitates were filtered, washed with dionized water and dried in a hot air oven. The obtained products were characterized using XRD, TGA, TEM, and FTIR. Ca/P and the molar ratio of the purified products were also studied.

After preparation, the purified HA powder was fabricated into products such as whiskers, the porous structure of the HA and substrate for the PVA-chitosan nanofiber membrane attachments.

Results and discussion

Morphology and phase of purified HA

HA was prepared from cattle bones or egg shells. An x-ray diffractometer was equipped with Cu $K\alpha$ radiation, with the step time of 0.5, the step 0.02 and scanning range of $5-50^\circ$ in the

study phase of the HA products. The big particles of cattle bone are shown in fig 1a) with phase of hydroxyapatite (JCPDS card 090432) as shown in fig 1b). The HA from cattle bone ash contained some drawbacks such as poor mechanical properties, low surface area and contaminated with some impurities. So, cattle bone ash was purified by the method after Lorprayoon *et al.*, 1991. After chemical treatment, nanosized HA occurred as shown in figure 2a). The nanosized HA from egg shells is also displayed in fig 2b). The pure phase of both types of HA was recorded in fig 2c). The tubular particles of HA were 20×40 nm and 10×50 nm for HA synthesized from cattle bones and egg shells respectively.

Ca/P molar ratio

The Ca/P molar ratio of the HA was detected using SEM-EDS. The electron microscope was carried out with an energy dispersive x-ray attachment for elemental analysis. The Ca/P ratio of the HA synthesized from cattle bones and egg shells were 1.64 and 1.67 respectively. The Ca/P molar ratio affects the reactivity, mechanical properties and stability of HA products (Rivera-Muñoz *et al.*, 2012, and Laonapakul, 2015).

FTIR analysis of HA powder

FTIR was used to detect in the range of $4000-650\text{ cm}^{-1}$ with a resolution 64 times in the ATR mode. The spectra of the obtained products are shown in fig 3. The characteristic bands were assigned as shown in table 1. The HA synthesized from cattle bones and egg shells was composed of OH^- and PO_4^{3-} groups of calcium phosphate. The carbonate in the HA occurred from the absorption of carbon dioxide from the atmosphere within a synthetic mixture (Eslami *et al.*, 2018). The HA from cattle bone purified

showed the absorption band at 1421 and 875 cm^{-1} due to the carbonate ion substituted at the PO_4^{3-} site or type B. The HA synthesized from egg shells displayed the absorption band at 1541 cm^{-1} due to the carbonate ions substituted at OH^- sites (type A). Nanosized particles of carbonated apatite were expected to be high bioactivity materials (Othman, *et al.*, 2016).

Thermal stability of HA powder

A thermogravimetric analyzer was used in air atmosphere at a heating rate of $10^\circ\text{C}/\text{min}$ up to 1000°C to examine the heat stability of the HA powder. The results are shown in fig 4a) and 4b). The reactions that occurred on the HA powder during heat treatment were divided into 3 steps i.e., the evaporation of water, dehydration and decomposition (Modal, *et al.*, 2016). The results can be concluded in table 2.

HA can be prepared from biowastes such as cattle bones or egg shells. The properties of as-synthesized products are shown in table 3.

Applications of hydroxyapatite

The HA powder was fabricated in various forms, i.e., porous structures, whiskers, and substrate with nanofiber membrane. The products were applied for biomedical or water treatment purposes.

Hydroxyapatite whisker

The HA powder from purified cattle bone was mixed with 1 M acetic acid, stirred for 3 h and put into an autoclave at 150°C for 6, 12 and 24 h. The HA whiskers are shown in fig 5a), 5b) and 5c). The aspect ratio of a HA whisker was greater than 20. The obtained products were expected to be used for reinforcing in polymer matrix in order to improve the mechanical properties and applied for biomedical purposes (Kuanchertchoo, *et al.*, 2013).

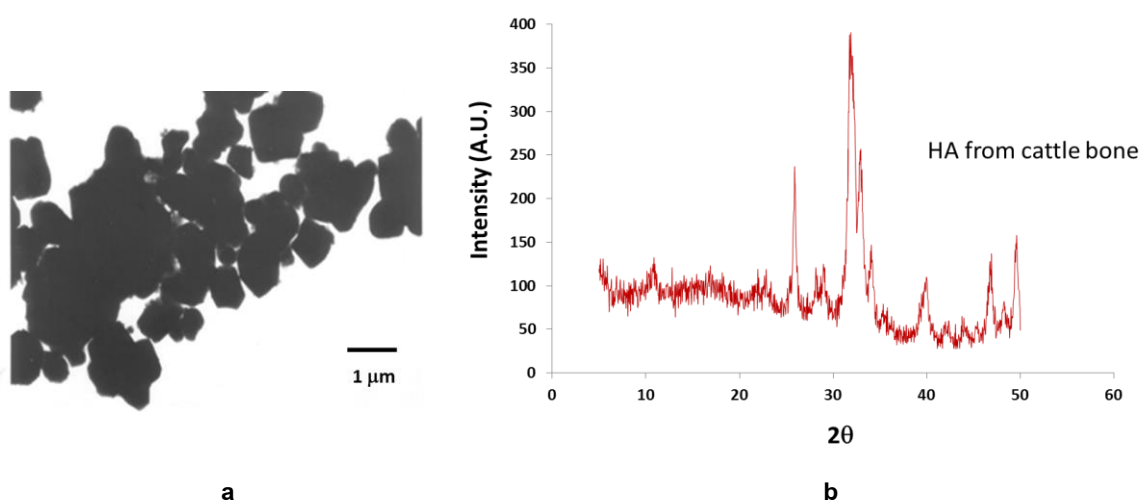


Figure 1 HA from cattle bone ash a) TEM micrograph show the big particle of HA b) XRD pattern revealed the phase of hydroxyapatite.

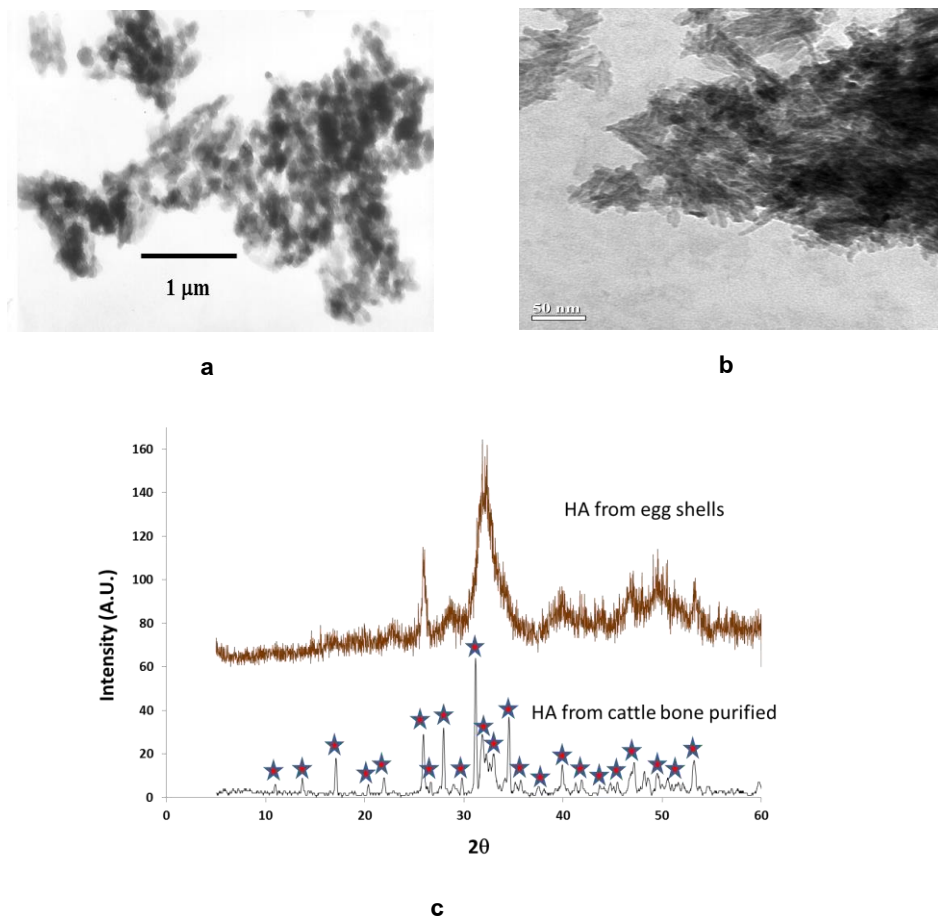


Figure 2 Nanosized HA was synthesized from a) cattle bones and b) egg shells and c) XRD patterns displayed the pure phase in both types of HA

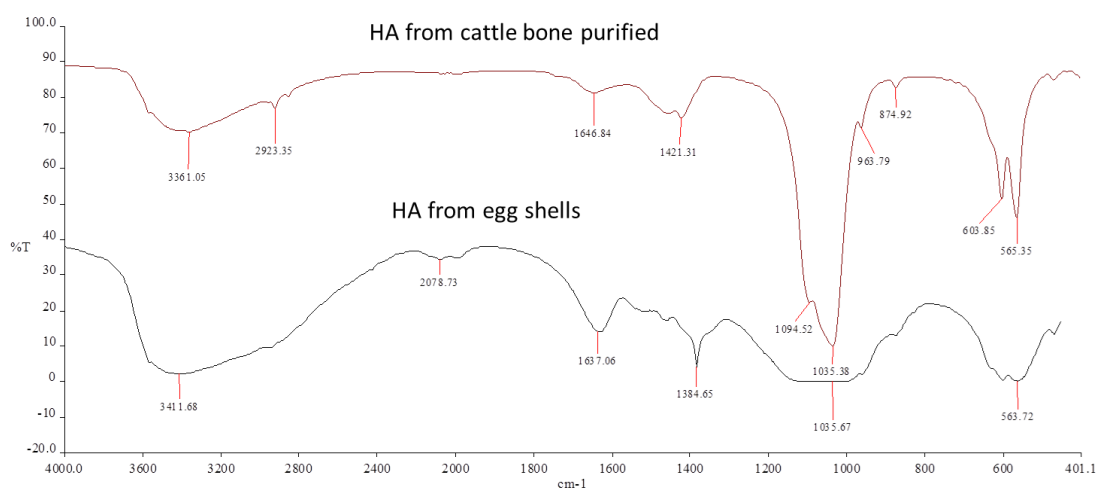


Figure 3 FTIR spectra of HA synthesized from cattle bone purified and egg shells

Table 1 Assignment for FTIR spectra of synthesized HA

Assignment	HA from cattle bone	HA from egg shell	References
OH ⁻ structural	3451 cm ⁻¹	3532 cm ⁻¹	Eslami <i>et al.</i> , 2018
PO ₄ ³⁻ bend V1 and V3	1035, 565 cm ⁻¹ 1094, 1035, 964 cm ⁻¹	1036, 564 cm ⁻¹ 1035, 955 cm ⁻¹	Ito, <i>et al.</i> , 2014
PO ₄ ³⁻ bend V4	604, 565 cm ⁻¹	585, 564 cm ⁻¹	
CO ₃ ²⁻	1421, 875 cm ⁻¹ (type B)	1541 cm ⁻¹ (type A)	Kamitakahara <i>et al.</i> , 2015

Table 2 Reaction of HA powder during heat treatment

Temperature (°C)	Reactions
25-150	Evaporation of surface water
150-600	Evaporation of water in lattice
600-800	Decarbonation
800-900	Dehydroxylation of HA

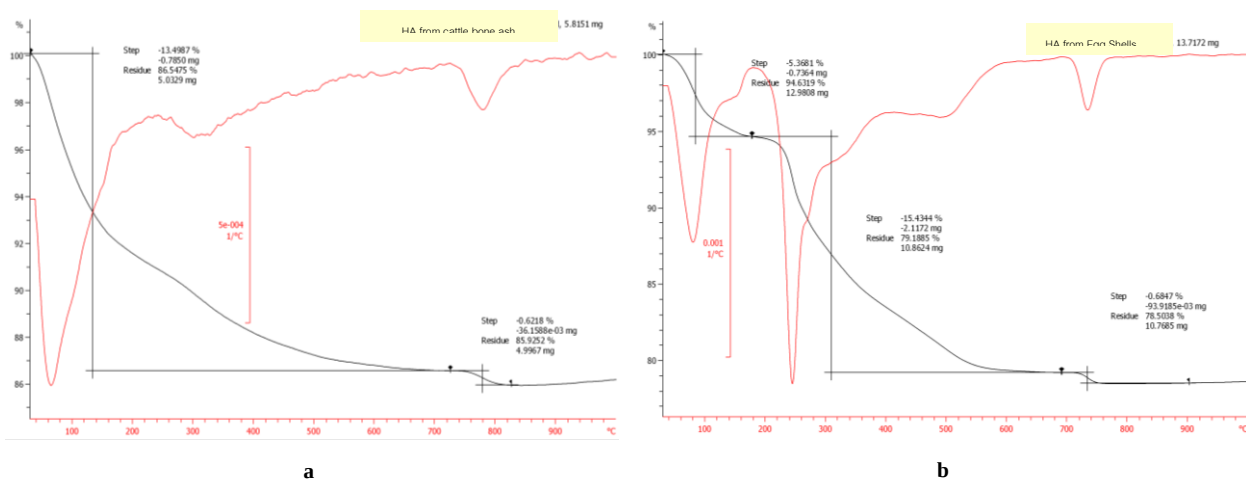


Figure 4 Thermogram of HA synthesized from a) cattle bone b) egg shells

Table 3 Properties of HA prepared from cattle bones and egg shells

Properties	HA from cattle bone	HA from egg shells
Preparation process	Precipitation	Precipitation
Particle morphology and size	Tubular, 20x40 nm	Tubular, 10x50nm
Functional groups	OH ⁻ , PO ₄ ³⁻ and CO ₃ ²⁻ (type B)	OH ⁻ , PO ₄ ³⁻ and CO ₃ ²⁻ (type A)
Phases	Hydroxyapatite with low crystallinity	Hydroxyapatite with low crystallinity
Ca/P molar ratio	1.64-1.65	1.67
% Yield	100%	70-80%

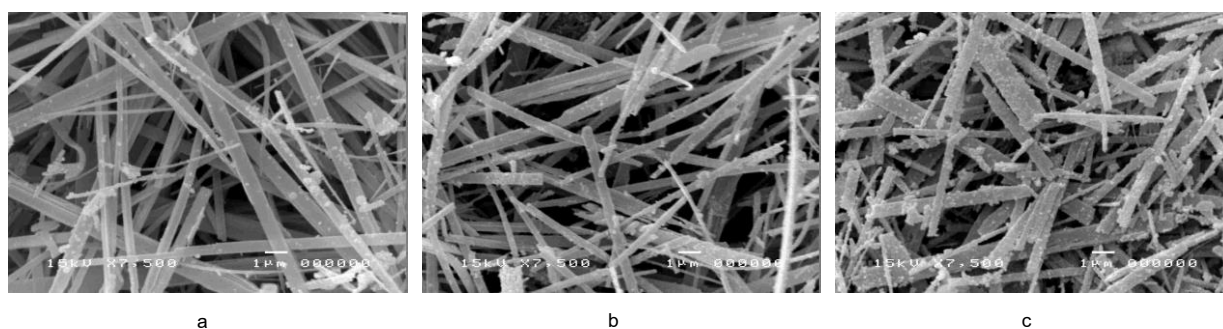


Figure 5 Hydroxyapatite whisker from purified cattle bone were prepared at 150°C for a) 6 h b) 12 h and c) 24 h in autoclave reactor

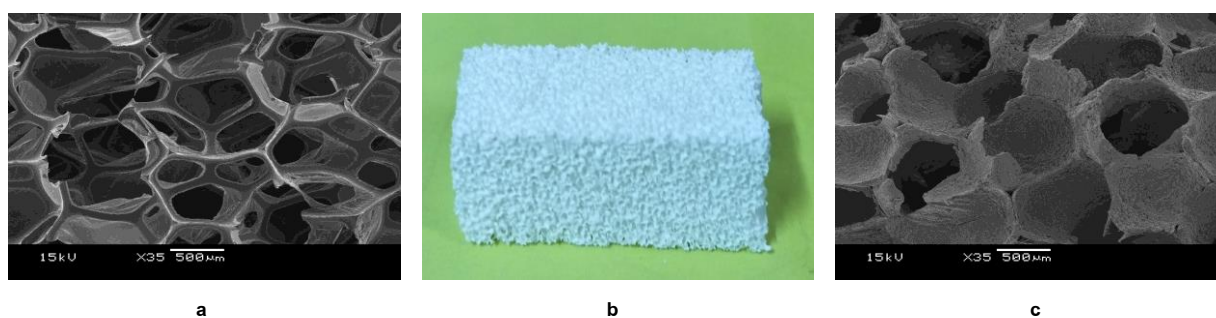


Figure 6 Porous structure of a) polymeric sponge b) porous HA and c) microstructure of porous ceramic

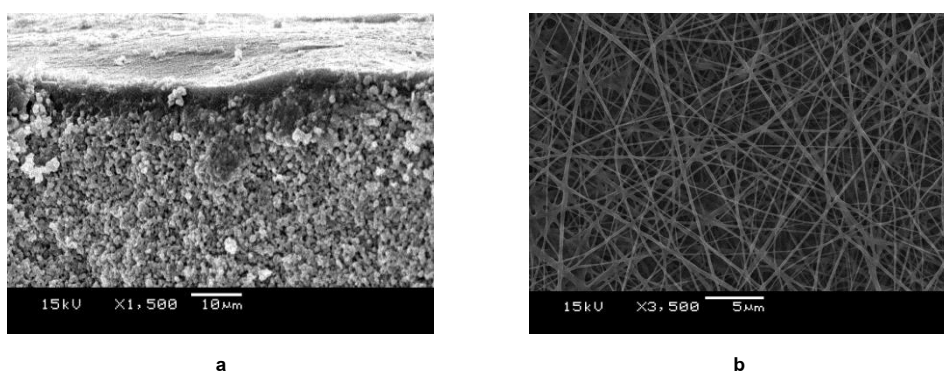


Figure 7 membrane from PVA-chitosan nanofiber on HA substrate a) microstructure of membrane b) PVA and chitosan nanofiber in membrane

Table 4 Efficiency of membrane from PVA-chitosan nanofiber on cattle bone HA substrate in waste water treatment at Pinthong industrial estate, Chonburi, Thailand

<i>Ion in waste water</i>	<i>Before treatment (ppm)</i>	<i>After treatment (ppm)</i>	<i>% Removal</i>
Cr ³⁺	0.5 (± 0.133)	0.15 (± 0.064)	70
Fe ²⁺	6.20 (± 3.025)	2.72 (± 2.098)	56
Zn ²⁺	39.52 (± 2.991)	0	100

Data from Department of Chemistry, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University

Porous structure of hydroxyapatite

HA from cattle bone was turned into a suspension form with some $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ glass powder. The polymeric sponge (fig 6a)) was used as a template for the replication of its structure. The suspension was pushed into a sponge, squeezed out and these processes were repeated several times. The sample was dried, burnt out sponge and sintering at 1000°C for 3 h. The porous structure of the HA is displayed in fig 6b) and microstructure in fig 6c). The porous HA tends to be used as carrier for drug delivery or bone filler for orthopedic surgery. (Kuanchertchoo, 1996).

Polyvinyl alcohol and chitosan nanofiber membrane deposited on HA substrate

Polyvinyl alcohol (10%w/v) was mixed with 2%w/v of chitosan in an acetic acid solution at the ratio 1:3. The mixture was formed into nanofiber using the electrospinning technique onto substrate of HA from cattle bone. The obtained products are shown in fig 7 and used as membrane for the removal of Fe^{2+} , Zn^{2+} and Cr^{3+} in waste water treatment. The efficiency of the membrane is shown in table 4. This process is environmentally friendly and energy saving. (Butrieng and Wangtrakul, 2014).

Conclusions

Nanosized hydroxyapatite was successfully prepared from biowaste, i.e., cattle bones or egg shells through a precipitation method. Synthesized HA was examined by different techniques, FTIR showed the functional groups of carbonated apatite and TEM displayed the nanorod of HA. TGA ascertained the heat stability of the obtained products. XRD also confirmed the low crystalline of the HA phase. Synthesized HA powder was fabricated into whiskers, porous structure of HA and HA

substrate for the nanofiber membrane attachment. The obtained products were applied for biomedical or environmental purposes. Moreover, this research work was also concerned with green and waste utilization in the process.

Acknowledgement

The author would like to thank the Department of Materials Technology, Department of Chemistry, Faculty of Science, at Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand, The Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University Technology, Bangkok, Thailand, The Physical Testing Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Centre (MTC), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) as well as the Chemistry program, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok, Thailand for providing technical support.

References

- Arends, J., Christoffersen, J., Eckert, H., Fowler, B.O., Heughebaert, J.C., Nanoollas, G.H., Yesinowski, J.P., and Zawacki, S.J. 1987. A Calcium Hydroxyapatite Precipitated from an Aqueous Solution: An International Multimethod Analysis. J. Crystal. Growth, 84, 515-532.
- Butrieng, V., and Wangtrakul, C. 2014. Preparation of poly (vinyl) alcohol and chitosan nanofibers membrane on substrate of hydroxyapatite from cattle bone ash. Specials Project, Department of Materials Technology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University.
- Choochaisangrat, T., Powduang, T., Kuanchertchoo, N., Kashima, D. P. 2015.

- Effect of Crystallinity of Hydroxyapatite Nanoparticles Prepared from Bovine Bone on Adsorption of Ammonia Gas. *Key Eng. Mat.* 659: 289-293.
- Cüneyt Tas, A. 2000. Combustion synthesis of calcium phosphate bioceramic powders. *J. Eur. Ceram. Soc.* 20 (14–15): 2389-2394.
- Elliott, J.C. 1994. *Structure and Chemistry of the Apatites and Other Calcium Orthophosphates*, Volume 18. 1st Ed. London, UK, Elsevier Science.
- Eslami, H., Tahrir, M., Moztaezadeh, F., Bader, R. 2018. Nanostructured Hydroxyapatite for Biomedical Applications: From Powder to Bioceramic. *Journal of the Korean Ceramic Society.* 55(6): 597-607.
- Huang, Y.C., Hsiao, P.C., Chai, H.I. 2011. Hydroxyapatite extract from fish silage: Effects on MG 63 osteoblast-like cells. *Ceram. Int.* 37: 1825-1831.
- Ito, N., Kamitakahara, M., Yoshimura, M., Ioku, K. 2014. Importance of nucleation in transformation of octacalcium phosphate to hydroxyapatite. *Mater. Sci. Eng. C.* 40: 121–126.
- Jevitic, M., Mitric, M., Skapin, S., Jancar, B., Ignjatovic, N., Uskokovic, D. 2008. Crystal structure of hydroxyapatite nanorods synthesized by sonochemical homogeneous precipitation. *Crystal. Growth Des.* 8: 2217-2222.
- Kamitakahara, M., Nagamoria, T., Yokoi, T., and Iokub, K. 2015. Carbonate-containing hydroxyapatite synthesized by the hydrothermal treatment of different calcium carbonates in a phosphate-containing solution. *J. Asian Ceram. Soc.* 3(3): 287-291.
- K-hasuwan, P., Kuanchertchoo, N., Wetprasit, N., and Supaphol, P. 2012. Hydroxyapatite /ovalbumin composite particles as model protein carriers for bone tissue engineering: I. Synthesis and characterization. *Mater. Sci. Eng. C.* 32:758–762.
- Komath, M., and Varma, H. K. 2003. Development of a fully injectable calcium phosphate cement for orthopedic and dental applications. *Bull. Mater. Sci.*, 26 (4): 415–422.
- Krajewski, A., Ravaglioli, A., .. Roncari, A. E., Pinasco P, and Montanari, L. 2000. Porous ceramic bodies for drug delivery, *J. Mater. Sci.-Mater. Med.*, 11 (12): 763 - 771.
- KuŚnieruk, S., Wojnarowicz, J., Chodara, A., Chudoba, T., Gierlotka S. and Lojkowski, W. 2016. Influence of hydrothermal synthesis parameters on the properties of hydroxyapatite nanoparticles. *Beilstein J. Nanotechnol.* 2016, 7, 1586–1601.
- Kuanchertchoo, N., Choothong, P., and Wetprasit, N., and Suphaphol, P. 2013. Synthesis of hydroxyapatite whisker from cattle bone ash. (April 23) *Proceeding of The 4th Research Symposium on Petrochemical and Materials Technology and The 19th PPC symposium on Petroleum, Petrochemical and Polymers*, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand Bangkok, Thailand, pp. 458-463.
- Kuanchertchoo, S. 1996. Fabrication of porous hydroxyapatite. Thesis. Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

- Laonapakul, T., 2015. Synthesis of hydroxyapatite from biogenic wastes. *KKU Eng. J.* 42(3): 269-275.
- Lorprayoon C., Jirasupanun, U., Thongnoi, P., and Jinawath, S., 1991. Comparative study of hydroxyapatite from different origins. *Proceeding of the First International Symposium on Apatite*, Vol. 1, Mashima, Japan, pp. 201-208.
- Lorprayoon C. and Ponin, S. 1986. Effect of sintering temperature and time on animal bone materials. *J. Sci. Res. Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok* 11:14-17.
- Ma, M.G., and Zhu, J.F. 2009. Solvothermal synthesis and characterization of hierarchically nanostructured hydroxyapatite hollow sphere. *Eur. J. Inorg. Chem.* 36: 5522-5526.
- Murugan, R., Ramakrishna, S., Wang, X., Ma, Y.-X. & Wang, S. 2004. Fabrication of nano-structured porous PLLA scaffold intended for nerve tissue engineering. *Biomaterials*. 25: 1891-1900.
- Othman, R., Mustafa, Z., Loon, C. W., and Noor A. F. M. 2016. Effect of calcium precursors and pH on the precipitation of carbonated hydroxyapatite. *Procedia Chemistry*. 19: 539 – 545.
- Rivera, E.M., Araiza, M., Brostow, W., Castaño, V. M., Díaz-Estrada, J.R., Hernández, R., Rodríguez, J. R. 1999. Synthesis of hydroxyapatite from eggshells. *Mater. Lett.* 41(3): 128-134.
- Rivera, E. M., Velázquez-Castillo, R., Huirache-Acuña, R., Cabrera-Torres, J. L. and Arenas-Alatorre, J. 2012. Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite-Based Nanostructure: Nanoparticles, Nanoplates, Nanofibers and Nanoribbons. *Mater. Sci. Forum.* 706-709: 589-594.
- Sobczak, A., Kowalski, Z., and Wzorek, Z. 2009. Preparation of hydroxyapatite from animal bones. *Acta Bioeng. Biomech.* 11: 23–28.
- Mondal, S., Dey, A., and Pal, U. 2016. Low temperature wet-chemical synthesis of spherical hydroxyapatite nanoparticles and their in situ cytotoxicity study. *Advances in Nano Research.* 4(4): 295-307.
- Uskkovic, V., and Uskkovic, D.P. 2011. Nanosized hydroxyapatite and other calcium phosphates: Chemistry of formation and application as drug and gene delivery agents. *J. Biomed. Mater. Res. Part B. Appl. Biomater.* 96B: 152-191.
- Zhu Y. J., Chen F. 2014. Microwave-assisted preparation of inorganic nanostructures in liquid phase. *Chem. Rev.* 114: 6462–6555.



หลักเกณฑ์ในการพิจารณาตีพิมพ์บทความ

1. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่เคยผ่านการเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น
3. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องเป็นบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการ คือ เกิดขึ้นจากผู้เขียนได้ทำการทดลองสร้างสรรค์ สังเคราะห์ หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานโดยตรง หรือเป็นบทความที่เสนอถึงความคิดหรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้และมีทฤษฎีประกอบหรือสนับสนุนอย่างเพียงพอ มีประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัย
4. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่ได้ลอกเลียนหรือดัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่นหรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือปราศจากการอ้างอิงที่ถูกต้อง
5. ผู้เขียนต้องจัดเตรียมต้นฉบับตามรูปแบบข้อกำหนดในการส่งต้นฉบับอย่างเคร่งครัด
6. ผู้เขียนได้แก้ไขความถูกต้องของบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ตามข้อเสนอแนะของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) แล้ว
7. บทความจะต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากกองบรรณาธิการแล้วเท่านั้น

รูปแบบการจัดเตรียมต้นฉบับ

1. ให้พิมพ์โดยใช้กระดาษ **A4** พิมพ์หน้าเดียว
2. จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม **Microsoft Word for Windows**
3. ใช้ตัวอักษรแบบ **Browallia UPC/New**
4. ระยะห่างระหว่างบรรทัดใช้ **Double Space** โดยมีความยาวไม่เกิน 30 หน้า (รวมเอกสารอ้างอิง)
5. การตั้งค่าหน้ากระดาษ
 - ระยะขอบบน (Top margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบล่าง (Bottom margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบซ้าย (Left margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบขวา (Right margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร

รายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ

ชื่อเรื่อง ต้องมีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ จัดให้อยู่ชิดซ้ายหน้ากระดาษ ชื่อภาษาอังกฤษ ขึ้นต้นคำให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา

ชื่อผู้เขียน ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ และให้จัดชิดซ้ายของหน้ากระดาษ โดยให้กำกับหมายเลขยกกำลังไว้ต่อท้ายด้วยสำหรับชื่อของหน่วยงานให้พิมพ์ไว้ในส่วนของเชิงอรรถ (หน้า 1) โดยพิมพ์ชื่อหน่วยงานต้นสังกัดให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ในหน้าเดียวกัน

บทคัดย่อ และ ABSTRACT ใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา และให้จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ สำหรับเนื้อความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ โดยเนื้อหาต้องครอบคลุมถึงบทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและวิจารณ์ผล เป็นลำดับ

คำสำคัญ (Keywords) : ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ประมาณ 3 - 5 คำ โดยพิมพ์ต่อจากส่วนเนื้อหาของบทคัดย่อ และ Abstract ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ และให้จัดชิดซ้ายของหน้ากระดาษ

เนื้อหา ให้จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ **หัวข้อใหญ่** ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา **หัวข้อย่อย** ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา จัดชิดซ้ายคอลัมน์ เนื้อความใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ โดยให้บรรทัดแรกของทุกย่อหน้าเยื้อง 0.5 นิ้ว ของบรรทัดถัดไป โดยเรียงหัวข้อตามลำดับดังนี้ บทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและวิจารณ์ผล กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง

รูปภาพ จัดให้ชิดซ้ายของคอลัมน์ ความละเอียดของรูปภาพไม่น้อยกว่า 600x600 dpi คำบรรยายรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ โดยให้แนบไฟล์รูปภาพที่ประกอบในเนื้อเรื่องมาต่างหาก จากไฟล์เอกสารปกติ

ตาราง จัดให้ชิดซ้ายของคอลัมน์ รูปแบบของตารางให้ใช้แบบ Table classic I คำบรรยายตารางให้จัดพิมพ์ไว้ด้านบนของหัวข้อตาราง และใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ

หมายเหตุ ต้นฉบับบทความที่น่าส่งจะต้องถูกต้องตามหลักเกณฑ์การเขียนที่กำหนดเท่านั้น จึงจะได้รับการพิจารณาดำเนินการประเมินบทความก่อนตีพิมพ์

การอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

• การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง

ให้วงเล็บชื่อผู้แต่ง (ภาษาไทย) ชื่อสกุลผู้แต่ง (ภาษาต่างประเทศ) และปีที่พิมพ์ของเอกสารที่อ้างถึง ต่อท้ายข้อความที่ต้องการอ้าง ตัวอย่าง

..... (มณี และคณะ, 2550) หรือ (Archawaranon et al., 2003)
Archawaranon et al. (2003) หรือ มณี และคณะ (2550)

• การอ้างอิงท้ายเรื่อง

1. วารสาร

ก. ภาษาไทย

ชื่อผู้เขียน (ให้เขียนชื่อเต็ม ตามด้วยชื่อสกุล). ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อเต็ม). ปีที่ (ฉบับที่): หน้า
ปรากฏบทความ. เช่น

พุทธชาติ โปธิบาล และ ธนพันธ์ ตรงดี. 2541. สถานะของภาษาดากไบในภาษาถิ่น. วารสาร
สงขลาครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 4(2): 167-187.

ข. ภาษาอังกฤษ

ใช้เช่นเดียวกับภาษาไทย แต่ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อสกุลขึ้นก่อน, ตามด้วยตัวอักษรย่อของชื่อต้น. และวารสารใช้ชื่อตัวย่อ
ตามเกณฑ์ที่ใช้กัน เช่น

Archawaranon, M. 2003. The impact of human interference on Hill Mynahs *Gracula religiosa*
breeding in Thailand. Bird Conserv. Intl. 13 (2): 139-149.

2. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์. ผู้จัดพิมพ์. เช่น

มณี อีชวานนท์. 2549. นกขุนทอง: งานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์นกในเขตร้อน. กรุงเทพฯ. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

Sharp, W.F. 1985. Investment. 3rd ed. New Jersey. Prentice-Hall.

3. บทความ/เรื่อง/ตอน ในหนังสือรวมเรื่องหรือรายงานประจำปี

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ. ชื่อเรื่อง. (ฉบับพิมพ์ ถ้ามี), หน้าปรากฏบทความ.

ผู้จัดพิมพ์. สถานที่พิมพ์. เช่น

เสรี ลีลาชัย. 2542. เศรษฐกิจชาตินิยมในประเทศกำลังพัฒนาและสถานการณ์ในประเทศไทย. ใน ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ
(บรรณาธิการ). 1999 จุดเปลี่ยนแห่งยุคสมัยใหม่ (หน้า 90-141). ศูนย์ศึกษาเศรษฐศาสตร์การเมือง คณะ
เศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

4. การอ้างอิงจากวารสารออนไลน์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่และฉบับที่พิมพ์: หน้าปรากฏบทความ. ที่มา:

สถานที่มาของสารสนเทศ. เช่น

Overby, J.M. 1996. Ozone brings better water. Water Technology [Online]. 19, no. 5:
62-64. Abstract from Dialog File: Water Resources Abstract (117) Item: 00798344

5. วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อวิทยานิพนธ์. สถานที่พิมพ์. ชื่อสถาบันการศึกษา

พรชัย วงศ์วาสนา. 2543. การศึกษาชีววิทยาประชากรของนกขุนทองในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับ จำนวน 4 ชุด พร้อมแผ่น CD จำนวน 1 แผ่น ไปยัง กองบรรณาธิการวารสารวิจัยรามคำแหง สถาบันวิจัยและ
พัฒนา อาคารสุขโขทัย ชั้น 12 มหาวิทยาลัยรามคำแหง ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240 โทรศัพท์ 0-2310-
8696, โทรสาร 0-2310-8119 Email: ruresearch@ru.ac.th