ISSN 1906-1722

Ramkhamhaeng Research Journal of
Sciences and Technology

ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2563 Vol. 23 No. 1 January - June 2020

• **ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อน ของกวางที่เลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง**

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา จิตรภานุ อินทวงศ์ ธงชัย ช่วยสถิตย์ จิระวุฒ นาเค แพรพิไล จริญสิทธิ์กองคำ วีระศักดิ์ มะประสิทธิ์ และธวัชชัย ทวีตา **1**

• **ปริมาณโลหะหนักในปลาซ่อนที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยในสภาพการเพาะเลี้ยง**

เมทินี อินทุยศ ลำไย ณีรัตนพันธุ์ บัณฑิตย์ เต็งเจริญกุล และมานพ ศรีอุทธา..... **17**

• **การใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการอนุรักษ์**

จิราภรณ์ ปาลี สมบูรณ์ ดำเตจา และจุฬาลักษณ์ ลาเกิด..... **27**

• **การสังเคราะห์ไฮโดรเจลของเพคตินจากผลข้าวปั้นพระฤาษี สำหรับการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจน**

วลีพรรณ รกิติกุล..... **39**

• **การพัฒนาเนื้อดินปั้นเซรามิกจากเขากวางแข็ง**

เอกสิทธิ์ ชาตินทุ มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา และยิ่งยง เมฆลอย..... **47**

Ramkhamhaeng University

Ramkhamhaeng Research Journal of Sciences and Technology

Vol. 23 No. 1 January - June 2020

วารสารวิจัยรามคำแหง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

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

• **การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากมูลกวาง**

เสรีย์ ตู้ประกาย สิรวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา และยิ่งยง เมฆลอย..... **57**

• **การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง**

ศิศิโรตม์ เกตุแก้ว พรชัย วงศ์วาสนา และมณี อัชวรานนท์ **63**

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

สพ.19096

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้จัดพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ที่ปรึกษาบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วุฒิศักดิ์ ลาภเจริญทรัพย์	อธิการบดีมหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชาล ทองประยูร	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.มณี อัชวรานนท์	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว	สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
สาขาวิทยาศาสตร์	ศาสตราจารย์ ดร.ประสาท สืบค้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
และเทคโนโลยี	ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ สาคริก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาต สุขสำราญ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ศาสตราจารย์ ดร.งามผ่อง คงคาทิพย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ สุบินประเสริฐ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ มีเวที	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ คันธพนิต	สถาบันคลังสมองแห่งชาติ
	รองศาสตราจารย์ ดร.มาลี ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติธรรมยง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	รองศาสตราจารย์ ดร.สมนึก บุญเกิด	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ ยีมิน	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมล จันทร์แจ่ม	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ โรจนกิจ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติศานต์ กร้ำมาตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรานนท์ คงสง	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ศาสตราจารย์ ดร.บุญทัน ดอกไธสง	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
สาขามนุษยศาสตร์	ศาสตราจารย์ ดร.สุภางค์ จันทวานิช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
และสังคมศาสตร์	รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศานต์ พันธุลาภ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ สิชฌวัฒน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี โยเหลา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	รองศาสตราจารย์ ดร.พรสุข หุ่นนิรันดร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	รองศาสตราจารย์ บุปผา บุญทิพย์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	รองศาสตราจารย์ อนุกูล พลศิริ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	รองศาสตราจารย์ เอมอร ดิสปัญญา	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกชรัตน์ เตชะไตรศักดิ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รำจวน เบญจศิริ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศณีวรรณ ภู่อารีย์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	อาจารย์ ดร.กรวิภา สรรพกิจจำนง	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
	อาจารย์ ดร.สยุมพร โยธาสมุทร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ฝ่ายจัดทำ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรชัย วงศ์วาสนา	ประธานฝ่ายจัดทำ
	อาจารย์ ยิ่งยง เมฆลอย	กรรมการ
	นางสาวสายพิณ ริดมัด	กรรมการ
	นางลักขิกา ขจัดภัย	กรรมการ
	นางสาวฐนิตฐา ยิบพิกุล	กรรมการ
	นางญนันทพร กลั่นเจริญ	กรรมการ
	นางบุปผา เอี่ยมจรูญ	กรรมการ
	นายอำนาจ สิงห์ตาลกง	กรรมการและเหรัญญิก
	นางสาวแพรพิไล เจริญสิทธิ์กองคำ	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
อาคารสุโขทัย ชั้น12 หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทร. 02-310-8696
Email: ruresearch@ru.ac.th

พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

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

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับนี้ เป็นวารสารวิจัยของมหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้ก้าวเข้าสู่ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2563 ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI

การเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุคดิจิตอล ที่เทคโนโลยีเข้ามามีผลกระทบต่อสังคมมนุษย์อย่างมาก และรวดเร็ว โดยเฉพาะสังคมไทยที่มีความซับซ้อนทั้งเรื่องอายุ ทัศนคติ ช่องว่างของระดับรายได้และความเหลื่อมล้ำในสังคม การนำเสนอบทความทางวิชาการ อาจเป็นช่องทางหนึ่งในการสื่อสารอย่างพินิจพิเคราะห์ ให้เห็นถึงปัญหาต่างๆ เพื่อนำไปสู่วิถีทางในแก้ไข คลี่คลายปมปัญหาต่างๆ ของสังคมไทยได้อย่างค่อยเป็นค่อยไป ในช่วงเวลาแห่งการเปลี่ยนผ่านนี้

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

ขอขอบพระคุณ

บรรณาธิการ

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเขากวางอ่อนและน้ำหนักตัวของกวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง

The Relationship between Velvet Antler Weight and Body Weight of Captive Deer in Ramkhamhaeng University Deer Farm

มณี อัชวรานนท์[1] พรชัย วงศ์วาสนา[2] จิตรภานุ อินทวงศ์[3] ธงชัย ช่วยสถิตย์[4] จิระวุฒ นาเค[5]
แพรพิไล เจริญสิทธิ์กองคำ[4] วีระศักดิ์ มะประสิทธิ์[5] และธวัชชัย ทวีตา[5]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทำธุรกิจฟาร์มกวาง ส่วนใหญ่เพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตหลัก คือ เขากวางอ่อน ซึ่งงอกใหม่ทุกปี เขากวางอ่อนที่งอกใหม่มีลักษณะนุ่ม หุ้มด้วยหนังคล้ายกำมะหยี่ เขากวางอ่อนที่มีขนาดใหญ่ ยาว อ้วน น้ำหนักเขากวางมาก เป็นเขากวางที่ขายได้ราคาดีในตลาดที่มีการซื้อขายเขากวางอ่อน งานวิจัยในครั้งนี้ต้องการนำเสนอเพื่อตอบคำถามว่า กวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง น้ำหนักเขากวางอ่อนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของกวางหรือไม่ โดยการศึกษาเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าและกวางซิก้าที่มีอายุตัวกวางระหว่าง 3 ปี – มากกว่า 8 ปี จากการศึกษา พบว่า ในกวางซิก้าน้ำหนักเขากวางอ่อนไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ กับน้ำหนักตัวของกวาง ไม่ว่าตัวกวางอายุเท่าไรก็ตาม ซึ่งแตกต่างจากในกวางรูซ่า ไม่ว่าอายุของตัวกวางเท่าไร น้ำหนักเขากวางอ่อนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของกวางอย่างมีนัยสำคัญ น้ำหนักตัวของกวางน้อย น้ำหนักเขากวางอ่อนน้อย น้ำหนักตัวของกวางมาก น้ำหนักเขากวางอ่อนมาก โดยไม่ขึ้นกับอายุ งานวิจัยของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง เคยมีรายงานว่า คุณภาพของเขากวางอ่อนขึ้นกับอาหารที่ใช้เลี้ยงกวาง โดยเฉพาะอาหารผสมที่มีความหลากชนิดของอาหารที่เป็นส่วนผสม จึงอาจเป็นเหตุผลที่ใช้อธิบายได้ว่ากวางรูซ่าซึ่งมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นมีกลไกของสรีรวิทยาของร่างกายในการตอบสนองต่ออาหารที่ใช้เลี้ยงกวางได้ดีกว่ากวางซิก้าซึ่งมีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น

คำสำคัญ: น้ำหนักตัว กวางรูซ่า กวางซิก้า เขากวางอ่อน

ABSTRACT

The main purpose of deer farming business is velvet antler which deer produce new antlers yearly. Velvet antlers are soft and covered in velvet-like hair. The large, long, big and heavy velvet antlers are the ones with the good price in the market. The purpose of this research was to find out if there was any relationship between velvet antler weight and body weight. The studies were occurred in both captive sika and rusa deer in Ramkhamhaeng University Deer Farm with ages between 3 and older than 8 years old.

[1] รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[3] เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปปฏิบัติการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[4] เจ้าหน้าที่วิจัยปฏิบัติการ สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[5] เจ้าหน้าที่วิจัยปฏิบัติการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

The results showed that sika deer did not show any relationship between velvet antler weight and body weight no matter what ages they were. On the other hand, rusa deer significantly showed the relationship between velvet antler weight and body weight in every age. The body weight was high, the velvet antler was heavy, the body weight was low, the velvet antler was less heavy, not depending on the age. The data from Ramkhamhaeng University Deer Farm indicated that deer fed with diversities of food produced high quality velvet antlers. These results may be explained that the physiological mechanism of rusa deer which are native to tropical region responds to food better than sika deer which are native to temperate region.

Keywords: body weight, rusa deer, sika deer, velvet antler

บทนำ

ธุรกิจการทำฟาร์มกวางเป็นอีกความสนใจหนึ่งของเกษตรกรในประเทศไทย ถึงแม้ว่า ความนิยมยังไม่มากเท่ากับการเลี้ยงวัวก็ตาม แต่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงก่อตั้งมาตั้งแต่ พ.ศ. 2545 มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิจัยให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับกวางเพื่อเผยแพร่ให้กับเกษตรกร ทั้งด้านการบริหารจัดการการเลี้ยงกวาง (มณี และคณะ, 2561ข) การจัดการภายในฟาร์มเลี้ยงกวาง (มณี และคณะ, 2556ก,ข; 2557ข) รวมไปถึงการใช้ทรัพยากร-ธรรมชาติเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เช่น การเลือกใช้ชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงกวางตามฤดูกาลเพาะปลูกของประเทศไทย (มณี และคณะ, 2556ก,ข; 2557ก,ข) เป็นต้น โดยข้อมูลด้านวิชาการทั้งหลายของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง เป็นข้อมูลที่เกิดจากการดำเนินการวิจัยอย่างต่อเนื่องยาวนานตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ของคณาจารย์มหาวิทยาลัยรามคำแหงและความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกมหาวิทยาลัย ทำให้ก่อเกิดเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับกวางมากมายกว่า 30 โครงการ ความรู้และข้อมูลเหล่านี้มีการถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผ่านทาง “เครือข่ายฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง” และการจัดประชุมฝึกอบรมเป็นระยะ ๆ อย่างต่อเนื่องทุกปีตั้งแต่ พ.ศ. 2557 เป็นต้นมา รวมถึงการแก้ปัญหาในการเลี้ยงกวางให้กับเกษตรกรเป็นรายบุคคล เป็นต้น งานวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเพื่อหาองค์ความรู้ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเขากวางอ่อนและน้ำหนักตัวกวาง เมื่อน้ำหนักตัวกวางมาก น้ำหนักเขากวางมากหรือไม่ และเมื่อน้ำหนักตัวกวางน้อย น้ำหนักเขากวางน้อยด้วยหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลให้กับเกษตรกรในการตัดสินใจซื้อขายเขากวางอ่อนหรือการเตรียมการเลี้ยงกวางให้มีเขากวางอ่อนที่มีขนาดตามที่ตลาดต้องการ

การที่กวางมี “เขากวางอ่อน” งอกใหม่ทุกปีนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างเป็นเอกลักษณ์พิเศษเฉพาะตัวกวาง (Price et al., 2005; Kierdorf and Kierdorf, 2011) จึงทำให้เกิดธุรกิจการเลี้ยงกวางเพื่อเก็บเกี่ยวเขากวางอ่อน สรรพคุณของเขากวางอ่อนได้รับการกล่าวขานกันมาโดยตลอด และมีการทดลองทางวิทยาศาสตร์ถึงสรรพคุณเหล่านั้น เช่น เขากวางอ่อนทำให้ร่างกายแข็งแรง (มณี และคณะ, 2555ข; รังสรรค์ และคณะ, 2555) ส่งเสริมการเจริญพันธุ์ (มณี และคณะ, 2555ก) เป็นต้น การงอกของเขากวางในระยะแรกเขากวางอ่อนมีลักษณะอ่อนนุ่มหุ้มด้วยหนังคล้ายกำมะหยี่ (มณี, 2554ก) เขากวางอ่อนจะค่อย ๆ แข็งและหลุดในที่สุด มีเขากวางอ่อนงอกออกมาใหม่อีกปีละ 1 ครั้ง ซึ่งวงรอบการเจริญของเขากวางมีความสัมพันธ์กับการสืบพันธุ์ของกวางอย่างเห็นได้ชัด (มณี, 2554ก,ข, 2555; มณี และคณะ, 2561ก) แต่มีข้อคำถามกันมาตลอดว่า กวางที่มีขนาดตัวใหญ่จะให้เขากวางอ่อนที่มีขนาดใหญ่ตามน้ำหนักตัวกวางหรือไม่ หรือควรจะเลี้ยงกวางให้มีขนาดตัวใหญ่ให้มากที่สุดเพื่อให้ได้เขากวางที่มีขนาดใหญ่ตามน้ำหนักตัวไหม จึงทำให้เกิดงานวิจัยนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักเขากวางอ่อนและน้ำหนักตัวกวางโดยศึกษากวาง 2 ชนิด คือ กวางซิก้าซึ่งเป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น และกวางรูซ่าซึ่งเป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้น

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน จังหวัดสุโขทัย ซึ่งก่อตั้งมาตั้งแต่ พ.ศ. 2545 (พรชัย, 2547,2548; มณี, 2551) ในพื้นที่มากกว่า 200 ไร่ เลี้ยงกวาง 3 ชนิด คือ กวางซิก้า (*Cervus nippon*), กวางรูซ่า (*Cervus timorensis* หรือ *Rusa timorensis*) และกวางแดง (*Cervus elaphus*) ขณะนี้มีจำนวนกวางเกือบ 1,000 ตัว เป็นสถานีวิจัยค้นคว้าองค์ความรู้และนวัตกรรมในการทำฟาร์มกวางครบวงจรรวมทั้งเป็นสถานที่ถ่ายทอดฝึกอบรมและปฏิบัติการให้กับเกษตรกร

ชนิดของกวางที่ใช้วิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการกับกวางตัวผู้ 2 ชนิด คือ กวางซิก้าและกวางรูซ่า ซึ่งกวางทั้ง 2 ชนิดนี้เฉพาะตัวผู้เท่านั้นที่มีเขา ส่วนตัวเมียไม่มีเขา

1. **กวางซิก้า (*Cervus nippon*)** เป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น มีขนาดลำตัวเล็กกว่ากวางรูซ่า (มณี และคณะ, 2561ก,ข) ขนมีสีส้มมีจุดสีขาวตามลำตัว ตัวผู้อายุ 3 ปี มีน้ำหนักตัวไม่ต่ำกว่า 30 กิโลกรัม ส่วนตัวผู้อายุมากกว่า 8 ปี มีน้ำหนักไม่เกิน 90 กิโลกรัม (ข้อมูลจากฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง)
2. **กวางรูซ่า (*Cervus timorensis* หรือ *Rusa timorensis*)** มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้น มีขนาดลำตัวใหญ่กว่ากวางซิก้า (มณี และคณะ, 2561ก,ข) ขนมีสีน้ำตาลตลอดทั้งตัว ไม่มีจุดสีขาวตามลำตัว ตัวผู้อายุ 3 ปี มีน้ำหนักตัวไม่ต่ำกว่า 40 กิโลกรัม ตัวผู้อายุมากกว่า 8 ปี มีน้ำหนักไม่เกิน 100 กิโลกรัม (ข้อมูลจากฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง)

กวางทุกตัวที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง มีหมายเลขประจำตัวแสดงตัวตน และมีประวัติครบทุกตัว เริ่มตั้งแต่วันที่คลอด พ่อแม่หมายเลขอะไร พ่อแม่เคยมีลูกมากี่ครั้ง ประวัติการเลี้ยงลูกของตัวแม่กวาง ถ้าลูกกวางเป็นตัวเมีย บันทึกการถูกผสมพันธุ์ครั้งแรก การตั้งครรภ์ การคลอด การเลี้ยงลูก แต่ถ้าลูกกวางเป็นตัวผู้ บันทึกการงอกของเขากวางครั้งแรก ที่เรียกว่า เขาเทียน การงอกของเขาปีถัดมา การถูกตัดเขาการเป็นพ่อพันธุ์ เป็นต้น

เขากวางอ่อน

กวางเป็นสัตว์กีบคู่ ลักษณะเฉพาะของกวางคือ การมีเขากวางอ่อนงอกใหม่ทุกปี เมื่อเขาของกวางแข็งเขาแข็งหลุด เขากวางอ่อนจะค่อย ๆ งอกใหม่ โดยเฉลี่ยภายใน 11 วันในกวางซิก้า และ 8 วันในกวางรูซ่า เขากวางอ่อนที่งอกใหม่นี้ค่อย ๆ เจริญทั้งขนาดความยาวและความสมบูรณ์ ช่วงที่เขากวางอ่อนหรือช่วงเขาอ่อนโดยเฉลี่ย 137 วัน ในกวางซิก้า และ 162 วันในกวางรูซ่า ก่อนเปลี่ยนเป็นเขาแข็ง ช่วงที่เขากวางแข็งหรือช่วงเขาแข็งโดยเฉลี่ย 206 วัน ในกวางซิก้า และ 186 วันในกวางรูซ่า (มณี, 2554ก,ข) จากนั้นเขาแข็งหลุด และงอกใหม่โดยเฉลี่ยภายใน 11 วันในกวางซิก้า และ 8 วันในกวางรูซ่า วงรอบการเจริญของเขากวางจะวนเป็นวงรอบเช่นนี้ในแต่ละปี

ภาพที่ 1 กวางซิก้าในช่วงเขาอ่อน (ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง)

ภาพที่ 2 กวางรูซ่าในช่วงเขาอ่อน (ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง)

ขั้นตอนการวิจัย

1. ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง ดำเนินการตัดเขากวางอ่อนทุกปี ในขณะที่เขากวางอ่อนมีอายุการงอกประมาณ 60 วัน ช่วงเวลาในการตัดเขากวางอ่อนแตกต่างกันในกวาง 2 ชนิด คือเขากวางอ่อนของกวางซิก้าถูกตัดในระหว่างช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าถูกตัดในระหว่างช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม

2. ก่อนการตัดเขากวางอ่อนทุกครั้ง มีการต้อนกวางให้กวางเหยียบลงบนเครื่องชั่งน้ำหนักตัวดิจิตอลก่อนขึ้นเครื่องจัดการกวางเพื่อหนีบตัวกวางไว้ในขณะตัดเขา

3. หลังตัดเขากวางอ่อน ชั่งน้ำหนักเขากวางอ่อนด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักเขาดิจิตอล

4. เพื่อไม่ให้ปัจจัยเรื่องอายุของตัวกวางเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงแบ่งกลุ่มศึกษาวิจัยในกวางทั้ง 2 ชนิด กวางแต่ละชนิดแบ่งเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มอายุ 3, 4, 5, 6, 7 ปี และมากกว่า 8 ปี

5. หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเขากวางอ่อนกับน้ำหนักตัวกวางในแต่ละอายุ โดยใช้ Pearson product-moment correlation coefficient และอ่านค่า level of significance สำหรับ two-tailed test

กวางซิก้าเมื่ออายุตัวกวางเพิ่มมากขึ้น ร่างกายของกวางเจริญเติบโตมากขึ้น โดยเฉลี่ยน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นตามลำดับจากอายุ 3 ปี จนอายุมากกว่า 8 ปี แต่น้ำหนักเขากวางอ่อนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง (ตารางที่ 1) และจากการใช้ Pearson product-moment correlation coefficient หาความสัมพันธ์เป็นรายตัวระหว่างน้ำหนักเขากวางอ่อนและน้ำหนักตัว ในแต่ละอายุของกวางซิก้า (ภาพที่ 3-8) พบว่า น้ำหนักเขากวางอ่อนไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ กับน้ำหนักตัวกวาง

ซึ่งแตกต่างจากกวางรูซ่า (ตารางที่ 2) เมื่ออายุตัวกวางเพิ่มมากขึ้น ร่างกายของกวางเจริญเติบโตมากขึ้น โดยเฉลี่ยน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ จากอายุ 3 ปี จนอายุมากกว่า 8 ปี น้ำหนักเขากวางอ่อนเพิ่มมากขึ้นตามอายุ และจากการใช้ Pearson product-moment correlation coefficient หาความสัมพันธ์เป็นรายตัวระหว่างน้ำหนักเขากวางอ่อนและน้ำหนักตัว ในแต่ละอายุของกวางรูซ่า (ภาพที่ 9-14) พบว่า น้ำหนักเขากวางอ่อนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวกวางอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกช่วงอายุ และมีความสัมพันธ์มากที่สุด ($p < 0.001$) ในกวางอายุ 4, 5, 6 และ 7 ปี ส่วนกวางที่มีอายุ 3 ปีและอายุมากกว่า 8 ปี น้ำหนักเขากวางมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวในระดับมาก ($p < 0.01$)

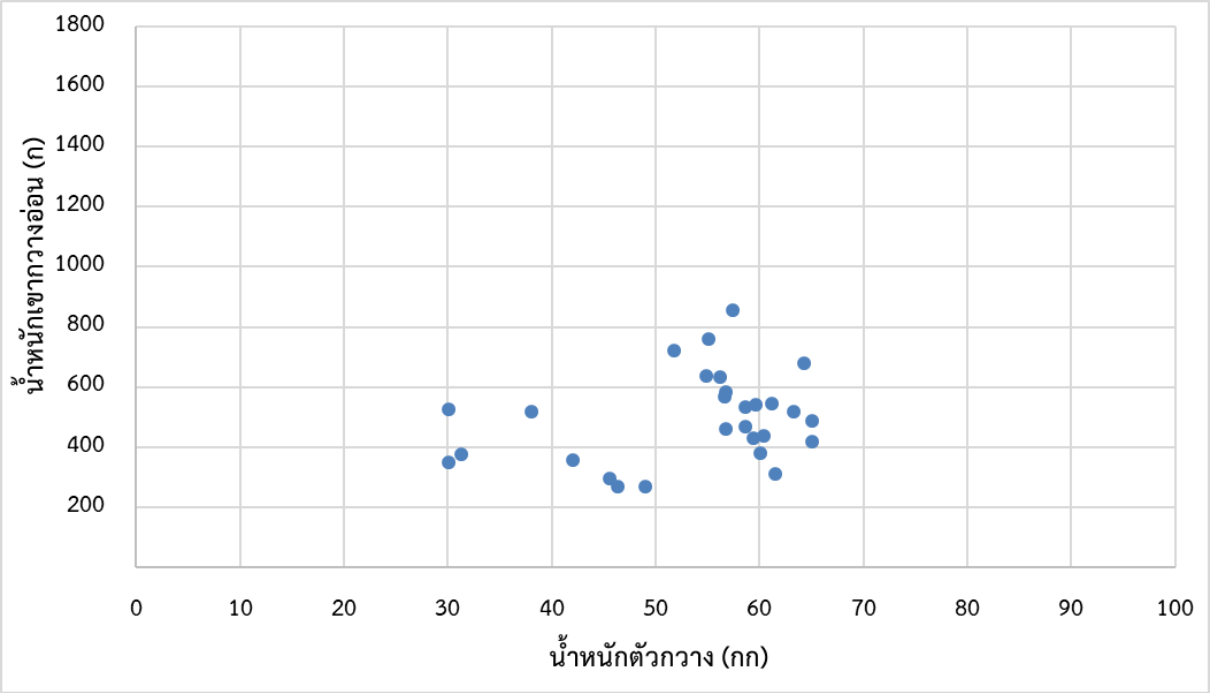
ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักตัวกวาง น้ำหนักเขากวางอ่อนและค่าสหสัมพันธ์ *(r)* ระหว่างน้ำหนักตัวกวางกับน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้าที่มีอายุตั้งแต่ 3 ปี - มากกว่า 8 ปี

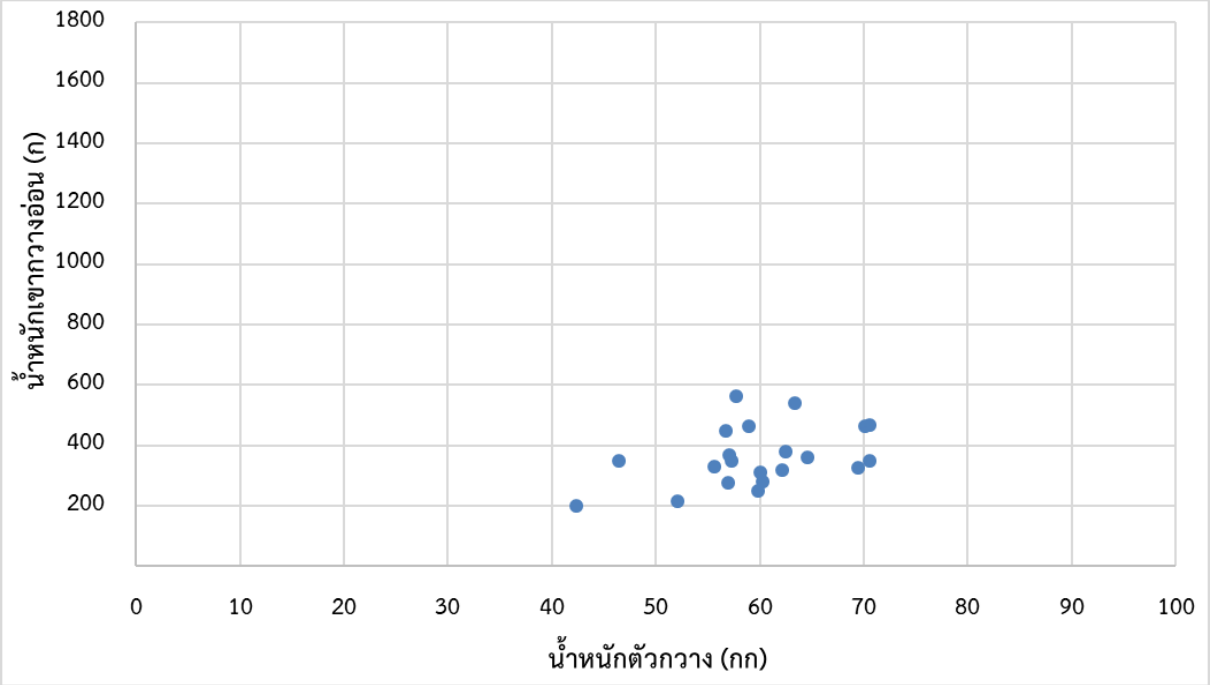
อายุกวาง (ปี)	จำนวนตัวที่ศึกษา (n)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		*r*	*df*	*Level of significance*
		น้ำหนักตัวกวาง (กก.)	น้ำหนักเขากวางอ่อน (ก.)			
3	28	53.40 ± 10.49	497.96 ± 149.38	0.286	26	*NS*
4	21	59.75 ± 7.35	362.29 ± 98.41	0.410	19	*NS*
5	24	62.33 ± 8.56	479.38 ± 107.70	0.349	22	*NS*
6	26	66.56 ± 7.56	541.04 ± 89.71	-0.137	24	*NS*
7	26	66.67 ± 9.46	535.00 ± 98.59	-0.031	24	*NS*
มากกว่า 8 ปี	23	71.42 ± 7.49	548.87 ± 75.78	-0.072	21	*NS*

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักตัวกวาง น้ำหนักเขากวางอ่อนและค่าสหสัมพันธ์ *(r)* ระหว่างน้ำหนักตัวกวางกับน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าที่มีอายุตั้งแต่ 3 ปี - มากกว่า 8 ปี

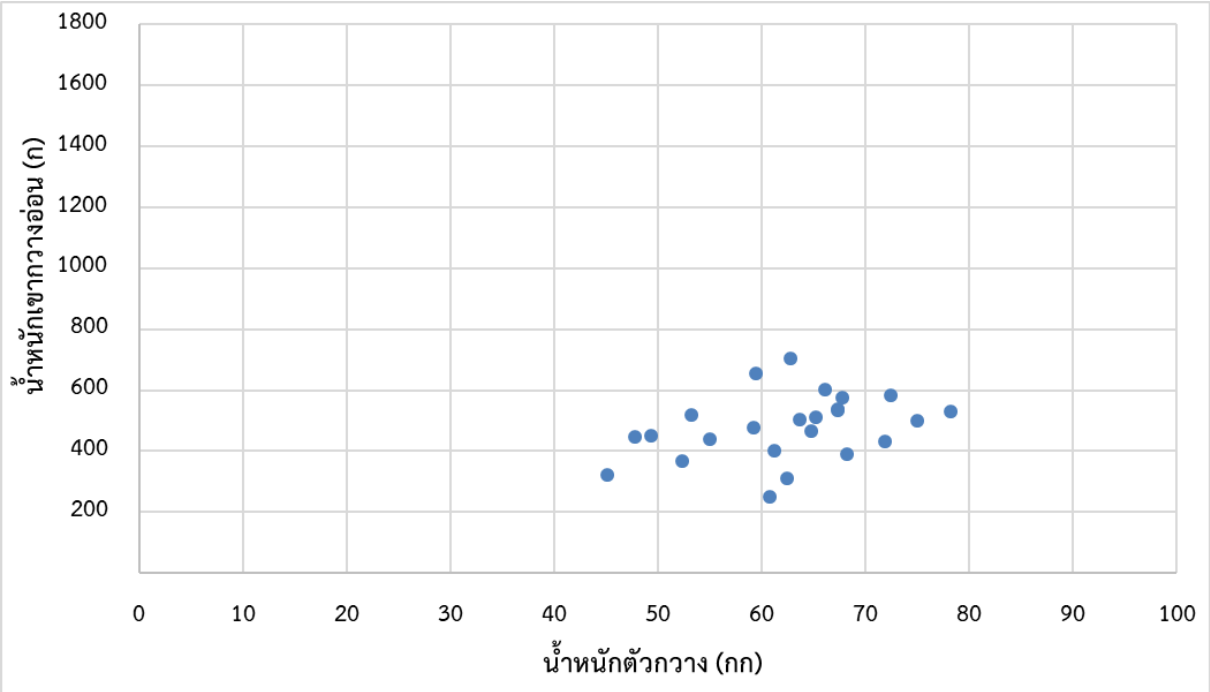
อายุกวาง (ปี)	จำนวนตัวที่ศึกษา (n)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		*r*	*df*	*Level of significance*
		น้ำหนักตัวกวาง (กก.)	น้ำหนักเขากวางอ่อน (ก.)			
3	21	54.84 ± 3.82	597.19 ± 131.53	0.550	19	*< 0.01*
4	30	66.14 ± 11.68	634.87 ± 164.65	0.612	28	*< 0.001*
5	31	68.67 ± 9.29	786.39 ± 340.86	0.655	29	*< 0.001*
6	23	75.26 ± 7.93	903.96 ± 250.77	0.806	21	*< 0.001*
7	25	75.61 ± 11.93	996.32 ± 280.22	0.775	23	*< 0.001*
มากกว่า 8 ปี	31	75.97 ± 8.67	902.52 ± 220.41	0.550	29	*< 0.01*



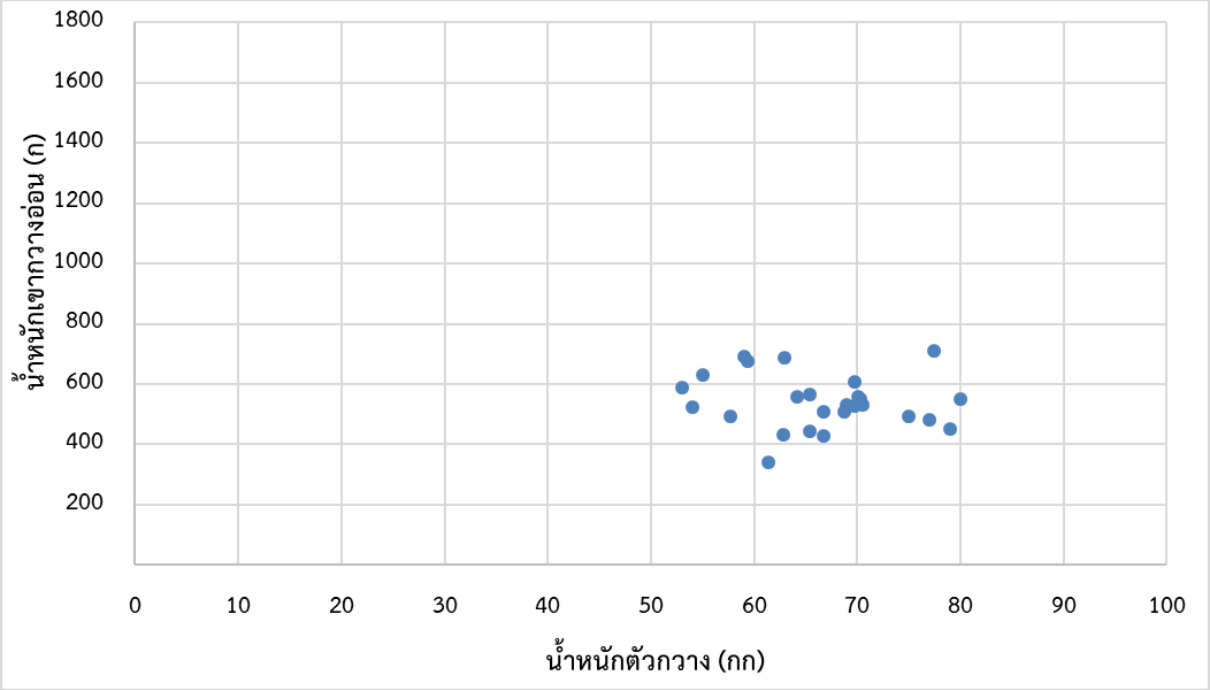
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้าอายุ 3 ปี (n = 28 ตัว)



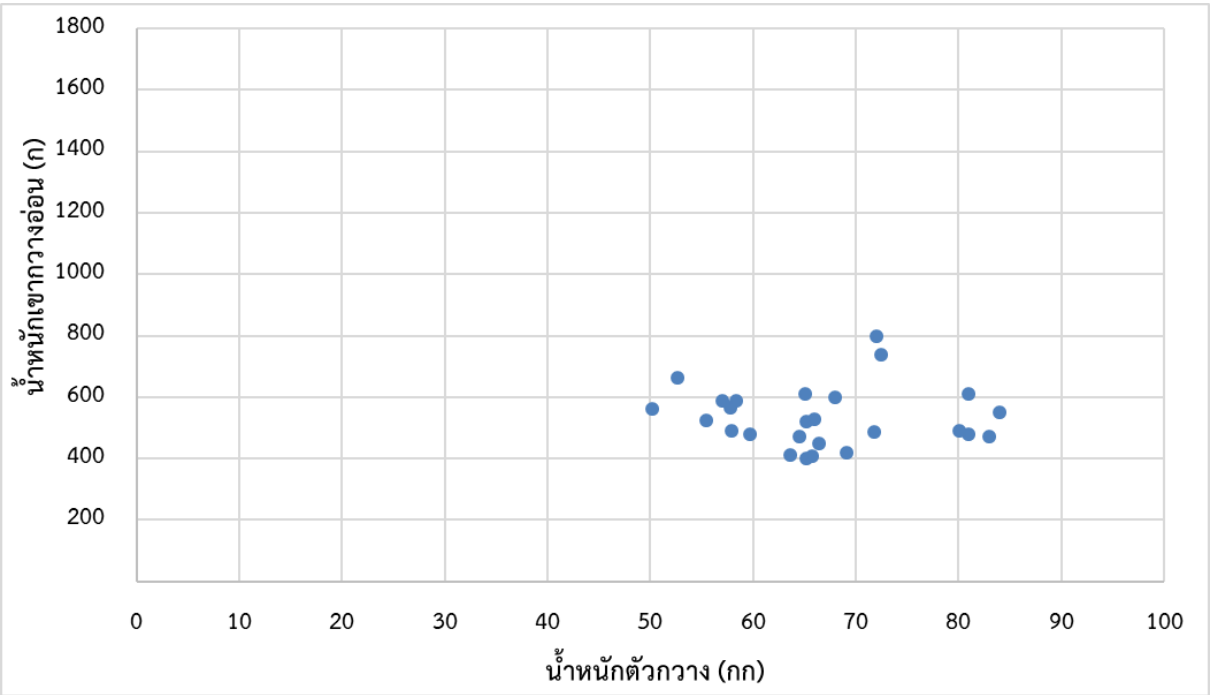
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้าอายุ 4 ปี (n = 21 ตัว)



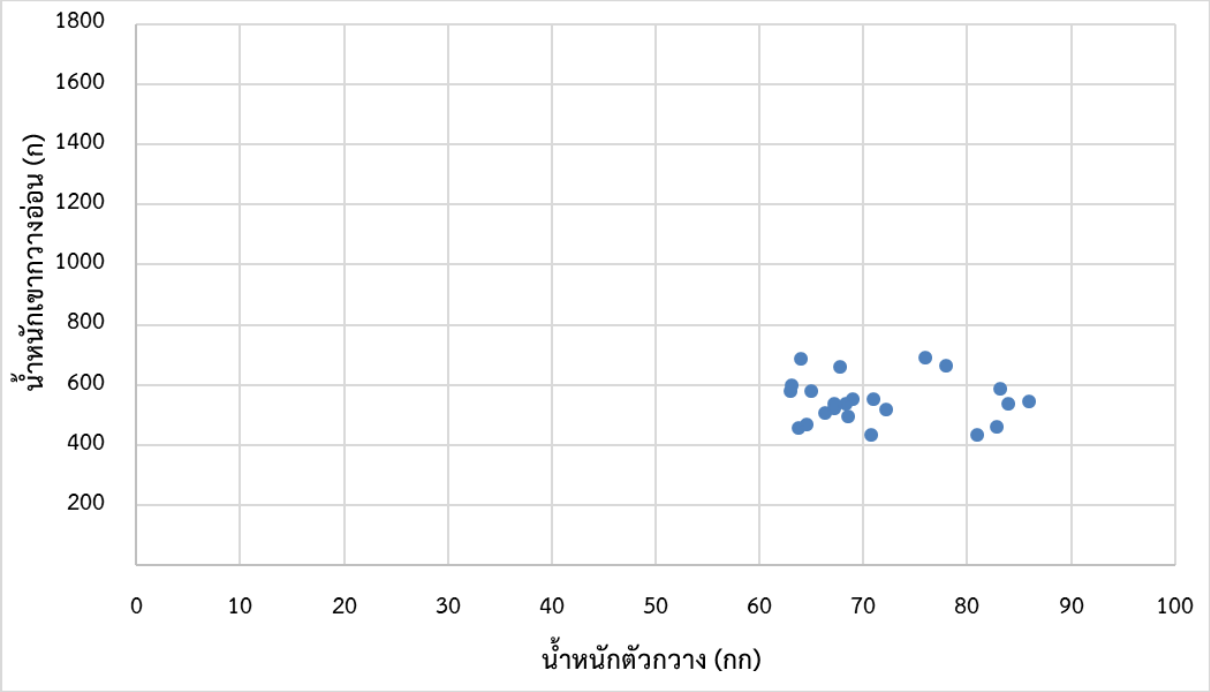
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้าอายุ 5 ปี (n = 24 ตัว)



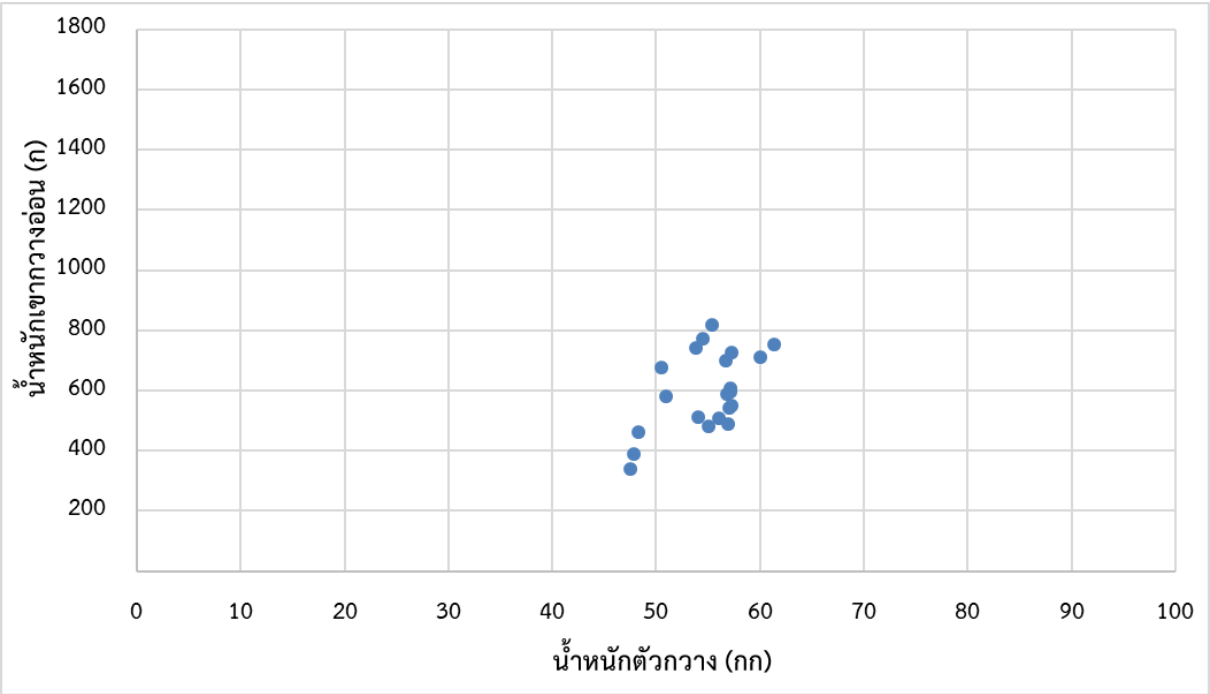
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางชิก้าอายุ 6 ปี (n = 26 ตัว)



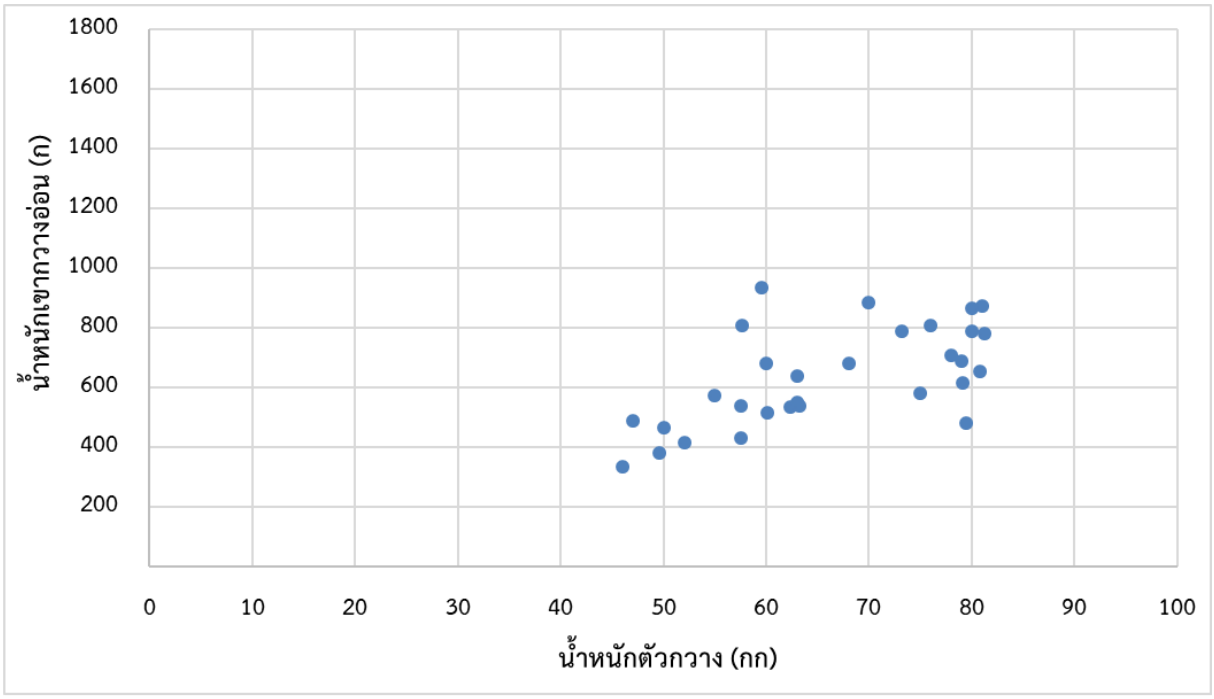
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางชิก้าอายุ 7 ปี (n = 26 ตัว)



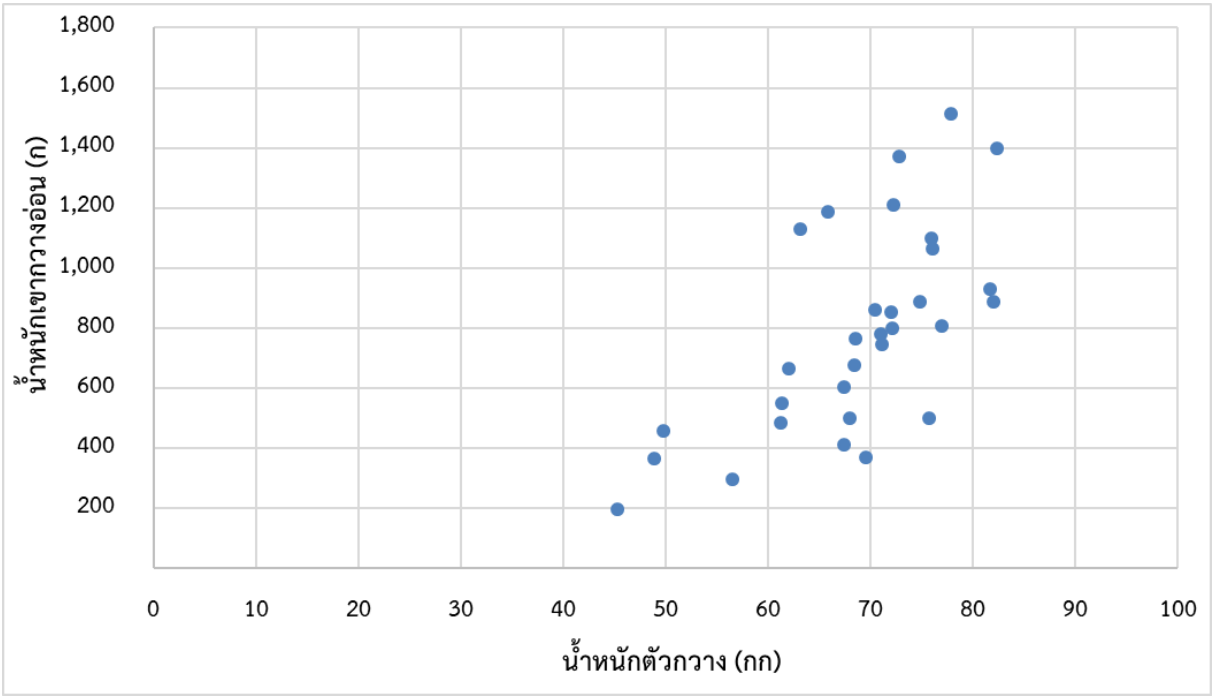
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้าอายุมากกว่า 8 ปี (n = 23 ตัว)



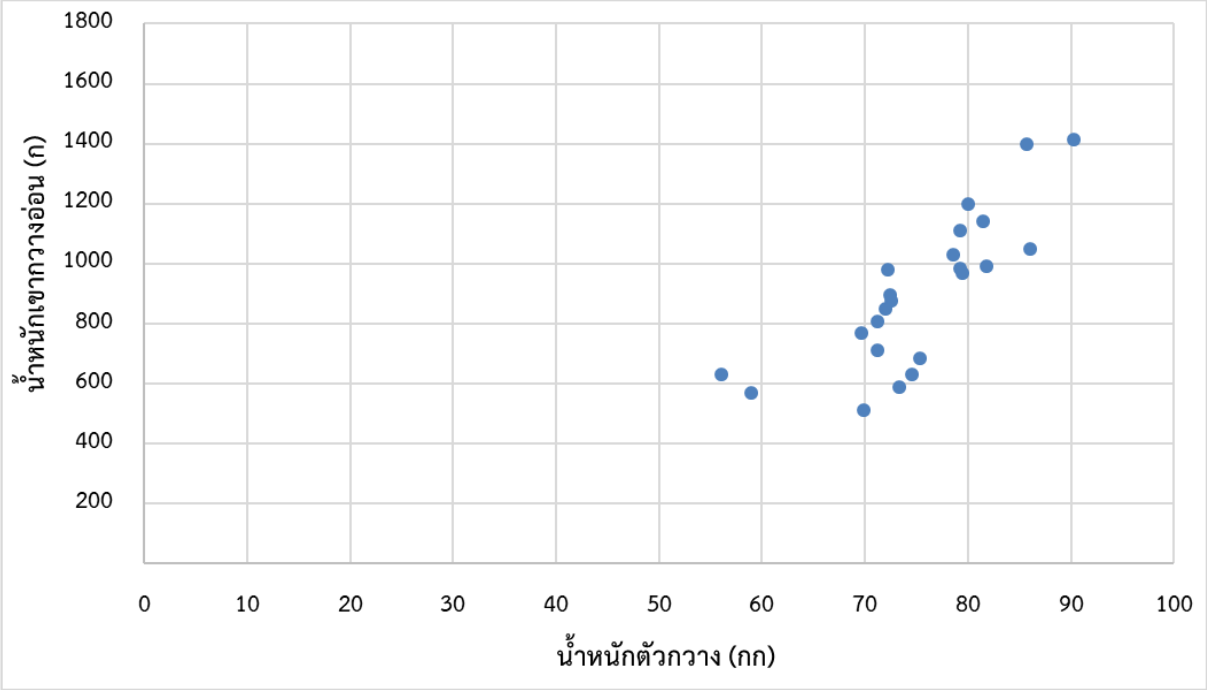
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าอายุ 3 ปี (n = 21 ตัว)



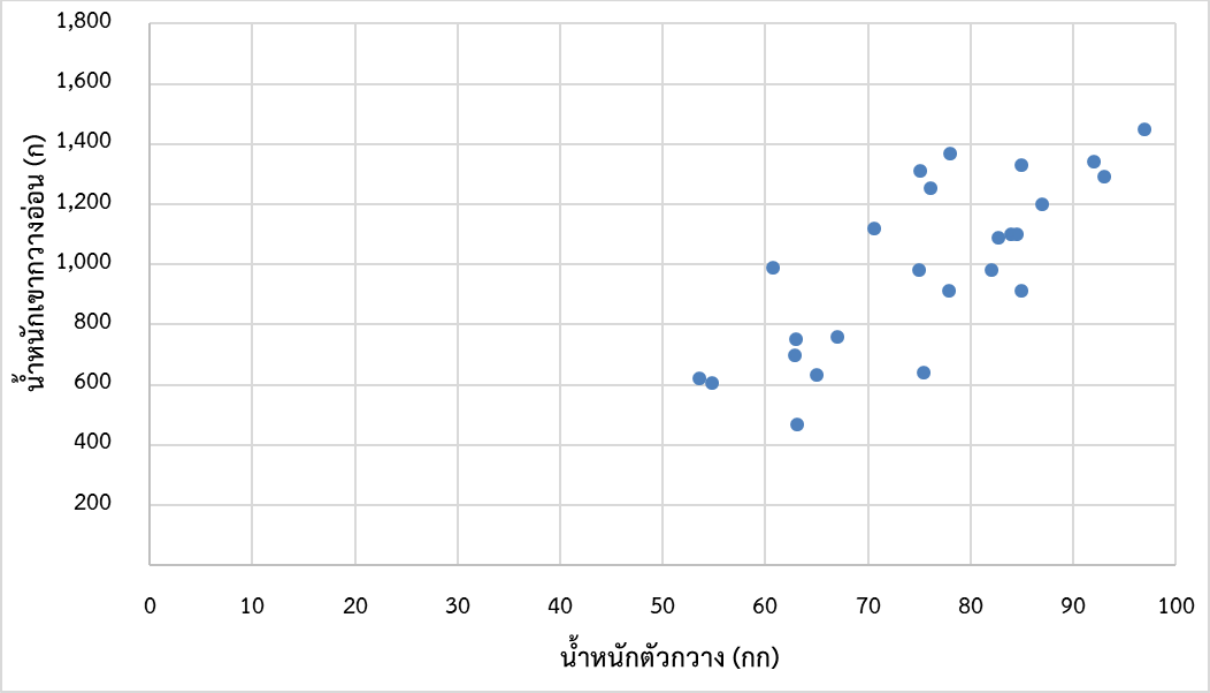
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าอายุ 4 ปี (n = 30 ตัว)



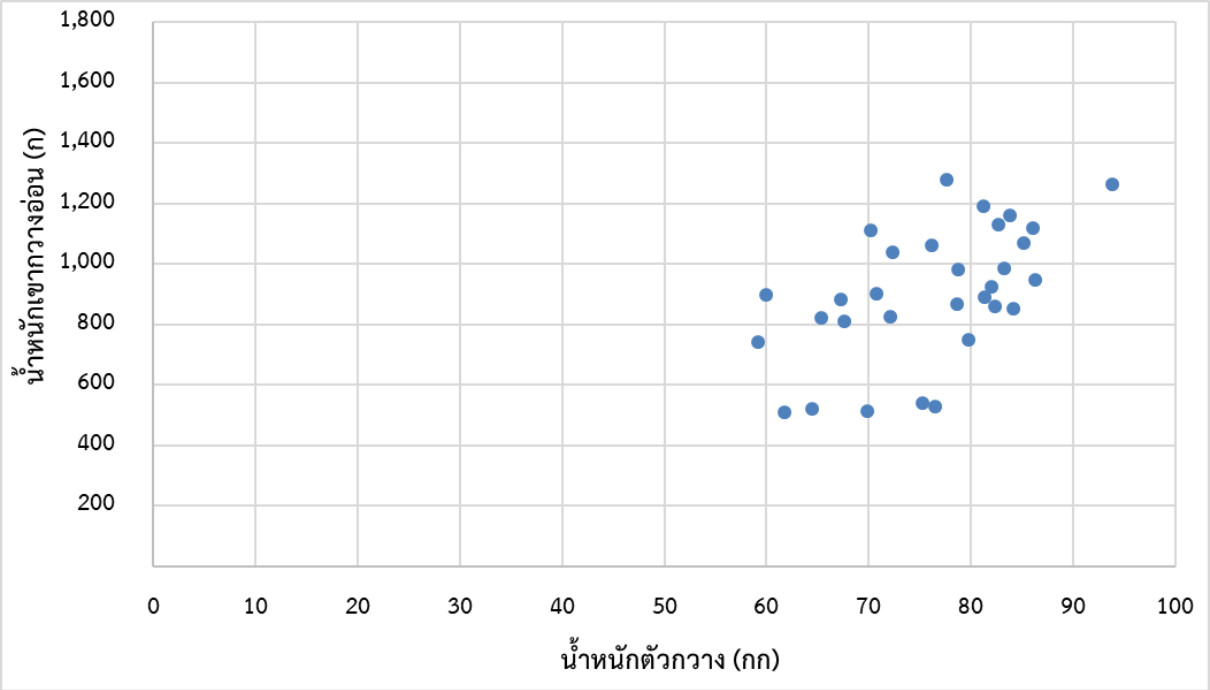
ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าอายุ 5 ปี (n = 31 ตัว)



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าอายุ 6 ปี (n = 23 ตัว)



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าอายุ 7 ปี (n = 25 ตัว)



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวกวางและน้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่าอายุมากกว่า 8 ปี (n = 31 ตัว)

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลจากการวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเขากวางอ่อนกับน้ำหนักตัวของกวางในครั้งนี้ เป็นแนวทางให้กับเกษตรกรในการทำธุรกิจเก็บเกี่ยวเขากวางอ่อนของกวางที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย 2 ชนิด คือ กวางซิก้าและกวางรูซ่า ซึ่งพบว่า จากการเปรียบเทียบในกวางที่มีอายุเดียวกัน กวางรูซ่าซึ่งเป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้น เมื่อน้ำหนักตัวของกวางรูซ่ามาก น้ำหนักเขากวางอ่อนมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากตามน้ำหนักตัว เมื่อน้ำหนักตัวของกวางรูซ่าน้อย น้ำหนักเขากวางอ่อนน้อยตามน้ำหนักตัว แต่น้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้าซึ่งเป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น ไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของกวางเมื่อน้ำหนักตัวของกวางซิก้ามาก น้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางซิก้ามีทั้งมากและน้อย กวางซิก้าบางตัวน้ำหนักตัวกวางมากแต่น้ำหนักของเขากวางอ่อนน้อย มีข้อสังเกตและสามารถนำงานวิจัยที่เคยมีรายงานมาก่อนหลายงานวิจัยมาอธิบายร่วมกับการค้นพบในครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่มุมของถิ่นกำเนิดที่แตกต่างกันของกวาง 2 ชนิดนี้ ซึ่งทำให้กวาง 2 ชนิดนี้ มีความแตกต่างกัน และจากการติดตามการเจริญของวงรอบของเขากวางรูซ่าและเขากวางซิก้าที่เลี้ยงในสิ่งแวดล้อมเดียวกันที่ฟาร์มในหลายแง่มุม งานวิจัยเกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของเขากวางอ่อนของกวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง (มณี, 2554ก) พบว่า รูปแบบของเขากวางอ่อนของกวางซิก้าที่ตัดตั้งแต่ พ.ศ. 2548 จนถึง พ.ศ. 2554 เป็นระยะเวลา 7 ปี มีความยาวของเขายาวกว่าเขากวางอ่อนของกวางรูซ่า ในขณะที่ฐานของเขากวางอ่อนและขนาดของเขากวางอ่อนของกวางรูซ่ามีขนาดใหญ่กว่า แต่ความยาวของเขากวางอ่อนสั้นกว่าของกวางซิก้า อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเชื่อมโยงไปยังภูมิประเทศของถิ่นกำเนิดของกวาง 2 ชนิดนี้ ในลักษณะของการปรับตัวให้เข้ากับถิ่นที่อยู่อาศัย กวางซิก้ามีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น ลักษณะถิ่นที่อยู่เป็นทุ่งหญ้าหรือป่าโปร่งกว่า การมีเขายาวไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการดำรงชีวิต ยิ่งไปกว่านั้นเขาของกวางซิก้ามีจำนวนของกิ่งมากกว่าเขาของกวางรูซ่า ขณะที่กวางรูซ่ามีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้น ลักษณะถิ่น ที่อยู่เป็นป่าทึบมากกว่าของกวางซิก้า การมีเขาสั้นกว่า กิ่งของเขาน้อยกว่าจึงเหมาะกับการปรับตัวเพื่อการดำรงชีวิตในป่าที่ทึบกว่า

สภาพภูมิอากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตของกวางรูซ่ามากกว่าของกวางซิก้า (พรชัย, 2552) กวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง (มณี และคณะ, 2554ข; 2561ก) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพฤติกรรม

การสืบพันธุ์ของกวาง (Bubenik, 2006) เปรียบเทียบในช่วง 12 ปี ระหว่างช่วง 6 ปีแรก คือ พ.ศ. 2549-2554 กับช่วง 6 ปีหลัง คือ พ.ศ. 2555-2560 พบว่า ในช่วง 6 ปีหลัง คือ พ.ศ. 2555-2560 อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้นกว่าเมื่อ พ.ศ. 2549-2554 ทำให้เกิดการผันแปรของการเจริญของวงรอบของเขาของกวางรูซ่ามากกว่าของกวางชิก้า และมีผลต่อพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของกวางรูซ่าอย่างเห็นได้ชัด จากเดิมในช่วง 6 ปีแรก กวางรูซ่าเพศผู้มีเขาแข็งในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม และผสมพันธุ์กับกวางรูซ่าเพศเมียในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม แต่ในช่วง 6 ปีหลังนี้กวางรูซ่าเพศผู้ผสมพันธุ์กับกวางรูซ่าเพศเมียตลอดทั้งปี ยกเว้นเดือนมกราคม ทำให้มีลูกกวางรูซ่าคลอดทุกเดือนตลอดปี ยกเว้นเดือนสิงหาคม แสดงว่า กวางรูซ่าตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศมากกว่ากวางชิก้า ขณะที่มีงานวิจัยที่น่าสนใจว่า เมื่อทดลองย้ายกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นไปเลี้ยงในเขตอบอุ่น กวางเหล่านี้ยังคงมีการผสมพันธุ์แบบไม่มีฤดูกาลเหมือนที่เคยอยู่ในเขตร้อนชื้น (Asher and Fisher, 2014) ขณะกวางที่อาศัยในเขตอบอุ่นมีการสืบพันธุ์เป็นฤดูกาล (Foley *et al.,* 2015)

คุณภาพของเขากวางอ่อนขึ้นกับอาหารที่ใช้เลี้ยงกวาง (Price and Allen, 2004) โดยเฉพาะอาหารผสมที่มีความหลากชนิดของอาหารที่เป็นส่วนผสม ถ้าอาหารผสมที่ใช้เลี้ยงกวางมีส่วนผสมของชนิดอาหารหลายชนิดมากกว่าและมีส่วนผสมของข้าวโพด (มณี และคณะ, 2556ก, 2557ก, 2562) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ (Spellman, 2015) เพราะเป็นแหล่งพลังงานหลัก กวางให้เขาที่มีขนาดของเขากวางอ่อนใหญ่กว่า ยาวกว่า เส้นรอบวงของเขากวางอ่อนมากกว่า มีน้ำหนักเขามากกว่า มีความสมบูรณ์ของเขากวางมากกว่า และในเขากวางอ่อนอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าเขากวางอ่อนของกวางที่กินอาหารผสมที่มีความหลากชนิดของอาหารน้อยกว่า (มณี และคณะ, 2557ก, 2562)

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ การที่น้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางรูซ่ามีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญ น้ำหนักตัวของกวางมาก น้ำหนักเขากวางอ่อนมาก น้ำหนักตัวของกวางน้อย น้ำหนักเขากวางอ่อนน้อย ในขณะที่น้ำหนักเขากวางอ่อนของกวางชิก้าไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของกวางทั้งๆ ที่เลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงด้วยอาหารแบบเดียวกัน ปริมาณอาหารที่ใช้เลี้ยงไม่แตกต่างกัน เลี้ยงในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน สภาวะของภูมิอากาศแบบเดียวกัน การบริหารจัดการแบบเดียวกัน แสดงว่า กวางรูซ่าซึ่งเป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้น เมื่อเลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย สามารถตอบสนองต่ออาหารได้ดีกว่า กวางชิก้าซึ่งเป็นกวางที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น

การที่กวาง 2 ชนิดนี้มีกลไกทางสรีรวิทยาของร่างกายที่แตกต่างกัน เหตุปัจจัยหลัก คือ การที่มีถิ่นกำเนิดแตกต่างกัน ในเขตร้อนชื้นช่วงระยะเวลาของกลางวันเกือบเท่ากับกลางคืน หรือไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ในเขตอบอุ่นในฤดูร้อน มีช่วงกลางวันยาวกว่ากลางคืน และในช่วงฤดูหนาว มีช่วงกลางคืนยาวกว่ากลางวันทำให้กวางที่อาศัยในเขตอบอุ่นมีการปรับตัวเพื่อดำรงชีวิตแบบมีฤดูกาล ทั้งการสืบพันธุ์ (Feldhamer and McShea, 2012) การกินอาหาร ในธรรมชาติช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงที่อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดลง การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์น้อยลง บางแห่งมีหิมะปกคลุม ทำให้พืชที่เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีน้อยลง ในขณะที่ในช่วงฤดูใบไม้ผลิต่อกับฤดูร้อน เป็นช่วงที่อากาศอบอุ่นขึ้น ใบไม้และหญ้าที่เป็นพืชอาหารสัตว์ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีการเจริญเติบโตและอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ทำให้พฤติกรรมในการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องเปลี่ยนไปจากในฤดูหนาว สัตว์กินอาหารให้มากที่สุด เพื่อสะสมเตรียมเป็นพลังงานไว้สำหรับในฤดูหนาว ซึ่งอาหารเริ่มขาดแคลน แต่สัตว์ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้น ในธรรมชาติมีอาหารอุดมสมบูรณ์ตลอดปี ทำให้พฤติกรรมในการกินอาหารของสัตว์ในเขตร้อนชื้นเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ไม่มีฤดูกาลการกินอาหารมากหรือน้อยเหมือนสัตว์ในเขตอบอุ่นที่ต้องมีพฤติกรรมการกินอาหารตามฤดูกาลของการเจริญเติบโตและความอุดมสมบูรณ์ของพืชอาหารสัตว์ในธรรมชาติ นอกจากนี้

วงรอบการเจริญของเขากวางและการสืบพันธุ์ของกวางในเขตร้อนชื้นขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร (Fraser-Stewart, 1985)

การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมประจำถิ่นของสิ่งมีชีวิตดังกล่าวเป็นไปอย่างค่อยเป็นค่อยไปมายาวนาน ทำให้แม้มาเลี้ยงในกรงเลี้ยง เช่น กวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง ถึงแม้จะได้รับอาหารแบบเดียวกัน ในปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่การตอบสนองของน้ำหนักตัวและน้ำหนักเขาไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นพฤติกรรมในการกินอาหารของกวางรูซ่าและกวางซิก้าในกรงเลี้ยง จึงเป็นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจในการทดลองเฝ้าติดตามพฤติกรรมต่อไปในอนาคตว่า ตลอดทั้งปีกวางซิก้ามีพฤติกรรมในการกินอาหารแบบมีฤดูกาลและแตกต่างจากกวางรูซ่าหรือไม่อย่างไร แต่ในบทความวิจัยนี้เพียงชี้ให้เห็นทางอ้อมของพฤติกรรมในการกินอาหารว่า เมื่อน้ำหนักตัวของกวางรูซ่ามาก คาดคะเนได้ว่า กินอาหารมาก น้ำหนักเขากวางมากด้วย เมื่อน้ำหนักตัวของกวางรูซ่าน้อย น้ำหนักเขากวางน้อย ขณะที่น้ำหนักเขากวางซิก้าไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวกวางซิก้าเลย ไม่ว่ากวางซิก้าอายุเท่าไรก็ตาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหงที่สนับสนุนงานวิจัยของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

พรชัย วงศ์วาสนา. 2547. โครงการจัดทำฟาร์มกวาง สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์รามคำแหง. 28 หน้า.

พรชัย วงศ์วาสนา. 2548. ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. มหาวิทยาลัยรามคำแหง 34 ปี. หน้า 56-60.

พรชัย วงศ์วาสนา. 2552. ผลของภูมิอากาศที่มีต่อการเลี้ยงกวางในประเทศไทย. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 12(1): 67-75.

มณี อัชวรานนท์. 2551. งานวิจัยจากฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง. จดหมายข่าวสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2(6): 1-6. มิถุนายน 2551.

มณี อัชวรานนท์. 2554ก. สัณฐานวิทยาของเขากวางอ่อนของกวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 14(1): 40-70.

มณี อัชวรานนท์. 2554ข. ความสัมพันธ์ระหว่างวงรอบการเจริญของเขากวางกับการสืบพันธุ์. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 14(2): 1-16.

มณี อัชวรานนท์. 2555. การสืบพันธุ์ของกวางที่เลี้ยงในฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15(1): 1-17.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา ธิดารัตน์ เอกสิทธิกุล และสัญญา กุดั่น. 2555ก. ประสิทธิภาพของเขากวางอ่อนต่อสรีรวิทยาการสืบพันธุ์ของหนูหนุ่มและหนูพ่อพันธุ์ที่ปลดระวาง.วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).15(2): 81-119.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา ธิดารัตน์ เอกสิทธิกุล และสัญญา กุดั่น. 2555ข. ผลเฉียบพลันและเรื้อรังของการกินเขากวางอ่อนในปริมาณสูงและในระยะยาวในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม.วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15 (ฉบับพิเศษ): 1 - 36.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา และจิตรภาณุ อินทวงศ์. 2556ก. ความน่ากินของอาหารผสมสำเร็จของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 16(1): 1-12.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา และวิสาล อธิพรธรรม. 2556ข. ผลของการบริหารจัดการน้ำต่อผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ที่ฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 16(1): 48-58.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา วิสาล อธิพรธรรม และจิตรภาณุ อินทวงศ์. 2557ก. การวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 17(1): 38-49.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา วิสาล อธิพรธรรม และจิตรภาณุ อินทวงศ์. 2557ข.ประสิทธิภาพของมูลกวางต่อการปลูกหญ้าที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง.วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 17(2): 1-13.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา ยิ่งยง เมฆลอย จิตรภาณุ อินทวงศ์ ธงชัย ช่วยสถิตย์ และจิระวุฒ นาเค. 2561ก. การผันแปรของวงรอบการเจริญของเขากวางและพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของกวางที่เลี้ยงที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 21(1): 1-12.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา จิตรภาณุ อินทวงศ์ ธงชัย ช่วยสถิตย์ และจิระวุฒ นาเค. 2561ข. การบริหารจัดการฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหงและการรอดชีวิตของลูกกวาง. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 21(2): 1-19.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา จิตรภาณุ อินทวงศ์ ธงชัย ช่วยสถิตย์ จิระวุฒ นาเค แพรพิไล เจริญสิทธิ์กองคำ และวีระศักดิ์ มะประสิทธิ์. 2562. ความหลากหลายของอาหารผสมที่มีต่อผลผลิตเขากวางอ่อน. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 22(2): 1-12.

รังสรรค์ แสงสุข มณี อัชวรานนท์ ธิดารัตน์ เอกสิทธิกุล พรชัย วงศ์วาสนา และสัญญา กุดั่น.2555. คุณค่าทางโภชนาการของเขากวางอ่อน. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15(1): 96-108.

Asher, G. W. and Fisher, M. W. 2014. Reproductive physiology of farmed red deer (*Cervuselaphus*) and fallow deer (*Dama dama*). In: Miller, R.E. and Fowler, M.E. (Eds). Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine. Volume 8. St. Louis, Saunders.

Bubenik, G. A. 2006. Seasonal regulation of deer reproduction as related to the antler cycle - a review. Vet Archiv. 76: 275-289.

Feldhamer, G. A. and McShea, W. J. 2012. Deer: the animal answer guide. Johns Hopkins Univ. Press.

Foley, A. M., DeYoung, R. W., Hewitt, D. G., Hellickson, M. W., Gee, K. L., Wester, D. B., Lockwood, M. A., and Miller, K.V. 2015. Purposeful wanderings: mate search strategies of male white-tailed deer. J. Mammal. 96: 279-286.

Fraser-Stewart, J. W. 1985. Deer and development in south-west Papua-New Guinea. R. Sot. 22: 381-385.

Kierdorf, U. and Kierdorf, H. 2011. Deer antlers - a model of mammalian appendage regeneration: an extensive review. Gerontology. 57: 53-65.

Price, J. and Allen, S. 2004. Exploring the mechanisms regulating regeneration of deer antlers. Phil. Trans. R. Soc. B359: 809-822.

Price, J., Allen, S., Faucheux, C., Althnaian, T. and Mount, J.G. 2005. Deer antlers: a zoological curiosity or the key to understanding organ regeneration in mammals? J. Anat. 207: 603-618.

Spellman, F. R. 2015. Environmental Impacts of Renewable Energy. In: Ghassemi, A. (Ed). Energy and the Environment. Boca Raton, CRC Press. Taylor and Francis Group.

ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อนที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยในสภาพการเพาะเลี้ยง

Heavy Metal Concentration in Snakehead Fish (*Channa striata*) Affected by Landfill Leachate in Aquaculture

เมทินี อินทุยศ[1] ลำใย ณีรัตนพันธุ์[1] บัณฑิตย์ เต็งเจริญกุล[2] และมานพ ศรีอุทธา[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ค่าการนำไฟฟ้า และการปนเปื้อนของโลหะหนัก 9 ชนิด ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล และสังกะสีในน้ำ ตะกอนดิน และปลาช่อน บริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยเทศบาลนครขอนแก่น เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินจำนวน 6 ตัวอย่าง และปลาช่อนที่เพาะเลี้ยงในกระชังระยะเวลา 3 เดือน จำนวน 5 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) ผลการศึกษาคุณภาพน้ำพบว่าทุกพารามิเตอร์มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ปริมาณแคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในน้ำและตะกอนดินมีค่าไม่เกินมาตรฐาน ส่วนสารหนูมีค่าเกินมาตรฐานทั้งในน้ำ และตะกอนดิน ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อนมีค่าไม่เกินมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

คำสำคัญ : โลหะหนัก น้ำชะมูลฝอย ปลาช่อน

ABSTRACT

In this study, the researchers analyze the water quality i.e. temperature, potential of hydroyenion (pH), dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), electrical conductivity (EC), and concentrations of nine heavy metals i.e. arsenic (As), lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), steel (Fe), manganese (Mn), nickel (M), and zinc (Zn) in water, sediments, and *Channa striata* in the reservoir affected by landfill leachate from Khon Kaen City Municipality. Six samples of water and sediments were collected as well as five samples of *C. striata* bred in floating baskets for three months. The heavy metal concentrations were analyzed using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The study of the water quality showed that all the parameters were at the standard level of surface water source type 3. The quantities of Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn in the water as well as in the sediments did not exceed the standards. However, As exceeded the standards in the water

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] สาขาวิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (วิทยาเขตหนองคาย)

and in the sediments. The heavy metal concentrations in *C. striata* did not exceed the standards for food with contaminants.

Keywords: heavy metal, leachate, snakehead fish

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรทำให้เกิดการใช้ทรัพยากร (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2554) ส่งผลให้เกิดปัญหามูลฝอยที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และไม่มีการคัดแยกก่อนทิ้ง ไม่มีการนำมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ใหม่ (รุ่งกิจ, 2554) จนกลายเป็นปัญหาสำคัญแต่ละชุมชนทั่วประเทศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ขอนแก่นเป็นจังหวัดสำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยเป็นเมืองที่ตั้งของมหาวิทยาลัยขอนแก่น จากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทั้งคนท้องถิ่นและนักศึกษาทำให้ปริมาณมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นด้วย พื้นที่กำจัดมูลฝอยในความรับผิดชอบของเทศบาลนครขอนแก่น บ้านคำบอน มีพื้นที่รวม 98 ไร่ กำจัดมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบ เริ่มใช้งานมาตั้งแต่ปี 2511 โดยมีการออกแบบอายุการใช้งานพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยไว้ 20 ปี ปัจจุบันใช้งานมาแล้ว 50 ปี ได้มีการฝังกลบมูลฝอยเต็มพื้นที่ฝังกลบแล้วและมีปริมาณมูลฝอยตกค้าง ประมาณ 800,000 ตัน (เทศบาลนครขอนแก่น, 2560) จึงมีความเป็นไปได้ที่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยดังกล่าวจะเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษและแพร่กระจายออกสู่พื้นที่บริเวณใกล้เคียงโดยปะปนมากับน้ำชะมูลฝอย ปัญหาที่เกิดจากน้ำชะมูลฝอย มักเป็นการปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ การปนเปื้อนลงสู่ตะกอนดิน แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน น้ำชะมูลฝอยเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงเนื่องจากประกอบด้วยสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เชื้อโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะหนัก เช่น สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว โครเมียม และทองแดง ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้ล้วนเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งทั้งสิ้น โลหะหนักดังกล่าวยังสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตผ่านทางระบบห่วงโซ่อาหาร และก่อให้เกิดการเพิ่มขยายทางชีวภาพ เมื่อมีการสัมผัสในระยะเวลาที่ยาวนาน (Asaolu and Olaofe, 2005; Olowu et al., 2010) ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Ashraj, 2005; Blaber, 2000; Brewer, 2010; Farombi et al., 2007) ดังการศึกษาการสะสมโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย บริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น พบว่าปลาช่อนมีปริมาณปรอทและตะกั่วเกินมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน และในกบหนอง พบว่าตะกั่วมีค่าเกินมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (พิมลพร, 2557; อุไรวรรณ, 2559) ปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมจะมีการปนเปื้อนทั้งในน้ำ ตะกอนดิน และสะสมในสิ่งมีชีวิต สามารถส่งผลกระทบต่อมนุษย์เมื่อนำสัตว์ที่สะสมโลหะหนักอยู่มาบริโภคอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั้งแบบเรื้อรัง (chronic) เช่น เกิดโรคมะเร็ง และการกลายพันธุ์ของเซลล์ หรือแบบเฉียบพลัน (acute) หากได้รับในปริมาณมาก ในระยะเวลาสั้น แต่ไม่ทราบระยะเวลาการสัมผัสของโลหะหนัก แบบเรื้อรัง เนื่องจากการเกิดพิษเรื้อรัง (chronic toxicity) จะต้องใช้เวลานานในการศึกษา ระยะเวลาตั้งแต่ 3 เดือนที่รับสัมผัสสารพิษขึ้นไป (OECD, 2009) จึงทำให้เกิดสมมติฐานงานวิจัยหากนำปลาช่อนมาเลี้ยงในกระชังในแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย เพื่อให้ได้รับสัมผัสโลหะหนักในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นจะเกิดการสะสมโลหะหนักในปลาช่อนเกินค่ามาตรฐานหรือไม่

ปลาช่อนจำศีลเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญ และจัดเป็นประเภทสัตว์กินเนื้อ (carnivorus) ตลอดช่วงชีวิตมีการเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำ เมื่อมีสารพิษเจือปนลงสู่แหล่งน้ำ ปลาช่อนจะดูดซึมสารพิษเข้าไปในตัวโดยผ่านทางเหงือกและทางผิวหนัง และเกิดการตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม พฤติกรรมดังกล่าวส่งผลให้ปลาช่อนอาจได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยในแหล่ง ซึ่งในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปลาช่อนในกระชังเป็นที่นิยมและแพร่หลายกันอย่างมากในจังหวัดขอนแก่น

ดังนั้นปลาจึงถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการประเมินสุขภาพของระบบนิเวศทางน้ำได้ (Farkas et al., 2002; Ameur et al., 2015) จากสภาพปัญหาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาคุณภาพน้ำเบื้องต้น ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และปลาช่อน (*Channa striata*) ที่เลี้ยงในกระชังระยะเวลา 3 เดือนที่ได้รับสัมผัสโลหะหนัก ในแหล่งน้ำห่างจากแหล่งฝังกลบมูลฝอย 100 เมตร และได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงแหล่งฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น ดังภาพที่ 1 ตั้งอยู่ที่หมู่บ้านคำบอน ตำบลโนนท่อน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น จากแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย มีระยะห่างจากแหล่งฝังกลบมูลฝอย 100 เมตร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินจำนวน 6 ตัวอย่าง และปลาช่อนที่เพาะเลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 3 เดือน จำนวน 5 ตัวอย่าง

ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาและแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยบริเวณแหล่งฝังกลบขยะชุมชนเทศบาลนครขอนแก่น

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำของบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น โดยการศึกษาพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั้ง5พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Lumb et al., 2006)

3. ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และปลาช่อน

3.1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ

ปิเปตน้ำตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ และเติมกรดไนตริก 1.25 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปย่อยบนเครื่องกวนสารให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำออกมาทิ้งให้เย็น และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (United States Environmental Protection Agency, 1996; Chand and Prasad, 2013) นำตัวอย่างที่ได้ไปตรวจวัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-OES (Roehrich, 2016)

3.2 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดิน

นำตัวอย่างตะกอนดินมาตากให้แห้ง บดและร่อนในตะแกรงขนาด 500 ไมโครเมตร จากนั้นชั่งตัวอย่างตะกอนดิน 1 กรัม ใส่ในขวดย่อยก้นกลม เติมกรดไฮโดรคลอริก 15 มิลลิลิตร กรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 มิลลิลิตร นำไปย่อยโดยใช้ชุดย่อยดิน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เมื่อครบเวลาทิ้งให้เย็น และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 (Abbrazzini et al., 2014) นำตัวอย่างที่ได้ไปตรวจวัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-OES (Roehrich, 2016)

3.3 ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อน

ชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อแห้งของปลาช่อน 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมกรดไนตริก 5 มิลลิลิตร และเติมกรดซัลฟิวริก 5 มิลลิลิตร รอจนเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จากนั้นนำไปย่อยบนเครื่องกวนสารให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที ครบเวลานำออกมาทิ้งให้เย็น แล้วนำไปเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 มิลลิลิตร ทีละ 2-3 หยด (รอจนเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์) นำไปย่อยบนเครื่องกวนสารให้ความร้อน ต่อเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ในระหว่างการย่อยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 รอบ รอบละ 10 มิลลิลิตร และย่อยต่ออีก 45-60 นาที และปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Yang et al., 2013; Hashim et al., 2014) นำตัวอย่างไปตรวจวัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-OES (Roehrich, 2016)

การศึกษาโลหะหนักทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) และสังกะสี (Zn) ค่าต่ำสุดที่เครื่องจะสามารถตรวจวัดได้ (limit of detection: LOD) ที่ 0.006, 0.005, 0.001, 0.001, 0.002, 0.002, 0.002, 0.001, 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และปลาช่อน เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และมาตรฐานอาหารปนเปื้อน โดยใช้โปรแกรม Excel 2016

ผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำ บริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย

คุณภาพน้ำ บริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย พบว่าค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีค่าเท่ากับ 3.88±0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานเนื่องจากค่ามาตรฐานต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งอุณหภูมิมีค่า 29.5±0.75 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างมีค่า 7.36±0.25 ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2,930±12.65 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ 5.94±0.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำเบื้องต้นบริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย (n=6)

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	แหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย	ค่ามาตรฐาน[1]
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.50±0.75	-
ค่าความเป็นกรดด่าง	7.36±0.25	5.0-9.0
ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.94±0.97	≥4
ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.88±0.33	< 2
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	2,930±12.65	-

[1] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 การใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค และเกษตรกรรม

2. ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดิน และปลาช่อน

2.1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ

ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าสารหนู มีค่าเท่ากับ 0.027±0.007 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานเนื่องจากค่ามาตรฐานต้องไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และ สังกะสี พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 8 ชนิดมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 การใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย (n=6)

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	แหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย	ค่ามาตรฐาน[2]
สารหนู	0.027±0.007	0.01
ตะกั่ว	0.018±0.004	0.05
แคดเมียม	0.001±0.001	0.05
โครเมียม	0.017±0.001	0.05
ทองแดง	0.015±0.005	0.1
เหล็ก	0.980±0.140	-
แมงกานีส	0.408±0.032	1.0
นิกเกิล	0.078±0.045	0.1
สังกะสี	0.467±0.254	1.0

[2] มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 การใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค และเกษตรกรรม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535 เรื่องกำหนดคุณภาพน้ำผิวดิน

2.2 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดิน

ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินบริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสีมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ยกเว้นสารหนู มีค่าเท่ากับ 8.616±3.755 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานเนื่องจากค่ามาตรฐานต้องไม่เกิน 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดิน ในแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย (n=6)

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	แหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย	ค่ามาตรฐาน[3]
สารหนู	8.616±3.755	≤ 3.9
ตะกั่ว	60.948±16.965	≤ 400
แคดเมียม	3.009±1.627	≤ 37
โครเมียม	120.151±23.565	≤ 300
ทองแดง	ND	-
เหล็ก	28,353.443±8,486.938	-
แมงกานีส	449.101±123.071	≤ 1800
นิกเกิล	36.912±8.144	≤ 1600
สังกะสี	369.648±142.714	-

[3] มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณภาพดิน, ND = Not detected (<LOD)

2.3 ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อน ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อนบริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย พบว่าปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในปลาช่อนทั้ง 9 ชนิด มีค่าเฉลี่ยไม่เกินมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อน บริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย (n=5)

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	แหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย	ค่ามาตรฐาน[4]
สารหนู	1.113±0.207	2
ตะกั่ว	0.284±0.062	1
แคดเมียม	0.028±0.009	0.05
โครเมียม	0.713±0.011	2
ทองแดง	0.760±0.147	20
เหล็ก	32.842±14.938	-
แมงกานีส	1.809±0.338	-
นิกเกิล	0.282±0.075	-
สังกะสี	24.060±1.241	100

[4]มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529

สรุปและวิจารณ์ผล

คุณภาพน้ำ บริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น พบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ส่วนค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีค่าเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เนื่องจากแหล่งน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงปลาช่อนอยู่ห่างจากแหล่งฝังกลบมูลฝอยประมาณ 50 เมตร จึงทำให้ได้รับการปนเปื้อนจากน้ำชะมูลฝอยที่มีสารอินทรีย์มากจนทำให้ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีค่าสูงตามไปด้วย

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินบริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ส่วนสารหนู มีค่าเกินมาตรฐานทั้งในน้ำ และตะกอนดิน ซึ่งสารหนูเป็นสารที่พบได้จากกิจกรรมของสถานที่กำจัดมูลฝอยเทศบาลนครขอนแก่นส่งผลทำให้สารหนูปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น แบตเตอร์รี่ นาฬิกาดิจิตอล การปนเปื้อนดังกล่าวอาจจะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ถ้าหากได้รับสารหนูโดยตรงหรือทางอ้อม เนื่องจากเป็นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เกษตรของชุมชน ทำให้ปัญหาเหล่านี้เป็นสิ่งที่คนในชุมชนมีความกังวลมากว่าจะมีสารพิษจากแหล่งฝังกลบปนเปื้อนมาสู่สิ่งแวดล้อมที่เป็นแหล่งหาอาหารในท้องถิ่นของชุมชนได้

ปริมาณโลหะหนักที่พบในน้ำบริเวณแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่นพบว่า Fe>Zn>Mn>Ni>As>Pb>Cr>Cu>Cd พบมากที่สุดคือ เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส เพราะเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ แต่เมื่อมีการปนเปื้อนของสารพิษอาจทำให้ธาตุเหล่านี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นได้ สิ่งมีชีวิตมีความต้องการธาตุเหล่านี้ในปริมาณน้อย แต่ถ้าขาดในระยะเวลานานหรือมีมากเกินไปก็จะมีผลกระทบต่อพัฒนาการของร่างกายได้ ส่วนนิกเกิล สารหนู ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียม เป็นกลุ่มโลหะหนักที่ทำให้เกิดภาวะเป็นพิษได้ แม้จะได้รับในปริมาณน้อยก็ทำให้เกิดพิษที่รุนแรงได้ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินพบว่า Fe>Mn>Zn>Cr>Pb>Ni>As>Cd>Cu และปริมาณโลหะหนักในปลาช่อนพบว่า Fe>Zn>Mn>As>Cu>Cr>Pb>Ni>Cd เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดินและปลาช่อนพบว่าปริมาณโลหะหนักในตะกอนดิน>ปลาช่อน>น้ำ

ซึ่งปริมาณโลหะหนักส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตามแม้ปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ก็มีความจำเป็นต้องเฝ้าระวังให้มีการจัดการมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เพื่อป้องกันน้ำชะมูลฝอยที่ปนเปื้อนโลหะหนักออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากในอนาคตการสะสมอาจจะเพิ่มสูงขึ้นจากการจัดการน้ำชะมูลฝอยที่ไม่ได้มาตรฐาน และอาจจะส่งผลกระทบที่รุนแรงมากขึ้นทั้งต่อคุณภาพน้ำ ดิน พืช สิ่งมีชีวิตอื่น รวมถึงผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบแหล่งฝังกลบมูลฝอยที่ยังมีการใช้ประโยชน์จากน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินในการอุปโภค บริโภค รวมถึงการจับสัตว์น้ำมาบริโภค

แม้ว่าการวิจัยครั้งนี้ปริมาณโลหะหนักในปลาช่อนจะมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน แต่จากแนวโน้มปริมาณโลหะหนักจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นหากปลาช่อนได้รับการสัมผัสในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น (OECD, 2009) นอกจากโลหะหนักแล้วในน้ำชะมูลฝอยยังมีสารพิษกลุ่มอื่น เช่น ซัลไฟด์ แอมโมเนีย เฟอร์รัสอิออน กรดไขมันที่ระเหยได้ และสารประกอบฮิวมิค (Humic Substance) (Chain and DeWalle, 1976) ที่อาจจะก่อเกิดมลพิษให้กับทั้งแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน การสะสมในพืชและสัตว์ (Nannoni et al., 2015) และความเสี่ยงที่อาจจะได้รับสารพิษเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารของมนุษย์และเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพ (Wang et al., 2012) โดยเฉพาะชุมชนท้องถิ่นที่มีวิถีชีวิตดั้งเดิมจับสิ่งมีชีวิตกลุ่มปลาหรือสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีการปนเปื้อนมาบริโภคเป็นอาหาร ซึ่งโลหะหนักบางชนิดสามารถให้ทั้งคุณและโทษต่อสิ่งมีชีวิต ขึ้นกับชนิดของสิ่งมีชีวิตและปริมาณที่ได้รับเข้าไป อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษทั้งต่อพืช สัตว์ และมนุษย์ด้วย พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่นจึงเกิดความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมโดยรอบพื้นที่แหล่งฝังกลบ น้ำชะมูลฝอยจำเป็นต้องได้รับการบำบัดก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม (He et al., 2006) การจัดการน้ำชะมูลฝอยจึงเป็นประเด็นสำคัญที่สุดในการจัดการขยะ (Vrhovac et al., 2013) ระดับและการกระจายของสารปนเปื้อนจึงควรมีการตรวจสอบ ศึกษา และประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยในหลุมฝังกลบ (Biswa et al.,2010) เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยสารพิษปศุสัตว์และสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนทำให้การวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. คู่มือการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2554. การจัดการขยะมูลฝอยโดยชุมชน. กรุงเทพฯ. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

เทศบาลนครขอนแก่น. 2560. ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม. ที่มา http://www.kkmuni.go.th. 7 กุมภาพันธ์ 2562.

พิมลพร พรมสิทธิ์. 2557. การประเมินความผิดปกติของโครโมโซมปลาช่อนในแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รุ่งกิจ บูรณ์เจริญ. 2554. การจัดการขยะฐานศูนย์: กรณีศึกษาโรงเรียนจอมพระประชาสรรค์ อำเภอจอมพระ จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

อุไรวรรณ ภูนาพลอย. 2559. การประเมินความผิดปกติของโครโมโซมกบหนอง (*Fejervarya limnocharis*) ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Abbrazzini, T.F., Silva, C.A, Aparecida de Andrade D, Japiassú de Oliveira and Carneiro, W. 2014. Influence of digestion methods on the recovery of iron, zinc, nickel, chromium, cadmium and lead contents in 11 organic residues. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 38(1): 166-176.

Ameur, W.B., El Megdiche, Y., de Lapuente, J., Barhoumi, B., Trabelsi, S., Ennaceur, S. et al. 2015. Oxidative stress, genotoxicity and histopathology biomarker responses in *Mugil cephalus* and *Dicentrarchus labrax* gill exposed to persistent pollutants. A field study in the Bizerte Lagoon: Tunisia. Chemosphere.
135: 67-74.

Asaolu, S.S. and Olaofe, O. 2005. Biomagnification's of some heavy and essential metals in sediment, fishes and crayfish from Ondo State Coastal Region, Nigeria. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 48(2): 96-102.

Ashraf, W. 2005. Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of *Epinephelus microdon* fish from the Arabian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment. 101(1): 311-316.

Biswas, A.K., Kumar, S., Babu, S.S., Bhattacharya, J.K. and Chakrabarti, T. 2010. Studies on environmental quality in and around municipal solid waste dumpsite. Resources Conservation and Recycling. 55:129-134.

Blaber, S.J.M. 2000. Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation. 1st ed. Blackwell Science. Oxford.

Brewer, G.J. 2010. Copper toxicity in the general population. Clinical neurophysiology. 121(4): 459-460. DOI: 10.1016/j.clinph.2009.12.015.

Chand V. and Prasad S. 2013. ICP-OES assessment of heavy metal contamination in tropical marine soils: a comparative study of two digestion techniques. Microchem Journal. 111: 53-61.

Chain, E.S.K. and DeWalle, F. B. 1976. Sanitary landfill leachates and their treatments. Journal of the Environmental Engineering Division. ASCE. 102 (2): 411-431.

Farkas, A., Salanki, J., and Specziar, A. 2002. Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream *Abramis brama L.* populating Lake Balaton. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 43(2): 236-243.

Farombi, E.O., Adelowo, O.A. and Ajimoko, Y.R. 2007. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African Cat fish (*Clariasgariepinus*) from Nigeria ogunriver. International Journal of Environmental Research and Public Health. 4(2): 158-165.

Hashim, R., Song, T., Muslim, N. and Yen, T. 2014. Determination of heavy metal levels in fishes from lower reach of the Kelantan river, Kelantan, Malaysia. Tropical Life Sciences Research. 25(2): 21-39.

He, P.J., Xue, J.F., Shao, L.M., Lia, G.J. and Lee, D.J. 2006. Dissolved organic matter (DOM) in recycled leachate of bioreactor landfill. Water Research. 40(7): 1465-1473.

Lumb, A., Halliwell, D., Sharma, T. 2006. Application of water quality index to monitor water quality: a case of the Mackenzie river basin, Canada. Environmental Monitoring and Assessment. 113: 411-429. DOI: 10.1007 /s10661-005-9092-6.

Nannoni, F., Mazzeo, R., Protano, B.G. and Santolini, R. 2015. Bioaccumulation of heavy elements by *Armadillidium vulgare* (Crustacea, Isopoda) exposed to fallout of a municipal solid waste landfill. Ecological Indicators. 49: 24-31.

OECD. 2009. Subchronic Inhalation Toxicity: 90-Day Study. Test Guideline No. 413. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. 1st ed. OECD: Paris.

Olowu, R.A., Ayejuyo, O.O., Adewuji, G.O., Adejoro, I.A., Denloye, A.A.B., Babatunde, A. O. et al. 2010. Determination of heavy metals in fish tissues, water and sediment from Epe and Badagry Lagoons,Lagos, Nigeria. E-Journal of Chemistry. 7(1): 215-221.

Roehrich, A.M. 2016. ICP guide: ICP-OES detection limits.ICP Traning_000.pdf, (pp.5). Available onlineat:www.perkinelmer.com/atomicspectroscopy.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1996. Acid Digestion of Sediment, Sludges and Solids: 3050 method B Washington, D.C. USEPA.

Vrhovac, V.G., Orešc, V., Gajski, G., Geric, G., Ruk, D. and Kollar, R. et al. 2013. Toxicological characterization of the landfill leachate prior/after chemical and electrochemical treatment: A study on human and plant cells. Chemosphere. 93: 939-945.

Wang, C., Liu, S., Zhao, Q., Deng, L. and Dong, S. 2012. Spatial variation and contamination assessment of heavy metals in sediments in the Manwan Reservoir, Lancang River. Ecotoxicology and Environmental Safety. 82: 32-39.

Yang, L., Li, Y., Xj, G., Ma, X., and yan, Q., 2013. Comparison of dry ashing, wet ashing and microwave digestion for determination of trace elements in Periostracum serpentis and Periostracum cicadae by ICP-AES. Journal of the Chilean Chemical Society. 58:18761879.http://dx.doi.org/10.4067/S0717-970720130.

การใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการอนุรักษ์

The Utilization of the Family Zingiberaceae Based on Local Wisdom in Chiang Saen District, Chiang Rai Province and its Micropropagation for Conservation

จิราภรณ์ ปาลี[1] สมบูรณ์ คำเตจา[2] และจุฬาลักษณ์ ลาเกิด[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิงเพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน ซึ่งทำการสำรวจเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน 2562 โดยการสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่ จากการสำรวจพบการใช้ประโยชน์จากพืชสกุลขิง จำนวน 6 สกุล 23 ชนิด โดยสกุลที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ *Curcuma* จำนวน 7 ชนิด รองลงมาคือ *Zingiber* จำนวน 6 ชนิด โดยส่วนของพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ เหง้า ขณะที่การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เป็นการใช้รักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เช่น ขับลมในกระเพาะอาหาร โรคกระเพาะอาหาร ท้องอืดท้องเฟ้อ เป็นต้น สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิงนั้น จะทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกพืชสมุนไพรวงศ์ขิงที่ชาวบ้านนิยมนำมาใช้ประโยชน์ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ว่านมหาเสน่ห์ และว่านเฒ่าหนังแห้ง โดยนำชิ้นส่วนหน่อของว่านทั้ง 2 ชนิด มาทำการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารฟอกขาวที่มีชื่อการค้าคือ ไฮเตอร์ (ซึ่งมีโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 6%) ที่ระดับความเข้มข้นและเวลาที่แตกต่างกัน จากนั้นย้ายเลี้ยงหน่อว่านที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วบนอาหารวุ้นสูตร MS เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลจากการทดลองพบว่า วิธีการฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านมหาเสน่ห์ที่ดีที่สุด คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% นาน 15 นาที โดยมีอัตราการรอดของชิ้นส่วนสูงสุด 86.0% ขณะที่วิธีการฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านเฒ่าหนังแห้งที่ดีที่สุด คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% นาน 10 นาที โดยมีอัตราการรอดของชิ้นส่วนสูงสุด 63.4%

คำสำคัญ: เชียงแสน สารฟอกฆ่าเชื้อ การใช้ประโยชน์ วงศ์ขิง

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

[3] นักวิทยาศาสตร์ สถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาท้องถิ่นและอาเซียน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ABSTRACT

In this study, the researchers survey the utilization of the family zingiberaceae based on local wisdom in Chiang Saen district, Chiang Rai province. The researchers also study the micropropagation of these medicinal plants for their conservation and sustainable utilization. The survey to collect data was conducted from February to April 2019 by interviewing well-informed local persons. The survey found that twenty-three species from six genera of Zingiberaceae plants were used. Curcuma was the most utilized genus (seven species) of medicinal plants, followed by Zingiber (six species). Rizome was the main plant part used in traditional medicine. Most of the utilization was for gastrointestinal disorder treatments for carminative, gastritis, flatulence, and others. For the micropropagation of Zingiberaceae plants, an initial study was conducted to find an appropriate method for surface sterilization. The researchers selected the two species of Zingiberaceae plants most utilized by local villagers: Wan Maha Sane (Curcuma sp.) and Nan Thao Wang Haeng (Kaempferia angustifolia). The bud explants of both species were surface-sterilized with different concentrations of the surface disinfectant, Haiter@ (6 percent w/w sodium hypochlorite) and for different time periods. Then, both species of bud explants were cultured on MS agar medium for eight weeks. The results showed that the best disinfection method for Curcuma sp. was a ten percent concentration of the Haiter solution for fifteen minutes which resulted in the highest survival rate of 86.0 percent. The surface disinfection of K. angustifolia using a ten percent concentration of the Haiter solution for ten minutes was the best method as it resulted in the highest survival rate of 63.4 percent.

Keywords: Chiang Saen, surface disinfectant, utilization, Zingberaceae

บทนำ

พืชวงศ์ขิงเป็นที่รู้จักว่ามีคุณค่าทางด้านการแพทย์ มีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างทั่วทุกภูมิภาค โดยเฉพาะในเขตภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พืชวงศ์ขิงเป็นแหล่งวัตถุดิบทางธรรมชาติที่ใช้เป็นอาหาร เครื่องเทศ ยารักษาโรค สีย้อม เป็นต้น (Jantan et al., 2003) พืชวงศ์ขิงทั่วโลกมีสมาชิก 53 สกุล ประมาณ 1,200 ชนิด แบ่งออกเป็น 4 วงศ์ย่อย 6 เผ่า ได้แก่ Siphonochiloideae (Siphonochileae), Tamijioideae (Tamijieae), Alpinioideae (Riedelieae, Alpinieae) และ Zingiberoideae (Zingibereae, Globbeae) (Kress et al., 2002) ในประเทศไทยมีจำนวน 26 สกุล ประมาณ 300 ชนิด แบ่งออกเป็น 4 เผ่า ได้แก่ Riedelieae, Alpinieae, Zingibereae และ Globbeae (Larsen and Larsen, 2006) การใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิงด้านสมุนไพรในประเทศไทยพบในหลายสกุล ได้แก่ *Alpinia, Amomum, Curcuma, Boesenbergia, Elletariopsis, Etlingera, Gagnepainia, Globba, Hedychium, Zingiber* และ *Kaempferia* เป็นต้น (Sirirugsa, 1998; Chuakul and Boonpleng, 2546) นอกจากนี้ พืชวงศ์ขิงได้มีการนำมาใช้ในการถนอมอาหารเนื่องจากมีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ ต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น รวมถึงต่อต้านสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ *Alpinia galanga*, *Boesenbergia pandurata*, *Curcuma amada*, *C. longa*, *C. zedoaria*, *Kaempferia galanga*, *Zingiber officinale* และ *Z. zerumbet* (Voravuthikunchai, 2007) รวมถึงมีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคบิด และอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Zingiber montanum*, *Z. ottensii*, *Z. officinale*, *Z. zerumber*, *Zingiber* "Phlai Chomphu", *Alpinia galanga*, *Boesenbergia rotunda* และ *Kaempferia parviflora* (Udomthanadech et al., 2015)

ในเขตพื้นที่อำเภอเชียงแสนนั้น พบว่ามีป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์อยู่เป็นจำนวนมาก เช่น ป่าห้วยห้อม ป่าหนองเหียง ป่าชุมชนวัดพระธาตุผาเงา เป็นต้น ซึ่งชาวบ้านในอำเภอเชียงแสนยังมีการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง

เป็นระยะเวลานาน มีการนำพืชสมุนไพรมาใช้บำบัดรักษาโรคภายในครัวเรือน และผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรออกจำหน่ายให้กับคนในพื้นที่และส่งขายให้กับประเทศเพื่อนบ้าน อาทิ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อีกด้วย ส่งผลทำให้ความต้องการพืชสมุนไพรเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นยารักษาโรคหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสุขภาพมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการนำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยาหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ คราวละมากๆ อาจก่อให้เกิดปัญหาการสูญพันธุ์ของพืชสมุนไพรได้ในอนาคต การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นเทคนิคหนึ่งที่ได้รับความนิยมในด้านการขยายพันธุ์พืช ซึ่งพบว่าสามารถขยายพันธุ์พืชให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น โดยไม่ขึ้นกับฤดูกาลและสภาพแวดล้อม ซึ่งพบว่าประสบความสำเร็จในพืชหลายชนิด เช่น ดาหลา (อรุณี, 2557) มะตูม (กสานติ์ และคณะ, 2014) โมกพวง พุดจีบ รักขาว และรักม่วง (ภพเก้า และวารุต, 2555) กล้วยน้ำหว้า (นิพิจ และพีระศักดิ์, 2551) เป็นต้น โดยหนึ่งขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้น คือ การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืชให้ปลอดเชื้อก่อนนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งวิธีการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืชก็จะมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของชิ้นส่วนพืช ขนาดของชิ้นส่วนพืช ชนิดของพืช เป็นต้น โดยสารฟอกฆ่าเชื้อที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ สารละลายคลอรอกซ์ (Clorox) สารละลายไฮเตอร์ (Haiter®) เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวจะมีส่วนผสมของสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ 6% โดยมีงานวิจัยในพืชหลายชนิดที่ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืชด้วยสารละลายไฮเตอร์หรือคลอรอกซ์ อาทิเช่น การฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดลิงลาว (จิราภรณ์, 2016) การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง (จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2562) เป็นต้น การศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ *Amorphophallus oncophyllus* พบว่าวิธีการฟอกฆ่าเชื้อหน่อที่ดีที่สุด คือ การฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 20% นาน 20 นาที (Chotigamas et al., 2009) ขณะที่การฟอกฆ่าเชื้อหน่อ *Stemona curtisii* ที่เหมาะสม คือ การฟอกด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 15% นาน15 นาที (Palee et al., 2013) ทั้งนี้ทั้งนั้นความเข้มข้นของสารฟอกฆ่าเชื้อและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการฟอกฆ่าเชื้อและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการฟอกฆ่าเชื้อหน่อจะขึ้นกับขนาดของหน่อที่นำมาทดลองด้วย

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิง โดยทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการฟอกฆ่าเชื้อพืชสมุนไพรวงศ์ขิงที่ได้รับความนิยม จำนวน 2 ชนิด เพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรตามภูมิปัญญาท้องถิ่น อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ให้คงอยู่สืบไปยังรุ่นลูกหลาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

การสำรวจพืชสมุนไพรวงศ์ขิงและการใช้ประโยชน์ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จะทำการสำรวจบริเวณหมู่บ้านและป่าชุมชน ร่วมกับปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่จำนวน 15 คน โดยทำการสำรวจใน 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลเวียง ตำบลโยนก ตำบลป่าสัก ตำบลแม่เงิน และตำบลบ้านแซว ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน 2562 โดยทำการสำรวจเก็บข้อมูลของพรรณพืชกับการใช้ประโยชน์ของแต่ละพื้นที่ ประกอบกับการถ่ายภาพและเก็บตัวอย่างพรรณพืช จากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธาน โดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ในระดับชนิดและระดับสกุล โดยใช้เอกสารทางอนุกรมวิธาน ได้แก่ พืชสกุลขมิ้นในประเทศไทย (จรัญ และพวงเพ็ญ, 2555) สกุล *Amomum* (Kaewsri, 2006) สกุล *Alpinia* (Saensouk, 2006) สกุล *Kaempferia* (Sirirugsa, 1989; Sirirugsa, 1992b), สกุล *Boesenbergia* (Sirirugsa, 1992a) สกุล *Curcuma* (Sirirugsa et al. 2007) สกุล *Zingiber* (Theilade, 1999; Triboun, 2006) และตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์และชื่อพื้นเมืองตามหนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557)

2. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิง

การศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิงในเบื้องต้นจะทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับสมุนไพรแต่ละชนิด

โดยพืชสมุนไพรวงศ์ขิงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง ได้แก่ ว่านมหาเสน่ห์ (ภาพที่ 1) และว่านเฒ่าหนังแห้ง (ภาพที่ 2) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

2.1 การศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อว่านมหาเสน่ห์

ส่วนที่ใช้ทดลอง คือ หน่อ (ภาพที่ 1) โดยตัดหน่อว่านมหาเสน่ห์ขนาด 1.0 – 1.5 ซม. มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำก๊อกไหลผ่าน จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ที่ความเข้มข้นและเวลาที่แตกต่างกัน 3 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ ความเข้มข้น 10% เขย่านาน 10 นาที

วิธีที่ 2 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ ความเข้มข้น 10% เขย่านาน 15 นาที

วิธีที่ 3 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ ความเข้มข้น 15% เขย่านาน 10 นาที

จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง เขย่านานครั้งละ 3 – 5 นาที ย้ายเลี้ยงหน่อลงบนอาหารวุ้นสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยเลี้ยงภายใต้ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดปนเปื้อน เปอร์เซ็นต์การตาย และอัตราการรอดของชิ้นส่วนเพาะเลี้ยงทุกๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ภาพที่ 1 ว่านมหาเสน่ห์และหน่อว่านมหาเสน่ห์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2 การศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อว่านเฒ่าหนังแห้ง

ส่วนที่ใช้ทดลอง คือ หน่อ (ภาพที่ 2) โดยตัดหน่อว่านเฒ่าหนังแห้ง ขนาด 0.5–1.0 ซม. มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำก๊อกไหลผ่าน จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ที่ความเข้มข้นและเวลาที่แตกต่างกัน 3 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% เขย่านาน 5 นาที

วิธีที่ 2 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% เขย่านาน 10 นาที

วิธีที่ 3 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% เขย่านาน 10 นาที

จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง เขย่านานครั้งละ 3 – 5 นาที ย้ายเลี้ยงหน่อลงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยเลี้ยงภายใต้ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดปนเปื้อน เปอร์เซ็นต์การตาย และอัตราการรอดของชิ้นส่วนเพาะเลี้ยงทุกๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ภาพที่ 2 ว่านเฒ่าหนังแห้งและหน่อว่านเฒ่าหนังแห้งที่ใช้ในการทดลอง

ผลการวิจัย

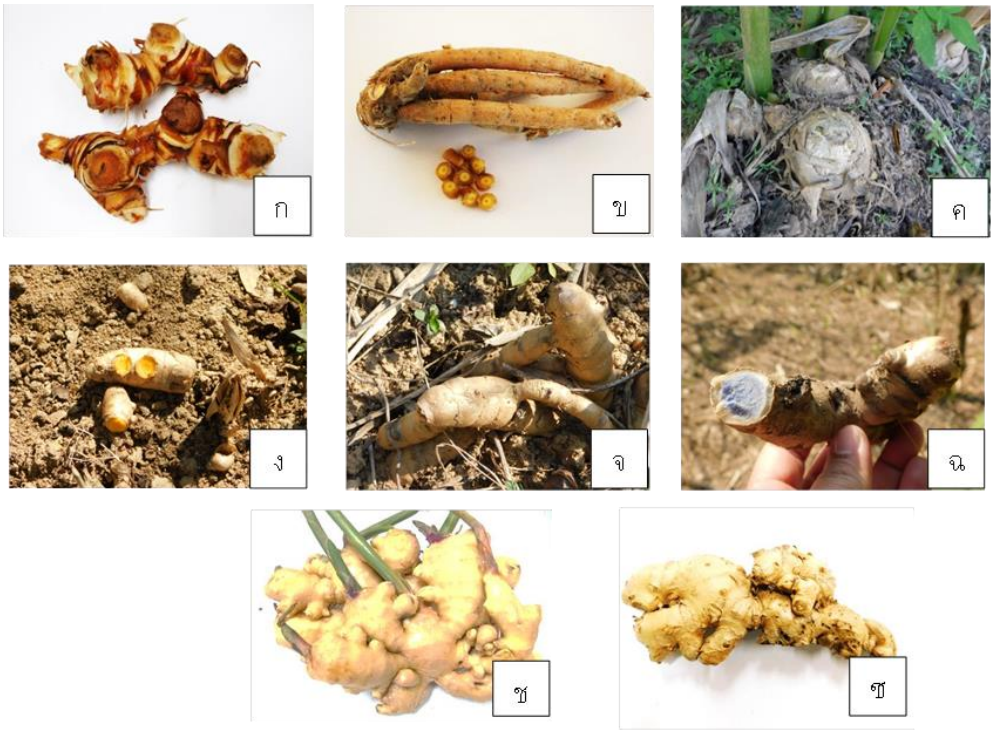
1. การใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

จากการสำรวจเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ร่วมกับปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน 2562 พบการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรวงศ์ขิง จำนวน 6 สกุล 23 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยสกุล *Alpinia* 4 ชนิด, สกุล *Amomum* 3 ชนิด, สกุล *Boesenbergia* 4 ชนิด, สกุล *Curcuma* 7 ชนิด, สกุล *Kaempferia* 2 ชนิด และสกุล *Zingiber* 6 ชนิด โดยสกุลที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ สกุล *Curcuma* รองลงมา คือ สกุล *Zingiber* ซึ่งข้อมูลการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่น อำเภอเชียงแสน ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยจากข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ส่วนของพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ เหง้า ขณะที่การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เป็นการใช้รักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินอาหาร เช่น ขับลมในกระเพาะอาหาร โรคกระเพาะอาหาร ท้องอืดท้องเฟ้อ เป็นต้น

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่น อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อไทย	ส่วนที่ใช้/การใช้ประโยชน์
Alpinia galanga (L.) Willd.	ข่า	ข่า	เหง้า ต้มกินใช้ขับลมในกระเพาะ
Alpinia malaccensis (Burm. f.) Roscoe	ก๊า	ข่าคม	เหง้า ผสมขมิ้นชัน สบู่เลือด ข่า ขิง ไพล นำมาฝนรวมกันแก้งูสวัด
Alpinia sp.	ข่าป่า		เหง้า ใช้รักษาโรคเก๊าท์ เบาหวาน ละลายไขมันในเส้นเลือด
Alpinia zerumbet (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm.	กุ๊กนิล	ข่าใบด่าง	เหง้า ผสมกับข่าหอม จันเสน่ห์ แก้ลมผิดเดือน ลมมะเฮงคุด
Amomum biflorum Jack	ว่านสาวหลง	ปุดหนู	ราก ตำแล้วนำมาอมดับกลิ่นปาก ต้านมะเร็ง
Amomum sp.	เหน่งลาว		เหง้า ใช้เป็นยาขับลม
Amomum sp.	ฤาษีเดินดง งัวเตียวเมือง		ไหล ผสมรากหญ้าเมืองวาย รากหญ้าตดหมา ขมิ้นชัน เปลือกกอก ผักหนอก อ้อยดำ ข้าวจ้าว นำมาต้มรวมกัน แก้โรคกระเพาะอาหาร ไหล ต้มดื่มบำรุงกำลัง
Boesenbergia rotunda (L.) Mansf.	กระชาย	กระชาย	ราก ใช้เป็นยาขับปัสสาวะ

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อไทย	ส่วนที่ใช้/การใช้ประโยชน์
Curcuma aeruginosa Roxb.	ขมิ้นดำ พยับเมฆ	ว่าน มหาเมฆ	เหง้า ใช้รักษาเกี่ยวกับมดลูก
Curcuma comosa Roxb.	ว่านชักมดลูก	ว่านชัก มดลูก	เหง้า ใช้กระชับมดลูก ขับน้ำคาวปลา แก้ปวดประจำเดือน แก้ปวดหลังปวดเอว
Curcuma longa L.	ขมิ้นเหลือง	ขมิ้น	เหง้า ใช้รักษามะเร็งลำไส้
Curcuma mangga Valeton & Zijp	ขมิ้นขาว	ขมิ้นขาว	เหง้า ใช้เป็นยาบำรุงกำลัง
Curcuma sp.	ขมิ้นแดง		เหง้า ใช้แก้ลม แก้โรคกระเพาะ
Curcuma sp.	ว่านเอ็น เหลือง		เหง้า ใช้เป็นยาแก้โรคเหน็บชา แก้โรคเบาหวาน แก้โรคกษัย
Curcuma sp.	ว่านรากราคะ	ว่านมหา เสน่ห์	หน่ออ่อนและดอก ช่วยบรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยขับลม
Kaempferia angustifolia Roscoe	ว่านเฒ่าหนัง แห้ง		เหง้า นำมาดองเหล้าหรือต้มน้ำดื่ม แก้มดลูกอักเสบ ช่วยให้มดลูกเข้าอู่เร็วขึ้น บำรุงกำลัง
Kaempferia galanga L.	ว่านเสน่ห์ จันทร์หอม		เหง้า บรรเทาอาการท้องอืดเฟ้อ ขับลมในลำไส้
Zingiber montanum (J. Koenig) Link ex A. Dietr.	ปูเลย	ไพล	เหง้า ใช้เป็นยารม อยู่ไฟ เหง้า แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ เป็นแผล ช้ำบวม
Zingiber officinale Roscoe	ขิง	ขิง	เหง้า ใช้แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลม
Zingiber ottensii Valeton	ไพลดำ ปูเลยดำ	ไพลดำ	เหง้า ต้มดื่มเป็นยาบำรุงกำลัง
Zingiber sp.	ไพลดำ	ไพล	ต้นและใบ ต้มดื่มเป็นยาแก้ไข้ เหง้า ใช้เป็นยาบำรุงกำลัง
Zingiber sp.	ขิงพื้นเมือง		เหง้า นำไปสกัดใช้เป็นส่วนผสมของยาสระผม ช่วยเร่งรากผม ทำให้หนังศรีษะแข็งแรง
Zingiber sp.	เกราะเพชร ไพฑูรย์		เหง้า ใช้ต้มดื่มรักษาโรคมะเร็ง ยับยั้งเชื้อมะเร็ง



ภาพที่ 3 เหง้าและรากพืชวงศ์ขิง ก) เหง้า *Alpinia galanga* (L.) Willd. ข) ราก *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. ค) เหง้า *Curcuma comosa* Roxb. ง) *Curcuma longa* L. จ) เหง้า *Curcuma mangga* Valeton & Zijp ฉ) *Curcuma aeruginosa* Roxb. ช) *Zingiber officinale* Roscoe และ ซ) *Zingiber* sp.

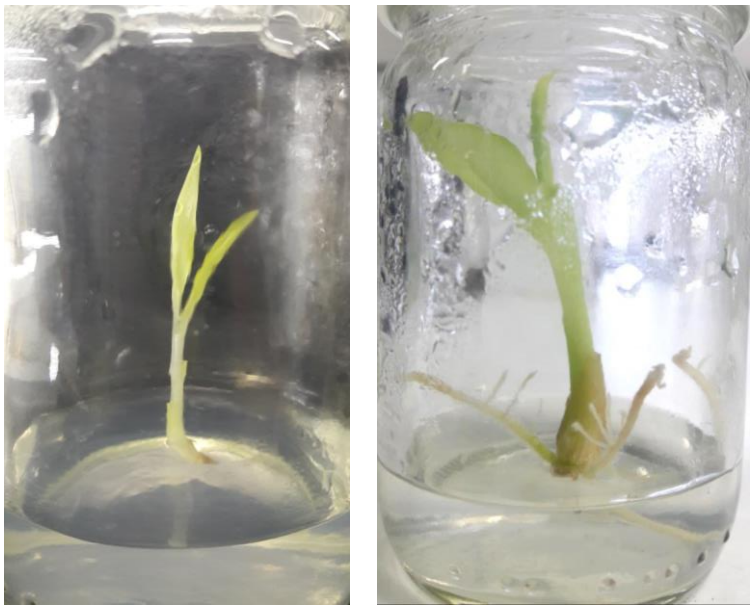
2. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิง

2.1 การศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อว่านหาเสน่ห์

การฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านมหาเสน่ห์ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านมหาเสน่ห์ด้วยวิธีที่ 2 คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% เขย่านาน 15 นาที และวิธีที่ 3 คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% เขย่านาน 10 นาที พบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรีย 14% และ 15% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ขณะที่การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 10 นาที พบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียสูงถึง 26% ซึ่งเมื่อเพาะเลี้ยงหน่อว่านมหาเสน่ห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า หน่อที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 2 มีอัตราการรอดของชิ้นส่วนสูงสุด 86% ขณะที่หน่อที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 3 พบว่ามีอัตราการรอดเพียง 70% เนื่องจากมีการตายของชิ้นส่วนหน่อที่เพาะเลี้ยง 15% โดยหน่อว่านมหาเสน่ห์ที่เพาะเลี้ยงสามารถเจริญพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่มีทั้งยอดและรากได้ (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน การตาย และอัตราการรอดของหน่อว่านมหาเสน่ห์ ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

วิธีการฟอกฆ่าเชื้อ	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน	เปอร์เซ็นต์การตาย	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต
วิธีที่ 1 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 10 นาที	26.0%	-	74.0%
วิธีที่ 2 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 15 นาที	14.0%	-	86.0%
วิธีที่ 3 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 15% นาน 10 นาที	15.0%	15.0%	70.0%



ภาพที่ 4 ว่านมหาเสน่ห์ที่เพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ

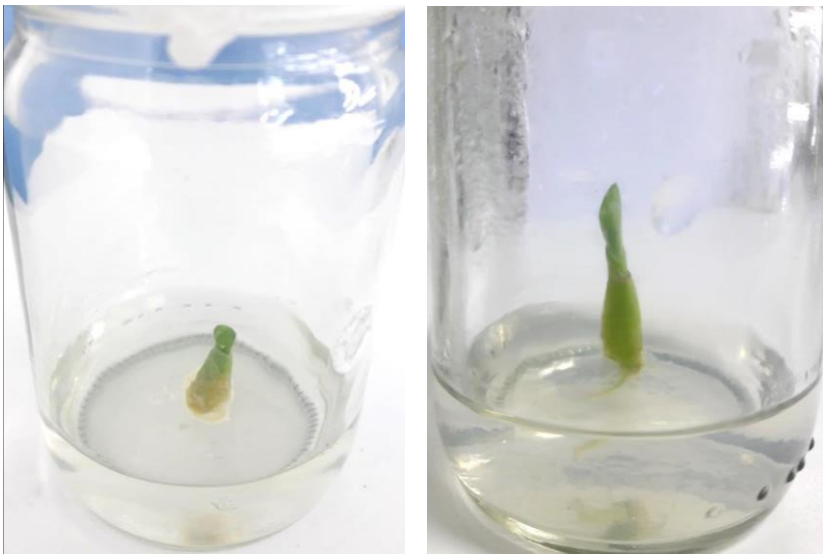
2.2 การศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อว่านเฆ่าหนังแห้ง

การฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านเฆ่าหนังแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 3 คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% เขย่านาน 10 นาที พบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียต่ำสุด 16.7% (ตารางที่ 3) รองลงมาคือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 2 ด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 10 นาที โดยพบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรีย 26.6% ขณะที่การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 5 นาที พบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียสูงถึง 100% (อัตราการรอดเป็น 0)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเพาะเลี้ยงหน่อว่านเฆ่าหนังแห้งเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า หน่อที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 2 มีอัตราการรอดของชิ้นส่วนสูงสุด 63.4% ซึ่งพบการตายของชิ้นส่วนเพียง 10.0% ขณะที่หน่อที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 3 พบว่ามีอัตราการรอดเพียง 50.0% เนื่องจากพบการตายของชิ้นส่วนหน่อสูงถึง 33.3% โดยหน่อว่านเฆ่าหนังแห้งที่เพาะเลี้ยงสามารถเจริญพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่มีทั้งยอดและรากได้เช่นกัน (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน การตาย และอัตราการรอดของหน่อว่านเฆ่าหนังแห้ง ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

วิธีการฟอกฆ่าเชื้อ	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน	เปอร์เซ็นต์การตาย	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต
วิธีที่ 1 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 5 นาที	100.0%	-	-
วิธีที่ 2 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 10% นาน 10 นาที	26.6%	10.0%	63.4%
วิธีที่ 3 ฟอกด้วยสารละลายไฮเตอร์ 15% นาน 10 นาที	16.7%	33.3%	50.0%



ภาพที่ 5 ว่านเฒ่าหนังแห้งที่เพาะเลี้ยงนาน 4 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ

สรุปและวิจารณ์ผล

การสำรวจเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ร่วมกับปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่ สามารถสรุปได้ว่า ชาวบ้านในพื้นที่มีการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรวงศ์ขิง จำนวน 6 สกุล 23 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยสกุล *Alpinia*, สกุล *Amomum,* สกุล *Boesenbergia*, สกุล *Curcuma*, สกุล *Kaempferia* และสกุล *Zingiber* ซึ่งในจำนวนนี้มีพืชบางชนิดที่ยังไม่สามารถระบุถึงระดับชนิดได้ เนื่องจากช่วงระยะเวลาที่ทำการสำรวจพืช พืชบางชนิดยังไม่ออกดอกหรือติดผลที่ใช้เป็นส่วนสำคัญในการระบุถึงระดับชนิด โดยสกุลที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ สกุล *Curcuma* จำนวน 7 ชนิด ซึ่งพืชสมุนไพรในสกุลนี้ได้แก่ ขมิ้นดำ ว่านชักมดลูก ขมิ้นเหลือง ขมิ้นขาว ขมิ้นแดง ว่านเอ็นเหลือง และว่านรากราคะ รองลงมาคือ สกุล *Zingiber* จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ปูเลย ขิง ไพลดำ ปูเลยดำ ขิงพื้นเมือง และว่านเกราะเพชรไพฑูรย์ ส่วนของพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ เหง้า ราก ไหล ต้น ใบ หน่ออ่อน และดอก แต่ส่วนที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ เหง้า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Sirirugsa (1998) และ Chuakul and Boonpleng (2546) ที่ทำการศึกษาในพืชวงศ์เดียวกัน การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสนส่วนใหญ่เป็นการใช้รักษาหรือบรรเทาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เช่น ขับลมในกระเพาะอาหาร โรคกระเพาะอาหาร ท้องอืด ท้องเฟ้อ เป็นต้น **นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์ในการบำบัดรักษาโรคอื่น ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคเกี่ยวกับมดลูก (ช่วยกระชับมดลูก แก้มดลูกอักเสบ ช่วยให้มดลูกเข้าอู่เร็ว) รวมถึงการใช้เป็นยาบำรุงกำลังอีกด้วย**

การศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรวงศ์ขิงตามภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย โดยทำการศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับพืชสมุนไพรแต่ละชนิด สามารถสรุปได้ว่า วิธีการฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านมหาเสน่ห์ที่ดีที่สุด คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% นาน 15 นาที โดยมีอัตราการรอดของชิ้นส่วนสูงสุด 86.0% พบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียเพียง 14% ขณะที่วิธีการฟอกฆ่าเชื้อหน่อว่านเฒ่าหนังแห้งที่ดีที่สุด คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% นาน 10 นาที โดยมีอัตราการรอดของชิ้นส่วนสูงสุด 63.4% พบการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรีย 26.6% และพบการตายของชิ้นส่วน 10.0% ซึ่งเมื่อครบ 8 สัปดาห์ของ

การเพาะเลี้ยง พบว่า หน่อว่านทั้ง 2 ชนิด สามารถเจริญพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่มีทั้งยอดและรากได้ โดยผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ส่วนของพืชที่ใช้จะเหมือนกัน (หน่อ) แต่ถ้ามีขนาดแตกต่างกัน ความเข้มข้นของสารฟอกฆ่าเชื้อ (ไฮเตอร์) และระยะเวลาที่ใช้ในการฟอกฆ่าเชื้อก็จะแตกต่างกัน ซึ่งความสำเร็จของการฟอกฆ่าเชื้อนั้น ไม่ใช่เพียงดูจากเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียต่ำสุด แต่ต้องดูอัตราการรอดชีวิตของชิ้นส่วนพืชที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อควบคู่ไปด้วย โดยการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืชพบว่ามีรายงานในพืชหลายๆ ชนิด อาทิเช่น ภพเก้า และคณะ (2554) ที่ทำการศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อหัวว่านสี่ทิศ (*Hippeastrum johnsonii* Bury.) อุบล (2556) ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อส้มซ่า (*Citrus medica* L. var. *linetta* Risso) จิราภรณ์ (2016) ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดลิงลาว (*Tupistra albiflora* K. Larsen) รุ่งอรุณ และคณะ (2560) ที่ศึกษาในบัวยักษ์ออสเตรเลีย (*Nymphaea gigantea*) นงนุช และคณะ (2560) ศึกษาในพรรณไม้น้ำบูเซป (*Bucephalandra* sp.) รัตนาและจิตรกร (2562) ที่ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อไรโซมของไพล (*Zingiber montanum*) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความช่วยเหลือในการลงพื้นที่สำรวจพืชสมุนไพรและข้อมูลพืชสมุนไพรตามภูมิปัญญาท้องถิ่น ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่สนับสนุนด้านงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กสานติ์ หาญชนะ ปิยะพร แสนสุข และสุรพล แสนสุข. 2014. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะตูม (*Aegle marmelos* Corrêa.). KKU Res. j. 19 (4): 585 - 595.

จิราภรณ์ ปาลี. 2016. การขยายพันธุ์ต้นลิงลาว (*Tupistra albiflora* K. Larsen) ในสภาพธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. Sci. and Tech. RMUTT J. 6 (2): 1 - 16.

จันทร์เพ็ญ ใจซื่อ สุรพล ฐิติธนากุล สรายุทธ อ่อนสนิท และเยาวพรรณ สนธิกุล. 2562. เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิงจากธรรมชาติเพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. KHON KAEN AGR. J. 47 (SUPPL. 1): 1515 – 1520.

จรัญ มากน้อย และพวงเพ็ญ ศิริรักษ์. 2555. พืชสกุลขมิ้นในประเทศไทย. วนิดาการพิมพ์,เชียงใหม่.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, อัจฉรี เรืองเดช, สมเกียรติ สีสนอง และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2560. ผลของสารฟอกฆ่าเชื้อและสารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำบูเซป *Bucephalandra* sp. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 35 (2): 95 – 103.

นิพิจ พินิจผล และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2551. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง. Agricultural Sci. J. 39 (3) (Suppl): 116 - 119.

ภพเก้า พุทธรักษ์ และวารุต อยู่คง. 2555. การขยายพันธุ์โมกพวง พุดจีบ รักขาว และรักม่วง โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 4 (7): 91 - 103.

ภพเก้า พุทธรักษ์, วารุต อยู่คง และมณฑล สงวนเสริมศรี. 2554. การขยายพันธุ์ว่านสี่ทิศโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารนเรศวรพะเยา. 4 (3): 3 - 8.

รุ่งอรุณ ดอนจันทร์ทอง ณ. นพชัย ชาญศิลป์ สรรลาภ สงวนดีกุล และณัฐวุฒิ รอดบุตร. 2560. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบัวยักษ์ออสเตรเลีย (*Nymphaea gigantea*). วารสารวิจัย. 10 (2): 1 - 7.

รัตนา ขามฤทธิ์ และจิตรกร ปรีแม่น. 2562. การฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวและการชักนำให้เกิดต้นจากไรโซมของไพลในหลอดทดลอง. แก่นเกษตร. 47 ฉบับพิเศษ 1: 1393 - 1398.

สำนักงานหอพรรณไม้. 2557. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

อุบล สมทรง. 2556. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส้มซ่า (*Citrus medica* L. var. *linetta* Risso). วารสารเกษตรพระวรุณ. 10: 29 - 38.

อรุณี ม่วงแก้วงาม. 2557. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อดาหลา (*Etlingera elatior*). Songklanakarin J. Pl. Sci. 1 (1): 10 - 13.

Chotigamas, T., Sripaoraya, S., Gateprasert, M., Vanichsriratana, W. and Sirisansaneeyakul, S. 2009. The Tissue Culture Optimization for *Amorphophallus oncophyllus* Cell suspension for Konjac Glucomannan Production. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/b630/2c901230d8164b59686411fce18d1764d8b7.pdf.

Chuakul, W. and Boonpleng, A. 2546. Ethnomedical Uses of Thai Zingiberaceous Plant (1). วารสารสมุนไพร. 10 (1): 33 - 39.

Jantan, I.B., Yassin, M.S.M., Chin, C.B., Chen, L.L. and Sim, N.L. 2003. Antifungal Activity of the Essential Oils of Nine Zingiberaceae Species. Pharm. Biol. 41 (5): 392 - 397.

Kaewsri, W. 2006. Systematic Studies of the Genus *Amomum* Roxb. (Zingiberaceae) in Thailand. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy (Horticulture). Kasetsart University.

Kress, W.J., Prince, L.M. and Williams, K.J. 2002. The Phylogeny and a New Classification of the Gingers (Zingiberaceae): Evidence from Molecular Data. Am. J. Bot. 89 (10): 1682 - 1696.

Larsen, K. and Larsen, S.S. 2006. Gingers of Thailand. Queen Siriki Botanic Garden. Chiang Mai. p.184.

Palee, J., Dheeranupattana, S., Jatisatienr, A. and Wangkarn, S. 2013. Effects of BA and NAA on Micropropagation and *Stemona* Alkaloids Production of *Stemona curtisii* Hook.f. CHIANG MAI J SCI 40 (3): 356 – 363.

Saensouk, S. 2006. Taxonomy and Biology of the Genus *Alpinia* Roxb. (Zingiberaceae) in Thailand. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy. Khon Kaen University.

Sirirugsa, P. 1989. The Genus *Kaempferia* (Zingiberaceae) in Thailand. Nordic Journal of Botany. 9: 256 - 260.

Sirirugsa, P. 1992a. A Revision of the Genus *Boesenbergia* (Zingiberaceae) in Thailand. Natural History Bulletin of the Siam Society. 40: 67 - 90.

Sirirugsa, P. 1992b. Taxonomy of the Genus *Kaempferia* (Zingiberaceae) in Thailand. Thai Forest Bulletin (Botany). 19: 1 - 15.

Sirirugsa, P., Larsen, K. and Maknoi, C. 2007. The Genus *Curcuma* L. (Zingiberaceae): Distribution and Classification with Reference to Species Diversity in Thailand. Gardens' Bulletin Singapore. 59: 203 - 220.

Sirirugsa, P. 1998. Thai Zingiberaceae: Species Diversity and Their Uses. Pure Appl. Chem. 70 (11): 2111 - 2118.

Theilade, I. 1999. A Synopsis of the Genus *Zingiber* (Zingiberaceae) in Thailand. Nordic Journal of Botany. 19: 389 - 410.

Triboun, P. 2006. Biogeography and Biodiversity of the Genus *Zingiber* in Thailand. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy. Khon Kaen University.

Udomthanadech, K., Vajrodaya, S. and Paisooksantivatana, Y. 2015. Antibacterial Properties of the Extracts from some Zingibereous Species in Thailand Against Bacteria Causing Diarrhea and Food Poisoning in Human. Int Trans J Eng Manage Appl Sci Technol. 6(5): 203 – 213.

Voravuthikunchai, S.P. 2007. Family Zingiberaceae Compounds as Functional Antimicrobials, Antioxidants, and Antiradicals. Food 1 (2): 227 - 240.

การสังเคราะห์ไฮโดรเจลของเพคตินจากผลข้าวปั้นพระฤาษีสำหรับการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจน

The Synthesis of Hydrogel from *Canthium Parvifolium* Roxb.'s Pection for Nitrogen Fertilizer Releasing

วลีพรรณ รกิติกุล[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการสังเคราะห์ไฮโดรเจลของเพคติน (Pc) ที่สกัดได้จากผลข้าวปั้นพระฤาษีและพอลิไวนิลไพโรลิโดน (PVP) ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1:0.2 1:0.4 1:0.6 1:0.8 กับ 1:1 ซึ่งมีกลูตารัลดีไฮด์ (GA) เป็นสารเชื่อมขวาง ในการทดสอบความสามารถในการดูดซับของเหลวของไฮโดรเจล พบว่าไฮโดรเจลมีการดูดซับน้ำได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับจนถึงชั่วโมงที่ 8 จากการศึกษาการดูดซับปริมาณไนโตรเจนโดยเทคนิคเคลดาห์ลของไฮโดรเจลที่เตรียมจากอัตราส่วน PC : PVP ในอัตราส่วนโดยมวล 1:0.8 และ 1:1 มีค่า ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 61.59 และ 53.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการทดสอบผสมไฮโดรเจลลงในดินเป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีค่า ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 22.57 และ 4.11 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อบรรจุไฮโดรเจลลงในถุงชาและนำลงดินเป็นเวลา 14 วัน พบว่าปริมาณไนโตรเจนในดินมีค่า 5.13 และ 4.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวปั้นพระฤาษี เพคติน Polyvinylpyrrolidone ปุ๋ยไนโตรเจน ไฮโดรเจล

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers synthesized hydrogel of pection (Pc) extracted from *Canthium parvifolium* Roxb and Polyvinylpyrolidone (PVP) in the ratio of 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:08, and 1:1 using glutaraldehyde (GA) as a cross linker. The test of the free absorption capacity of hydrogel found that hydrogel absorbed water more when the absorption time was increased to the eighth hour. The study of nitrogen absorption using the Kjeldahl technique of hydrogel prepared at the ratio of PC:PVP in the ratios of 1:0.8 and 1:1 found the amount of nitrogen to be 61.59 and 53.35 percent. The test of mixing hydrogel in soil for fourteen days found the amount of nitrogen to be 22.57 and 4.11 percent. When hydrogel was mixed in tea bags and put in soil for fourteen days, it was found that the amount of nitrogen was 5.13 and 4.12 percent, respectively.

Keywords: *canthium parvifolium* Roxb, hydrogel, nitrogen fertilizer, pection, polyvinylpyrrolidone

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

บทนำ

ข้าวปั้นพระฤาษีเป็นพืชป่า ซึ่งชาวบ้านจะนำผลข้าวปั้นพระฤาษีมาเผาไฟรับประทานแก้หิวในเวลาเดินป่า เพื่อทดแทนอาหารในการดำรงชีวิต ข้าวปั้นพระฤาษี (*Canthium parvifolium* Roxb.) เป็นพืชพื้นบ้านที่ขึ้นตามที่ราบหุบเขาเป็นไม้ต้นขนาดเล็ก ต้นและกิ่งมีหนามปกคลุม ผลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-4 เซนติเมตร ผิวสีเขียวอ่อนเรียบ (วาทิตย์, 2548) ซึ่งในผลของข้าวปั้นพระฤาษีมีสารประกอบสำคัญอยู่ 2 อย่าง คือ ไฮโดรคอลลอยและเพคตินที่อยู่ในรูปแคลเซียมเพคติน ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถนำมาผลิตเพคตินเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไฮโดรเจลต่อไป

เพคตินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่ม เพคตินมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่ช่วยให้สามารถนำมาใช้เป็นเมทริกซ์สำหรับการดักจับ และการนำส่งโปรตีน และเซลล์ต่างๆ นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Yoshimura et al. (2005) กล่าวว่าเพคตินเชื่อมต่อกับพอลิเมอร์อื่นสามารถสร้างไฮโดรเจลที่สามารถดูดซับและเก็บรักษาน้ำได้เป็นร้อยๆ เท่าของน้ำหนัก และเป็นที่รู้จักกันในชื่อ Superabsorbents

ไฮโดรเจล (Hydrogel) เป็นพอลิเมอร์แบบโครงร่างตาข่าย (Network) ที่มีความสามารถในการกักเก็บของเหลวไว้ในตัวเอง โดยเมื่อดูดซับน้ำแล้วโครงสร้างร่างแหสามมิติของไฮโดรเจลจะไม่ละลายน้ำ แต่จะบวมพอง และสามารถคงรูปร่างเดิมไว้ได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้มีการนำไฮโดรเจลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ในทางการแพทย์มีการใช้ไฮโดรเจลเป็นแผ่นปิดแผล หรือเป็นวัสดุทดแทนผิวหนังชั่วคราว ในทางเภสัชศาสตร์มีการใช้ไฮโดรเจลเป็นวัสดุควบคุมการปลดปล่อยตัวยา นอกจากนี้ยังมีกานำไปใช้ในด้านการเกษตร เพื่อเป็นวัสดุอุ้มน้ำในดิน ลดการระเหย และสูญเสียน้ำจากดิน ช่วยให้ดินมีความชุ่มชื้น และยังสามารถใช้แทนดินเพื่อเป็นแหล่งในการกักเก็บ และควบคุมการปลดปล่อยน้ำ และธาตุอาหารให้แก่พืชในการปลูกพืชไร้ดินได้อีกด้วย วัสดุที่ใช้ในกาสังเคราะห์ไฮโดรเจลอาจเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymer) จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีหรือพอลิเมอร์จากธรรมชาติ (Natural Polymer) ซึ่งการใช้พอลิเมอร์จากธรรมชาติมีข้อดีคือ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิต ทั้งยังสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติ และไม่เป็นพิษเมื่อเกิดการย่อยสลายแล้ว พอลิเมอร์จากธรรมชาติที่นำมาใช้สังเคราะห์ไฮโดรเจล เช่น โปรตีน เซลลูโลส ไคโตซาน กัม แป้ง และเพคติน เป็นต้น

จากงานวิจัยของณิชากรณ์ (2560) ได้ศึกษาความคุ้มทุนของเพคตินที่สกัดได้จากผลข้าวปั้นพระฤาษี เทียบกับเพคตินทางการค้า โดยทำการสกัดด้วยวิธีของ ชวนิฏฐ์ (2548) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้ (% Yield Crude Extract) มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 38.20% และในงานของ Rakesh et al. (2008) ได้ผลิตไฮโดรเจลจาก PC และ PVP โดยมีอัตราส่วนของ PC:PVP (1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:0.8 และ 1:1 w/w) ศึกษาคุณสมบัติและทดสอบด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น FTIR (Fourier transform infrared) Spectroscopy, X-ray Diffraction (XRD), Differential (DSC) การทดสอบความทนแรงดึง และการสแกนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รูปแบบการปลดปล่อยยา (Salicylic acid) โดยทดสอบที่ pH ต่างๆ (pH 1.4, pH 7.4 และน้ำกลั่น) และตัวอย่างถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Spectrophotometrically ที่ความยาวคลื่น 294 นาโนเมตรบนเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ UV-VIS Spectrophotometer ทำการทดสอบ MTT assay เพื่อให้แน่ใจความเข้ากันได้ของเอนไซม์ PC/PVP hydrogel membranes โดยใช้เซลล์มะเร็ง melanoma B16 และจากการศึกษา Differential Scanning Calorimetry (DSC) แสดงให้เห็นการเพิ่ม Tg ของไฮโดรเจลหลังจากผสมกับ PVP พบว่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในงานวิจัยของปฐมา และคณะ (2556) ได้ศึกษาการผลิตไฮโดรเจลจากแป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่างๆ โดยการนำไฮโดรเจลไปทดสอบคุณสมบัติอยู่หลายอย่างเช่น ทดสอบปริมาณเจล มีค่า 54-85% ทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำที่สภาวะอิสระโดยการแช่ในน้ำกลั่น ในน้ำเกลือ และ pH ต่างๆ พบว่าเมื่อ pH ≥ 5 ไฮโดรเจลมีการดูดซับน้ำได้ในปริมาณที่มากขึ้น และทดสอบอัตราการ

ดูดซับน้ำของไฮโดรเจลผลที่ได้ค่อนข้างดี Lawal et al. (2009) ได้ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจากแป้งมันสำปะหลังโดยการดัดแปรแป้งด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิเลชันตามด้วยวิธีการเชื่อมข้ามด้วยกรด di-carboxylic หรือ polycarboxylic ได้แก่ กรด suberic glutaric primelic และbutanetetracarboxylic ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคแล้วทำการวิเคราะห์โครงสร้าง และสมบัติของไฮโดรเจลที่ได้ โดยพบว่ากรด di-carboxylic ซึ่งประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล 2 หมู่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมข้ามมากกว่ากรด polycarboxylic ส่งผลให้ไฮโดรเจลมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า โดยความสามารถในการอุ้มน้ำของไฮโดรเจลนั้นขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของเกลือในสารละลาย ไฮโดรเจลที่เตรียมได้สามารถดูดซับของเหลว และพองตัวอย่างอิสระได้เต็มที่ภายในเวลา 1 ชั่วโมง โดยสามารถดูดซับน้ำ และน้ำเกลือภายใต้สภาวะอิสระได้ 50-80 และ 40-70 เท่าของน้ำหนักเจลแห้ง และงานวิจัยของ Rakesh et al. (2008) ทำการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากเพคตินที่มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่ pH ต่าง ๆ มีค่าการดูดซับน้ำ 40-80% โดยไฮโดรเจลนี้ประยุกต์ใช้ในการเป็นวัสดุนำส่งยาหรือปลดปล่อยตัวยาได้ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ไฮโดรเจลมีแนวโน้มในการใช้งานที่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับการสังเคราะห์ไฮโดรเจลที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้จาก pectin (Pc) ของผลข้าวปั้นพระฤาษีและพอลิไวนิลไพโรลิโดน (PVP) โดยมีกลูตารัลดีไฮด์ (GA) เป็นสารเชื่อมขวางในการเกิดไฮโดรเจลและศึกษาสมบัติของไฮโดรเจล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากเพคตินของผลข้าวปั้นพระฤาษี

ละลาย PC ที่สกัดได้จากผลข้าวปั้นพระฤาษีที่สกัดตามวิธีการของ Rakitikul (2018) ในน้ำกลั่น 10% w/v ปริมาตร 50 ml แล้วนำสารละลาย PC ที่เตรียมไว้มาละลายกับ PVP โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PC ต่อ PVP เป็น 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:0.8 และ 1:1 ปั่นกวนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เติมสาร GA reagent (0.2 ml กรดไฮโดรคลอริก + 1 ml GA) เข้ามาทำปฏิกิริยาเชื่อมข้าม พร้อมปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง จากนั้นนำสารผสมที่ได้มาวางบนจานเพาะเชื้อเพื่อให้สารผสมแห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-45 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปทำปฏิกิริยา Esterification เพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุล PVP กับ Pc ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลานำแผ่นไฮโดรเจลแห้งที่ได้มาบดเป็นผงและเก็บใส่ภาชนะบรรจุปิดเพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติต่อไป

2. การวิเคราะห์สมบัติของไฮโดรจากเจลเพคตินของผลข้าวปั้นพระฤาษี

2.1 ปริมาณโครงสร้างเจล (Gel Fraction)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณโครงสร้างเจลที่เกิดในไฮโดรเจลตามวิธีของ Byun และคณะ (2008) โดยนำไฮโดรเจลแห้ง 0.2 g แช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 150 ml ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร (shaker) ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อละลายส่วนที่ไม่เกิดพันธะเชื่อมข้าม หลังจากนั้นกรองแยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำ นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณ Gel Fraction จากสมการ

$$\text{Gel fraction (\%)} = (W_d/W_i) \times 100$$

โดย W_d หมายถึง น้ำหนักแห้งของส่วนที่ไม่ละลายน้ำหลังจากแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง W_i หมายถึง น้ำหนักเริ่มต้นของไฮโดรเจลแห้งก่อนแช่ในน้ำกลั่น

2.2 ความสามารถในการดูดซับของเหลวภายใต้สภาวะอิสระ (Free-absorption Capacity)

ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับของเหลวภายใต้สภาวะอิสระของไฮโดรเจล ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Lawal et al. (2009) โดยทำการทดสอบกับของเหลว คือ น้ำกลั่น โดยชั่งน้ำหนักผงไฮโดรเจลแห้ง (~0.1 g) ใส่ในถุงชาแล้วนำไปแช่ในของเหลวที่ต้องการทดสอบปริมาตร 250 mL ที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการชั่งน้ำหนักของ

ไฮโดรเจลที่พองตัวตามระยะเวลาต่างๆ คำนวณค่าความสามารถในการดูดซับของเหลวภายใต้สภาวะอิสระของไฮโดรเจลจากสมการ

$$\text{Free absorption capacity} = \frac{W_s - W_d}{W_d}$$

โดย W_s หมายถึง น้ำหนักของไฮโดรเจลที่พองตัว ณ เวลา t ที่แช่ในของเหลวที่ทำการทดสอบ (หลังหักน้ำหนักของถุงชาเปียกแล้ว)

W_d หมายถึง น้ำหนักแห้งของไฮโดรเจลก่อนแช่ในน้ำกลั่น

3 การทดสอบการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจน

3.1 การเตรียมสารละลายปุ๋ยไนโตรเจน

ชั่งปุ๋ยไนโตรเจน 1.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 mL คนจนปุ๋ยละลาย ตั้งทิ้งไว้เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

3.2 การทดสอบการปลดปล่อยไนโตรเจนในดิน

1. ชั่งไฮโดรเจลที่บดเป็นผงแต่ละตัวอย่าง 2.00 กรัม ใส่ลงในสารละลาย ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาตร 20 mL คนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ให้ไฮโดรเจลทำการดูดซับสารละลาย ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปเทลงในจานเพาะเชื้อและนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไฮโดรเจลที่ได้มาบดและเก็บไว้ทำการทดสอบต่อไป

2. นำผงไฮโดรเจลที่ทำการแช่ปุ๋ยไนโตรเจนผสมกับดินที่เตรียมไว้ ซึ่งดินที่นำมาทดสอบเป็นดินร่วนปนทราย โดยชั่งดินใส่ในถุงเพาะชำปริมาตร 200 กรัม ผสมกับผงไฮโดรเจลที่แช่ปุ๋ย จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ Pc:PVP 1:0.8 กับ 1:1 ตัวอย่างละ 3 ถุง ทำการรดน้ำดินทุกวัน โดยให้ไฮโดรเจลอยู่ในดินเป็นเวลา 14 วัน หลังจากครบเวลาที่กำหนดแล้วนำดินมาทดสอบต่อไป

3. นำผงไฮโดรเจลที่ทำการแช่ปุ๋ยไนโตรเจนใส่ลงในถุงชาปิดปากถุงแล้วนำไปใส่ลงในดิน ได้แก่ อัตราส่วนของ PC:PVP 1:0.8 กับ 1:1 ตัวอย่างละ 3 ถุง เป็นเวลา 14 วันโดยทำการรดน้ำดินทุกวัน เมื่อครบกำหนดแล้วนำดินมาทำการทดสอบด้วยวิธีคเจดาห์ลซึ่งเป็นการย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริกและไตเตรทกลับกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

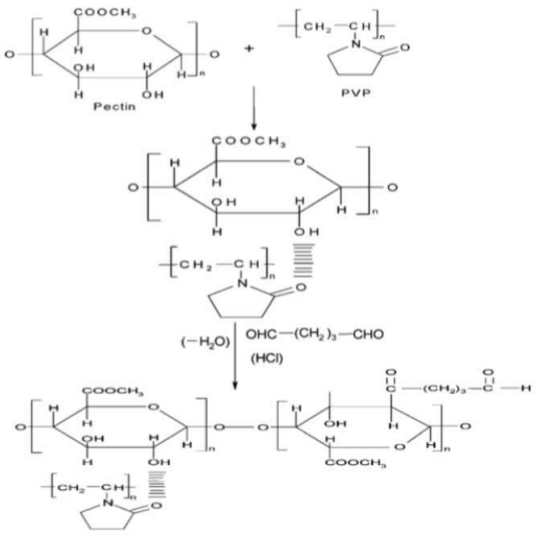
ผลการวิจัย

1. การสังเคราะห์ไฮโดรเจล

การผลิตไฮโดรเจลของเพคตินจากผลข้าวปั้นพระฤาษีภายใต้งานวิจัยนี้ประกอบด้วย กลไกการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม ของ PVP กับโมเลกุลของ PC แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งอธิบายได้ว่าในโมเลกุลของ PVP มีหมู่คาร์บอกซิล (–OH) และหมู่คาร์บอนิล (–C=O) เมื่อมีการให้ความร้อนกับ PVP จะเกิดปฏิกิริยา Dehydration ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลมีการปลดปล่อยน้ำ ทำให้เกิดเป็นสาร Citric acid anhydride หมู่ Anhydride ที่เกิดขึ้นนี้สามารถเกิดปฏิกิริยา Esterification กับหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุล PC ได้ หลังจากสร้างพันธะเอสเทอร์กับโมเลกุล PC แล้วจะให้หมู่คาร์บอกซิลอิสระกลับคืนมาทำให้ PVP ที่เชื่อมอยู่กับโมเลกุลเพคตินมีหมู่คาร์บอกซิลอิสระเหลืออยู่ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยา Dehydration (มีการสูญเสียน้ำ 1 โมเลกุล) และเกิดเป็น citric acid anhydride อีกครั้ง หมู่ Anhydride ที่เกิดขึ้นใหม่นี้สามารถเกิดปฏิกิริยา Esterification กับหมู่ไฮดรอกซิลของ PC อีกโมเลกุลหนึ่ง ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้าม ระหว่างโมเลกุล PC พันธะเชื่อมข้ามที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแห 3 มิติ เกิดเป็นโครงสร้างของไฮโดรเจลที่ไม่ละลายน้ำที่เกิดขึ้นในโครงสร้างของไฮโดรเจลแสดงดังภาพที่ 1

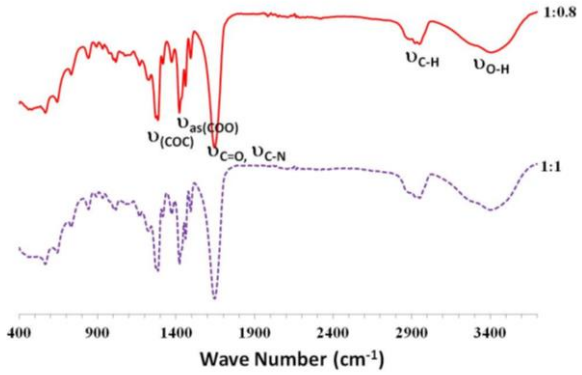
ก่อนแช่น้ำ หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 1 ไฮโดรเจลก่อนแช่และหลังแช่น้ำ



ภาพที่ 2 กลไกปฏิกิริยาในการเตรียม PC/PVP ไฮโดรเจล โดยใช้ GA เป็นตัวเชื่อมข้าม (ที่มา: Rakesh et al.2008)

จากภาพที่ 3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของ FT-IR ของ Pc/PVP ไฮโดรเจลที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:0.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ชัดเจนที่ 3,404, 2,949 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากการยืดตัวของพันธะ OH และ CH สำหรับพีคที่ 1,460 และ 1,372 cm^{-1} แสดงถึงการสั่นของ $\nu_{as(coo)}$ และ $\nu_{(coc)}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบพีคที่ตำแหน่ง 1,646 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับหมู่ฟังก์ชัน - CO และ –CN

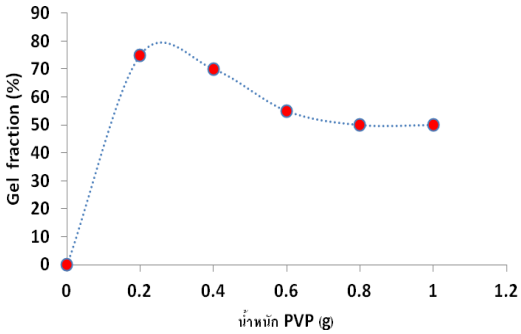


ภาพที่ 3 FT-IR spectrum สำหรับไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้จากเพคตินของผลข้าวปั้นพระฤาษีและ PVP

2. การวิเคราะห์สมบัติของไฮโดรเจลจากเพคตินของผลข้าวปั้นพระฤาษี

2.1 ปริมาณโครงสร้างเจลที่เกิดในไฮโดรเจลเพคตินจากผลข้าวปั้นพระฤาษี (Gel fraction)

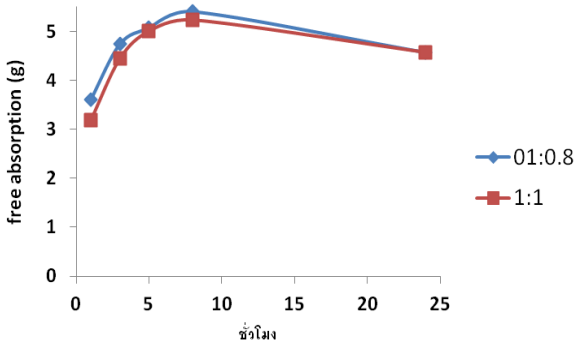
PC ที่ใช้ในการผลิตไฮโดรเจลเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับ PVP จะทำให้เกิดพันธะเอสเทอร์เชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุล PC ได้เป็นโครงสร้างเจลที่ไม่ละลายน้ำ ภาพที่ 4 แสดงปริมาณโครงสร้างเจล (% Gel fraction) ที่เกิดขึ้นในไฮโดรเจลที่เตรียมจาก PVP และ Pc ในอัตราส่วนโดยมวล PC ต่อ PVP เท่ากับ 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:0.8 และ1:1 จะเห็นว่าปริมาณโครงสร้างเจลที่เติม PVP มีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่เติม PVP และปริมาณโครงสร้างเจลมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ PVP และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยทั่วไปปริมาณโครงสร้างเจลจะมากขึ้นตามปริมาณของ PVP ที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณจนถึงระดับหนึ่งการเพิ่มปริมาณของ PVP ต่อไปจะมีผลทำให้ปริมาณโครงสร้างเจลของไฮโดรเจลมีค่าลดลงทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณโครงสร้างเจลในช่วงแรกน่าจะมาจากปริมาณ PVP ที่เพิ่มขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับ PC ได้มากขึ้น ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้าม ส่งผลให้โครงสร้างเจลที่ไม่ละลายน้ำเกิดมากขึ้นด้วย จากภาพที่ 4 จะเห็นค่า % Gel fraction สูงสุดที่ 0.2-0.3 โดยน้ำหนัก Pectin อย่างไรก็ดีการที่ค่า % Gel fraction มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของ PVP เกินกว่าระดับหนึ่ง อาจจะเนื่องมาจากมีปริมาณที่มากเกินพอที่ไม่ได้เข้าทำปฏิกิริยากับ PC ที่เหลืออยู่ โดย PVP ส่วนนี้เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ และเนื่องจากการวิเคราะห์ปริมาณโครงสร้างเจลเป็นการตรวจวัดส่วนที่ไม่ละลายน้ำของไฮโดรเจล ดังนั้นเมื่อมี PVP เหลือจากการทำปฏิกิริยาจึงทำให้ค่าร้อยละของส่วนที่ไม่ละลายน้ำของไฮโดรเจลมีค่าลดลงด้วย เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติทางกายภาพ คือ สีและความข้นหนืด ในการทดลองนี้จึงเลือกไฮโดรเจลที่มีอัตราส่วน PC: PVP เท่ากับ 1:1 และ 1:0.8 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณโครงสร้างเจลที่คงที่ มีสีน้ำตาลอ่อน และความข้นหนืดไม่มากเกินไป เพื่อทำการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนในปุ๋ยยูเรีย



ภาพที่ 4 ปริมาณโครงสร้างเจล (% Gel fraction)

2.2 ความสามารถในการดูดซับของเหลวภายใต้สภาวะอิสระ (Free absorption capacity) จากภาพที่ 5 พบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับของเหลวของไฮโดรเจลเพิ่มมากขึ้นตามเวลาการแช่ที่นานขึ้น แต่ระยะเวลาที่ไฮโดรเจลมีค่าการดูดซับที่มากที่สุดคือเวลาในการแช่น้ำที่ 8 ชั่วโมง

โดยเฉพาะตัวอย่างที่สังเคราะห์โดยใช้ PC ต่อ PVP ในอัตราส่วน 1:0.8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของ PVP มีผลต่อการดูดซับของเหลวซึ่งการเติม PVP ในปริมาณที่น้อยโครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้นยังไม่มีความแข็งแรงมากนักจึงทำให้มีการดูดซับน้ำได้ในปริมาณที่มาก ในขณะที่การเติม PVP ในปริมาณที่มากจะทำให้โครงสร้างเจลมีพันธะเชื่อมข้ามที่ค่อนข้างหนาแน่น โครงสร้างเจลมีความแข็งแรง จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับของเหลวลดลง (Kiatkamjornwong et al., 2000)



ภาพที่ 5 การดูดซับของเหลวภายใต้สภาวะอิสระของไฮโดรเจลที่เตรียมจาก PC กับPVP ที่แช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 1-24 ชั่วโมง ของอัตราส่วน PC ต่อ PVP 1:0.8 และ 1:1 w/w

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินที่มีไฮโดรเจลจาก PC กับ PVP ทำการดูดซับปุ๋ยไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน (%)		
	ก่อนการปลดปล่อยไนโตรเจน	ไฮโดรเจลผสมดิน	ไฮโดรเจลผสมดินใส่ถุงชา
ชุดควบคุม (ดินเปล่า)		3.08	3.08
Pc: PVP 1:0.8	61.59	22.57	5.13
Pc : PVP 1: 1	53.35	4.11	4.12

3. การทดสอบการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจน

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนของไฮโดรเจลจาก PC กับ PVP ที่ทำการดูดซับปุ๋ยไนโตรเจนชนิดปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) พบว่าไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จาก PC:PVP ในอัตราส่วน 1:0.8 มีการดูดซับปุ๋ยไนโตรเจนที่มากกว่าไฮโดรเจลในอัตราส่วนของ PC:PVP ในอัตราส่วน 1:1 โดยมีค่าปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 61.59 และ 53.35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไฮโดรเจลที่ทำการดูดซับปุ๋ยลงในดินเป็นเวลา 14 วันโดยทำการรดน้ำทุกวันและนำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณไนโตรเจนในดิน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่หลงเหลืออยู่ในดิน คือ อัตราส่วนโดยมวลของ PC:PVP ที่ 1:0.8 มีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 22.57 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไฮโดร-เจลที่โดนน้ำมีการพองตัวได้มากและดูดซับของเหลวไว้ได้มาก ทำให้ค่อยๆปลดปล่อยปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนออกมา ส่วนอัตราส่วนของ PC:PVP ในอัตราส่วน 1:1 มีค่าปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 4.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหลือในปริมาณที่น้อย เนื่องจากโครงสร้างของเจลมีความหนาแน่นที่มาก ทำให้โครงสร้างเจลเกิดความแข็งแรง จึงทำให้การปลดปล่อยได้น้อยและปริมาณไนโตรเจนของดินที่มีไฮโดรเจลบรรจุอยู่ในถุงชา เมื่อนำดินมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่หลงเหลืออยู่ในดินน้อยคือ อัตราส่วนของ PC:PVP ในอัตราส่วน 1:1 มีค่าปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 4.12 เปอร์เซ็นต์

สรุปและวิจารณ์ผล

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์ไฮโดรเจจาก PC จากผลข้าวปั้นพระฤาษีกับ PVP พบว่าไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ขึ้นจาก PC กับ PVP มีลักษณะเหลวหนืด สีน้ำตาลโดยมี GA เป็นสารเชื่อมขวาง มีลักษณะการดูดซับของเหลวภายใต้สภาวะอิสระของไฮโดรเจลมีการดูดซับของเหลวได้มากเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับจนถึง 8 ชั่วโมง ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกดูดซับไว้ในไฮโดรเจลที่เตรียมจากอัตราส่วนของ PC:PVP เท่ากับ 1:0.8 และ 1:1 โดยน้ำหนัก มีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 61.59 และ 53.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนในดินเมื่อนำไฮโดรเจลจาก PC กับ PVP ผสมกับดินโดยตรงและที่ใส่ถุงชา อัตราส่วนที่มีการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่า คือ อัตราส่วนของ PC:PVP ที่อัตราส่วน 1:0.8 ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนที่หลงเหลืออยู่ในดินเท่ากับ 22.57 และ 5.13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนของไฮโดรเจลที่ดูดซับปุ๋ยไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนของไฮโดรเจลที่บรรจุลงในถุงชาแล้วนำลงดิน ดินที่มีอัตราส่วน PC:PVP ที่อัตราส่วน 1:0.8 ผสมอยู่ มีปริมาณไนโตรเจนที่มากกว่า อัตราส่วน PC:PVP 1:1 อาจเนื่องมาจากการเพิ่ม PVP ทำให้การดูดซับของเหลวลดลง โดยการเพิ่ม PVP เป็นการเพิ่มความหนาแน่นของพันธะเชื่อมข้ามของไฮโดรเจล ทำให้ไฮโดรเจลมีความแข็งแรงขึ้น จึงทำให้การดูดซับของเหลวมีค่าลดลงและทำให้การปลดปล่อยได้ไม่มาก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายสำหรับสถานที่ทำวิจัย และศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ภายใต้โครงอนุรักษ์พันธุกรรมพืชการอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) สำหรับทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์, พิลาณี ไวถนอมสัตย์, จิราพร เชื้อกูลและปริศนา สิริอาชา. 2548. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร (หน้า 469-480). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสากรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณิชากรณ์ กิ่งก้าน. 2560. รายงานการวิจัยการสกัดและวิเคราะหาปริมาณเพคติน เพื่อศึกษาความคุ้มทุน และการย่อยสลายของเพคตินที่สกัดได้จากผลข้าวปั้นพระฤาษี. โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

ปฐมา จาตกานนท์, กุลฤดี แสงสีทอง และรุ่งทิวา วันสุขศรี. 2556. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การพัฒนาการผลิตไฮโดรเจลจากแป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่างๆ. กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

วาทิตย์ สมุดหอม. 2548. รายงานการวิจัยการสกัดเพคตินจากพืชพื้นบ้าน บ้านทุ่งก่อ อำเภอเวียงเชียงรุ้ง จังหวัดเชียงราย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

Byun, H., and Hong, B. 2008. Swelling Behavior and Drug Release of Poyl(vinyl alcohol) Hydrogel Cross-Linked with Poly(acrylic acid). *Macromolecular Research*.16(3): 189-193.

Kiatkamjornwong, S., Chomsaksakul, W. and Sonsuk, M. 2000. Radiation modification of water absoption of cassava starch by acrylic acid/ acrylamide. *Radiation Phyics and Chemistry*. 59: 413-427.

Lawal, O.S., Storz, J., Storz, H., Lohmann, D., Lechner, D. and Kulicke, W.M. 2009. Hydrogels based on caboxymethyl cassava starch cross-linked whith di-or polymerfunctional carboxylic acid: Synthesis, water absorben behavior and rheological characterization. *European Polymer Journal.* 45: 3399-3408.

Rakesh, K. M., Mahesh, D., and Ajit, K. B. 2008. Synthesis and Characterization of Pectin/PVP Hydrogel Membranes for Drug Delivery System. *AAPS PharmSciTech*, Vol. 9(2), 395-403.

Rakitikul, W., and Palee, J. 2018. Botanical Characteristics and Pectin Properties of Canthium parvifolium Roxb. *Current Applied Science and Technology*, Volume 18(3), 156-166.

Yoshimura, T., Sengku, K., and Fujioka, R. 2005. Pectin-based superabsorbent hydrogels crosslinked by some chemicals: synthesis and characterization. *Polymer Bulletin*, Volume 55, 123-129.

การพัฒนาเนื้อดินปั้นเซรามิกจากเขากวางแข็ง

The Development of Ceramic Clay from Antlers

เอกสิทธิ์ ชาตินทุ[1] มณี อัชวรานนท์[2] พรชัย วงศ์วาสนา[3] และยิ่งยง เมฆลอย[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการพัฒนาเนื้อดินปั้นเซรามิกจากเขากวางแข็ง เพื่อผลิตเซรามิก ผลการทดลองแสดงให้ทราบว่า สารตั้งต้นที่เหมาะสมมากที่สุด ควรมีความบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งเจือปนและให้สีของเนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อดินสีขาวโดยผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส สารตั้งต้นมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมี คือ แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) CaO ร้อยละของน้ำหนัก 58.68 และการทดสอบส่วนผสมของสารตั้งต้นผลวิจัยสรุปได้ว่า สารตั้งต้นที่เหมาะสมที่จะนำไปเป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกคิดเป็นร้อยละคือ เนื้อดิน 70 สารตั้งต้น 30 อย่างไรก็ตามอัตราส่วนในเบื้องต้นสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกได้เป็นอย่างดีและสามารถลดการใช้เนื้อดินลงได้อย่างคุ้มค่า

คำสำคัญ: ตอเขากวางแข็ง เถ้ากระดูก เนื้อดินปั้น ผลิตภัณฑ์เซรามิก

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers develop ceramic clay from antlers for the production of ceramics. The experiment showed that the most suitable reactant should be pure without any adulterants. The color of the product texture was white through the heat process at 1,200 degrees Celcius. The reactant had a chemical composition of calcium oxide (CaO) at 58.68 of the weight percentage. The test of the reactant ingredients found that the appropriate reactant to be used as an ingredient to form ceramic products was in a percentage composed of 70 percent clay and 30 percent of the reactant. The initial ratio could be used well in the production of ceramic products and could reduce the use of clay in a worthy manner.

Keywords: antler stumps, bone ash, ceramic products, molded clay

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาต่อเนื่องและอาชีวศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[2] รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และรองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[4] อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

บทนำ

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน มีความสำคัญมากเป็นตัวบอกทิศทางในการพัฒนาประเทศและมุ่งเน้นแผนยุทธศาสตร์ระยะยาวสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ทั้งที่อยู่ในกระทรวงศึกษาธิการและนอกกระทรวงศึกษาธิการได้นำไปเป็นกรอบและแนวทางการพัฒนาการศึกษาและการเรียนรู้สำหรับพลเมืองทุกช่วงวัย ตั้งแต่เกิดจนตลอดชีวิต ให้บรรลุผลตามเป้าหมายของแผนฯ โดยจุดมุ่งหมายที่สำคัญของแผนคือ การมุ่งเน้นการประกันโอกาสและความเสมอภาคทางการศึกษา การพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา และการศึกษาเพื่อการมีงานทำและสร้างงานได้ภายใต้บริบทเศรษฐกิจและสังคมของประเทศและของโลกที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งมีความเป็นพลวัต ภายใต้สังคมแห่งปัญญา (Wisdom-Based Society) สังคมแห่งการเรียนรู้ (Lifelong Learning Society) และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ (Supportive Learning Environment) เพื่อให้พลเมืองสามารถแสวงหาความรู้และเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต เพื่อให้ประเทศไทยสามารถก้าวข้ามกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศที่พัฒนาซึ่งสอดคล้องกับ โครงการนำร่องการเพาะและขยายพันธุ์กวางในกรงเลี้ยง ในปี พ.ศ. 2544 ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง จนกระทั่งปี พ.ศ. 2545 มหาวิทยาลัยรามคำแหง อนุมัติให้ดำเนินการ “โครงการจัดทำฟาร์มกวาง” ขึ้นจนถึงปัจจุบันมีการส่งเสริมและพัฒนางานวิจัยให้เป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดใหม่ที่ทรงคุณค่าสร้างรายได้ให้แก่ประเทศชาติกระตุ้นให้เกิดวงจรธุรกิจใหม่และเกิดการขยายตัวของอาชีพที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าวิจัย พร้อมทั้งยังเป็นศูนย์กลางของการถ่ายถอดองค์ความรู้สู่สังคมและชุมชนอย่างต่อเนื่องเสมอมา ปัจจุบันฟาร์มกวางโดยทั่วไปในประเทศไทยเป็นฟาร์มกวางมุ่งเน้นการผลิตเนื้อ และเขากวางอ่อนจำหน่าย โครงการจัดทำฟาร์มกวาง ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง จึงเริ่มดำเนินการวิจัยศึกษาค้นคว้าเพื่อผลิตลูกกวางและดำเนินการตัดเขากวางอ่อน เพื่อผลิตแคปซูลเขากวางอ่อน รวมถึงดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบด้านโภชนาการของเขากวางอ่อนอีกด้วย (รังสรรค์ และคณะ, 2555) การตัดเขากวางอ่อนนั้นจะสามารถตัดได้เมื่อเขากวางอ่อนเริ่มงอกนับตั่งแต่วันที่ 1 ไปจนครบ 60 วันจึงดำเนินการตัดเขากวางอ่อนจากตัวกวางโดยตัดเหนือโคนขึ้นมาประมาณ 1 นิ้ว และทำการห้ามเลือดที่โคนเขา (มณี, 2554) เมื่อกวางโดนตัดเขากวางอ่อน โคนของเขากวางจะเริ่มแข็งตัวและหลุดออกเพื่อที่จะงอกเขากวางอ่อนออกมาใหม่ โคนเขากวางแข็งที่หลุดออกนับตั่งแต่ เริ่มดำเนินการตัดเขากวางอ่อนโคนเขากวางแข็งที่หลุดออกมามีจำนวนมากและยากต่อการนำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากเขากวางที่เหลือมีลักษณะสั้นและมีความแข็งยากต่อการแปรรูปจึงไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์มากเท่าไรนัก

ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดนำเขากวางแข็งนำกลับมาใช้ในการพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในด้านเครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกที่เป็นภูมิปัญญาของคนไทยและมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของคนไทยมาเป็นเวลาช้านาน การนำเขากวางแข็งมาพัฒนาเนื้อดินปั้นเซรามิกโดยเขากวางแข็งมาแคลไซต์ (Calcine) เพื่อหาสารตั้งต้น ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นเซรามิก สอดคล้องกับ คชินท์ สายอินทวงศ์ http://www.thaiceramicsociety.com/rm_paint_bone_ash.php (เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2558) ได้กล่าวถึง Bone ash เป็นวัตถุดิบ สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทโบนไชน่า (Bone China) เริ่มต้นจากการนำกระดูกของสัตว์ เช่น วัว ควาย นำไปแคลไซต์ (Calcine) ที่อุณหภูมิประมาณ 900 - 1,000 องศา-เซลเซียส มาเป็นเป็นวัตถุดิบ สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทโบนไชน่าโดยทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมตัว นอกจากนี้ยังทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความขาวมากขึ้น และมีความโปร่งใส (Translucent) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์โบนไชน่าดูสวยงามน่าใช้งานและมีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ (เอ็ททสึโซะ, 2553) ได้กล่าวถึงสูตรเคลือบเซรามิก ที่ทำมาจากขี้เถ้าจากไม้ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมากในประเทศญี่ปุ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

ภาพที่ 1 ตอเขากวางแข็ง

1. การเตรียมวัตถุดิบเป็นสารตั้งต้น

1.1 นำตอเขากวางแข็งมาทำความสะอาดโดยการต้มและล้างเศษเนื้อเพื่อให้สิ่งสกปรก เช่น เมือก ไขกระดูก เศษดิน ออกให้หมดหรือ ทำความสะอาดด้วยวิธีการแช่ในโซดาไฟ(NaOH) วิธีผสม ผงโซดาไฟต่อน้ำ 1/1 เมื่อผสมแล้วนำโซดาไฟที่ผสมน้ำแล้ว 50 ลิตร ต่อเขากวางแข็ง 10 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการแช่ 1 ชั่วโมง ทำให้เศษเนื้อยุ่ยและง่ายต่อการแกะ จากนั้นนำไปต้มน้ำเดือด อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้ม 6 ชม. จึงนำออกมาทำความสะอาดอีกครั้งทุบเอาไขกระดูกออก ขจัดโปรตีนออกให้ได้มากที่สุด

ภาพที่ 2 ตอเขากวางที่จะนำไปทำความสะอาด

1.2 นำไปเผาในบรรยากาศเผาไหม้แบบสมบูรณ์ โดยเผาอย่างช้าๆ เพื่อให้สารประกอบคาร์บอน และสารอินทรีย์ต่างๆ ถูกเผาหมดไป หากเผาเร็วเกินไปเถ้ากระดูกจะมีสีดำการสลายโปรตีนก็จะไม่หมดตามไปด้วย เพราะเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทดลองใช้อุณหภูมิเพื่อเผาที่ 800, 900 และ 1,000 องศา-เซลเซียส

ภาพที่ 3 ตอเขากวางแข็งเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อน

1.3 บดเถ้ากระดูกเขากวางด้วยหม้อบด (BallMill) แล้วกรองด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช

ภาพที่ 4 ผ่านกระบวนการทางความร้อนที่ 1,000 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียดจึงนำมากรองด้วยตะแกรงร่อน

1.4 ล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อให้สิ่งสกปรก และความเป็นด่างหมดไป เพราะความเป็นด่างจะทำให้ช่วงการเผาสั้น

1.5 เข้าเตาอบเพื่อให้สารตั้งต้นแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชม. แล้วนำไปบดอีกครั้ง

2. ขั้นตอนการศึกษา

2.1 นำเถ้ากระดูกมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อให้ทราบถึงส่วนประกอบขององค์ประกอบทางเคมีหลังผ่านกระบวนการทางความร้อน ตรวจสอบด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence spectrometer (XRF) จะทำให้ทราบถึงองค์ทางเคมีว่ามีส่วนประกอบชนิดใดบ้างและมีปริมาณน้ำหนักขององค์ประกอบทางเคมีมากน้อยขนาดไหน

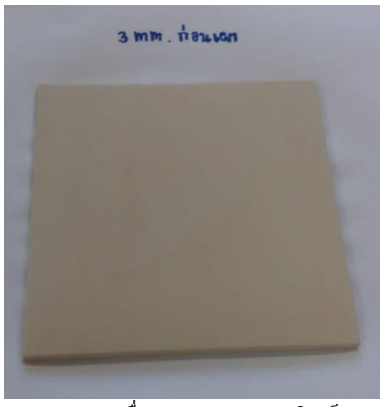
2.2 ทำพิมพ์ต้นแบบจากปูนปลาสเตอร์ กว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร

ภาพที่ 5 แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

2.3 นำสารตั้งต้นมาผสมกับดินตามอัตราส่วนตามสูตร คิดเป็นร้อยละ

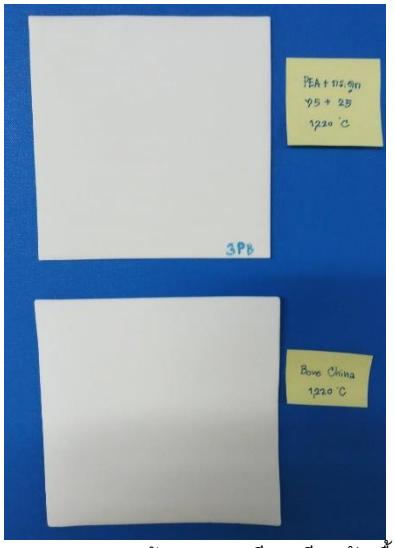
2.4 นำดินที่ผสมแล้วตามอัตราส่วนมาขึ้นรูปตามแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

2.5 นำแผ่นทดสอบออกจากแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์แล้วนำไปอบที่เตาอบ เพื่อให้แผ่นทดสอบไม่มีความชื้นจึงนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อน



ภาพที่ 6 แผ่นทดสอบเมื่อนำออกจากแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

2.6 นำแผ่นทดสอบเข้าเตาเผาทดลองเผาแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นทดสอบ โดยสังเกตุและทดสอบการดูดซึมน้ำ เปรียบเทียบความขาวของเนื้อดิน การแตกร้าวขั้นตอนเผาดิบ และเผาเคลือบการหดตัวของเนื้อดินก่อน และหลังการเผาดิบและเผาเคลือบ



ภาพที่ 7 เมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อนนำมาเปรียบเทียบกับเนื้อดินที่ทำจากโบนไชน่า

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการทดสอบเผาเถ้ากระดูกจากเขากวางแข็งเพื่อทำสารตั้งต้นจากเดิมเผาที่ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส มีสองระดับอุณหภูมิคือ 800 และ 900 ที่มีสิ่งเจือปนสีดำอยู่มากและมีความแข็งยากต่อการบดละเอียดจึงทำการขยายผลการทดลองในการเผาจาก 800, 900 และ 1,000 เป็น 1,000, 1,100 และ 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้สารตั้งต้นที่ง่ายต่อการบดละเอียดและมีสิ่งเจือปนโดยได้ผลการวิจัยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี สารตั้งต้นมีองค์ประกอบหลักทางเคมีวิทยา ดังนี้ Calcium Phosphate Oxide – $Ca_{10}(PO_4)_6O$ Sodium Calcium Phosphate – $NaCaPO_4$

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ,ร้อยละโดยน้ำหนัก		
	1,000 °C	**1,100 °C**	**1,200 °C**
CaO	61.93	61.35	58.68
P_2O_5	35.18	36.14	8.22
Na_2O	1.02	0.81	1.09
MgO	1.02	1.04	1.29
Al_2O_3	0.02	0.02	0.02
SiO_2	0.35	0.15	0.08
SO_3	0.08	0.15	0.18
K_2O	0.24	0.23	0.07
Fe_2O_3	0.07	0.08	0.02
SrO	0.03	0.08	0.02

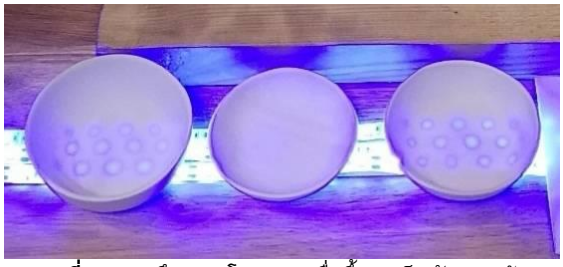
ตารางที่ 2 ผลการทดลองโดยเปรียบเทียบแบบย่อที่เกิดตำหนิในช่วงของปริมาณที่แตกต่างกันของสารตั้งต้นได้ดังนี้

เนื้อดิน	สารตั้งต้น	ลักษณะของสี	ความโปร่งแสง	ตำหนิ
10	90	ขาว	ทึบแสง	แตกร้าว
20	80	ขาว	ทึบแสง	แตกร้าว
30	70	ขาว	ทึบแสง	แตกร้าว
40	60	ขาว	ทึบแสง	เกิดรอยร้าว
50	50	ขาว	ทึบแสง	เสียรูปทรง
60	40	ขาว	ทึบแสง	-
70	30	ขาว	โปร่งแสง	-
80	20	ขาว	โปร่งแสง	-
90	10	ขาว	ทึบแสง	-

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อน

เผาแบบบรรยายกาศออกซิเดชัน (Oxidation Firing)	การดูดซึมน้ำ (Porosity)	วัดค่าความขาว (Whiteness)	เมื่อผ่านขั้นตอนการเผาดิบ 800 องศาเซลเซียส (Biscuit firing)	เมื่อผ่านขั้นตอนการเผาเคลือบ (Glost firing)	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จริงที่มีขนาดใหญ่ขนาด 15 นิ้ว เทียบจากขนาดเดิมของดินดิบ
อุณหภูมิที่ 1,000 องศาเซลเซียส	ดูดซึมน้ำน้อย	สีครีมเข้มมาก	ไม่แตกร้าว	เคลือบด้าน	มีขนาดเล็กลง 10 เปอร์เซ็นต์
อุณหภูมิที่ 1,100 องศาเซลเซียส	ไม่ดูดซึมน้ำ	สีครีมเข้ม	ไม่แตกร้าว	เคลือบมัน	มีขนาดเล็กลง 20 เปอร์เซ็นต์
อุณหภูมิที่ 1,200 องศาเซลเซียส	ไม่ดูดซึมน้ำ	สีครีมอ่อน	ไม่แตกร้าว	เคลือบมันวาว	มีขนาดเล็กลง 25 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบความโปร่งแสงซ้ายมือโบนไชน่าต้นแบบและขวามือสารตั้งต้น 30 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดิน 70



ภาพที่ 9 แสดงถึงความโปร่งแสงเมื่อขึ้นรูปเป็นลักษณะถ้วย

ภาพที่ 10 เมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เนื้อดินจะเป็นสีขาวมากที่สุด

ภาพที่ 11 แสดงชิ้นงานเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิ 800 องศาเซียสยังมีการดูดซึมน้ำได้อยู่

ภาพที่ 12 แสดงชิ้นงานเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซียส ไม่ดูดซึมน้ำและผลิตภัณฑ์มีความแข็งแกร่งมากที่สุดในสามระดับอุณหภูมิ

ภาพที่ 13 ภาพรวมผลิตภัณฑ์เซรามิกจากตอเขากวางแข็ง

ผลการทดลอง เมื่อนำเขากวางแข็งมาผ่านกระบวนการทางความร้อนโดยการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ขึ้นไปสามารถทำให้เขากวางแข็งมีความสามารถทำให้สารตั้งต้นมีความบริสุทธิ์และสามารถนำมาบดละเอียดได้ง่าย เมื่อทำการบดละเอียดแล้วนำมาผ่านตะแกรงร่อน 100 เมช ผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นบดผสมกับน้ำเพื่อทำน้ำสลิปใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยวิธีการหล่อกลวง โดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ (Pycnometer) ของน้ำสลิปอยู่ที่ 2.0 ทำการหล่อชิ้นทดสอบหลังจากทดสอบเนื้อดินปั้นเซรามิกจากสารตั้งต้นผ่านกระบวนการทางความร้อนที่เหมาะสมมากที่สุดและมีความสุกตัวของเนื้อดินเมื่อทำการเผาเคลือบอุณหภูมิที่ 1,200 องศาเซลเซียส โดยผลการทดลองพบว่าสารตั้งต้นที่ใช้มีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมี คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นองค์ประกอบหลักของสารตั้งต้นและ สูตรที่มีเนื้อดินร้อยละ 60 - 80 และสารตั้งต้นร้อยละ 40-20 ไม่เกิดตำหนิทั้งก่อนเผาและหลังการเผาเหมือนกันทั้งสามระดับอุณหภูมินั้นถ้าทำการขึ้นรูปชิ้นทดสอบที่มีความหนาน้อยกว่า 2.5 มิล เมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อนจะมีความโปร่งแสงเกิดขึ้น

สรุปและวิจารณ์ผล

ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีในสารตั้งต้นพบว่ามี CaO เฉลี่ยร้อยละ 50 เป็นองค์ประกอบหลักของสารตั้งต้น ทั้งสามระดับอุณหภูมิ มีความคล้ายกันกับ ยิน ชาน (Zhang.et al. 2016) ได้กล่าวถึงการแคลไซต์เถ้ากระดูกวัวในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผงกระดูกสังเคราะห์ มาทดแทนเถ้ากระดูกจากธรรมชาติและได้เสนอถึงอัตราส่วนผสมของเถ้ากระดูกวัวในเชิงพาณิชย์ของจีน คือ ดิน ร้อยละ 25 น้ำร้อยละ 25 และเถ้ากระดูกที่ผ่านการแคลไซต์แล้วตั้ง 1,000 องศาเซลเซียสขึ้นไปใช้เถ้ากระดูกวัวคิดร้อยละ 50 ซึ่งจากการวิจัยพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการทำเนื้อดินปั้นเซรามิกที่ดีที่สุดคือ สูตรที่ใช้เนื้อดินร้อยละ 70 และสารตั้งต้นร้อยละ 30 มีความเหมาะสมทางกายภาพมากที่สุด สามารถขึ้นรูปได้ดีไม่เกิดการแตกร้าว หรือยุบตัวก่อนเผาและหลังเผาเนื้อดินมีความโปร่งแสง เนื้อดินมีลักษณะผิวสีขาวเป็นส่วนมาก

นอกจากนี้ผลวิจัยยังพบว่าอุณหภูมิในแต่ละระดับ 1,000, 1,100 และ 1,200 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างในเรื่องของการหดตัวของเนื้อดินปั้น ยิ่งใช้อุณหภูมิสูงเนื้อดินปั้นก็จะยิ่งหดตัวมากขึ้นทำให้ในแต่ละช่วงของอุณหภูมิมีความหดตัวมากน้อยแตกต่างกันตามลำดับ ซึ่งช่วงอุณหภูมิของผลวิจัยที่พบมีความหดตัวของผลิตภัณฑ์เซรามิกอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นการหดตัวที่สูงที่สุดของช่วงการเผาทั้งสามระดับอุณหภูมิคือ 1,200 องศาเซลเซียส เมื่อทำการเผาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ต้องควบคุมอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ลงตามได้ตามคำกล่าวของอายุวัฒน์ สว่างผล (2543 : 19) กล่าวถึงการหดตัวของเนื้อดินที่หดตัวมากย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าวได้ง่ายหรือทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามความต้องการ สาเหตุ สำคัญของการหดตัวเนื่องจากน้ำที่ผสมในเนื้อดินระเหยออกไป เนื้อดินจะหดตัวแทนที่เมื่อการระเหยของน้ำเร็วการหดตัวของดินย่อมมากตามไปด้วย หดตัวมากอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แตกราวหรือเกิดการบิดเบี้ยวได้ง่าย จากการวิจัยเมื่อเนื้อดินหดยังทำให้ผิวของเคลือบเกิดการรานตัวได้ง่าย ใช้วิธีการแก้ไข โดยการยืนไฟ 30 นาที สอดคล้องกับ (ไพจิตร, 2552 : 150) วิธีแก้ การรานของผิวเคลือบ แก้ด้วยการเผายืนไฟสักระยะหนึ่งประมาณ 30-60 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ (Soaking) เพื่อทำให้ผิวเคลือบละลายได้ทั่วผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน โดยส่งแบบเสนอโครงการผ่านสำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ (วช.) ประสานงานและนำสนอโครงการโดยสถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน (สวสร.) มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เอกสารอ้างอิง

คชินท์ สายอินทวงศ์. ม.ป.ป.. วัตถุดิบสำหรับเนื้อดินและสีเคลือบจากเถ้ากระดูก:Rawmaterials.ได้จาก http://www.thaiceramicsociety.com/rm_paint_bone_ash.php. 10 ตุลาคม 2560.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2552. ตำหนิเซรามิกและแนวทางแก้ไข. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

รังสรรค์ แสงสุข มณี อัชวรานนท์ ธิดารัตน์ เอกสิทธิกุล พรชัย วงศ์วาสนา และสัญญา กุดั่น.2555. คุณค่าทางโภชนาการของเขากวางอ่อน. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 15(1): 96-108.

อายุวัฒน์ สว่างผล. 2543. วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กำแพงเพชร สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.

เอ็ททสึโซะ คาโต แปลโดย สมบูรณ์ อรัณยภาค.2553. หลักการทำเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร :จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Zhang, Y. ,Zhou, N. , Li, W. , Li, J. , Nian, S. ,Li, X. ,Sui , J. , et al. 2016. Fabrication and characterization of bone chaina using synthetic bone powder as raw materials *Ceramics International, 42, 14910-14917*.

การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากมูลกวาง

A Study of the Heating Value of Fuel Pellets from Deer Droppings

เสรีย์ ตู้ประกาย[1] สิรวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย[2] มณี อัชวรานนท์[3]
พรชัย วงศ์วาสนา[4] และยิ่งยง เมฆลอย[5]

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดเม็ดจากมูลกวางเป็นทางเลือกในการกำจัดมูลกวางจากฟาร์มกวาง ระบบอัดเม็ดรองรับการผลิตในอัตรา 10-14 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงอัดเม็ดมีค่าความชื้น 7.49±0.33% ค่าปริมาณสารระเหย 55.45 ± 2.56% ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว 20.41 ± 1.25% และค่าความร้อน 3,486.40 ± 44.84 แคลลอรี่ต่อกรัม จากการศึกษาสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากมูลกวางเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในบ้านเรือนได้เช่น ถ่าน เป็นต้น

คำสำคัญ: เชื้อเพลิง อัดเม็ด เชื้อเพลิงขยะ

ABSTRACT

The production of fuel pellets from deer droppings is an alternative method for the disposal of deer droppings from a deer farm. The pelleting system could accommodate the production at the rate of 10-14 kilograms per hour. Fuel pellets exhibited the moisture content at 7.49±0.33 percent, volatile content at 55.4±52.56 percent, fixed carbon content at 20.41±1.25 percent, and heating value at 3,486.40±44.84 calories per gram. Findings show that fuel pellets from deer droppings are an alternative to replace the fuel used in households such as charcoal and others.

Keywords: fuel, pellets, refuse derived fuel (RDF)

[1] รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หลักสูตรสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[3] รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และรองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[5] อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

บทนำ

ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งก่อตั้งมาตั้งแต่ พ.ศ. 2545 จากเดิมมีกวางไม่ถึง 100 ตัวมีพันธุ์รูซ่า (Rusa) นำเข้าจากออสเตรเลีย กับ ซิก้า (Sika) นำเข้าจากเวียดนาม ต่อมาได้เลี้ยงพันธุ์เรด (Red) นำเข้าประเทศอังกฤษ ขณะนี้ มีจำนวนกวางเพิ่มมากจนเกือบ 1,000 ตัว ในแต่ละวัน จะมีมูลกวางเป็นจำนวนมาก ซึ่งทางฟาร์มกวางได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการทำเป็นปุ๋ยอัดเม็ด และใช้ในแปลงหญ้าอาหารสัตว์มาโดยตลอด แต่เนื่องจากกวาง ที่มีจำนวนมาก ทำให้มูลกวางมีเหลือใช้ จึงเกิดแนวคิดว่า มูลกวางอาจนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีก เช่น ผสมอิฐดินทำให้ลดการใช้ดิน ผสมผลิตภัณฑ์คอนกรีตเพื่อลดการใช้มวลรวมธรรมชาติ ผสมผลิตภัณฑ์ขยะเชื้อเพลิง (RDF) สามารถอัดเป็นเม็ดได้ (มณี และคณะ,2557) ปัจจุบันการค้นคว้าเพื่อหาพลังงานทดแทนกำลังเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ปัจจัยสำคัญคือเป็นเชื้อเพลิงราคาถูกมีปริมาณเพียงพอ จัดหาได้ง่ายในท้องถิ่นรวมทั้งกรรมวิธีในการนำมาใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อนโดยหนึ่งในพลังงานทดแทนที่เป็นทางเลือกที่ดีคือ พลังงานทดแทนจากก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งเป็นการประหยัด และชะลอการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศลดผลกระทบจากการทิ้งชีวมวลเพิ่มมากขึ้น และยังมีผลกระทบต่อทั้งเศรษฐกิจสังคม รวมถึงความสมดุลของสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ที่เกิดจากการนำชีวมวลมาใช้ใหม่ ส่งผลดีต่อทั้งทางตรงและทางอ้อม สำหรับภาคชนบท และอุตสาหกรรม ผลที่เกิดขึ้นเป็นผลดีต่อทั้งระดับชาติและระดับโลก (ลดาวัลย์ และคณะ, 2559)

โดยปัจจุบันในตลาดโลกมีการซื้อขายคาร์บอนเครดิตผ่านกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) บ้างแล้วในหลายประเทศ โดยภาครัฐควรมีการสนับสนุนโครงการ CDM เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการและเกษตรกรด้วย การทำก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวล ได้รับการศึกษาจากนักวิจัยหลายๆ ท่าน โดยใช้วัสดุที่แตกต่างกันเช่น ใช้เศษผัก เช่น ดอกกะหล่ำ ใบกะหล่ำ ใบผักชี ถั่วลันเตา ถั่วแขก แกลบ กิ่งก้านสน ฟางข้าวและกากกาแฟ เปลือกสับปะรด (ธนาพล และคณะ, 2558) ซึ่งคุณภาพของก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้แรงอัดในการขึ้นรูปก้อนเชื้อเพลิงและวัสดุประสาน การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากมูลกวาง ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง เพื่อพัฒนาเชื้อเพลิงอัดเม็ดให้มีคุณภาพเป็นแนวทางให้คนในท้องถิ่นสามารถนำไปใช้แทนถ่านไม้และฟืนได้จริงลดค่าใช้จ่ายครัวเรือน นอกจากนี้เชื้อเพลิงอัดเม็ดดังกล่าวมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ด้วยการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมในโรงงาน โดยสำหรับการนำไปใช้ก็สามารถทำได้ทันที เป็นส่วนหนึ่งในการลดปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผา ลดภาวะโลกร้อน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

ภาพที่ 1 ฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จ.สุโขทัย
ที่มา : สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน. 2559.

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้แก่ มูลกวาง จากฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จ.สุโขทัย ดังแสดงในภาพที่ 2

1.2 กลุ่มประชากรที่จัดทำการถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่องการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด ได้แก่ สมาชิกชุมชนใกล้เคียงฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จ. สุโขทัย ประชาชนที่สนใจ ในจังหวัดสุโขทัย

2. ขั้นตอนการศึกษา

2.1 เตรียมมูลกวาง จากฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จ.สุโขทัย

2.2 ศึกษาสมบัติทางเชื้อเพลิงของมูลกวางโดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีโดยการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบ Proximately Analysis ได้แก่ ค่าความชื้น (ASTM D3173-11) ค่าเถ้า (ASTM D3174-11) ค่าสารระเหยได้ (ASTM D3175-11) ค่าคาร์บอนคงตัว (ASTM D3172-07a) และวัดค่าความร้อน (ASTM D240) ดังแสดงในภาพที่ 3

2.3 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงต้นแบบระบบอัดเย็นด้วยวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ต้นทุนต่ำ และชุมชนสามารถผลิตเองได้ ดังแสดงในภาพที่ 4

2.4 อัดเม็ดเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงต้นแบบระบบอัดเย็นที่ออกแบบและสร้างเอง

2.5 ศึกษาสมบัติค่าความร้อนเชื้อเพลิงอัดเม็ด

2.6 ศึกษามลสารในอากาศจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10)

ภาพที่ 2 มูลกวางก่อนและหลังบด

ภาพที่ 3 วัดค่าความร้อน (ASTM D240)

ภาพที่ 4 เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงตันแบบระบบอัดเย็น

ผลการวิจัย

1.คุณสมบัติมูลกวาง

ในการทดสอบคุณสมบัติของมูลกวางมีผลการทดสอบดังนี้

1) ค่า pH ของมูลกวางค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8

2) ความหนาแน่นของมูลกวางดังแสดงในภาพที่ 5

2.1 มูลกวางบด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 228.05 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 มูลกวางเม็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 201.04 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3) ค่าพลังงานความร้อน

การหาค่าพลังงานความร้อนของมูลกวางทำการหาค่าพลังงงานดังนี้

ค่าพลังงานความร้อนต่ำ (Lower Solid Calorific Value: LSCV) ค่าพลังงานความร้อนสูง (Higher Solid Calorific Value: HSCV) ค่าพลังงานความร้อนแห้ง (Dry Solid Calorific Value: DSCV) ดังแสดงในตารางที่ 1

ค่า DSCV อยู่ระหว่าง 3,444.50 – 3,533.70 แคลอรี่ต่อกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3,486.40 แคลอรี่ต่อกรัม และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 44.84 ค่าพลังงานความร้อน

ค่า HSCV อยู่ระหว่าง 3,174.11-3,271.85 แคลอรี่ต่อกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3,225.33 แคลอรี่ต่อกรัม และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 49.04 และค่าพลังงานความร้อน

ค่า LSCV อยู่ระหว่าง 2,563.90-2,573.27 แคลอรี่ต่อกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2,980.75 แคลอรี่ต่อกรัม และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 51.93

4) ค่าความชื้น

มูลกวางมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 7.21-7.85 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.49 % และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.33

5) ค่าเถ้า

มูลกวางมีค่าเถ้าอยู่ระหว่าง 15.21-18.56 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.63 % และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.73

6) ค่าสารระเหย

มูลกวางมีค่าสารระเหยอยู่ระหว่าง 52.50-57.04 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 55.45 % และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.56

7) ค่าคาร์บอนคงที่

มูลกวางมีค่าสารระเหยอยู่ระหว่าง 19.20-21.70 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 20.41 % และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.25

ภาพที่ 5 การชั่งน้ำหนักหาความหนาแน่นมูลกวาง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติมูลกวาง

	ค่าความชื้น (%)	ค่าเถ้า (%)	ค่าสารระเหยได้ (%)	ค่าคาร์บอนคงตัว (%)	ค่าพลังงานความร้อน DSCV (Cal/g)	ค่าพลังงานความร้อน HSCV (Cal/g)	ค่าพลังงานความร้อน LSCV (Cal/g)
มูลกวาง	7.85	16.13	56.82	19.20	3,444.50	3,174.11	2,922.45
	7.21	18.56	52.50	21.70	3,481.00	3,230.02	2,997.76
	7.41	15.21	57.04	20.34	3,533.70	3,271.85	3,022.05
ค่าเฉลี่ย	**7.49**	**16.63**	**55.45**	**20.41**	**3,486.40**	**3,225.33**	**2,980.75**
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	±0.33	±1.73	±2.56	±1.25	±44.84	±49.04	±51.93

สรุปและวิจารณ์ผล

ค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 3,486.40 ±44.84 cal/g ซึ่งใกล้เคียงกับค่าแนะนำของกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (> 3,500 cal/g) (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) โดยงานวิจัยของ สุพัตรา (2561) ศึกษามูลวัวซึ่งมีค่าความร้อน 2,790.2 (cal/g) เมื่อเทียบกับวัสดุทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ เช่น ฟางข้าวมีค่าความร้อน 4,680.70 cal/g หญ้าแพงโกล่า มีค่าความร้อน 3,542.27 cal/g กากตะกอนอุตสาหกรรมผลิตกลูโคสมีค่าพลังงานความร้อน 2,007.33 cal/g ผงถ่านกะลามะพร้าวมีค่าพลังงานความร้อน 3,752.10 (cal/g) หญ้าเนเปียร์ซึ่งมีค่าความร้อน 4,105.04 (cal/g) (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล, 2561) ผงถ่านเหง้ามันสำปะหลังซึ่งมีค่าความร้อน 4,001.33 (cal/g) (กิตติพงษ์, 2560)

โดยอาจทำการใช้มูลกวางผสมวัสดุทางการเกษตร หรือขยะมูลฝอยเพิ่มเติมเพื่อให้ค่าความร้อนได้ค่าตามข้อแนะนำ หรือมากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน โดยส่งแบบเสนอโครงการผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประสานงานและนำเสนอโครงการโดยสถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน (สวสร.) มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2560. ถ่านไม้. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2562, จาก : https://new.forest.go.th

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558. พลังงานขยะ. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://infoterra.deqp.go.th/modules.php?name=News&file=43 (27 กันยายน 2558).

กิตติพงษ์ ลาลุน. 2561. การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังมวล. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2562, จาก : dric.nrct.go.th

ธนาพล ตันติสัตยกุล, สุริฉาย พงษ์เกษม, ปรีย์ปวีณ ภูหญ้า, ภานุวัฒน์ ไถ้บ้านกวย. 2558. พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23(3): 418-429.

มณี อัชวรานนท์ พรชัย วงศ์วาสนา วิสาล อธิพรธรรม และจิตรภานุ อินทวงศ์. 2557. ประสิทธิภาพของมูลกวางต่อการปลูกหญ้าที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาราม คำแหง. Ramkhamhaeng Research Journal: Sciences and Technology. 17(2) กรกฎาคม – ธันวาคม 40.

ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ, ณรงค์ศักดิ์ ลาปัน, วิภาวดี ชัชวาลย์ และอานันท์ ธัญญเจริญ. 2559. การพัฒนาก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 39 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2559. 239-255.

ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล. 2561. ความหมายของก๊าซชีวมวล. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2562, จาก : www.efe.or.th

สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน. 2559. การจัดการฟาร์มกวางและผลิตผลจากฟาร์มกวาง. https://web.facebook.com/Zoo.Ramkhamhaeng.University/photos/a.1036564266413810.1073741831.544194108984164/1099713340098902/?type=3&theater

สุพัตรา บุตรเสรีชัย. 2561. การศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติของถ่านอัดเม็ดจากมูลวัวเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็ง. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2562, จาก : https://www.tci-thaijo.org/

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ในฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง

The Solar Cell Application for Electric Energy Distribution at the Ramkhamhaeng University Deer Farm

ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว[1] พรชัย วงศ์วาสนา[2] และมณี อัชวรานนท์[3]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง ภายใต้แผนงานวิจัยนวัตกรรมเพื่อการเกษตรสมัยใหม่ โดยในขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ในฟาร์มกวาง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ขั้นตอนที่สอง ได้ดำเนินการออกแบบโดยใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 15 กิโลวัตต์ และได้แบ่งแนวทางการติดตั้งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 จะทำการติดตั้งตรงกรงกวางหน้าฟาร์ม 5 กิโลวัตต์ โดยนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้ปั๊มน้ำและเครื่องผสมอาหาร ส่วนที่ 2 จะทำการติดตั้งตรงกรงกวางหลังฟาร์ม 5 กิโลวัตต์ ไปจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ปั๊มน้ำ 2 เครื่อง เพื่อนำไปรดน้ำให้กับแปลงหญ้า และส่วนที่ 3 จะทำการติดตั้งตรงห้องแช่เย็น 5 กิโลวัตต์ โดยนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับระบบทำความเย็น ซึ่งทั้ง 3 ส่วนรวมกันแล้วจะได้กำลังไฟฟ้ารวม 15 กิโลวัตต์ตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้นนี้ สำหรับการทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน โดยระบบการเก็บผลนี้ผู้วิจัยได้ใช้ระบบเซลล์ลูล่า 3G เพื่อนำมาใช้และทำให้เกิดความสะดวกต่อการเก็บผลการทดสอบ ซึ่งผลที่ได้คือ ก่อนทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ฟาร์มกวางจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้า 10,392.36 บาทต่อเดือน แต่เมื่อทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ฟาร์มกวางจะจ่ายค่าไฟฟ้า 6,765.45 บาทต่อเดือน ซึ่งผลการทดสอบนี้จะพบว่าฟาร์มกวางสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 3,626.91 บาทต่อเดือน และลดปริมาณของพลังงานไฟฟ้าและลดภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี โดยในอนาคตผู้วิจัยจะได้ทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมอีก เพื่อจะได้นำพลังงานไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มาจ่ายให้กับฟาร์มกวางได้ครบทั้งหมด

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2561 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบคุณผู้อำนวยการฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ขอขอบคุณผู้วิจัยทุกๆ ท่าน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มกวางรวมทั้งสถานที่ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง

คำสำคัญ : ฟาร์มกวาง เกษตรสมัยใหม่ เซลล์แสงอาทิตย์

[1] รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และรองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[3] รองศาสตราจารย์ ดร. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ABSTRACT

In this research investigation, the researchers present the solar cell application for the electric energy distribution at the Ramkhamhaeng University (RU) Deer Farm under an innovative research program for modern agriculture. Initially, the researchers explored the areas in the deer farm in order to use the information for the design of a photovoltaic system. Secondly, the electric energy system from solar cells of 15 kilowatts was used with the installation being divided into three sections. The first section was the installation of five kilowatts at the deer cages in front of the deer farm with the electric energy being distributed to a water pump and a food mixer. The second section was five kilowatts installed at the deer cages behind the deer farm with the electric energy being distributed to two water pumps for watering the grass plots. The third section was five kilowatts installed at the freezer with the electric energy being distributed to the cooling system. All three sections combined used 15 kilowatts of electricity as designed. The testing of the photovoltaic system was conducted by measuring the total electric energy and monthly electricity bills. The 3G cellular system was used to conveniently collect the results. Findings showed that prior to the installation of the photovoltaic system, the RU Deer Farm paid an average of 10,392.36 baht per month for electricity. After the installation of the system, the electricity bill was 6,765.45 baht per month. It was found that the deer farm saved the electricity bill of 3,626.91 baht per month. The amount of electric energy used and global warming were decreased. In the future, the researchers would install more photovoltaic systems in order to distribute electric energy to all the places on the deer farm. The researchers would like to express their gratitude for the government budget in 2018 provided by the National Research Council of Thailand (NRCT) and the director of the RU Deer Farm in Sukhothai province, other researchers, and the personnel at the RU Deer Farm as well as for the provision of the RU Deer Farm as a research site.

Keywords: deer farm, modern agriculture, solar cells

บทนำ

เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ มีกำเนิดในช่วงปี ค.ศ.1950 ที่ Bell Telephone Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์เบื้องต้น เพื่อผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในโครงการอวกาศ ต่อจากนั้นจึงได้เริ่มมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง และขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก เมื่อประมาณปลายทศวรรษที่ 50 เป็นต้นมา โดยในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีราคาแพงมาก จึงจำกัดการใช้งานอยู่เฉพาะในงานวิทยุสื่อสาร และไฟฟ้าแสงสว่างขนาดเล็กในพื้นที่ห่างไกลเท่านั้น และในช่วงปี ค.ศ. 1970 ภาครัฐในประเทศสหรัฐอเมริกา เยอรมัน และญี่ปุ่น ได้ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์อย่างจริงจัง และต่อเนื่อง เป็นผลให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ ลดลงเป็นลำดับ จากประมาณ 4 ล้านบาทต่อกิโลวัตต์ ในปัจจุบันคงเหลือประมาณ 1.6 แสนบาทต่อกิโลวัตต์ ซึ่งนับว่าราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงมามากแล้ว แต่ก็ยังเป็นราคาที่แพงกว่าการผลิตไฟฟ้าโดยวิธีอื่นๆ แม้นว่าเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่เชื่อถือได้ โดยใช้สารกึ่งตัวนำแบบผลึกของซิลิกอน (Crystalline Silicon) ที่มีความบริสุทธิ์สูง และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้าได้ประมาณ 12-17% แต่ราคาเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกของซิลิกอน ไม่สามารถจะลดลงได้อีกมากนัก เนื่องจาก Crystalline Silicon เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุตสาหกรรมอีเลคทรอนิกส์ จึงมีคุณค่าเพิ่ม (Value Added) ที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนั้นกรรมวิธีในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จาก Crystalline Silicon ที่จะต้อง

นำมาเลื่อยให้เป็นแผ่น (Wafer) บางๆ จึงทำให้เกิดการสูญเสีย ในลักษณะขี้เลื่อยไปไม่น้อยกว่าครึ่ง

อย่างไรก็ตามบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ แห่ง ได้พยายามที่จะพัฒนาเพื่อลดราคาการผลิตฯ โดยการดึงเป็นแผ่นฟิล์ม (Ribbon) และการใช้ Silicon แบบไม่เป็นผลึก คือ Amorphous Silicon ในลักษณะฟิล์มบางเคลือบลงบนแผ่นกระจกหรือแผ่น Stainless Steel ที่งอโค้งได้ โดยวิธีดังกล่าวแล้วนี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงไปได้มาก

แต่เนื่องจาก Amorphous Silicon มีประสิทธิภาพต่ำกว่า และจะเสื่อมสภาพอายุการใช้งานเร็วกว่าแบบ Crystalline Silicon ดังนั้น จึงได้มีการพยายามพัฒนาสารประกอบตัวอื่นๆ เช่น Copper Indium Diselenide (CIS) และ Cadmium Telluride (CdTe) เพื่อผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางขึ้น ซึ่งคาดว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าและอายุการใช้งานนานกว่า Amorphous Silicon ด้วย โดยคาดว่าจะนำออกสู่ตลาดเซลล์แสงอาทิตย์ได้ในอีก 5-10 ปี ข้างหน้า ด้วยราคาซึ่งคาดว่าจะถูกกว่าแบบ Crystalline Silicon ประมาณครึ่งหนึ่ง นอกจากนั้นยังได้มีงานพัฒนาอุปกรณ์ส่วนควบที่คู่ขนานไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย คือ การพัฒนาอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Inverter) ให้มีราคาถูกลงอีก

จากการวิเคราะห์ของกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (US DOE) ณ ราคาต้นทุนปัจจุบัน (1.6 แสนบาทต่อกิโลวัตต์) ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ราคาไฟฟ้าที่ผลิตต่อหน่วย จะเริ่มถูกกว่าราคาไฟฟ้าที่รัฐฮาวาย แคลิฟอร์เนีย แอริโซน่า นิวยอร์ก และแมสซาชูเซตส์แล้ว และถ้ามีการเพิ่มสิ่งจูงใจ เพื่อทำให้ราคาต้นทุนของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเหลือประมาณ 1 แสนบาท ได้เมื่อใด ราคาต่อหน่วยของไฟฟ้าแสงอาทิตย์จะลดเหลือใกล้เคียงกับราคาไฟฟ้าของเกือบทุกรัฐ

สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก

จนถึงปัจจุบันนี้ กำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทั่วโลก มีปริมาณสะสมรวมประมาณ 1 ล้านกิโลวัตต์แล้ว ในจำนวนนี้ 6.31 แสนกิโลวัตต์ เป็นตัวเลขสะสมระหว่าง ค.ศ.1992-1998 โดยเป็นของสหรัฐอเมริกา 39% ญี่ปุ่น 28% ยุโรป 25% และประเทศอื่นๆ เช่น จีน อินเดีย ออสเตรเลีย อีก 9% และในปี ค.ศ.1998 ทั่วโลกผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้รวมประมาณ 1.52 แสนกิโลวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 1997 ที่ผ่านมา ประมาณ 20% หรือ 1.26 แสนกิโลวัตต์ ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่า ความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยส่วนหนึ่งก็เพื่อสำรองความต้องการใช้งานแบบหลังคาบ้านต่อเข้าระบบ (Roof-top Grid Connected) ซึ่งในประเทศญี่ปุ่นมีโครงการจะติดตั้งให้ได้ถึง 7 หมื่นหลังคาบ้าน ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2002 แต่เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มความต้องการ ในปี ค.ศ.1997 จำนวน 9,400 หลัง และในปี ค.ศ.1998 ได้เพิ่มปริมาณเป็น 14,000 หลัง จึงเป็นที่คาดว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นไป การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นที่นิยมในประเทศญี่ปุ่น จนรัฐอาจไม่จำเป็นต้องให้เงินอุดหนุนในการติดตั้งอีกต่อไป

ความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่น ก็เนื่องมาจากรัฐบาล ให้การสนับสนุนอย่างเป็นรูปธรรม และมีนโยบายเกี่ยวกับพลังงานในอนาคต อย่างชัดเจน โดยต้องการลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานนำเข้าลงให้ได้มากที่สุด และในขณะเดียวกัน ก็มีเป้าหมายลดมลภาวะ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงลงให้เหลือน้อยที่สุดด้วย

ประเทศในยุโรป ก็มีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในปี ค.ศ.1997 ประมาณ 60% คือเพิ่มจาก 1.9 หมื่นกิโลวัตต์ เป็น 3.1 หมื่นกิโลวัตต์ ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกัน ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้เพิ่มการผลิตขึ้น 32% หรือจาก 3.9 หมื่นกิโลวัตต์ เป็น 5.1 หมื่นกิโลวัตต์ โดยปัจจุบัน ประมาณ 42% ของเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก เป็นเซลล์ที่ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

สำหรับประเทศอื่นๆ เช่น จีน อินเดีย ออสเตรเลีย ในช่วงปี ค.ศ. 1997-1998 เพิ่มการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น 13% คือจาก 1.92 – 2.18 หมื่นกิโลวัตต์ โดยส่วนหนึ่งเป็นการลงทุนในประเทศอุตสาหกรรม เพื่อเตรียมเป็นฐานการผลิตสำหรับตลาดในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา

สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2543 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 5,217 kWp ลักษณะการใช้งาน

จะเป็นการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ที่ห่างไกล เช่น สถานีเติมประจุแบตเตอรี่ ระบบสื่อสารหรือสถานีทวนสัญญาณ ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล และสัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งในโรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และไฟสัญญาณไฟกระพริบ นอกจากนั้น ยังมีงานสาธิตการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานร่วมกับพลังงานรูปแบบอื่น เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแนวคิดสำหรับฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย

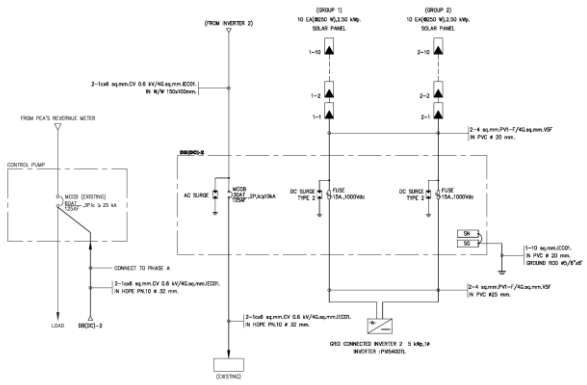
1.1 การสำรวจพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ตัวอย่าง ได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ (KW) จุดที่ 1 กรงกวางหน้าฟาร์มกวาง ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 สำรวจพื้นที่ติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ (KW) จุดที่ 1 กรงกวางหน้าฟาร์มกวาง ของฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง

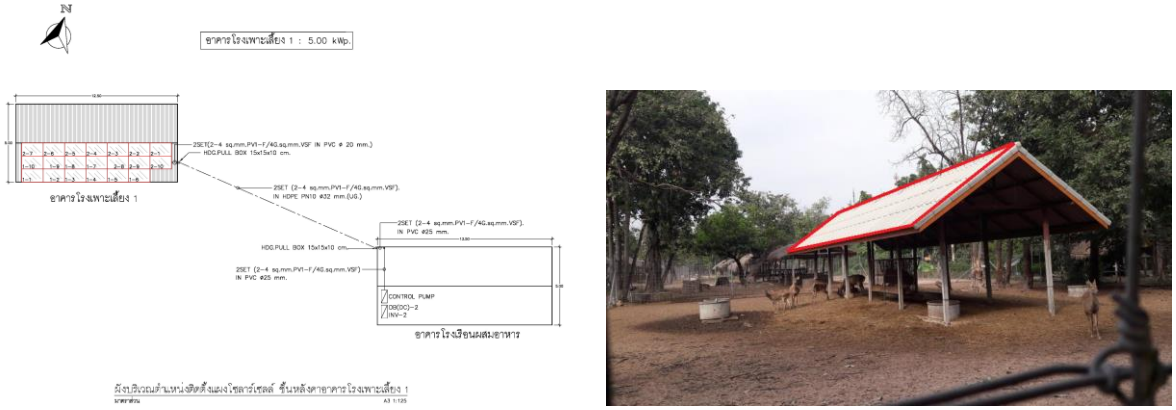
1.2 ออกแบบเพื่อติดตั้งอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อมูลระบบเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้น	
ขนาดระบบ / กำลังการผลิต 3 จุด จุดละ 5 kW	15 kWp
พื้นที่หลังคา	100 ตารางเมตร
แผงโซลาร์เซลล์	Canadian Solar / CS6P-250P / 250Wp
อินเวอร์เตอร์	Trannergy / TRB5000TL / 5kW
	Trannergy / TRB010KTL / 10kW
ผลผลิตเฉลี่ย	4 หน่วย / kWp / วัน
พลังงานที่ประหยัดได้ (เฉลี่ย)	21,600 หน่วย / ปี
ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (หน่วย)	1,800*
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	4
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เฉลี่ย ต่อเดือน (บาท)	7,200

ตัวอย่าง การออกแบบจุดที่ 1 กรงกวางหน้าฟาร์ม เพื่อติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 Single Line Diagram (5 kW) จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1)



ภาพที่ 3 ผังบริเวณตำแหน่งติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (5 kW) จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1)

1.3 ดำเนินการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1) ดังภาพที่

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4 (ก) ทดสอบรอยรั่วของหลังคาโดยการฉีดน้ำใส่หลังคาจุดที่ยึดอุปกรณ์ก่อน และหลังติดตั้งแผงเป็นเวลา 15 นาที และ (ข) รูปถ่ายแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาที่มีจำนวนแผงครบ

1.4 ทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์ม (อาคารโรงเพาะเลี้ยง 1)

1.4.1 วัดค่าความเป็นฉนวนของสายไฟ และวัดค่าความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน ดังภาพที่ 5

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 5 (ก) สายไฟ DC (Group 1) วัดสาย + , วัดที่ 1,000 Vdc ได้ค่า OL MΩ (ข) สายไฟ DC (Group 2) วัดสาย + , - วัดที่ 1,000 Vdc ได้ค่า OL MΩ (ค) สายไฟ AC วัดสาย + , -วัดที่ 500 Vdc ได้ค่า OL MΩ และ (ง) หลักดินตู้ DB วัดค่าได้ 0.12Ω (ค่าต้องไม่มากกว่า 5 Ω)

1.4.2 วัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ หลังจ่ายไฟเทียบกับแบบ ดังภาพที่ 6

(ก) (ข)

ภาพที่ 6 (ก) Inverter ขนาด 5.0 kW และ (ข) ค่า Vdc ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (> 80% ของการออกแบบ)

1.4.3 ค่า Ipv แผง Solar, ค่า Iac Inverter, ค่า Vac Inverter และค่า Pac Inverter ดังภาพที่ 7

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 (ก) ค่า Ipv แผง Solar (ข) ค่า Iac Inverter ค่า Vac Inverter และ (ค) ค่า Pac Inverter

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละวันในเดือนมิถุนายน 2561 ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 1) จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และจุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง (ได้ดำเนินเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลด้านพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 จุด ผ่านระบบออนไลน์ 3G เข้าแอพพลิเคชั่นของ TRANERGY) ดังภาพที่ 8

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 8 (ก) ผลการสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (ข) ผลการสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และ (ค) ผลการสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ที่จุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง

(หมายเหตุ ในรูปผลการทดสอบ แนวแกน x คือ วันที่ในเดือนนั้น และแนวแกน y คือ พลังงานไฟฟ้าปัจจุบันในเดือนนั้น)

จากรูปผลการทดสอบ จะพบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างดี แต่ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในฟาร์มกวางได้นั้น จะมีปริมาณมากน้อยขนาดไหนขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ของแต่ละวันและแต่ละเดือน โดยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลด้วยเป็นสำคัญ ซึ่งถ้าวันไหนมีปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มากก็จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้มาก แต่ถ้าวันไหนมีปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์น้อยก็จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้น้อย ตามลำดับ

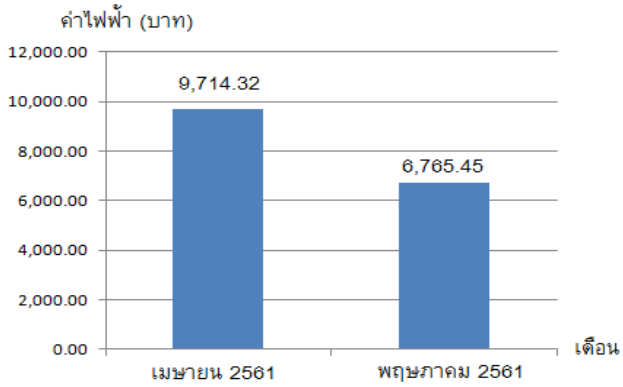
2. ได้ดำเนินเก็บข้อมูลผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมแต่ละเดือนต่อปี และค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี ทั้ง 3 จุดรวมกัน (ผลการทดสอบนี้ได้เก็บผลจนถึงเดือนมิถุนายน 2561) ดังภาพที่ 9

(ก) (ข)

ภาพที่ 9 (ก) ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมแต่ละเดือนต่อปี ทั้ง 3 จุดรวมกัน ที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และ (ข) ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี ทั้ง 3 จุดรวมกัน

สรุปผลและวิจารณ์ผล

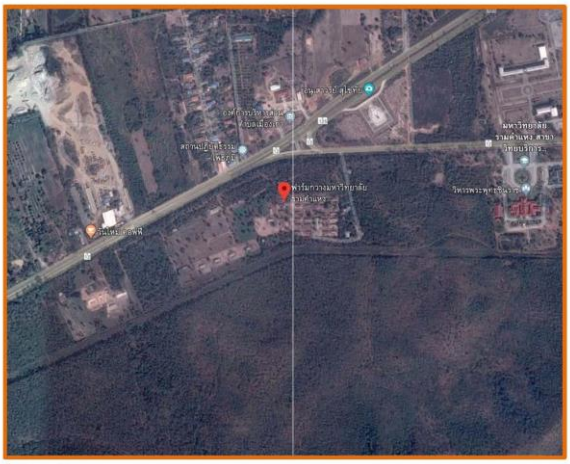
1. สรุปผลการทดสอบเก็บผลของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน ก่อนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และหลังติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถสรุปผลของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน ก่อนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และหลังติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปผลของค่าไฟฟ้า พบว่าผลของค่าไฟฟ้าเดือนเมษายน 2561 ก่อนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เสียค่าไฟฟ้าเป็นเงินจำนวน 9,714.32 บาท และหลังติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในเดือนพฤษภาคม 2561 ได้เริ่มใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2561 เสียค่าไฟฟ้าเป็นเงินจำนวน 6,765.45 บาท ดังนั้น จะเห็นว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 9,714.32 - 6,765.45 เท่ากับ 2,948.87 บาทต่อเดือน (หมายเหตุ ยกตัวอย่างเฉพาะเดือนเมษายน 2561 ก่อนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และเดือนพฤษภาคม 2561 หลังการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์)

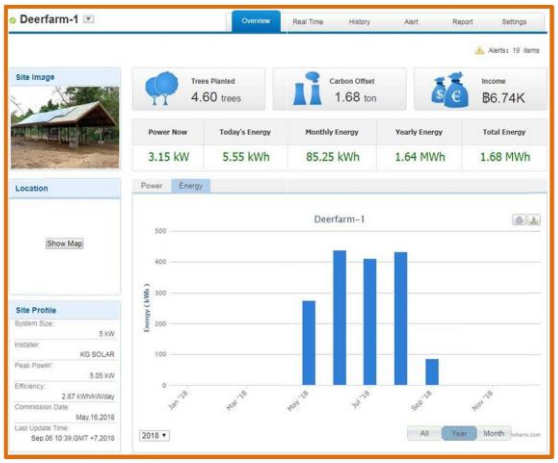
2. สรุปผลการทดสอบโดยรวมของจุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 1) จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และจุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง ดังภาพที่ 11



กำลังการผลิต : 15 kWp
เริ่มต้นการผลิตเข้าระบบ : 16 พฤษภาคม 2561
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 4.53 MWh
ประหยัดเงิน : 18,110 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 4.51 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 12.36 ต้น
*ข้อมูลถึงวันที่ 6 กันยายน 2561

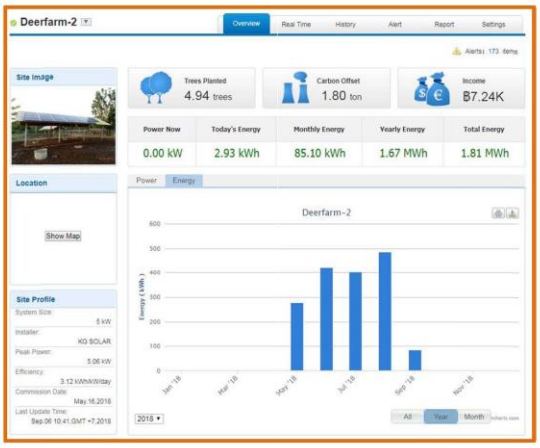
โดยแบ่งการผลิตออกตามการติดตั้ง ดังนี้

ฟาร์มที่ 1



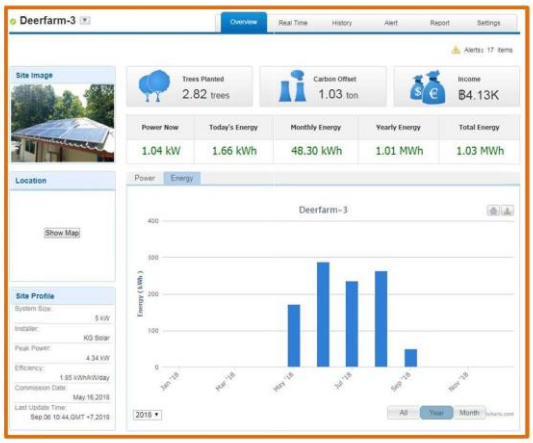
กำลังการผลิต : 5 kWp
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 1.68 MWh
ประหยัดเงิน : 6,740 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 1.68 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 4.60 ต้น

ฟาร์มที่ 2



กำลังการผลิต : 5 kWp
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 1.81 MWh
ประหยัดเงิน : 7,240 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 1.80 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 4.94 ต้น

ฟาร์มที่ 3



กำลังการผลิต : 5 kWp
ผลิตไปแล้วทั้งหมด : 1.03 MWh
ประหยัดเงิน : 4,130 บาท (คิดค่าไฟฟ้าที่ 4 บาท ต่อ 1 หน่วย)
ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ : 1.03 ตัน
เปรียบเหมือนการปลูกต้นไม้ : 2.82 ต้น

ภาพที่ 11 ผลการทดสอบโดยรวมของจุดที่ 1 กรงกวางด้านหน้าฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 1) จุดที่ 2 กรงกวางด้านหลังฟาร์มกวาง (โรงเพาะเลี้ยงที่ 2) (ใช้กับปั๊มสูบน้ำ 2 เครื่อง) และจุดที่ 3 อาคารแช่เนื้อกวาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2561 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดี และผู้บริหารทุกท่านของมหาวิทยาลัยรามคำแหง ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่าน รศ.ดร.มณี อัชวรานนท์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ช่วยให้คำปรึกษาช่วยอำนวยความสะดวก และเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่าน ผศ.พรชัย วงศ์วาสนา รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ยิ่งยง เมฆลอย ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน

มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักวิจัยทุกท่าน ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และน้อง ๆ สถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย) ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

การศึกษาและกำหนดกลยุทธ์ในด้านการลดต้นทุนของแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้ประกอบระบบโคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ของบริษัท ดีไล้ท์ โซล่า เอ็นเนอร์ยี่จำกัด, ค้นเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2560, จากeprints.utcc.ac.th /2711/1/2711fulltext.pdf

ข้อมูลบริษัท เค.จี. วิศวกรรม จำกัด.

ข้อมูลสถาบันวิจัยสัตว์ในภูมิภาคเขตร้อน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฟาร์มกวาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย)

ข้อมูลบริษัท Trannergy Co., Ltd.

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, 2556. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556, บทที่ 3 ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย หน้า 3-8.

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, 2556. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556,มาตรฐานตัวนำไฟฟ้า บทที่ 2 ข้อ 2.2. หน้า 2-1.

จุดเด่นและข้อจำกัดของไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, ค้นเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2560 จาก http :// www.nstda.or.th/th/sci-kids-menu/3525

นภดล รุ่งสวาท, 2015, 17/09/2016, การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์(Web site)http://hq.prd.go.th/engineer/download/article/article_20150720153823.pdf

แนวโน้มการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต, ค้นวันที่ 15 กรกฎาคม 2560, จากhttp://www2.eppo.go.th/vrs/ VRS49-09-Solar.html

นโยบายแผนและแนวทางวิจัยพัฒนาพลังงานทดแทน พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ พ.ศ. 2540-2544 โดยคณะทำงานพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

นันท์ ภักดี, 2015, 16/09/2016,บทความพิเศษ ความจริงของพลังงานไฟฟ้าและโซล่าร์เซลล์ (Web-site) http://www.อยากใช้พลังงานแสงอาทิตย์.com/?p=981

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 2556. การออกแบบระบบไฟฟ้า, บทที่ 3 ตัวนำประธานสายป้อน และวงจรย่อย.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงาน. ถาม-ตอบเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ :โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงาน, 2545 : หน้า 19-21.

Amorn Solar, 2010, 16/09/2016, ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Web site) http://amonsolar.igeweb.com/articler/458256/มารู้จักSolar-Cell-กันดีกว่า

DIY-solarcell,2015,18/09/2016,แบตเตอรี่ (Battery) (Web-site) http://www.diy-solarcell.com/สาระน่ารู้พลังงาน%20 (ความหมายของพลังงาน) แบตเตอรี่%20(Battery).html

EGAT, 2015 , 18/09/2016, เซลล์แสงอาทิตย์ (Web-site)http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm

EGAT , 2015, 18/09/2016,หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์ (Web site) http://www3.egat.co.th re/solarcell /solarcell_pg5.htm

“ Five Year Research Plan 1987-1991” National Photovoltaic Program, US Department of Energy (US DOE)

Leonics, 2016, 16/09/2016, ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ (web site) http://www.leonics.co.th /html/th/aboutpower/solar_ knowledge.php

“Policy Option to accelevate Grid-Connected PV Market” Solar 97 Conference Washington DC 1997, by Howard Wenger (hwenger@PacificEnergy.com) and Christy Herig (herigc@tcptink.nrel.gov)

“ Program Plan for 1996-2000” National Photo Voltaic Program, US Department of Energy (US DOE)

“ PV News Vol. 18/ 2 Feb. 1999” By Paul D. Maycock Editor

“Renewable Energy World” Vol.2 No.6 November 1999, James and James LTD, UK.

“Sharp Solar Cells for Terrestrial” Electrinic Components Sales Dept. Sharp Corporation Japan.

Solarcellthailand, 2013, 18/09/2016,สูตรคำนวณแบตเตอรี่ แบบบ้านๆ เข้าใจง่ายๆ(Web site)http://solarcellthailand96.com/2013/09/blog-post.html

Solarcellthailand, 2015, 17/09/2016,ระบบของ solar cell ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (Web site) http://solarcellthailand96.com/2015/05/ระบบของการผลิตไฟฟ้าของ.html

“Solar Electricity and Solar Fuels” โดย David J. Spiers Helsinki University of Technology 1989

Solar Energy for Large-Scale Generation” By Dr. Tuomo Suntola, Microchemistry Ltd. Finland

“Sustained Oderly Development and Commercialization of Grid Connected Photovoltaics: SMUD as a Case Example” By Donald E. Dsborn Sacramento Municipal district (SMUD) Draft Report

Techtron , 2015, 18/09/2016, ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ (Web site) http://www.techtron.co.th /Solarcell.htm

Techtron , 2015, 18/09/2016, อุปกรณ์ในระบบ Solar Cell (Web site) http://www.techtron.co.th/Solarcell equipment.htm

“ Trends in PV Technology Development-Future Implication” By James E. Rannel Director Office of PV and Wind Technologies,US DOE

หลักเกณฑ์และรูปแบบการส่งต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ใน
วารสารวิจัยรามคำแหง
(Ramkhamhaeng Research Journal)

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาตีพิมพ์บทความ

1. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่เคยผ่านการเผยแพร่ที่ใดมาก่อน
2. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น
3. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องเป็นบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการ คือ เกิดขึ้นจากผู้เขียนได้ทำการทดลอง สร้างสรรค์ สังเคราะห์ หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานโดยตรง หรือเป็นบทความที่เสนอถึงความคิดหรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้และมีทฤษฎีประกอบหรือสนับสนุนอย่างเพียงพอ มีประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัย
4. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่ได้ลอกเลียนหรือตัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่นหรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือปราศจากการอ้างอิงที่ถูกต้อง
5. ผู้เขียนต้องจัดเตรียมต้นฉบับตามรูปแบบตามข้อกำหนดในการส่งต้นฉบับอย่างเคร่งครัด
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 โดยให้กำกับหมายเลขยกกำลังไว้ต่อท้ายด้วย สำหรับชื่อของหน่วยงานให้พิมพ์ไว้ในส่วนของเชิงอรรถ (หน้าที่ 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 ต้นฉบับบทความที่นำส่งจะต้องถูกต้องตามหลักเกณฑ์การเขียนที่กำหนดเท่านั้น 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): หน้าที่ปรากฏบทความ. เช่น

พุทธชาติ โปธิบาล และ ธนานันท์ ตรงดี. 2541. สถานะของภาษาตากใบในภาษาถิ่น. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์. 4(2): 167-187.

ข. ภาษาอังกฤษ

ใช้เช่นเดียวกับภาษาไทย แต่ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อสกุลขึ้นก่อน, ตามด้วยตัวอักษรย่อของชื่อต้น. และวารสารใช้ชื่อตัวย่อตามเกณฑ์ที่ใช้กัน 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 อัชวรานนท์. 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), หน้าที่ปรากฏบทความ. ผู้จัดพิมพ์. สถานที่พิมพ์. เช่น

เสรี ลีลาลัย. 2542. เศรษฐกิจชาตินิยมในประเทศกำลังพัฒนาและสถานการณ์ในประเทศไทย. ใน ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ (บรรณาธิการ). 1999 จุดเปลี่ยนแห่งยุคสมัยใหม่ (หน้า 90-141). ศูนย์ศึกษาเศรษฐศาสตร์การเมือง คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

4. การอ้างอิงจากวารสารออนไลน์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่และฉบับที่พิมพ์: หน้าที่ปรากฏบทความ. 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. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

การส่งต้นฉบับ

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