ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 17 เล่มที่ 2 (Volume 17 Number 2)
กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 (July - December 2023)

วารสารวิชาการเผยแพร่ความรู้
เทคโนโลยีและส่งเสริมกิจกรรมทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ทั้งเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม
จัดทำโดย
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
Journal of Fisheries Technology Research
(J. Fish. Tech. Res.)
ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

ผู้จัดทำ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ที่ปรึกษา อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หัวหน้ากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ เสาวกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ซ่วนยุก	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงจัดทำขึ้นโดยคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม - ธันวาคม) ของทุกปี โดยมีนโยบายเพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการ ด้านเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำให้แก่องค์กรที่เกี่ยวข้องทั่วประเทศ

ติดต่อกองบรรณาธิการ
วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
โทร. 053 875 100 – 2 โทรสาร. 053 875 130
อีเมลล์: jfishtech.mju@gmail.com
เวปไซต์: http://www.fishtech.mju.ac.th/WEB/Journal_FT/main/index.php

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

Journal of Fisheries Technology Research

ปีที่ 17 **ฉบับที่** 2 **(กรกฎาคม - ธันวาคม) พ.ศ.** 2566

ISSN 1905-7393

ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงเป็นวารสารวิชาการ
และเป็นลิขสิทธิ์ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.เผยแพร่ความรู้และผลงานทางวิชาการ โดยเน้นผลงานจากการวิจัยทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ทั้งเชิงเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์

3.ส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เผยแพร่และบริการด้านวิชาการแก่สังคม

ข้อคิดเห็นที่ปรากฏและแสดงในเนื้อหาบทความต่าง ๆ ในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ถือเป็นความเห็นและความรับผิดชอบโดยตรงของผู้เขียนโดยเฉพาะ ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทรรศนะของคณะผู้จัดทำ และมิใช่ความรับผิดชอบของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้ประสงค์จะนำข้อความใด ๆ ไปพิมพ์เผยแพร่ต่อต้องได้รับอนุญาตจากวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงและผู้เขียนตามกฎหมายว่าด้วยลิขสิทธิ์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ISSBN 1905-7393 (print) และ ISSBN 2730-146X (online) เป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคมและกรกฎาคม) ของทุกปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการนำเสนอผลงานวิชาการให้กับนักวิจัย นักศึกษา บุคลากรเพื่อการเผยแพร่ข้อมูล นวัตกรรมและองค์ความรู้เชิงวิชาการระหว่างนักวิจัย นักวิชาการกับผู้ใช้ประโยชน์ทุกภาคส่วน เช่น เกษตรกร ภาคเอกชนและผู้สนใจ

วารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 17 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2566) เนื้อหาประกอบด้วยการศึกษาความแปรปรวนทางทางพันธุกรรมของประชากรปลาเลียหินซึ่งเป็นตัวแทนของปลาในแหล่งน้ำไหลในพื้นที่จังหวัดน่าน โดยใช้เครื่องหมายพันธุกรรมไมโครแซทเทลไลท์เพื่อวิเคราะห์พันธุศาสตร์ประชากร ติดตามการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพในทรัพยากรปลาท้องถิ่น จากการศึกษาพบว่าปลาเลียหินตามธรรมชาติมีจำนวนลดน้อยลงเรื่อย ๆ ทำให้คนในชุมชนเริ่มตระหนักถึงการคงอยู่ของปลาชนิดนี้ จึงเกิดงานวิจัยเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ด้วยกระบวนการวิจัยแบบชุมชนมีส่วนร่วม อย่างไรก็ตามอาหารเป็นต้นทุนการผลิตหลักของการเลี้ยงปลา มีการนำเสนอผลการใช้มันพื้นบ้านทดแทนวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารเลี้ยงปลาหมอไทย ในส่วนการจัดการแหล่งน้ำธรรมชาติ มีตัวอย่างการสำรวจชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ระบบนิเวศและคุณภาพน้ำ โครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ในนามคณะกรรมการกองบรรณาธิการฯ ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้เขียนผลงาน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาผลงาน คณะกรรมการวิชาการของคณะฯ และผู้ประสานงาน ในนามตัวแทนกองบรรณาธิการและกรรมการท่านอื่น ๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมด ตลอดจนผู้ให้การสนับสนุนจากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยผู้สนใจสามารถสืบค้นบทความวิจัยได้จากหน้าเว็บไซต์วารสารที่ http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Journal_FT หรือเว็บไซต์ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทยที่ http://tci/trf.or.th การส่งเสริมคุณภาพวารสารและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารเป็นการเพิ่มคุณค่าต่อการนำประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวิชาการและวงการวิชาชีพด้านการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

กองบรรณาธิการ

ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปลาในแหล่งน้ำไหล: กรณีศึกษาปลาเลียหิน ลำน้ำมาง จ.น่าน

Genetic variation of lotic fish: A case study of G*arra cambodgiensis* at Mang River, Nan Province

เชาวลีย์ ใจสุข[1*],จุลทรรศน์ คีรีแลง[1], อมรชัย ล้อทองคำ[1], สุภาวดี ศรีแย้ม[1], พัชรา นิธิโรจน์ภักดี[2] และดุสิต ศรีวิไล[2]

Chaowalee Jaisuk[1]*, Julatat Keereelang[1], Amornchai Lothongkham[1], Supawadee Sriyam[1], Patchara Nithirojpakdee[2] and Dusit Srivilai[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน

[2] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

[1]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan Campus, Nan, Thailand

[2]Faculty of Argo-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Chanthaburi Campus, Chanthaburi, Thailand

*Corresponding author: chaowalee2009@hotmail.com

Received: Sept 15, 2023

Revised: Fab 2, 2024

Accepted: Feb 9, 2024

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของนิเวศแหล่งน้ำส่งผลต่อปลาท้องถิ่น การศึกษานี้ให้ความสนใจระดับความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปลาท้องถิ่นในแหล่งน้ำไหล โดยศึกษาในปลาเลียหินเนื่องจากแพร่กระจายกว้าง พบได้เกือบทุกลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน มีชีววิทยาคล้ายกับปลาท้องถิ่นหลายชนิด เพื่อเป็นตัวแทนในการสร้างความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพันธุกรรมของปลา ได้ศึกษาปลาเลียหินในลำน้ำมาง จากไมโครแซทเทลไลท์ 6 ตำแหน่ง ได้แก่ GC203, Gar3, Gar6, Gar13, JQSO และ HOLN กลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวง (N = 20) และบ้านวังปะ (N = 16) ผลพบว่าปลาเลียหินมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง มีค่าเฉลี่ยดังนี้ ค่า A 9.67±3.35, 8.17±1.86 ค่า A_e 5.13±2.75, 5.28±2.65 ค่า A_r 8.88±3.03, 8.17±1.86 ค่า H_o 0.64±0.14, 0.58±0.17 ค่า H_e 0.75±0.11, 0.75±0.14 การไม่อยู่ในสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ของกลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวงพบที่ตำแหน่ง JQSO ส่วนกลุ่มตัวอย่างบ้านวังปะพบที่ JQSO และ HOLN ผลรวมทุกตำแหน่งทั้ง 2 กลุ่มไม่อยู่ในสมดุล กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 มี N_e จำนวนมาก ไม่พบสภาวะคอขวด พบความต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่ม มีการปะปนทางพันธุกรรมระหว่างทั้ง 2 กลุ่มอาจเป็นผลมาจากกระแสน้ำพัดพาพ่อแม่พันธุ์และไข่ปลาที่เป็นแบบครึ่งจมครึ่งลอยแพร่กระจายไปได้ตลอดลำน้ำ ข้อมูลวิจัยนี้สร้างความเข้าใจถึงกระบวนการทางธรรมชาติต่อระดับพันธุกรรม ทั้งนี้เพื่อการสร้างความเข้าใจกับปลาท้องถิ่นให้ครอบคลุมมากขึ้นควรศึกษาพันธุกรรมของปลาท้องถิ่นที่มีชีววิทยาที่ต่างจากปลาเลียหินเพื่อการประเมินระดับพันธุกรรมของปลาชนิดต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ปลาเลียหิน, พันธุกรรม, ไมโครแซทเทลไลท์, ลำน้ำว้า, แม่น้ำน่าน

Abstract

Changes in the aquatic ecosystem have an impact on local fish. This study focuses on the genetic variability of lotic fish, with a specific focus on *Garra cambodgiensis*. This species is widely distributed and can be found in nearly all tributaries of the Nan River, and its biological similarities to various local fish species. It serves as a representative species to understand the genetic changes resulting from various environmental alterations. The *G. cambodgiensis* in the Mang River was studied using six microsatellite loci (GC203, Gar3, Gar6, Gar13, JQSO, and HOLN) in sample groups from Ban Bo Luang (N =20) and Ban Wang Pa (N =16). The findings indicated that *G. cambodgiensis* exhibited a high level of genetic diversity, with the following average values: A 9.67±3.35, 8.17±1.86, A_e 5.13±2.75, 5.28±2.65, A_r 8.88±3.03, 8.17±1.86, H_o 0.64±0.14, 0.58±0.17, H_e 0.75±0.11, 0.75±0.14. The Hardy-Weinberg equilibrium test also revealed deviations at loci JQSO for the Ban Bo Luang, and JQSO and HOLN for the Ban Wang Pa. The sum of all loci showed significant deviation from Hardy-Weinberg equilibrium. The sample groups had a high effective population size (N_e), and no bottlenecks were detected. Genetic differences were found between the two sample groups, and there was genetic admixture between both groups. This could be attributed to the influence of discharge, contributing to the movement of broodstock, and the presence of semi-buoyant eggs that can disperse downstream, playing a role in the observed genetic distribution. This information enhanced our understanding of natural genetic processes. For a more comprehensive understanding of local fish species, it is recommended to investigate the genetic diversity of local fish species, which have distinct biology from *G. cambodgiensis*, in order to assess their genetic diversity more effectively.

Key words: *Garra cambodgiensis*, Genetic, Microsatellite, Wa River, Nan River

บทนำ

ด้วยการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศแหล่งน้ำทั้งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ล้วนมีผลกระทบต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม (Osathanunkul and Suwannapoom, 2023) ระบบนิเวศมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างสลับซับซ้อนระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิต ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่และปัจจัยต่าง ๆ มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำโดยมีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน รวมถึงการแพร่กระจายของปลามีความสัมพันธ์กับนิเวศวิทยาและวิวัฒนาการของปลาแต่ละชนิด ระบบนิเวศที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อแบบแผนการแพร่กระจาย เช่น ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตมีหลายปัจจัย แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปริมาณการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำในแหล่งน้ำ อุณหภูมิ มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำ การเจริญเติบโตและการพัฒนาของปลา กระแสน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้าย การพัดพาไข่และตัวอ่อนของสัตว์ไปยังแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสม สภาพพื้นท้องน้ำเป็นปัจจัยจำกัดที่มีความสำคัญต่อการเลือกแหล่งที่อยู่

ของปลา การเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ โดยความหลากหลายทางชีวภาพมีความหมายถึงความหลากหลาย 3 ระดับ คือ 1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ที่สำคัญ ได้แก่ ความแตกต่างของยีน (genotypic heterozygosity) และการมีรูปร่างสัณฐานหลายแบบ (polymorphism) 2. ความหลากหลายของชนิด (species diversity) ซึ่งรวมจำนวนชนิด (richness) และความเท่าเทียมหรือความสม่ำเสมอของชนิด (equitability or evenness) และ 3. ความหลากหลายทางนิเวศวิทยา (ecology diversity) คือ การมีระบบนิเวศหรือแหล่งที่อยู่อาศัยลักษณะต่างกันปะปนกัน มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันหรือการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงเวลา (Khotchasenee, 2010)

การศึกษานี้ให้ความสนใจในระดับความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยมีชนิดปลาแหล่งน้ำไหลที่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมในการศึกษา คือ ปลาเลียหิน (*Garra cambodgiensis*, Tirant, 1884) เนื่องจากปลาชนิดนี้แพร่กระจายกว้าง พบได้เกือบทุกลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน มีชีววิทยาคล้ายกับปลาท้องถิ่นหลายชนิด นอกจากนี้ปลาเลียหินยังเป็นปลาที่ถูกทำการประมงมากจนเกินกว่าธรรมชาติจะผลิตขึ้นทดแทนได้ทัน (overfishing) (Osathanunkul and Suwannapoom, 2023) ปลาชนิดนี้มีการกระจายพันธุ์ในลุ่มแม่น้ำโขงในมณฑลยูนาน ลาว ไทย กัมพูชา ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ลุ่มแม่น้ำในภาคใต้ของไทยและประเทศมาเลเซีย สำหรับจังหวัดน่านปลาชนิดนี้พบได้ทุกลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน จากการสำรวจพันธุ์ปลาในแม่น้ำน่านตอนบนทั้งหมด 30 สถานี พบปลาเลียหินถึง 23 สถานี และนอกจากนั้นยังพบว่าปลาเลียหินมีแหล่งอาศัยร่วมหรือใกล้เคียงกับปลาท้องถิ่นชนิดอื่น ๆ ร้อยละ 80 ชนิด (Lothongkum, 2008) แสดงถึงปลาเลียหินมีแหล่งอาศัยที่สอดคล้องกับปลาท้องถิ่นหลายชนิด และนอกจากนี้ปลาชนิดนี้ยังมีพฤติกรรมการอพยพย้ายถิ่นไปยังอาศัยที่เหมาะสมเช่นเดียวกับที่พบใน กลุ่มปลาตะเพียน และกลุ่ม catfish (Mekong River Commission, 2006) ปลาเลียหินอาศัยในบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลเร็วถึงเชี่ยว น้ำที่มีความใสและเย็น พื้นท้องน้ำเป็นก้อนหินขนาดเล็กและมีสาหร่ายเกาะติด มีฤดูกาลผสมพันธุ์วางไข่ในช่วงเดือนเมษายน - มิถุนายน ไข่แบบครึ่งจมครึ่งลอย ไข่มีประมาณ 4,000 ฟองต่อแม่ ปลาเลียหินจะพบได้ในแหล่งน้ำที่สะอาดจัดได้ว่าเป็นปลาชนิดที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำได้ (Lothongkum, 2008) นอกจากปลาเลียหินจะมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำแล้วยังมีมูลค่าทางเศรษฐกิจและคุณค่าทางวัฒนธรรมการกินของประชาชนจังหวัดน่าน โดยมีความนิยมในการบริโภคปลาชนิดนี้ในฤดูกาลวางไข่ส่งผลให้ปลาเลียหินในธรรมชาติมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการอนุรักษ์

การศึกษาเพื่อทราบข้อมูลระดับพันธุกรรมจะช่วยอธิบายถึงชีวประวัติของปลาเลียหินที่คล้ายกับปลาท้องถิ่นชนิดอื่น ๆ จะช่วยสร้างความเข้าใจถึงโครงสร้างประชากร พลวัตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากสภาพพื้นที่ มีการศึกษาวิจัยที่ได้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศหรือแหล่งที่อยู่อาศัยของปลาที่ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อปลา Neville *et al*. (2006) พบว่าคุณภาพระบบนิเวศแหล่งน้ำมีคุณภาพดีมีความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติจะมีปลาเข้าไปอยู่อาศัยจำนวนมาก ในทางกลับกันหากพื้นที่โดยรอบมีสารปนเปื้อนไหลลงสู่แหล่งน้ำคุณภาพแหล่งน้ำในบริเวณดังกล่าวอาจจัดได้ว่ามีคุณภาพไม่ดี ไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของปลา (Waits *et al*., 2008) ดังที่พบในการศึกษาของ Altinok *et al*. (2006) ปลา rainbow trout ที่ได้รับพิษจากสาร methiocarb ซึ่งเป็นองค์ประกอบในยาฆ่าแมลง มีการตายร้อยละ 50 ในระยะเวลา 24 และ 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 5.43 และ 4.82 mg/L Arcand-Hoy and Benson

(1998) พบการปนเปื้อนของสารเคมีในน้ำและตัวปลาส่งผลลดประสิทธิภาพการสืบพันธุ์และอัตรารอดของตัวอ่อน การเปลี่ยนแปลงของสภาพแหล่งที่อยู่อาศัยส่งผลต่อความชุกชุมของปลาในบริเวณดังกล่าวและได้พบหลักฐานจากการศึกษาข้อมูลระดับพันธุกรรมดังการศึกษาของ Neville *et al*. (2006) ปลา Lahontan cutthroat (*Oncorhychus clarkia* henshawi) บริเวณ Great Basin desert ทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกา ปลาในบริเวณที่มีคุณภาพของแหล่งที่อยู่ที่มีคุณภาพดีมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง ซึ่งนอกจากคุณภาพขนาดแหล่งที่อยู่ (Habitat size) มีผลต่อระดับพันธุกรรม Neville *et al*. (2009) ทำการศึกษาจากปลาเทร้า พบว่าขนาดของพื้นที่มีผลต่อความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความหลากหลายของแอลลีล (allelic richness; A_r) และ expected heterozygosity (H_e) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย A_r และ H_e เพิ่มขึ้นเมื่อขนาดแหล่งที่อยู่ใหญ่ขึ้น

ดังนั้นการเข้าใจถึงผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อทรัพยากรปลาท้องถิ่นในระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมจะเป็นประโยชน์ต่อความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลง การวางแผนเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเพื่อคงความหลากหลายทางพันธุกรรมหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความแปรปรวนทางทางพันธุกรรมของประชากรปลาเลียหินซึ่งเป็นตัวแทนของปลาในแหล่งน้ำไหลในพื้นที่จังหวัดน่าน โดยใช้เครื่องหมายพันธุกรรมไมโครแซทเทลไลท์ซึ่งเป็นเครื่องหมายที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์พันธุศาสตร์ประชากร เพื่อทราบถึงระดับพันธุกรรม การตรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพในระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมในทรัพยากรปลาท้องถิ่นเพื่อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการทรัพยากรต่อไปได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

รวบรวมตัวอย่างปลาเลียหินจากลำน้ำมาง ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำว้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน จำนวน 2 บริเวณ ได้แก่ ลำน้ำมางบริเวณบ้านบ่อหลวง (Ban Bo Luang) พิกัด 726178E, 2117990N พื้นที่โดยรอบเป็นที่ตั้งของชุมชน และบ้านวังปะ (Ban Wang Pa) พิกัด 728209E, 2108420N พื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่ป่า จุดรวบรวมตัวอย่างทั้ง 2 จุดมีระยะทางห่างกัน 15 กิโลเมตร จับปลาด้วยแห ใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำจับตัวปลาเพื่อไม่ให้ดิ้น สลบปลาด้วยน้ำมันกานพลูแล้วจึงตัดครีบหางปลาขนาด 0.5 เซนติเมตร หลังจากตัดครีบหางจะทายาโพวิโดนไอโอดีนก่อนปล่อยคืนสู่แหล่งน้ำในบริเวณเดิม เก็บรักษาตัวอย่างครีบหางในแอลกอฮอล์ 95% ก่อนนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

สกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี Salt extraction ดัดแปลงจากวิธีของ Aljanabi and Martinez (1997) ตรวจสอบปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเลคโตรโฟรีซิสบนอะกาโรสเจล 1% โดยเปรียบเทียบกับดีเอ็นมาตรฐาน (λDNA) ปริมาณ 100, 300 และ 500 ng แล้วคำนวณความเข้มข้นของดีเอ็นโดยเปรียบเทียบกับความเข้มแสงของดีเอ็นเอมาตรฐานกับตัวอย่างด้วยเครื่องอิเล็กโตรโฟรีซีสแบบนอน (BIO-RAD SubcellGT, Italy) และผ่านกระแสไฟฟ้า 70 โวลท์ เป็นเวลาประมาณ 45 นาที หลังจากนั้นนำแผ่นเจลมาย้อมด้วยสีย้อมดีเอ็นเอ

(FluoroVue Nucleic Acid Gel Stain, SMOBIO, Malaysia) เพิ่มจำนวนดีเอ็นเอโดยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction; PCR) โดยเครื่อง Thermal cycle (BioRad, MJ Mini Cycler, Italy) ด้วยไมโครแซทเทลไลท์ 6 ตำแหน่งที่ได้มีการติดแถบสีฟลูโอเรสเซนส์ ได้แก่ GC203 (Jaisuk *et al*., 2014a), GAR3, GAR6, GAR13 (Su *et al*., 2013), JQSO และ HOLN (Kirchner *et al*., 2014) (Table 1) สารละลายพีซีอาร์ 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วย ดีเอ็นเอต้นแบบ 1 ไมโครลิตร (ความเข้มข้นประมาณ 10 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร, สารละลายพีซีอาร์ (i-taq PCR Master mix Solution, iNtRON BIOTECHNOLOGY, Gyeonggi-do, เกาหลีใต้) 5 ไมโครลิตร, ไพรเมอร์ Forward และ Reverse อย่างละ 0.2 ไมโครโมล ปฏิกิริยาประกอบด้วย อุณหภูมิที่ทำให้สายดีเอ็นเอแยกออกจากกัน (initial denaturation) 94 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที จำนวน 1 รอบ เพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วย denaturation อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที annealing อุณหภูมิที่ไพร์เมอร์มาเกาะกับสายดีเอ็นเอตั้งต้น (annealing temperature; T_a) 54-60 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และอุณหภูมิที่ Taq Polymerase สร้างดีเอ็นเอเส้นใหม่ (extension temperature) 72 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที จำนวน 40 รอบ จากนั้นเป็นอุณหภูมิ final extension 72 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จำนวน 1 รอบ (Table 2) ตรวจสอบ PCR product โดยนำสารละลายพีซีอาร์มาแยกขนาดดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซีสผ่านพอลิอะคริลาไมด์เจล 6 เปอร์เซ็นต์ ใช้เครื่องแยกสารพันธุกรรมด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดแนวตั้ง (Mini PROTEAN®Tetra Cell, BIO-RAD) (Figure 1) นำส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์จีโนไทป์ โดยบริษัท Ward Medic, ประเทศไทย หลังจากนั้นนำข้อมูลจีโนไทป์มาตรวจสอบขนาดดีเอ็นเอด้วยโปรแกรม Peak Scanner Software v1.0 บันทึกข้อมูลจีโนไทป์ของตัวอย่างที่แต่ละตำแหน่งโมโครแซทเทลไลท์

Table 1 Descriptions of primer sequences, fluorescent labelling, and annealing temperature (T_a) (^{o}C) of microsatellite loci analyzed in this study.

Locus name	Primer sequences 5′----> 3′	Fluorescent labelling	T_a (°C)	Ref.
GC203	F : GTTCTCCAGGTGTGGATTTCTC R : AACATACACTCACAGTTTGGCCT	VIC	58	(Jaisuk *et al*., 2014a)
Gar3	F : ATTACTGATGCTCCCG R : GTTGCTGCTCTTGTCC	FAM	58	(Su *et al*., 2013)
Gar6	F : GCTTTACCTCCATCGC R : GTCACTCCACCAACCC	HEX	58	
Gar13	F : ACTCACGCAGACTCGC R : GACTACAGAAATAGGGTT	FAM	58	
JQSO	F : TTGGCTGGAGCGATGGCTG R : AGGGCTACATCACAGACTCAC	HEX	54	(Kirchner *et al*., 2014)
HOLN	F : ACTGCGCTCGTACCCTATG R : CAGCAGCCGGTAAATAGCTG	FAM	60	

Table 2 Temperature profile of the polymerase chain reaction (PCR) used in this study.

Step	Temperature (°C)	Time	Cycle
Initial denaturation	94	2 min	1
Denaturation	94	30 s	
Annealing	54-60	30 s	40 cycles
Extension	72	30 s	
Final extension	72	5 min	1

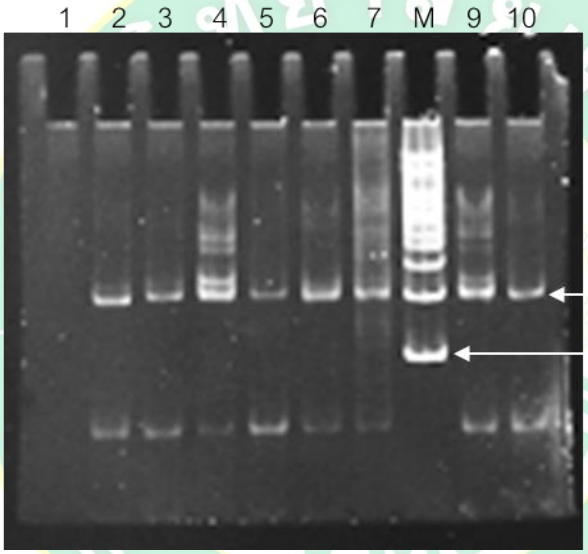


Figure 1 PCR product of locus GC203, lane 1: blank; 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 9, 10: Sample, 8: DNA Standard 100 bp

การวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรจากค่าจำนวนแอลลีลต่อตำแหน่งค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี้ โดยโปรแกรม GenAlEx version 6.1 (Peakall and Smouse, 2006) ค่า allelic richness (A_r) จากโปรแกรม FSTAT version 2.9.3 (Goudet, 2001) ทดสอบการเบี่ยงเบนจากสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก โดยการประเมินค่า exact p-value ด้วยวิธี markov chain ตามวิธีของ Guo and Thompson (1992) ด้วยโปรแกรม GENEPOP version 4 (Rousset, 2008) ปรับระดับความน่าจะเป็น (p-value) วิเคราะห์ซ้ำหลายครั้ง (multiple test) ด้วย Bonferroni correction (Rice, 1989) ประเมินจำนวน effective population size (N_e) โดยโปรแกรม NeEstimator version 2.01 (Do *et al*., 2014) ทดสอบสภาวะคอขวดในกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม Bottleneck version 1.2.02 (Piry *et al*., 1999) ทดสอบความแตกต่างของระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมจากค่า allelic richness (A_r) โดยการทดสอบ Mann-Whitney U

ประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมระหว่างประชากรเทียบกับความแปรปรวนภายในประชากร ทดสอบค่าสถิติ ΦST ระหว่างคู่ตัวอย่าง โดยโปรแกรม ARLEQUIN version 3.11 (Excoffier *et al*., 2005) ค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) โดยโปรแกรม GenAlEx version 6.1 (Peakall and Smouse, 2006)

วิเคราะห์การจัดกลุ่มและการถ่ายเทยีนด้วยโปรแกรม Structure 2.3.4 (Pritchard *et al*., 2000) จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์การเป็นสมาชิกของแต่ละตัวอย่างในแต่ละกลุ่มโดยโปรแกรม Pophelper R v.1.0.10 (Francis, 2017)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ความหลากหลายภายในประชากรของกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ทั้ง 6 ตำแหน่ง ที่ใช้ในการศึกษานี้มีสภาวะหลากรูปแบบในทั้งสองประชากร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดถึงสูงสุดในแต่ละประชากรที่แต่ละตำแหน่งไมโครแซทเทลไลท์ ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวงจำนวนตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง บ้านวังปะ 16 ตัวอย่าง ความหลากหลายทางพันธุกรรมที่พบในกลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวงและค่าเฉลี่ย มีค่าดังนี้ *A* มีค่าเป็น 4.00 (Gar3)-13.00 (Gar6 และ Gar13) และมีค่าเฉลี่ย 9.67±3.35 แอลลีล ค่า A_e 2.69 (Gar3)-9.41 (Gar6) ค่าเฉลี่ย 5.13±2.75 ค่า A_r 3.80 (Gar3)-12.25 (Gar6) ค่าเฉลี่ย 8.88±3.03 แอลลีล ค่า H_o 0.40 (JQSO)-0.85 (Gar3) ค่าเฉลี่ย 0.64±0.14 ค่า H_e 0.60 (Gar13)-0.89 (Gar6) ค่าเฉลี่ย 0.75±0.11 และพบค่า F_{is} ที่แสดงถึงการออกจากสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กที่ตำแหน่ง JQSO โดยพบมีค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี้จากการคาดหมาย (H_e) มากกว่าค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี้จากการสังเกต (H_o) แสดงว่าสัดส่วน ของ heterozygosity ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และโดยรวมแล้วทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างออกจากสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Table 3)

ความหลากหลายทางพันธุกรรมที่พบในกลุ่มตัวอย่างบ้านวังปะและค่าเฉลี่ย มีค่าดังนี้ *A* มีค่าเป็น 5.00 (Gar13)-11.00 (Gar6) และมีค่าเฉลี่ย 8.17±1.86 แอลลีล ค่า A_e 1.85 (Gar13)-10.24 (Gar6) ค่าเฉลี่ย 5.28±2.65 ค่า A_r 5.00 (Gar13)-11.00 (Gar6) ค่าเฉลี่ย 8.17±1.86 แอลลีล ค่า H_o 0.25 (JQSO)-0.81 (GC203) ค่าเฉลี่ย 0.58±0.17 ค่า H_e 0.46 (Gar13)-0.90 (Gar6) ค่าเฉลี่ย 0.75±0.14 และพบค่า F_{is} ที่แสดงถึงการออกจากสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ที่ตำแหน่ง JQSO และ HOLN โดยพบมีค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี้จากการคาดหมาย (H_e) มากกว่าค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี้จากการสังเกต (H_o) แสดงว่าสัดส่วนของ heterozygosity ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (heterozygosity deficit) (Table 3) ผลการทดสอบความแตกต่างของระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมจากค่า allelic richness (A_r) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวงกับบ้านวังปะ ($p>0.05$)

การพบค่า F_{is} ของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างที่แสดงถึงในกลุ่มประชากรมีค่าเฮทเทอโรไซโกตน้อยกว่าที่ควรจะเป็น และจากค่า Fixation index (F_{is}) ที่มีค่าเฉลี่ยเป็นบวก (บ้านบ่อหลวง F_{is} =0.12±0.25 และบ้านวังปะ F_{is} =0.19±0.28 แสดงถึงมีการรวมกันของประชากรที่มีความถี่แอลลีลต่างกัน (Wahlund effect) (Hedrick, 2011) การประเมินจำนวน effective population size (N_e) พบกลุ่มตัวอย่างบริเวณบ้านบ่อหลวงมีจำนวน 269.9 (มีค่าอยู่ระหว่าง 34.8 - Infinite) กลุ่มตัวอย่างบ้านวังปะมีมากเกินการประมาณได้ (Infinite) (มีค่าอยู่ระหว่าง

34.0 - Infinite) และจากการทดสอบสภาวะคอขวดในกลุ่มตัวอย่างไม่พบการมีสภาวะคอขวดในทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง (Table 4)

จากผลการศึกษาที่พบว่าระดับความหลากหลายภายในของปลาเลียหินทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างมีระดับความหลากหลาย (ค่า A_r) ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้แม้ว่าจากสภาพพื้นที่โดยรอบบริเวณของลำน้ำทั้ง 2 บริเวณจะมีสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไปแต่มีข้อสังเกตที่จำนวน N_e ของกลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวงที่มีจำนวน 269.99 ตัว ในขณะที่บ้านวังปะมีมากเกินการประเมินได้ จึงมีข้อพิจารณาถึงโอกาสที่จะมีผลของสภาพพื้นที่ที่มีผลต่อระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างบ้านบ่อหลวงซึ่งพื้นที่โดยรอบเป็นแหล่งที่ตั้งของชุมชนในขณะที่พื้นที่บ้านวังปะเป็นพื้นที่ป่า เนื่องจากมีการพบว่าหากพื้นที่แหล่งอาศัย แหล่งอาหารถูกรบกวน อาจส่งผลต่อคุณภาพแหล่งที่อยู่และจะมีผลต่อระดับพันธุกรรมของปลา เช่น Neville *et al*. (2009) พบว่าขนาดและคุณภาพของแหล่งที่อยู่มีผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลาเทร้า (Lahontan cutthroat trout) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า A_r และ H_e เพิ่มขึ้นเมื่อขนาดแหล่งที่อยู่ใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตามจากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปัจจุบันปลาเลียหินที่ศึกษาในการศึกษานี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างสูง ใกล้เคียงกับความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลาเลียหินในบริเวณลำน้ำอื่น ๆ ในพื้นที่จังหวัดน่าน เช่น Jaisuk *et al*. (2014a) พบว่าปลาเลียหิน บริเวณห้วยก๊ัวะ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน จากไมโครแซทเทลไลท์ 3 ตำแหน่ง พบปลาเลียหินมี A 4-7 แอลลีล, ค่า H_o 0.750 - 0.893, ค่า H_e 0.715 - 0.827 Jaisuk *et al*. (2014b) ศึกษาปลาเลียหินจากบริเวณลำน้ำกอน อำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน จากไมโครแซทเทลไลท์ 5 ตำแหน่ง พบมีค่า A 6.00 - 10.40, ค่า A_r 5.90-8.66, ค่า A_e 3.91 - 6.66, ค่า H_o 0.56 - 0.67, ค่า H_e 0.73 - 0.83 และ Jaisuk *et al*. (2021) ศึกษาปลาเลียหินลำน้ำย่าง อำเภอปัว จังหวัดน่าน จากการรวบรวมตัวอย่าง 3 บริเวณตลอดลำน้ำย่าง จากไมโครแซทเทลไลท์ 5 ตำแหน่ง พบมีค่าเฉลี่ยเป็น *A* เท่ากับ 12.33±0.57 ค่า A_e 7.14±0.40 ค่า A_r 10.54±3.40 ค่า H_o 0.63±0.04 และค่า H_e 0.85±0.01 การพบระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างสูง จำนวน N_e ที่มีจำนวนมากและไม่พบสภาวะคอขวด แสดงถึงปลาเลียหินในลำน้ำมาง (ลำน้ำสาขาลำน้ำว้า) มีความหลากหลายทางพันธุกรรม อาจจะเป็นผลมาจากปลาเลียหินเป็นปลาชนิดที่มีการแพร่กระจายกว้าง การผสมพันธุ์วางไข่เกิดขึ้นในช่วงฤดูน้ำหลากโดยกระแสน้ำจะพัดพาพ่อ แม่พันธุ์ปลาไปยังลำห้วยเล็ก ๆ หรือบริเวณนาข้าว ซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีการผสมพันธุ์วางไข่และประกอบกับปลาเลียหินมีไข่แบบครึ่งจมครึ่งลอยกระแสน้ำมีผลในการทำให้ไข่ปลาหรือตัวอ่อนแพร่กระจายไปทั่วลำน้ำได้ (Jaisuk *et al*., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับการพบทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างออกจากสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก โดยมีค่า F_{is} มีค่าเป็นบวก ซึ่งการพบ $H_e > H_o$ แสดงว่าสัดส่วนของเฮตเทอโรไซกัสต่ำกว่าที่ควรจะเป็น อาจเกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างเครือญาติ การปะปนกันของประชากร 2 ประชากร การไหลหลากของน้ำในแหล่งน้ำไหลส่งผลต่อการเพิ่มความหลากหลายของระดับพันธุกรรมพบได้เช่นเดียวกับการศึกษาของ Barson *et al*. (2009) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำในฤดูน้ำหลากเพิ่มโอกาสให้ปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) ถูกพัดพาหรือว่ายน้ำข้ามผ่านสิ่งกีดขวางปลาเกิดการแพร่กระจาย ปลาในบริเวณที่มีการแพร่กระจายสูงมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่าบริเวณที่มีการแพร่กระจายน้อย

Table 3 Allelic variability at 6 microsatellite loci of *Garra cambodgiensis* in the Mang River

Population		Gar3	Gar6	Gar13	GC203	HOLN	JQSO	ค่าเฉลี่ย ± SD
Ban Boluang	*N*	20	20	20	20	20	20	20
	A	4.00	13.00	13.00	12.00	9.00	7.00	9.67±3.35
	A_e	2.69	9.41	2.47	8.42	3.72	4.04	5.13±2.75
	A_r	3.80	12.25	10.99	11.45	8.52	6.27	8.88±3.03
	H_o	0.85	0.70	0.60	0.70	0.60	0.40	0.64±0.14
	H_e	0.63	0.89	0.60	0.88	0.73	0.75	0.75±0.11
	F_{is}	-0.35	0.22	-0.01	0.21	0.18	0.47	0.12±0.25
Ban Wang Pa	*N*	16	16	16	16	16	16	16
	A	7.00	11.00	5.00	9.00	9.00	8.00	8.17±1.86
	A_e	3.48	10.24	1.85	6.65	4.79	4.66	5.28±2.65
	A_r	7.00	11.00	5.00	9.00	9.00	8.00	8.17±1.86
	H_o	0.63	0.63	0.56	0.81	0.63	0.25	0.58±0.17
	H_e	0.71	0.90	0.46	0.85	0.79	0.79	0.75±0.14
	F_{is}	0.12	0.31	-0.23	0.04	0.21	0.68	0.19±0.28

Note: sample size (*N*), number of alleles per locus (*A*), effective number of alleles (A_e), allelic richness (A_r), observed heterozygosity (H_o), expected heterozygosity (H_e), fixation index (F_{is}); F_{is} values and probability of significant deviation from Hardy-Weinberg equilibrium (*P*) are given for each population and locus. Values underlined indicate statistical significance, $P < 0.0042$, after Bonferroni correction = 0.05/ 12.

Table 4 Estimates and 95% confidence intervals of contemporary effective population size (N_e) and the detection of bottlenecks based on Wilcoxon's test for 2 population samples at 6 microsatellite loci.

Samples	Effective population size			Bottleneck test
	Based on linkage disequilibrium			
	95% Confidence intervals			
	N_e	Lower bound	Upper bound	TPM (*P*-value)
Ban Bo Luang	269.9	34.8	infinite	0.843
Ban Wang Pa	Infinite	34.0	infinite	0.562

ความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากร

ปลาเลียหินทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างทางพันธุกรรม (ค่า Global F_{ST} = 0.04890) การทดสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรม AMOVA พบว่า 4.89 % ของความแปรปรวนเกิดจากความแตกต่างระหว่างประชากร และ 95.11 % ของความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างสมาชิกในประชากร สำหรับการทดสอบระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0.279

ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการถ่ายเทยีนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าสมาชิกของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีการปะปนในระดับพันธุกรรมแสดงถึงมีการถ่ายยีนระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากแถบสีแนวตั้งในแต่ละตัวอย่างของแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยพันธุกรรมของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างและการทดสอบการจัดกลุ่มเป็น 2 (K=2) (Figure 2) แสดงถึงปลาเลียหินทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างนี้อาจมีการปะปนและถ่ายเทยีนระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ยังมีความต่างทางพันธุกรรมระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม

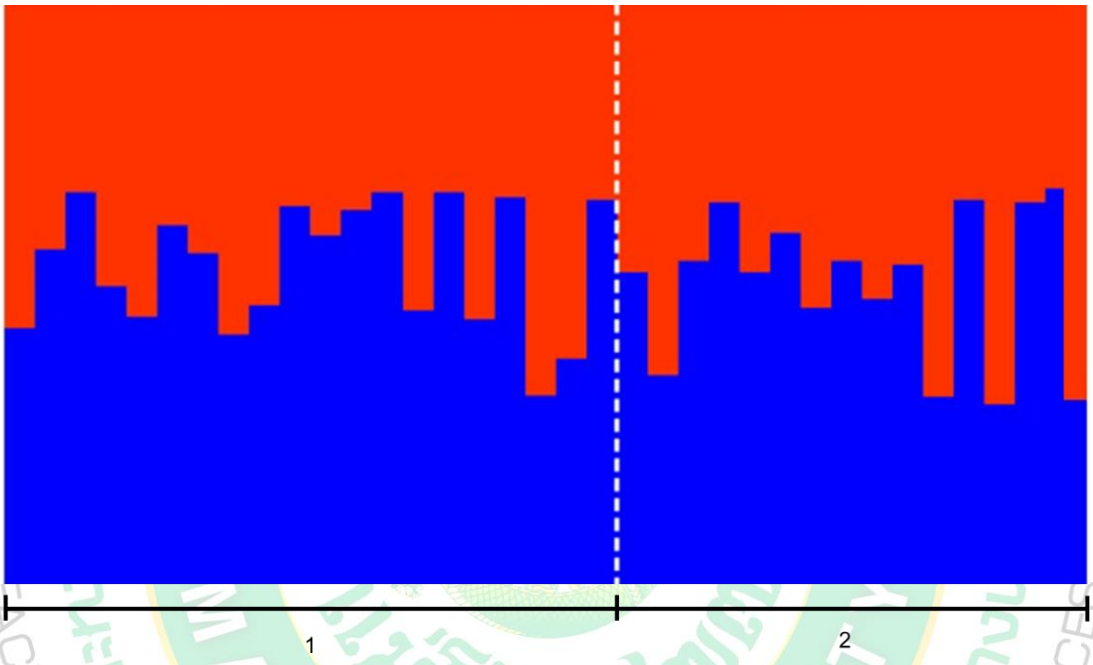


Figure 2 Bar plot of membership coefficients of individuals assigned to genetic clusters (K = 2).

บทสรุป

การศึกษาถึงความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปลาเลียหินในลำมาง (ลำน้ำสาขาของลำน้ำว้า) อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน จากเครื่องหมายพันธุกรรมไมโครแซทเทลไลท์ จำนวน 6 ตำแหน่ง สรุปได้ดังนี้ เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีสภาวะหลากรูปแบบ (polymorphic) เหมาะสมต่อการใช้ในการศึกษาพันธุกรรมในปลาเลียหิน สำหรับระดับพันธุกรรมพบว่าปลาเลียหินในลำน้ำมางมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง มี N_e จำนวนมาก ไม่พบสภาวะคอขวด มีการปะปนทางพันธุกรรมระหว่างทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากแหล่งที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำไหลที่มีผลในการพัดพาพ่อ แม่พันธุ์ ไข่ ลูกปลา ประกอบกับชนิดของไข่ปลาที่เป็นแบบครึ่งจมครึ่งลอยที่กระแสน้ำมีผลในการทำให้เกิดการแพร่กระจายไปได้ตลอดลำน้ำ แต่ยังคงพบความต่างทางพันธุกรรมระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

การศึกษานี้แสดงข้อมูลระดับพันธุกรรมของปลาเลียหินในระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นถึงระดับพันธุกรรมที่ค่อนข้างหลากหลายในปลาเลียหิน ทั้งนี้ระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมและการปะปนกันทางพันธุกรรมของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาอาจเป็นผลมาจากลักษณะของระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ไหลที่มีการไหลหลากของมวลน้ำที่มีส่วนส่งเสริมการแพร่กระจายของปลา ประกอบกับชนิดไข่ของปลาชนิดนี้เป็นไข่ครึ่งจมครึ่งลอยการแพร่กระจายเกิดขึ้นได้ดี ข้อมูลนี้สร้างความเข้าใจถึงกระบวนการทางธรรมชาติต่อระดับพันธุกรรม ดังนั้นจึงอาจคาดการณ์ได้ว่าปลาชนิดอื่น ๆ ที่มีชีววิทยาคล้ายกับปลาเลียหินจะมีระดับพันธุกรรมที่สูงได้เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อการสร้างความเข้าใจกับปลาท้องถิ่นให้ครอบคลุมมากขึ้นควรศึกษาระดับพันธุกรรมของปลาท้องถิ่นที่มีชีววิทยาที่ต่างจากปลาเลียหิน เช่น ปลาที่มีไข่แบบชนิดจม ปลาที่มีความจำเพาะต่อแหล่งที่อยู่เพื่อสร้างความเข้าใจและประเมินระดับพันธุกรรมของปลาชนิดต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์และครุภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

เอกสารอ้างอิง

Aljanabi, S.M. and Martinez I. 1997. Universal and rapid salt-extraction of high-quality genomic DNA for PCR-based techniques. Nucleic Acids Research. 25: 4692 - 4693.

Altinok, I., Capkin, E., Karahan, S. and Boran, M. 2006. Effects of water quality and fish size on toxicity of methiocarb, a carbamate pesticide, to rainbow trout. Environmental Toxicology and Pharmacology. 22: 20 - 26.

Arcand-Hoy, D.L. and Benson, H.W. 1998. Fish reproduction: An ecologically relevant indicator of endocrine disruption. Environmental Toxicology and Chemistry. 17(1): 49 - 57.

Barson, N.J., Cable, J. and Van Oosterhout, C. 2009. Population genetic analysis of microsatellite variation of guppies (*Poecilia reticulata*) in Trinidad and Tobago: evidence for a dynamic source-sink metapopulation structure, founder events and population bottlenecks. Evolution Biology. 22: 485-497.

Do, C., Waples, R.S., Peel, D., Macbeth, G.M., Tillett, B.J. and Ovenden, J.R. 2014. NeEstimator v2: reimplementation of software for the estimation of contemporary effective population size (N_e) from genetic data. Molecular Ecology Resources. 14: 209 - 214.

Excoffier, L., Laval, G., and Schneider, S. 2005. Arlequin (version 3.0): An integrated software package for population genetics data analysis. Evolutionary Bioinformatics Online. 47 - 50.

Francis, R.M. 2017. POPHELPER: an R package and web app to analyse and visualize population structure. Molecular Ecology Resources. 17(1): 27 - 32.

Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indice (version2.9.3). (Computer software). University of Lausanne, Switzerland [online] available from http://www.unilch/izea/softwares/fstathtml

Guo, S.W. and Thompson, E.A. 1992. Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportions for multiple alleles. Biometrics. 48: 361 - 372.

Hedrick, W. P. 2011. Genetics of Populations. Jones and Barttett Publishers, Massachusetts. USA. 675 p.

Jaisuk, C., Lothongkum, A., Keereelang, J. and Sriyam, S. 2014a. Development of microsatellite primers for genetic diversity assessment of local fishes in Nan River. Rajabhat journal of science, humanities & social sciences. 15(2): 12 - 22. [in Thai]

Jaisuk, C., Lothongkum, A. and Wongsongkram, M. 2014b. Evaluation of genetic variation of wild population *Garra cambodgiensis* in Kon River (tributary of Nan River) using microsatellite DNA markers for management and conservation. Research report. Rajamangala university of technology Lanna Nan. [in Thai]

Jaisuk, C. Lothongkum, A. and Sriyam, S. 2015. Genetic diversity of wild population Stone lapping minnow (*Garra cambodgiensis*) in the Nan River watershed using microsatellite DNA markers. Research report. Rajamangala university of technology Lanna Nan. [in Thai]

Jaisuk, C., Nithirojpakdee, P, Lothongkham., A. and Lankaew, J. 2021. Genetic Variation of *Garra cambodgiensis* at Yang River (Tributary of Nan River): A Case Study of Silaphet Waterfall, Nan Province. Rajamangala University of Technology Srivijaya Research.13(2): 501 - 513. [in Thai]

Kirchner, S., Weinmaier, T., Rattei, T., Sattmann, H. and Kruckenhauser, L. 2014. Characterization of 19 new microsatellite loci for the Omani barb *Garra barreimiae* from 454 sequences. BMC Research Notes. 7: 522.

Khotchasenee, J. 2010. Basic ecology. Chulalongkorn University Press.Bangkok. Thailand. 585 p. [in Thai]

Lothongkum, A. 2008. Species Diversity of Fishes in the Nan River Basin (Chao Phraya River System) in Nan Province. Master's thesis, Program of Fisheries Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok. [in Thai]

Mekong River Commission. 2006. Fish migration triggers in the Lower Mekong Basin and other tropical freshwater systems. MRC Technical Paper. No. 14 December.

Neville. M.H., Dunham, J. and Peacock. M.M. 2006. Landscape attributes and life history variability shape genetic structure of trout populations in a stream network. Landscape Ecology. 21: 901 - 916.

Neville. H., Dunham, J., Rosenberger, A., Umek, A. and Nelson. B. 2009. Influences of wildfire, Habitat Size, and Connectivity on Trout in Headwater Streams Revealed by Patterns of Genetic Diversity. Transactions of the American Fisheries Society. 138: 1314 - 1327.

Osathanunkul, M. and Suwannapoom, C. 2023. Sustainable fisheries management through reliable restocking and stock enhancement evaluation with environmental DNA. Scientific Reports. 13: 1 - 11.

Peakall, R. and Smouse, P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Molecular Ecology Notes. 6: 288 - 295.

Piry, S., Luikart, G. and Cornuet, J.M. 1999. BOTTLENECK: a computer program for detecting recent reductions in the effective population size using allele frequency data. Journal of Heredity.
90: 502 - 503.

Pritchard, J.K., Stephens, M. and Donnelly P. 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. Genetics. 155: 945 - 959.

Rice, W.R. 1989. Analyzing tables of statistical test. Evolution. 43(1): 223 - 225.

Rousset, F. 2008. GENEPOP'007: a complete re-implementation of the GENEPOP software for Windows and Linux. Molecular Ecology Resources. 8: 103 - 106.

Su, W.L., Liu, Z.Z., Wang, T.C., Zhen, Z., Liu, Y.A., Tang, Q.W. and Yang, Q. J. 2013. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers in the fish *Garra orientalis* (Oriental sucking barb). Conservation Genetics Resource. 5: 231 - 233.

Waits, R.E., Bagley, J.M., Blum, J.M., Mccormick, H.F. and Lazorchak, M.J. 2008. Source – sink dynamics sustain central stonerollers (*Campostoma anomalum*) in a heavily urbanized catchment. Freshwater Biology. 53: 2061 - 2075.

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

ประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลาหมอไทย เพื่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารปลา

In vitro digestibility of native yam with digestive enzymes of Climbing Perch (*Anabas testudineus* Bloch) for utilization in feed production

จุลทรรศน์ คีรีแลง[1], บรรจง อูปแก้ว[1], บุษบา มะโนแสน[1], จิรรัชต์ กันทะขู้[1], ภาณุพงศ์ สิทธิวุฒิ[1], พัชรา นิธิโรจน์ภักดี[2] และเชาวลีย์ ใจสุข[1*]

Julatat Keereelang[1]*, Bunjong oupkaew[1], Busaba Manosan[1], Jirarat Kantakoo[1], Panupong Sitiwut[1], Patchara Nithirojpakdee[2] and Chaowalee Jaisuk[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน

[1]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan Campus, Nan, Thailand.

[2]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี 22210

[2]Faculty of Argo-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chanthaburi Campus, Chanthaburi, 22210, Thailand

*E-mail : chaowalee2009@hotmail.com

Received: Sep 15, 2023

Revised: Feb 8, 2024

Accepted: Feb 16, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลาหมอไทยเพื่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารปลา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในมันพื้นบ้านทั้งหมด 30ชนิด ด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารจากลำไส้ของปลาหมอไทยโดยวิธี *In vitro* digestibility เพื่อคัดเลือกชนิดมันที่ถูกย่อยได้ดีที่สุดในการนำไปผลิตอาหารปลาหมอไทย โดยทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ผลการศึกษาพบว่า เอนไซม์ย่อยอาหารจากลำไส้ของปลาหมอไทยมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในมันพื้นบ้านได้ดีที่สุด 5 อันดับแรก คือ มันพร้าวปู้ มันเหลือง มันหัวช้าง มันเจ้า และมันหวาย โดยมีค่าเท่ากับ 1,872.3±69.0, 1,764.2±13.1, 1,667.5±75.6, 1,593.5±13.1 และ 1,542.3±42.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า มันพร้าวปู้มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับ มันเหลือง มันหัวช้าง มันเจ้า และมันหวาย แต่มันพร้าวปู้มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนแตกต่างกับมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลาหมอไทยสามารถย่อยในมันพื้นบ้านได้ดีที่สุด 5 อันดับแรก คือ มันหวาย มันแปลง มันเสาร์ มันออน และมันหูช้าง โดยมีค่าเท่ากับ 4,390.1±324.2, 3,417.1±403.8, 3,165.1±56.5, 3,156.0±250.8 และ 3,040.5±122.9 umol maltose/g feed/ amylase activity ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่ามีค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกับมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่ามันพื้นบ้านที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทย คือ มันหวาย ซึ่งเอนไซม์จากลำไส้ในปลา

หมอไทยสามารถย่อยได้ดีโดยดูจากค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต และจากการวิเคราะห์สารอาหารในมันหวายมีโปรตีน (9.24%) และคาร์โบไฮเดรต (78.38%) ที่สูง และมีไฟเบอร์ที่ต่ำ (1.27%) กว่ามันชนิดอื่น ทำให้เอนไซม์จากลำไส้ปลาหมอไทยสามารถย่อยมันหวายได้ดีกว่ามันชนิดอื่น

คำสำคัญ: มันพื้นบ้าน, เอนไซม์ย่อยอาหาร, ปลาหมอไทย, อาหาร

Abstract

The goal of the research is to determine the effectiveness of digestive enzymes in Climbing Perch on 30 different native yams for potential use in fish food production. Therefore, enzymes for food digestion were extracted from Climbing Perch to test *in vitro* digestibility. A Completely Randomized Design (CRD) experiment. The results indicated the top 5 protein digestion efficiencies as follows: Man Phrao Pu, Man Lueang, Man Hua Chang, Man Chao, and Man Wai, with values of 1,872.3±69.0, 1,764.2±13.1, 1,667.5±75.6, 1,593.5±13.1, and 1,542.3±42.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity, respectively. In the statistical analysis, Man Phrao Pu exhibited no significant difference ($P>0.05$) when compared to Man Lueang, Man Hua Chang, Man Chao, and Man Wai. However, Man Phrao Pu showed a significant difference compared to other native yams ($P<0.05$). The results revealed the top 5 carbohydrate digestion efficiencies as follows: Man Wai, Man Plaeng, Man Sao, Man On, and Man Hu Chang, with values of 4,390.1±324.2, 3,417.1±403.8, 3,165.1±56.5, 3,156.0±250.8, and 3,040.5±122.9 umol maltose/g feed/amylase activity, respectively. Man Wai exhibited a significant difference in carbohydrate digestion efficiency ($P<0.05$). Based on this study, Man Wai is considered suitable for use as an ingredient in Climbing Perch fish feed formulations, as evidenced by their performance in protein and carbohydrate digestion efficiency assays. Nutritional analysis of Man Wai reveals high protein content (9.24%) and carbohydrate content (78.38%), with low fiber content (1.27%). This suggests that enzymes from the intestines of Climbing Perch are most efficient in digesting Man Wai.

Keywords: native yam, digestive enzymes, Climbing Perch, food production.

บทนำ

ปลาหมอไทยจัดเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเนื่องจากมีราคาจำหน่ายในตลาดสูงสุดถึงกิโลกรัมละ 100-150 บาท ผู้บริโภคนิยมรับประทาน มีเนื้อแน่น รสชาติดี นิยมทั้งในรูปแบบสดถึงร้อยละ 72.07 นอกจากนั้นสามารถนำไปแปรรูปเพื่อประกอบอาหารได้หลายอย่าง มีการส่งไปยังตลาดต่างประเทศ เช่น ตะวันออกกลาง จีน ไต้หวัน เกาหลีและมาเลเซีย มีความต้องการไม่ต่ำกว่า 100 เมตริกตัน/ปี โดยเฉพาะปลาขนาดใหญ่ (3-5 ตัว/กิโลกรัม) จากรายงานในปี 2560 ผลผลิตปลาหมอไทยทั้งหมด 277 ตัน คิดเป็นมูลค่า 423.7 ล้านบาท (Department of Fisheries, 2019) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงปลาหมอไทยกันมากขึ้น โดยต้นทุนการผลิตหลักที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลาหมอไทย คือ ค่าอาหาร ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 75% ของต้นทุนทั้งหมด และในปัจจุบันอาหารสำเร็จรูปมีราคาสูงขึ้นเนื่องจากวัตถุดิบอาหารปลาหลายอย่างเป็นสินค้านำเข้า เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง ซึ่งกล่าวได้ว่าอาหารเป็นปัจจัย

ที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และเป็นต้นทุนหลักในการผลิตปลาหมอไทย การพัฒนาสูตรอาหารสัตว์น้ำให้มีประสิทธิภาพในการเลี้ยงที่ให้อัตราการเจริญเติบโตดี โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นทดแทน หรือลดการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีราคาแพงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทยได้

การใช้มันพื้นบ้านทดแทนวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารเลี้ยงปลาหมอไทยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต โดยในประเทศไทยพบมันพื้นบ้านในกลุ่ม Dioscorea ได้ในบางภูมิภาคซึ่งจะมีชื่อสามัญที่เรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น ในจังหวัดน่านสามารถพบมันพื้นบ้านได้ทั่วไปหลากหลายชนิด และบางชนิดมีจำนวนมาก ในการเพาะปลูกมันพื้นบ้านจะมีการปลูกในระดับครัวเรือนสำหรับใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคโดยตรง และอาจมีเหลือเกินการบริโภคเพราะมันบางชนิดมีขนาดหัวใหญ่ โดยหนึ่งหัวจะมีขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาด 1-5 กิโลกรัมขึ้นอยู่กับชนิดของมัน นอกจากนี้มันพื้นบ้านยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ดีแล้ว มันพื้นบ้านยังมีโปรตีนสูง โดยมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนประมาณ 8-12 เปอร์เซ็นต์ (Promdang *et al.*, 2018) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านทั้ง 30 ชนิด ด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลาหมอไทยด้วยวิธี *in vitro digestibility* เพื่อคัดเลือกมันพื้นบ้านที่มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจากเอนไซม์ย่อยอาหารในปลาหมอไทยที่ดีที่สุด เพื่อในไปใช้ในการผลิตอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD : Completely Randomize Designed) โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ ชนิดของมันพื้นบ้านทั้ง 30 ชนิด ที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากทางเดินอาหารปลาหมอไทย ด้วยการวัดค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์หาความแตกต่างของข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan New's Multiple Range Test

1. การเตรียมมันพื้นบ้าน

รวบรวมมันพื้นบ้านจำนวน 30 ชนิด ได้แก่ 1. มันเลือดนก (Man Lueat Nok) 2. มันข้าว (Man Khao) 3. มันเจ้า (Man Chao) 4. มันชา (Man Sa) 5. มันเหยือก (Man Yueak) 6. มันหมี (Man Mi) 7. มันเหน็บ (Man Nep) 8. มันแซง (Man Saeng) 9. มันจาวพร้าว (Man Chao Phrao) 10. มันอ้อน (Man Aon) 11. มันกล่ำ (Man Klam) 12. มันเลือด (Man Lueat) 13. มันอ้อนบ่อเกลือ (Man Aon Bokluea) 14. มันปลา (Man Pla) 15. มันหวาย (Man Wai) 16. มันแกลบ (Man Klaep) 17. มันหูช้าง (Man Hu Chang) 18. มันพร้าวยาว (Man Phrao Yao) 19. มันมือเสือ (Man Mue Suea) 20. มันเหลี่ยม (Man Liam) 21. มันออน (Man On) 22. มันกู้ (Man Ku) 23. มันเสาร์ (Man Sao) 24. มันแปลง (Man Plaeng) 25. มันกองข้าว (Man Kong Khao) 26. มันเห็บ (Man Hep) 27. มันกองขี้ (Man Kong Khi) 28. มันหัวช้าง (Man Hua Chang) 29. มันเหลือง (Man Lueang) 30. มันพร้าวปู่ (Man Phrao Pu) จากไร่มันพื้นบ้านในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน นำมันพื้นบ้านแต่ละชนิดมาปลอกและล้างให้สะอาดจากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปตากแดดให้แห้งแล้วบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น แล้วใส่ถุงซิปปิดให้สนิทนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Table 1 The proximate composition of 30 native yams

Type of Yam	proximate composition (% dry weight)		
	Carbohydrate	Protein	Fiber
Man Phrao Pu	60.43	11.23	4.17
Man Lueang	62.48	10.30	5.11
Man Hua Chang	62.83	11.55	2.59
Man Chao	80.59	11.62	2.37
Man Wai	78.38	9.24	1.27
Man Pla	60.83	8.69	3.71
Man Sao	64.46	7.82	4.15
Man Nep	63.30	11.55	3.40
Man Aon Bokluea	64.42	8.30	4.44
Man Kong Khao	51.88	9.90	5.04
Man Chao Phrao	57.01	7.70	4.54
Man Khao	51.95	12.31	9.11
Man Lueat	66.69	9.03	2.56
Man Plaeng	56.69	11.40	4.13
Man Ku	48.28	10.07	7.49
Man On	57.46	7.77	4.53
Man Aon	60.78	7.59	3.92
Man Yueak	72.90	8.13	2.07
Man Liam	66.64	10.65	2.68
Man Sa	66.64	11.17	2.20
Man Saeng	57.07	6.84	2.99
Man Klam	59.82	7.68	4.23
Man Hu Chang	64.17	8.98	2.35
Man Klaep	59.58	11.95	3.90
Man Lueat Nok	67.26	9.94	3.03
Man Kong Khi	68.95	3.20	2.34
Man Mi	47.03	12.83	5.64
Man Hep	55.83	9.92	4.09
Man Phrao Yao	65.36	8.86	4.74
Man Mue Suea	69.00	7.87	2.63

2. การเตรียมปลาทดลอง

หลังจากให้อาหารปลาหมอไทยเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างลำไส้ปลาหมอไทยขนาด 15-20 กรัม จำนวน 10 ตัว จากสาขาวิชาประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน เพื่อนำไปใช้ในการสกัดเอนไซม์ย่อยอาหาร

3. การเตรียม Crude enzyme extract

บดลำไส้ปลาหมอไทยด้วยเครื่อง Homogenizer เติม Phosphate buffer, pH 8 ลงในลำไส้ปลาหมอไทยที่ทำการบด แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 - 60 นาที แยกส่วนใส (Supernatant) ของ Crude enzyme extract สำหรับใช้ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต โดยนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์โดยวิธี *in vitro* digestibility

4. การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านโดยวิธี in vitro digestibility

4.1 นำผงมันพื้นบ้านที่บดละเอียดทั้ง 30 ชนิด ไปทดสอบประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลาหมอไทย โดยวิธี *in vitro digestibility* โดยดัดแปลงวิธีการของ Rungruangsak-Torrissen *et al.* (2002) โดยชั่งมันพื้นบ้านประมาณ 20 มิลลิกรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอนของมันพื้นบ้านทั้ง 30 ชนิด) เติม 40 ml mM Phosphate buffer, pH 8.2 แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) เติม 200 µl 0.5% Chloramphenicol แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายแล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเพาะเชื้อพร้อมเขย่า (Shaking incubator) 200 rpm ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่าง 1.5 ml เป็นชุดควบคุม (Control) แล้วเติม 250 µl Dialyzed crude enzyme extract ที่ได้จากการปลาหมอไทยผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายแล้วนำไปบ่มในตู้เพาะเชื้อพร้อมเขย่า 200 rpm ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่าง 1,000 µl นำไปต้มในน้ำเดือดทันทีนาน 10 นาที แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

4.2 วิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยโปรตีน โดยวิธี TNBS (Rungruangsak-Torrissen *et al.,* 2002) ผสม Control ที่ละลายแล้วให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายใช้ 200 µl Control เติม 2 ml 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 ผสมให้เข้าด้วยกันเติม 1 ml 0.1% TNBS ใน 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย นำไปบ่มในที่มืดอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง แล้วจึงหยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 1 ml HCl แล้วผสมให้เข้า ด้วยกันด้วยเครื่องผสมสารละลายปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง 420 nm หาค่าปริมาณ Free amino group โดย เปรียบเทียบกับ DL-Alanine standard curve วิธีคำนวณ แสดงหน่วยของค่า in vitro digestibility ของโปรตีนโดย µmol DL-Alanine equivalent/ g feed /trypsin activity ใช้ค่า trypsin activity ที่ใช้ในการย่อยไปหารเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

4.3 วิเคราะห์ความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการ DNS (Rungruangsak-Torrissen *et al.,* 2002) โดยการผสม Control ที่ละลายแล้วให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ นาน 10 นาที ใช้ปิเปตดูดสารละลายชุด Control มา 250 µl เติม 250 µl 1% DNS ละลายใน 2 M NaOH และ 0.6% Sodium potassium tartrate ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายแล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องแล้วเติมน้ำกลั่น 2.5 ml ผสมให้เข้ากันเครื่องผสมสารละลายแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm หา

ปริมาณ Reducing sugar โดยเทียบกับ Maltose standard curve วิธีคำนวณ แสดงหน่วยของค่า in vitro digestibility ของคาร์โบไฮเดรตโดย μmol maltose/g feed/amylase activity ใช้ค่า amylase activity ที่ใช้ในการย่อยไปหาร เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

ผลการศึกษา

ประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากทางเดินอาหารของปลาหมอไทย

1. ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากลำไส้ของปลาหมอไทยด้วยวิธี *in vitro digestibility* ในมันพื้นบ้านทั้งหมด 30 ชนิด พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากลำไส้ของปลาหมอไทย มีค่ามากที่สุดในมันพร้าวปู้ มีค่าเท่ากับ 1,872.3 ± 69.0 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity รองลงมาคือ มันเหลือง มีค่าเท่ากับ 1,764.2 ± 13.1 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันหัวช้าง มีค่าเท่ากับ 1,667.5 ± 75.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเจ้า มีค่าเท่ากับ 1,593.5 ± 13.1 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันหวาย มีค่าเท่ากับ 1,542.3 ± 42.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันปลา มีค่าเท่ากับ 1,536.6 ± 13.1 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเสาร์ มีค่าเท่ากับ 1,491.0 ± 144.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเหน็บ มีค่าเท่ากับ 1,479.7 ± 13.1 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันอ้อนบ่อเกลือ มีค่าเท่ากับ 1,468.3 ± 118.3 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันกองข้าว มีค่าเท่ากับ 1,445.5 ± 32.9 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันจาวพร้าว มีค่าเท่ากับ 1,439.8 ± 62.4 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันข้าว มีค่าเท่ากับ 1,434.1 ± 92 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเลือด มีค่าเท่ากับ 1,422.8 ± 6.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันแปลง มีค่าเท่ากับ 1,405.7 ± 42.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันกู้ มีค่าเท่ากับ 1,400.0 ± 65.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันออน มีค่าเท่ากับ 1,360.2 ± 36.1 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันอ้อน มีค่าเท่ากับ 1,354.5 ± 19.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเหยือก มีค่าเท่ากับ 1,331.7 ± 6.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเหลี่ยม มีค่าเท่ากับ 1,331.7 ± 78.9 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันซา มีค่าเท่ากับ 1,320.3 ± 19.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันแซง มีค่าเท่ากับ 1,314.6 ± 42.7 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันกล่ำ มีค่าเท่ากับ 1,291.9 ± 3.3 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันหูช้าง มีค่าเท่ากับ 1,257.7 ± 3.3 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันแกลบ มีค่าเท่ากับ 1,212.2 ± 3.3 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเลือดนก มีค่าเท่ากับ 1,212.2 ± 55.9 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันกองขี้ มีค่าเท่ากับ 1,200.8 ± 128.1 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันหมี มีค่าเท่ากับ 1,178.0 ± 75.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันเห็บ มีค่าเท่ากับ 1,172.4 ± 4.8 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity มันพร้าวยาว มีค่าเท่ากับ 1,161.0 ± 6.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity และมันมือเสือ ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1,104.1 ± 6.6 umol DL-alanine/g feed/trypsin activity โดยมันที่มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนดีที่สุด คือ มันพร้าวปู้ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า มันพร้าวปู้มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับ มันเหลือง มันหัวช้าง

มันเจ้า และมันหวาย แต่มันพร้าวปู่มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนแตกต่างกับมันชนิดอื่นยกเว้นในมัน มันเหลือง มันหัวช้าง มันเจ้า และมันหวาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2 และ Figure 1)

Table 2 Protein digestion efficiency (umol DL-alanine/g feed/trypsin activity) with digestive enzymes of the Climbing Perch on 30 native yams

	Type of Yam	Average ± SE		Type of Yam	Average ± SE
1	Man Phrao Pu	1,872.3 ± 69.0^{a}	16	Man On	1,360.2 ± 36.1^{cdefghi}
2	Man Lueang	1,764.2 ± 13.1^{ab}	17	Man Aon	1,354.5 ± 19.7^{cdefghi}
3	Man Hua Chang	1,667.5 ± 75.6^{abc}	18	Man Yueak	1,331.7 ± 6.6^{defghi}
4	Man Chao	1,593.5 ± 13.1^{abcd}	19	Man Liam	1,331.7 ± 78.9^{defghi}
5	Man Wai	1,542.3 ± 42.7^{abcd}	20	Man Sa	1,320.3 ± 19.7^{defghi}
6	Man Pla	1,536.6 ± 13.1^{bcdef}	21	Man Saeng	1,314.6 ± 42.7^{defghi}
7	Man Sao	1,491.0 ± 144.6^{bcdefg}	22	Man Klam	1,291.9 ± 3.3^{defghi}
8	Man Nep	1,479.7 ± 13.1^{bcdefgh}	23	Man Hu Chang	1,257.7 ± 3.3^{efghi}
9	Man Aon Bokluea	1,468.3 ± 118.3^{bcdefgh}	24	Man Klaep	1,212.2 ± 3.3^{fghi}
10	Man Kong Khao	1,445.5 ± 32.9^{bcdefgh}	25	Man Lueat Nok	1,212.2 ± 55.9^{fghi}
11	Man Chao Phrao	1,439.8 ± 62.4^{bcdefgh}	26	Man Kong Khi	1,200.8 ± 128.1^{ghi}
12	Man Khao	1,434.1 ± 92^{cdefgh}	27	Man Mi	1,178.0 ± 75.6^{ghi}
13	Man Lueat	1,422.8 ± 6.6^{cdefghi}	28	Man Hep	1,172.4 ± 4.8^{ghi}
14	Man Plaeng	1,405.7 ± 42.7^{cdefghi}	29	Man Phrao Yao	1,161.0 ± 6.6^{hi}
15	Man Ku	1,400.0 ± 65.7^{cdefghi}	30	Man Mue Suea	1,104.1 ± 6.6^{i}

Note The values with different superscripts are significantly (P<0.05)

MAEJO UNIVERSITY FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

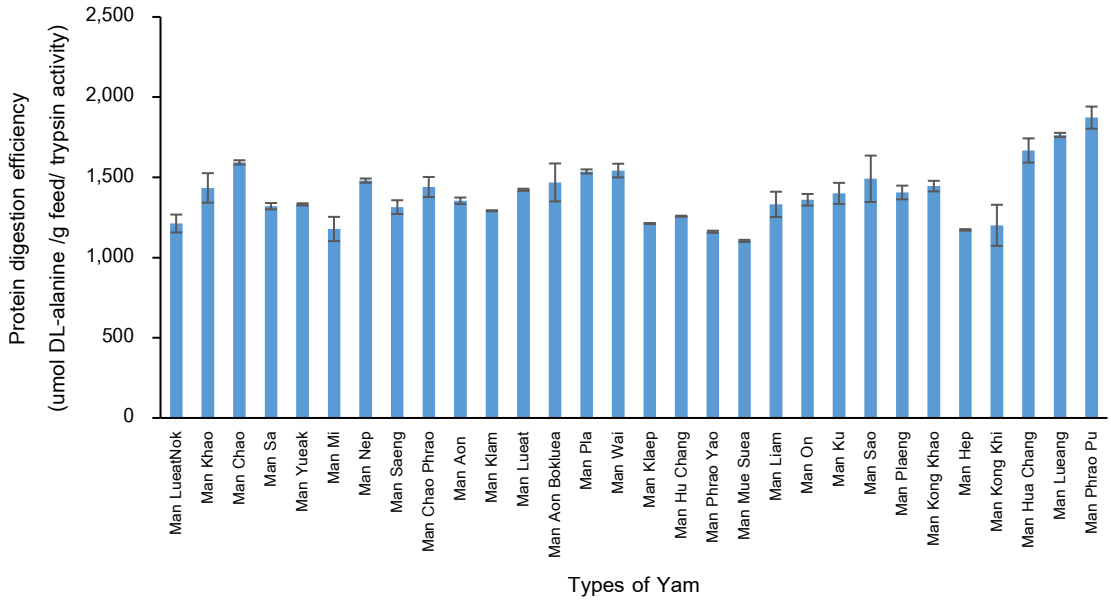


Figure 1 Protein digestion efficiency with digestive enzymes of the Climbing Perch on 30 native yams

2. ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากลำไส้ของปลาหมอไทยด้วยวิธี *in vitro* digestibility ในมันพื้นบ้านทั้งหมด 30 ชนิด พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากลำไส้ของปลาหมอไทย มีค่ามากที่สุดในมันหวาย มีค่าเท่ากับ 4,390.1±324.2 umol maltose/g feed/ amylase activity รองลงมาคือ มันแปลง มีค่าเท่ากับ 3,417.1±403.8 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันเสาร์ มีค่าเท่ากับ 3,165.1±56.5 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันออน มีค่าเท่ากับ 3,156.0±250.8 umol maltose/g feed/ amylase activity มันหูช้าง มีค่าเท่ากับ 3,040.5±122.9 umol maltose/g feed/ amylase activity มันปลา มีค่าเท่ากับ 3,013.7±211.9 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันเลือด มีค่าเท่ากับ 2,844.7±209.2 umol maltose/g feed/ amylase activity มันข้าว มีค่าเท่ากับ 2,812.1±192.9 umol maltose/g feed/ amylase activity มันเลือดนก มีค่าเท่ากับ 2,785.3±94.9 umol maltose/g feed/ amylase activity มันซา มีค่าเท่ากับ 2,367.0±102.9 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันเห็บ มีค่าเท่ากับ 2,355.3±134.6 umol maltose/g feed/ amylase activity มันอ้อนบ่อเกลือ มีค่าเท่ากับ 2,266.9±74.0 umol maltose/g feed/ amylase activity มันกองขี้ มีค่าเท่ากับ 2,153.6±37.7 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันพร้าวปู๊ มีค่าเท่ากับ 2,144.1±103.2 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันเหลี่ยม มีค่าเท่ากับ 1,827.3±18.2 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันกู้ มีค่าเท่ากับ 1,777.4±59.1 umol maltose/g feed/ amylase activity มันเหยือก มีค่าเท่ากับ 1,679.6±74.0 umol maltose/g feed/ amylase activity มันกล่ำ มีค่าเท่ากับ 1,670.0±147.7 umol maltose/g feed/ amylase activity มันกองข้าว มีค่าเท่ากับ 1,604.8±147.7 umol maltose/g feed/ amylase activity มันหมี มีค่าเท่ากับ 1,544.3±85.0 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันมือเสือ มีค่าเท่ากับ 1,506.9±162.0 umol maltose/g feed/ amylase activity มันหัวช้าง มีค่าเท่ากับ 1,501.0±37.7 umol maltose/g feed/ amylase activity

มันแกลบ มีค่าเท่ากับ 1,491.5±135.5 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันพร้าวยาว มีค่าเท่ากับ 1,468.4±18.9 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันอ้อน มีค่าเท่ากับ 1,441.6±134.6 umol maltose/g feed/ amylase activity มันแซง มีค่าเท่ากับ 1,409.0±106.0 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันเหลือง มีค่าเท่ากับ 1,403.1±18.8 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันเหน็บ มีค่าเท่ากับ 952.2±50.2 umol maltose/ g feed/ amylase activity มันจาวพร้าว มีค่าเท่ากับ 806.2±88.6 umol maltose/ g feed/ amylase activity และมันเจ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 660.3±29.5 umol maltose/ g feed/ amylase activity โดยมันที่มีค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตดีที่สุด คือ มันหวาย เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่ามีค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกับมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 3 และ Figure 2)

Table 3 Carbohydrate digestion efficiency (umol maltose/ g feed/ amylase activity) with digestive enzymes of the Climbing Perch on 30 native yams

	Type of Yam	Average ± SE		Type of Yam	Average ± SE
1	Man Wai	4,390.1 ± 324.2^{a}	16	Man Ku	1,777.4 ± 59.1^{fghi}
2	Man Plaeng	3,417.1 ± 403.8^{b}	17	Man Yueak	1,679.6 ± 74.0^{fghi}
3	Man Sao	3,165.1 ± 56.5^{bc}	18	Man Klam	1,670.0 ± 147.7^{fghi}
4	Man On	3,156.0 ± 250.8^{bc}	19	Man Kong Khao	1,604.8 ± 147.7^{fghij}
5	Man Hu Chang	3,040.5 ± 122.9^{bcd}	20	Man Mi	1,544.3 ± 85.0^{fghij}
6	Man Pla	3,013.7 ± 211.9^{bcd}	21	Man Mue Suea	1,506.9 ± 162.0^{ghij}
7	Man Lueat	2,844.7 ± 209.2^{bcde}	22	Man Hua Chang	1,501.0 ± 37.7^{ghij}
8	Man Khao	2,812.1 ± 192.9^{bcde}	23	Man Klaep	1,491.5 ± 135.5^{ghijk}
9	Man Lueat Nok	2,785.3 ± 94.9^{bcde}	24	Man Phrao Yao	1,468.4 ± 18.9^{ghijk}
10	Man Sa	2,367.0 ± 102.9^{cdef}	25	Man Aon	1,441.6 ± 134.6^{ghijk}
11	Man Hep	2,355.3 ± 134.6^{cdef}	26	Man Saeng	1,409.0 ± 106.0^{hijk}
12	Man Aon Bokluea	2,266.9 ± 74.0^{defg}	27	Man Lueang	1,403.1 ± 18.8^{hijk}
13	Man Kong Khi	2,153.6 ± 37.7^{efgh}	28	Man Nep	952.2 ± 50.2^{ijk}
14	Man Phrao Pu	2,144.1 ± 103.2^{efgh}	29	Man Chao Phrao	806.2 ± 88.6^{jk}
15	Man Liam	1,827.3 ± 18.2^{fgh}	30	Man Chao	660.3 ± 29.5^{k}

Note The values with different superscripts are significantly (P<0.05)

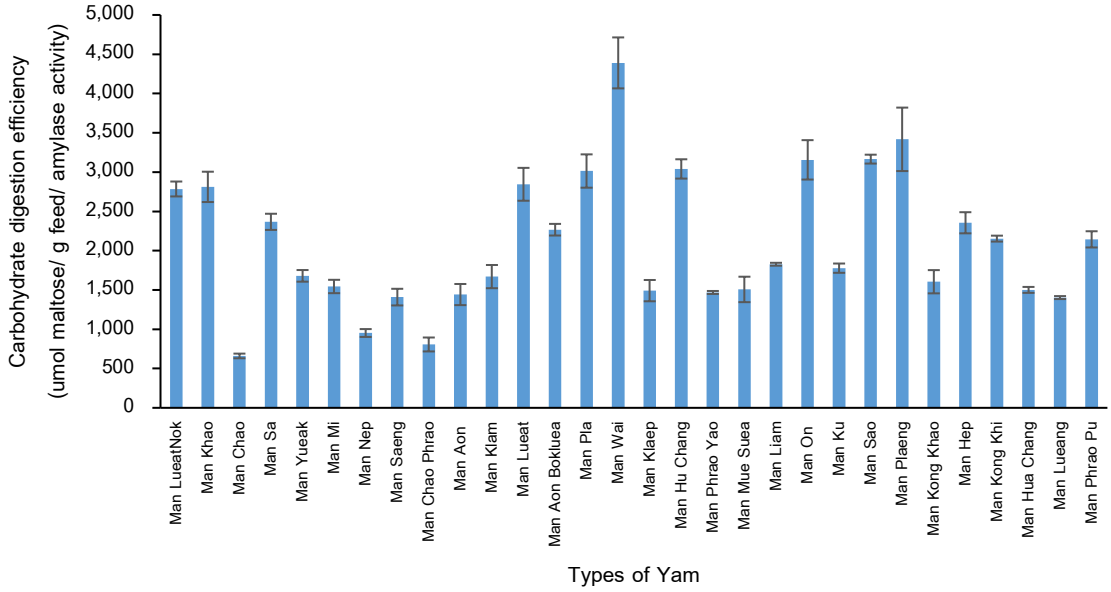


Figure 2 Carbohydrate digestion efficiency with digestive enzymes of the Climbing Perch on 30 native yams

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในมันพื้นบ้านทั้งหมด 30 ชนิด โดยใช้เอนไซม์ย่อยอาหารที่สกัดมาจากลำไส้ปลาหมอไทย โดยใช้เทคนิค *in vitro* digestibility ซึ่งมีข้อดี คือสามารถควบคุมปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการย่อย สะดวก ใช้เวลาน้อย และสามารถนำมาประยุกต์ในการศึกษาการย่อยวัตถุดิบอาหาร โดยการตรวจสอบค่าการย่อยคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ด้วยวิธีการตรวจสอบคาร์โบไฮเดรตโดยการวัดค่าน้ำตาล maltose และการตรวจสอบโปรตีนโดยการวัดค่ากรดอะมิโน DL-Alanine (Rungruangsak-Torrissen *et al.*, 2002) จากการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนมีค่ามากที่สุด 5 อันดับแรก คือ มันพร้าวปู้ มันเหลือง มันหัวช้าง มันเจ้า และมันหวาย ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่ามันพร้าวปู้มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับมันเหลือง มันหัวช้าง มันเจ้า และมันหวาย แต่มันพร้าวปู้มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนแตกต่างกับมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตมีค่ามากที่สุด 5 อันดับแรก คือ มันหวาย มันแปลง มันเสาร์ มันออน และมันหูช้าง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า มันหวายมีค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกับมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการศึกษาข้างต้นกล่าวได้ว่าในการนำมันพื้นบ้าน ซึ่งจัดเป็นแหล่งอาหารประเภทแป้งที่ให้พลังงาน หรือเป็นวัตถุดิบประเภทโปรตีนต่ำจากพืช มาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารประเภทเดียวกัน อย่างเช่น ข้าวโพด ปลายข้าว หรือรำข้าว ที่มีราคาแพงกว่ามาผลิตเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทย การใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานในอาหารจะช่วยลดการใช้โปรตีนเพื่อเป็นส่วนประกอบของอาหารลงได้ ซึ่งความสามารถนี้เรียกว่า Protein-sparing effect ทำให้เป็นที่สนใจอย่างมากในการใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์น้ำ เพราะโปรตีนเป็นส่วนประกอบของอาหารที่มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น Protein-sparing effect จึงช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้ (Vuthiphandchai, 1993.) ซึ่งมันพื้นบ้านในจังหวัดน่านถือเป็น

แหล่งของคาร์โบไฮเดรตอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกในการผลิตอาหารสำหรับเลี้ยงปลาต้นทุนต่ำ ซึ่งถือเป็นแหล่งให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิตที่มีราคาถูกที่สุด และหาง่าย (ราคากิโลกรัมละ 1-2 บาท) จากการศึกษาในครั้งนี้มันพื้นบ้านที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทย คือ มันหวาย ซึ่งเอนไซม์จากลำไส้ในปลาหมอไทยสามารถย่อยได้ดีโดยดูจากค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต (Table 2 และ 3) และจากการวิเคราะห์สารอาหารในมันหวาย (Table 1) ซึ่งมี โปรตีน (9.24%) และคาร์โบไฮเดรต (78.38%) ที่สูง และมีไฟเบอร์ที่ต่ำ (1.27%) กว่ามันชนิดอื่น ทำให้เอนไซม์จากลำไส้ปลาหมอไทยสามารถย่อยมันหวายได้ดีกว่ามันชนิดอื่น ซึ่งการย่อยอาหารเป็นกระบวนการที่สำคัญในการทำให้เกิดสารอาหารเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างภูมิคุ้มกัน (Moyano *et al.,* 2014) โดยปกติปลาย่อย และดูดซึมน้ำตาลได้ดีกว่าแป้ง แต่ปลาใช้ประโยชน์จากแป้งได้ดีกว่าน้ำตาล ส่วนใยพืชหรือเซลลูโลส ปลาย่อยได้น้อยมาก หรือไม่ได้เลย (Chittapalapong, 2014) ซึ่งในมันหวายมีเยื่อใยค่อนข้างต่ำกว่ามันชนิดอื่นทำให้เอนไซม์จากลำไส้ปลาหมอไทยสามารถย่อยมันหวายได้ดีกว่ามันพื้นบ้านชนิดอื่น ดังนั้นแป้งจึงเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีความสำคัญต่อการนำมาทำอาหารปลา โดยทั่ว ๆ ไปปลาย่อยแป้งได้ 25 - 70% แต่ผันแปรไปตามชนิดสัตว์น้ำ ซึ่งสัตว์น้ำมีความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรตได้แตกต่างกัน (Chittapalapong, 2014) Tongsiri and Amornlerdpison (2013) พบว่า เอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลวัยอ่อนสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในบริเวอร์ยีสต์ ในขณะที่ความสามารถในการย่อยโปรตีนสูงสุดในปลายข้าว ส่วนเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลเต็มวัย พบว่า เอนไซม์จากกระเพาะอาหารย่อยสาหร่าย ไส้ไก่ได้ดีที่สุดที่สุด ส่วนเอนไซม์ย่อยอาหารจากลำไส้ปลานิลเต็มวัย พบว่า ความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต พบสูงสุดในกากนมถั่วเหลือง และสามารถย่อยโปรตีนได้สูงสุดในสาหร่ายไส้ไก่ จากการศึกษาของ Potiwong *et al.* (2021) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบจากกล้วยด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารจากลำไส้ของปลาหมอไทย โดยใช้ กล้วยไข่สุก ปลายข้าว กล้วยน้ำว้าสุก กล้วยหอมสุก กล้วยหอมดิบ กล้วยน้ำว้าดิบ ปลาป่น กากถั่วเหลือง กล้วยไข่ดิบ และรำละเอียด พบว่าความสามารถการย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยเอนไซม์อะไมเลสในกล้วยไข่สุกได้ดีที่สุด และสามารถการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ทริปซินในกล้วยน้ำว้าสุกได้ดีที่สุด ในขณะที่มีประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีนต่ำจากพืช ได้แก่ ปลายข้าว รำละเอียด มีค่าเท่ากับ 274.18 และ 24.1924 μmol/g/ amylase activity ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน มีค่าเท่ากับ 0.059241 และ 0.052659 μmol/g/trypsin activity ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในมันพื้นบ้านมีค่าสูงกว่าในปลายข้าว และรำข้าว Siriparinyanant *et al*. (2014) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยด้วยวิธี *in vitro* protein digestibility ในวัตถุดิบอาหารได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรา ในปลาโมง 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ พบว่า ปลาโมงขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบจากสัตว์ได้ดีกว่าวัตถุดิบจากพืช ส่วนปลาโมงขนาดใหญ่มี ประสิทธิภาพในการ ย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบอาหารทุกชนิดได้ดี

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในมันพื้นบ้านทั้งหมด 30 ชนิด โดยใช้เอนไซม์ย่อยอาหารที่สกัดมาจากลำไส้ปลาหมอไทย พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนมีค่ามากที่สุดในมันพร้าวปู๋ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า มันพร้าวปู๋มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับ มัน

เหลือง มันหัวช้าง มันเจ้า และมันหวาย แต่มันพร้าวปู่มีค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนแตกต่างกับมันชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตมีค่ามากที่สุดในมันหวาย เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่ามีค่าประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกับมันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่าในการใช้มันพื้นบ้านซึ่งจัดเป็นแหล่งอาหารประเภทแป้งที่ให้พลังงาน หรือเป็นวัตถุดิบประเภทโปรตีนต่ำจากพืช มาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารประเภทเดียวกัน อย่างเช่น ข้าวโพด ปลายข้าว หรือรำข้าว ที่มีราคาแพงกว่า มาผลิตเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทย โดยมันพื้นบ้านที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอไทย คือ มันหวาย ซึ่งเอนไซม์จากลำไส้ในปลาหมอไทยสามารถย่อยได้ดี โดยดูจากค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต (Table 2 และ 3) และจากการวิเคราะห์สารอาหารในมันหวาย (Table 1) ซึ่งมี โปรตีน (9.24%) และคาร์โบไฮเดรต (78.38%) ที่สูง และมีไฟเบอร์ที่ต่ำ (1.27%) กว่ามันชนิดอื่น ทำให้เอนไซม์จากลำไส้ปลาหมอไทยสามารถย่อยมันหวายได้ดีกว่ามันชนิดอื่น

เอกสารอ้างอิง

Chittapalapong, T. 2014. The development of aquatic animal feed formulas and economic aquatic animal feed formulas. Department of Fisheries. 62 p. [in Thai]

Department of Fisheries. 2019. Fisheries Statistics of Thailand 2019. Fisheries Development Policy and Planning Division. Ministry of Agriculture and Cooperatives. No. 2/2021. 92 p. [in Thai]

Moyano, F.J., Saénz-de Rodrigáñez, M.A., Díaz, M. and Tacon, A.G.J. 2014. Application of in vitro digestibility methodsin aquaculture: constraints and perspectives. Review. Aquaculture. 6: 1 - 20.

Potiwong, C., Tongsiri, S., Pimpimol, T. and Chitmanat, C. 2021. *In vitro* digestibility of feed ingredients from bananas with digestive enzymes of the climbing perch (*Anabas testudineus*) Khon Kaen Agriculture Journal. 49 (3): 733-739. [in Thai]

Promdang, S., Homhual, R., Wongmaneeroj, M., Agarum, R. and Jamjumrus, S. 2018. Nutritional Constituents of Man Lueat (*Dioscorea alata*). Kasetsart Kamphaeng Saen Journal (Science). 1(1): 19 – 27. [in Thai]

Rungruangsak-Torrissen, K., Rustad, A., Sunde, J., Eiane, S., Jensen, H., Opstvedt, J., Nygard, E., Samuelson, T., Mundheim, H., Luzzana, U. and Venturini, G. 2002. In vitro digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trials. Journal of the Science of Food and Agriculture. 82: 644 - 654.

Siriparinyanant, T., Yuangsoi, B., Wongmaneeprateep, S. and Boonyoung, S. 2014. A study of the in vitro protein digestibility in feed ingredients of Bocourti's Catfish (*Pangasius bocourti*) Khon Kaen Agriculture Journal 42 Supply. 1: 32 – 37. [in Thai]

Tongsiri, S. and Amornlerdpison, D. 2013. *In vitro* Digestible efficiency of local material feeds for Nile Tilapia (*Oreochromis nilotica*) feeds development in cost reduction and food safety. Research report Maejo University. 86 p. [in Thai]

Vuthiphandchai, V. 1993. Fish Nutrition. Odeon Store Publishers, Bangkok Noi. Bangkok. 216 p.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY แม่โจ้ ๒๘๙๙ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ระบบนิเวศและคุณภาพน้ำ โครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

Species and Abundance of Phytoplankton as bio-indicator of Water Quality in The King's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province

ธีระชัย พงศ์จรรยากุล*, สุชิน มิ่งไชย และชุษณ รัตนวรรณ

Theerachai Pongjanyakul, Suchin Mingchai and Chusana Rattanawan

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

Ubon Ratchathani Inland Fisheries Research and Development Center, Ubon Ratchathani, Thailand 34000

*Corresponding author: ptheerachai@gmail.com

Received: Nov 21, 2023

Revised: Dec 6, 2023

Accepted: Feb 20, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช เพื่อใช้เป็นดัชนีระบบนิเวศและคุณภาพน้ำโครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุบลราชธานี จากการสำรวจ 3 จุดสำรวจในช่วงฤดูร้อนเดือนมีนาคมและในฤดูฝนเดือนมิถุนายน 2565 พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชจำนวน 4 ดิวิชัน 41 ชนิด มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย 646.33 เซลล์ต่อลิตร ในฤดูร้อนพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นคือ *Trachelomonas* sp. ตามด้วยชนิด *Oscillatoria* sp., *Eudorina* sp. และ *Lepocinclis* sp. ในฤดูฝนพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นคือ *Trachelomonas* sp. ตามด้วยชนิด *Euglena* sp., *Pandorina* sp. และ *Strombomonas* sp. จากค่าดัชนีความมากชนิดและดัชนีความหลากหลาย บ่งบอกถึงความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืชในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูร้อน เช่นเดียวกับค่าดัชนีความสม่ำเสมอชี้ให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบมีการกระจายตัวเข้าครอบครองพื้นที่ในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูร้อน ผลการตรวจวัดการจัดการคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชตามวิธี AARL-PP Score พบว่าในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนมีคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหารระดับสูง (Eutrophic status) และจัดเป็นแหล่งน้ำคุณภาพไม่ดี (Polluted) ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าแพลงก์ตอนพืชสามารถเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริได้ตามวิธี AARL-PP Score

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช, ดัชนีบ่งชี้, คุณภาพน้ำ, โครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอน

Abstract

The study on species and abundance of phytoplankton as bio-indicator of the King 's Royally Initiated Huai Bon project, Ubon Ratchathani province was conducted. Samples were collected from 3 stations in March (summer season) and June (rainy season) 2022. Absolutely, there were 4 divisions and 41 species of phytoplankton, with an average density of 646.33 cells per liter. The dominant species in summer season was *Trachelomonas* sp., followed by *Oscillatoria* sp., *Eudorina* sp. and *Lepocinclis* sp. and dominant species in rainy season was *Trachelomonas* sp., followed by *Euglena* sp., *Pandorina* sp. and *Strombomonas* sp.. Species and diversity showed the highest diversity of phytoplankton in the rainy season and lowest in summer season. As evenness index showed the highest pattern of distribution and abundance of phytoplankton in rainy season and lowest in summer season. The classification of surface water by using phytoplankton with AARL-PP Score can be concluded that in summer and rainy seasons were eutrophic status and indicated polluted water. The results showed that phytoplankton can be used as water quality indicator in the King 's Royally Initiated Huai Bon project followed AARL-PP Score.

Keywords: phytoplankton, Bio-indicator, water quality, Huai Bon Project

คำนำ

อ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุบลราชธานี มีพื้นที่ชลประทาน 5,000 ไร่ โดยมีเนื้อที่จากการขอใช้ประโยชน์พื้นที่ทั้งสิ้น 487-2-69.73 ไร่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำก่อนการดำเนินการ ประกอบด้วยพื้นที่ เขตปฏิรูปที่ดิน สปก. เนื้อที่ 72-2-95 ไร่ ป่าสงวนแห่งชาติป่าฝั่งลำโดมใหญ่ เนื้อที่ 119-3-20.50 ไร่ เขตป่าไม้ถาวร เนื้อที่ 86-3-26.41 ไร่ เขตอุทยานแห่งชาติเขาพระวิหาร เนื้อที่ 44-1-51.07 ไร่ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดม เนื้อที่ 163-3-76.75 ไร่ เมื่อดำเนินการสร้างเสร็จจะมีความจุที่ระดับน้ำเก็บกัก 6.015 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีระยะเวลาก่อสร้าง 5 ปี (ปี พ.ศ.2563-2567) การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนเพื่อบรรเทาปัญหาความเดือดร้อนจากการขาดแคลนน้ำด้านอุปโภค บริโภค และเกษตรกรรมของประชาชนในบริเวณตำบลสีวิเชียร ตำบลโชง ตำบลโดมประดิษฐ์ และตำบลยาง ของอำเภอน้ำยืน เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น (Department of Irrigation, 2023) ดังนั้นกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระยะก่อสร้างและดำเนินการโครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุบลราชธานี อาจส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศทางน้ำเพราะเพิ่มความขุ่นในลำน้ำด้านท้ายน้ำ รวมทั้งระบบนิเวศของพื้นที่อ่างเก็บน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปจนส่งผลถึงทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีอยู่เดิม เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาครั้งแรกเพื่อตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศทางน้ำจากสภาพสิ่งแวดล้อมจากสภาพแหล่งน้ำไหลบางส่วนได้ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นสภาพน้ำนิ่ง ทั้งนี้ในระยะเริ่มต้นผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกใช้วิธีการศึกษาชนิดแพลงก์ตอนโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีวงจรชีวิตที่สั้น จึงตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว และพบว่ามีการ

ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สารที่มีปริมาณน้อยซึ่งวิธีทางเคมีตรวจสอบไม่ได้ ดังนั้นการศึกษาชนิดและกลุ่มของแพลงก์ตอนทั้งพืชและสัตว์ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชสามารถใช้ข้อมูลเพื่อบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำของระบบนิเวศรวมทั้งการสังเกตสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อนมลพิษได้ และพบว่ามีการศึกษาถึงชนิดแพลงก์ตอนพืชที่มีผู้นำมาใช้ในการศึกษาผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ เช่น การใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในฝายราศีไศล จังหวัดศรีสะเกษ (Moonsin *et al*., 2018) การใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง (Jualaong *et al*., 2010) และการใช้ในการชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำมูลตอนล่าง (Phianchana *et al*., 2012) โดยการเลือกใช้วิธีการประเมินคุณภาพน้ำนิ่งโดยใช้ปัจจัยทางกายภาพและเคมีด้วยวิธี AARL-PC Score (Applied Algal Research laboratory Physical and Chemical score) (Peerapornpisal *et al*., 2004) ประยุกต์จากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) และ Wetzel (2001) และนำแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นมาประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PP Score (Applied Algal Research Laboratory Phytoplanktons score) (Peerapornpisal *et al*., 2007) ได้ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

ดังนั้นการใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจชนิดแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในครั้งนี้ จึงเป็นวิธีประเมินโดยใช้ปัจจัยทางกายภาพและเคมีเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำร่วมกับปัจจัยทางด้านชีวภาพด้วยการประเมินจากชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นในการใช้ประโยชน์เพื่อการจัดการทรัพยากรระบบนิเวศทางน้ำเบื้องต้นก่อนการก่อสร้างและระหว่างการก่อสร้างในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

วิธีการศึกษา

1. พื้นที่ดำเนินการ

พื้นที่ที่ทำการศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ดำเนินการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอน ทำการศึกษา 2 ช่วงฤดูกาล คือช่วงฤดูร้อนเดือนมีนาคม 2565 และช่วงฤดูฝนเดือนมิถุนายน 2565 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างรวม 3 จุดสำรวจ ดังนี้ จุดสำรวจที่ 1 ลำห้วยบอน บริเวณพื้นที่หัวงานโครงการ ต.โชง อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี (พิกัด 14.45250000, 104.9791670) ลักษณะเป็นคันดินกั้นเพื่อไม่ให้น้ำไหลเข้าไปยังพื้นที่ก่อสร้างพื้นที่เป็นบริเวณลำห้วยธรรมชาติ มีเศษซากใบไม้ทับถมและพื้นเป็นตะกอนดินเลน น้ำมีสีเหลืองใส จุดสำรวจที่ 2 ฝายของสำนักพัฒนาเร่งรัดชุมชน ต.วิเชียร อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี (พิกัด 14.4716128, 104.9838686) มีลักษณะเป็นฝายน้ำล้นที่กั้นระหว่างสถานีที่ 1 และ 2 บริเวณท้ายฝายน้ำนิ่งมีลักษณะสีเหลืองใส ตะกอนเหลืองขุ่น มีพืชน้ำจำนวนมากในแหล่งน้ำและริมตลิ่ง บริเวณโดยรอบเป็นการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร เช่น การปลูกมันสำปะหลัง และมีระดับความลึกประมาณ 2 เมตร และจุดสำรวจที่ 3 ลำห้วยบอน บริเวณพื้นที่ชลประทานตำบลวิเชียร อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี (พิกัด 14.4842279, 105.0082814) ลักษณะพื้นที่เป็นลำห้วยเป็นแหล่งน้ำนิ่งและไหลปานกลางในบางช่วง มีเศษซากไม้และใบไม้ในแหล่งน้ำ รับน้ำจากน้ำธรรมชาติที่ไหลลงสู่ลำห้วยและเป็นบริเวณที่ใกล้แหล่งอาศัยของชุมชน ในฤดูร้อนลำห้วยจะมีน้ำกักเก็บเป็นช่วงๆ บริเวณลำห้วยที่มีน้ำจะมีความลึกประมาณ 1-2 เมตร (Figure 1)

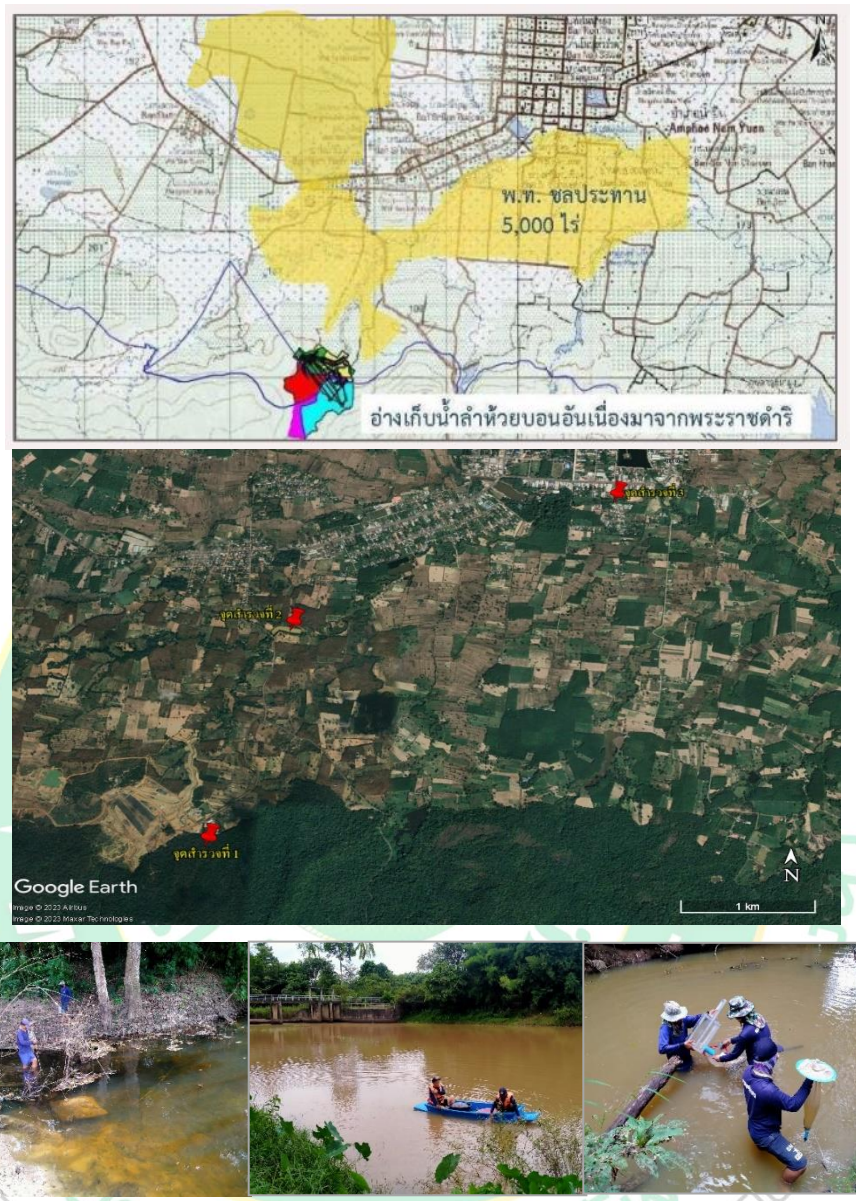


Figure 1 Sampling sites of The King's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province

2. วิธีการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช

การศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนโดยเก็บตัวอย่างเชิงคุณภาพ (Qualitative) เพื่อนำมาจำแนกชนิด นำถุงลากแพลงก์ตอนที่มีขนาดช่องตา 10 ไมครอน ลากในแนวดิ่ง จากระดับประมาณ 0.5 เมตรเหนือพื้นท้องน้ำ (bottom) มาถึงผิวน้ำ (surface) 3 ครั้ง เก็บรักษาสภาพตัวอย่างด้วย lugol 's solution 1 มิลลิลิตร และจำแนกชนิดผ่านกล้องจุลทรรศน์ จำแนกชนิดและรูปวิธานตามเอกสารอ้างอิงของ Wongrat (1999) การศึกษาเชิงปริมาณเก็บตัวอย่างเชิงปริมาณ (Quantitative) เพื่อนำมานับ (หน่วยต่อมิลลิลิตร) ใช้ Patalas Sampler เก็บตัวอย่างที่ 2 ระดับ ที่ผิวน้ำ และกลางน้ำ ผ่านถุงแพลงก์ตอนขนาด 10 ไมครอน ยกเว้นในช่วงฤดูร้อนระดับน้ำ

บางสถานีตื้นเขินการเก็บตัวอย่างจะทำได้เฉพาะบริเวณผิวน้ำ และรักษาสภาพตัวอย่างด้วย lugol 's solution 1 มิลลิเมตร นำมานับในห้องปฏิบัติการด้วยสไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgwick-Rafter Counting Cell) ผ่านกล้องจุลทรรศน์ตามวิธีของ Wongrat and Boonyapirat (2003)

3. การศึกษาคุณภาพน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำทุกสถานีโดยหน่วยงานส่วนสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน อ้างอิงตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน (Office of the National Environment Board, 1994) การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดินดำเนินการตามวิธีที่อธิบายไว้ใน APHA, AWWA and WPCE (1998) ทำการวัดค่าพร้อมวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางดัชนีที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายขณะเก็บรักษาตัวอย่าง หรือต้องทำการตรวจวัดทันทีในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น ความนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ด้วยเครื่องมือ YSI 556 Multi Probe System ปริมาณสารอาหารตาม Greenberg *et al.* (2005) ได้แก่ ไนเตรท (NO^-_3-N) โดยวิธี Cadmium reduction แอมโมเนีย (NH_3-N) โดยวิธี Nesslerization และ ฟอสเฟต (PO_4^{3-}-P) โดยวิธี Ascorbic acid วัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) โดยวิธี iodometric แบบ azide modification method (Greenberg *et al*., 2005)

4. วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์สกุลและปริมาณแพลงก์ตอน

นำตัวอย่างแพลงก์ตอนที่ได้จากการจำแนกสกุลในห้องปฏิบัติการ ตามคู่มือจำแนก ของ Wongrat (1999) Prescott (1962) และ Needham and Needham (1967) จากนั้นคำนวณหาปริมาณแพลงก์ตอนต่อลิตร ดังนี้

ปริมาณแพลงก์ตอน (หน่วยต่อลิตร) = 1,000 ab/c

โดยที a = ปริมาณน้ำในขวดเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน

b = จำนวนแพลงก์ตอนที่นับได้ต่อ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

c = ปริมาณน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน

4.2 ดัชนีความมากชนิด (richness index)

เป็นค่าที่บ่งชี้ความหลากหลายของกลุ่มแพลงก์ตอนที่พบในแต่ละจุดและช่วงเวลาที่ศึกษามีพื้นฐานการคำนวณจากจำนวนชนิดที่พบทั้งหมดและจำนวนตัวทั้งหมด โดยใช้การคำนวณค่าดัชนีความมากชนิดตามวิธีการของ Margalef index (Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Warwick, 2001) โดยมีสูตรดังนี้

$$R = (S-1) / \ln(n)$$

โดย R = ค่าดัชนีความมากชนิด

S = จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบ

n = จำนวนตัวทั้งหมดที่พบ

ln = natural logarithm

4.3 ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (diversity index)

ใช้การคำนวณตามวิธีของ Shanon-Wiener Diversity Index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988) ค่าดัชนีที่ได้ใช้ประกอบการพิจารณาความหลากหลายของประชาคมแพลงก์ตอนและลักษณะคุณภาพสิ่งแวดล้อมของอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอน ทั้งในจุดสำรวจและช่วงเวลา โดยมีสูตรดังนี้

$$H' = \sum_{i=1}^{s} (p_i \log(p_{(i)})$$

โดย H' = ดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดแพลงก์ตอนทั้งหมด

P_i = สัดส่วนของจำนวนที่ I จำนวนทั้งหมด เมื่อ i เท่ากับ 1,2, 3, …ถึง s

4.4 ดัชนีความสม่ำเสมอ (evenness index)

เป็นค่าที่บ่งชี้การกระจายของแพลงก์ตอนแต่ละชนิดของแต่ละจุด ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าจุดประกอบด้วยแพลงก์ตอนที่มีจำนวนใกล้เคียงกันและมีการกระจายที่เหมือนกัน การศึกษาครั้งนี้ใช้การคำนวณค่าดัชนีความสม่ำเสมอตามวิธีของ Pielou index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Warwick, 2001) โดยมีสูตรดังนี้

Evenness (J') = H' / log(S)

โดย Evenness (J') = ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ

H' = ค่าดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดที่พบในจุดนั้น

ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำนำมาใช้เป็นดัชนีทางระบบนิเวศ และนำค่าวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมี เพื่อนำมาทำการประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศน้ำนิ่งโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PC score (Applied Algal Research laboratory Physical and Chemical score) (Peerapornpisal *et al*., 2004) โดยใช้พารามิเตอร์ 6 ชนิด ได้แก่ การนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความต้องการใช้ออกซิเจนในการสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ (biological oxygen demand, BOD) ไนเตรท (NO_3^--N) แอมโมเนีย (NH_3-N) และฟอสเฟต (PO_4^{3-}-P) โดยประยุกต์มาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ (Lorraine and Vollenweidar 1981) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2537 และให้คะแนนค่าการประเมินทางเคมีและแปรผลคุณภาพน้ำตาม (Appendix 1 and 4 ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพ โดยนำแพลงก์ตอนชนิดเด่นมาประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PP score (Applied Algal Research Laboratory Phytoplanktons score) (Peerapornpisal *et al*., 2007) จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนทางกายภาพและเคมีกับทางชีวภาพ โดยเทียบกลุ่มแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่มีจำนวนมากเป็น 3 อันดับแรกและมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 ของแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยที่พบจะเป็นคะแนนทางชีวภาพและค่าคะแนนระดับคุณภาพน้ำตาม (Appendix 2 and 3)

ผลการศึกษา

1.ชนิด ปริมาณ และโครงสร้างของแพลงก์ตอนพืช

1.1 ชนิดของแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืช โดยการจำแนกถึงระดับสกุลที่พบจากโครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในระยะการก่อสร้าง จำนวน 3 จุดสำรวจ ที่สำรวจในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน รวม 2 ครั้ง พบแพลงก์ตอนพืช 4 ดิวิชั่น 41 ชนิด ได้แก่ ดิวิชั่น Cyanophyta จำนวน 4 ชนิด ดิวิชั่น Chlorophyta จำนวน 18 ชนิด ดิวิชั่น Euglenophyta จำนวน 5 ชนิด และดิวิชั่น Chromophyta จำนวน 14 ชนิด

เมื่อพิจารณาจำนวนสกุลของแพลงก์ตอนพืชตามจุดสำรวจ พบว่าจุดสำรวจที่ 3 มีความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืชสูงสุด จำนวน 30 ชนิด โดยมีจำนวนแพลงก์ตอนพืชในจุดสำรวจที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 25, 22 และ 30 ชนิด ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชตามช่วงเวลา ในช่วงฤดูร้อน และในช่วงฤดูฝน พบว่าฤดูร้อนมีความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืขจำนวน 33 ชนิด และพบในช่วงฤดูฝน จำนวน 31 ชนิด (Table 1)

1.2 ปริมาณของแพลงก์ตอนพืช

จากการนับปริมาณของแพลงก์ตอนพืชตามจุดสำรวจพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย 646.33 เซลล์ต่อลิตร โดยจุดสำรวจที่พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดคือจุดสำรวจที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืช 742 เซลล์ต่อลิตร และต่ำสุดในจุดสำรวจที่ 3 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืช 475 เซลล์ต่อลิตร (Table 2) เมื่อพิจารณาตามฤดูที่สำรวจพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย 1,278.67 เซลล์ต่อลิตร ในฤดูร้อนพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากกว่าฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 965.67 เซลล์ต่อลิตร และในฤดูฝนมีค่าแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย 313 เซลล์ต่อลิตร (Table 3)

Table 1 Biodiversity and number of phytoplankton (cells/l) in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani.

Division	Class	Order	Family	Species	Summer season			Rainy season		
					St1	St2	St3	St1	St2	St3
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.	0	0	392	1	0	0
				Pseudanabaena sp.	0	0	0	0	5	0
				Spirulina sp.	0	0	3	0	0	0
		Oscillatoriales	Gomontiellaceae	*Komvophoron* sp.	0	0	104	0	0	0
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Coelastraceae	*Coelastrum* sp.	3	0	3	0	0	0
			Hydrodityaceae	*Pediastrum* sp.	0	0	1	0	0	0
			Oocystaceae	*Tetraedron* sp.	0	18	0	0	0	0
				Ankistrodemus sp.	0	0	0	1	0	0
		Zygnematales	Desmidiaceae	*Desmidium* sp.	0	8	1	22	4	0
				Staurastrum sp.	1	0	0	11	0	1
				Closterium sp.	5	0	142	4	3	5
				Cosmarium sp.	5	0	3	9	5	1
				Xanthidium sp.	3	0	3	0	0	0
				Euastrum sp.	0	0	1	5	1	0
				Micrasterias sp.	0	0	0	1	0	0
				Arthrodesmus sp.	0	0	0	8	0	1
			Zygnemataceae	*Spirogyra* sp.	0	2	44	0	1	0
				Mougeotia sp.	0	0	0	2	1	0
			Mesotaeniaceae	*Gonatozygon* sp.	0	3	10	21	0	0
				Onychonema sp.	0	0	1	0	0	0
		Volvocales	Volvocaceae	*Eudorina* sp.	167	191	0	0	2	0
				Pandorina sp.	0	33	0	0	141	0
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	*Euglena* sp.	5	3	1	82	167	4
				Lepocinclis sp.	57	46	36	17	0	9
				Phacus sp.	6	134	11	10	17	8
				Strombomonas sp.	1	12	1	0	34	14
				Trachelomonas sp.	984	385	88	39	216	49
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariophyceae	*Nitzschia* sp.	1	1	1	1	0	1
			Eunotiaceae	*Eunotia* sp.	0	0	0	1	1	0
			Fragilariaceae	*Synedra* sp.	0	0	1	1	1	0
			Naviculaceae	*Navicula* sp.	1	1	1	1	1	1
				Pinnularia sp.	0	0	0	0	0	1
			Rhopalodiaceae	*Rhopalodia* sp.	0	0	0	1	0	0
			Surirellaceae	*Surirella* sp.	0	0	1	1	0	0
		Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	*Aulacoseira* sp.	0	0	1	0	0	1
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia* sp.	1	0	1	0	0	0
		Pennales	Diatomaceae	*Tabellaria* sp.	0	0	1	0	0	0
		Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	*Rhizosolenia* sp.	0	1	0	0	0	0
	Chrysophyceae	Ochromonadales	Dinobryaceae	*Dinobryon* sp.	1	0	0	0	1	0
		Synurales	Mallomonadaceae	*Mallomonas* sp.	1	1	1	1	1	0
	Dinophyceae	Peridiniales	Peridiniaceae	*Peridinium* sp.	2	2	1	0	1	0
		species			17	16	27	22	19	13
		Phytoplankton (cells/l)			1,244	841	854	240	603	96
					St1	St2	St3	Summer	Rainy	
		Total species			25	22	30	33	31	

Table 2 Number of Phytoplankton (cells/l) in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in 3 sampling stations during the summer and rainy seasons.

stations	Cyanophyta		Chlorophyta		Euglenophyta		Chromophyta		Total
	No. of phytoplakton	%	No. of phytoplakton	%	No. of phytoplakton	%	No. of phytoplakton	%	
1	0.50	0.07	134	18.06	600.50	80.93	7.00	0.94	742.00
2	2.50	0.35	206.50	28.60	507.00	70.22	6.00	0.83	722.00
3	249.50	52.53	108.50	22.84	110.50	23.26	6.50	1.37	475.00
average	84.17	17.65	149.67	23.17	406.00	58.14	6.50	1.04	646.33
Genera	4		18		5		14		41

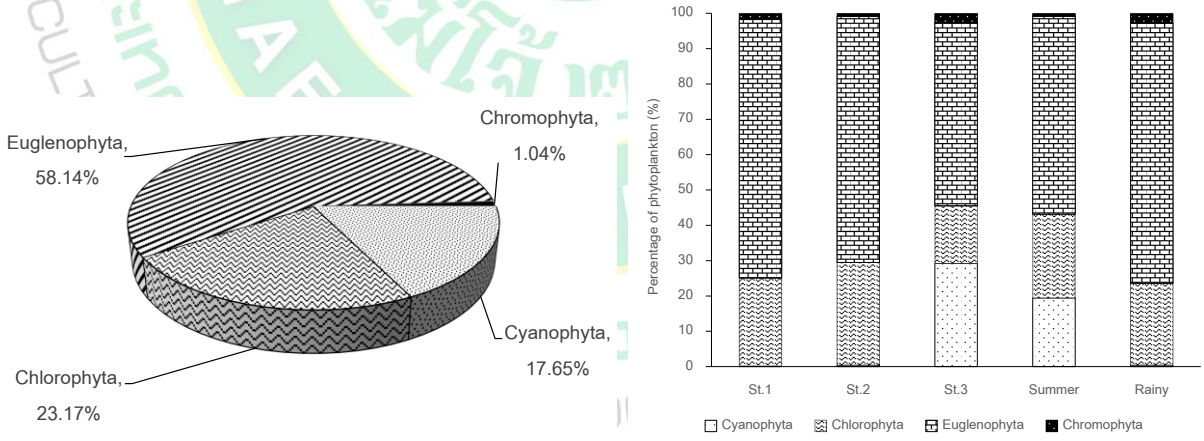
Table 3 Number of Phytoplankton (cells/l) in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in the summer and rainy seasons.

Season	Cyanophyta		Chlorophyta		Euglenophyta		Chromophyta		Total
	No. of phytoplakton	%	No. of phytoplakton	%	No. of phytoplakton	%	No. of phytoplakton	%	
Summer	166.33	17.22	216	22.37	575.67	59.62	67.00	0.79	965.67
Rainy	2.00	0.64	83.33	26.62	222.00	70.93	5.67	1.81	313.00
average	84.17	8.93	149.67	24.50	398.83	65.27	6.67	1.30	1,278.67
Genera	4		17		5		14		41

1.3 โครงสร้างของแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชโดยปริมาณที่พบในโครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในระยะการก่อสร้างพบแพลงก์ตอนพืช ในดิวิชั่น Euglenophyta เป็นโครงสร้างหลัก คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 58.14 รองลงมา คือ ดิวิชั่น Chlorophyta ดิวิชั่น Cyanophyta และดิวิชั่น Chromophyta คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 23.17, 17.65 และ 1.04 ตามลำดับ (Figure 2a) เมื่อพิจารณาโครงสร้างปริมาณแพลงก์ตอนพืชตามจุดสำรวจ พบว่าจุดสำรวจที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Euglenophyta เป็นโครงสร้างหลัก คิดเป็นร้อยละ 73.16 รองลงมา คือ ดิวิชั่น Chlorophyta ดิวิชั่น Chromophyta และดิวิชัน Cyanophyta คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 24.90, 1.74 และ 0.21 ตามลำดับ จุดสำรวจที่ 2 พบดิวิชั่น Euglenophyta เป็นโครงสร้างหลัก คิดเป็นร้อยละ 69.63 รองลงมา คือ ดิวิชั่น Chlorophyta ดิวิชั่น Chromophyta และดิวิชัน Cyanophyta คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 29.08, 0.87 และ 0.41 ตามลำดับ จุดสำรวจที่ 3 พบดิวิชั่น Euglenophyta เป็นโครงสร้างหลัก คิดเป็นร้อยละ 51.76 รองลงมา คือ ดิวิชั่น Chlorophyta ดิวิชั่น Cyanophyta และดิวิชัน Chromophyta คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 16.39, 29.18 และ 2.67 ตามลำดับ ส่วนโครงสร้างตามช่วงเวลา พบว่าในฤดูร้อนพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Euglenophyta เป็นโครงสร้างหลัก คิดเป็นร้อยละ 55.99 รองลงมา คือ ดิวิชั่น Chlorophyta ดิวิชั่น Cyanophyta และดิวิชัน Chromophyta คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 23.73, 19.45 และ

0.83 ตามลำดับ และในฤดูฝนพบโครงสร้างแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Euglenophyta เป็นโครงสร้างหลัก คิดเป็นร้อยละ 73.71 รองลงมา คือ ดิวิชั่น Chlorophyta ดิวิชั่น Chromophyta และดิวิชัน Cyanophyta คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 23.18, 2.69 และ 0.42 ตามลำดับ (Figure 2b) เมื่อพิจารณาโครงสร้างหลักตามชนิดของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบตามช่วงเวลา พบว่าในฤดูร้อนพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ *Trachelomonas* sp., *Oscillatoria* sp., *Eudorina* sp. และ *Lapociclis* sp. โดยพบปริมาณเฉลี่ย 485.67, 130.67, 119.33 และ 46.33 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50.29, 13.53, 12.36 และ 4.80 ตามลำดับ และในฤดูฝนพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ *Trachelomonas* sp., *Euglena* sp., *Pandorina* sp. และ *Strombomonas* sp. โดยพบปริมาณเฉลี่ย 101.33, 84.33, 47 และ 16 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 32.37, 26.94, 15.02 และ 5.11 ตามลำดับ (Table 4 and Figure 3) และเมื่อพิจารณาตามจุดสำรวจพบว่าจุดสำรวจที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ *Trachelomonas* sp., *Euglena* sp., *Lepocinclis* sp. และ *Gonatozygon* sp. โดยพบปริมาณเฉลี่ย 511.50, 124.50, 37.00 และ 10.5 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 69.17, 16.84, 5.00 และ 1.42 ตามลำดับ ส่วนจุดสำราจที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นคือ *Trachelomonas* sp., *Euglena* sp., *Pandorina* sp. และ *Phacus* sp. โดยพบปริมาณเฉลี่ย 300.50, 180.00, 87.00 และ 54.00 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 42.99, 25.75, 12.45 และ 7.73 ตามลำดับ และในจุดสำรวจที่ 3 พบแพลงก์ตอนชนิดเด่นคือ *Oscillatoria* sp., *Trachelomonas* sp., *Komvophoron* sp. และ *Closterium* sp. โดยพบปริมาณเฉลี่ย 196.00, 168.50, 52.00 และ 45.50 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 41.31, 14.44, 10.96 และ 9.59 ตามลำดับ (Table 5 and Figure 3)



(a) (b)

Figure 2 (a) Group of phytoplankton; **(b)** Percentage of phytoplankton in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in 3 sampling stations during the summer and rainy seasons. (St: Station, S: Summer season, R: Rainy season)

Table 4 Dominant species and number of phytoplankton in the summer and rainy seasons.

Season	No.	Dominant species	Average amount (cells/l)	% Total amount
Summer	1	*Trachelomonas* sp.	485.67	50.29
	2	*Oscillatoria* sp.	130.67	13.53
	3	*Eudorina* sp.	119.33	12.36
	4	*Lepocinclis* sp.	46.33	4.80
Rainy	1	*Trachelomonas* sp.	101.33	32.37
	2	*Euglena* sp.	84.33	26.94
	3	*Pandorina* sp.	47.00	15.02
	4	*Strombomonas* sp.	16.00	5.11

Table 5 Dominant species and number of phytoplankton in 3 sampling stations.

Station	No.	Dominant species	Average amount (cells/l)	% Total amount
1	1	*Trachelomonas* sp.	511.50	69.17
	2	*Euglena* sp.	124.50	16.84
	3	*Lepocinclis* sp.	37.00	5.00
	4	*Gonatozygon* sp.	10.5	1.42
2	1	*Trachelomonas* sp.	300.50	42.99
	2	*Euglena* sp.	180.00	25.75
	3	*Pandorina* sp.	87.00	12.45
	4	*Phacus* sp.	54.00	7.73
3	1	*Oscillatoria* sp.	196.00	41.31
	2	*Trachelomonas* sp.	168.50	14.44
	3	*Komvophoron* sp.	52.00	10.96
	4	*Closterium* sp.	45.50	9.59

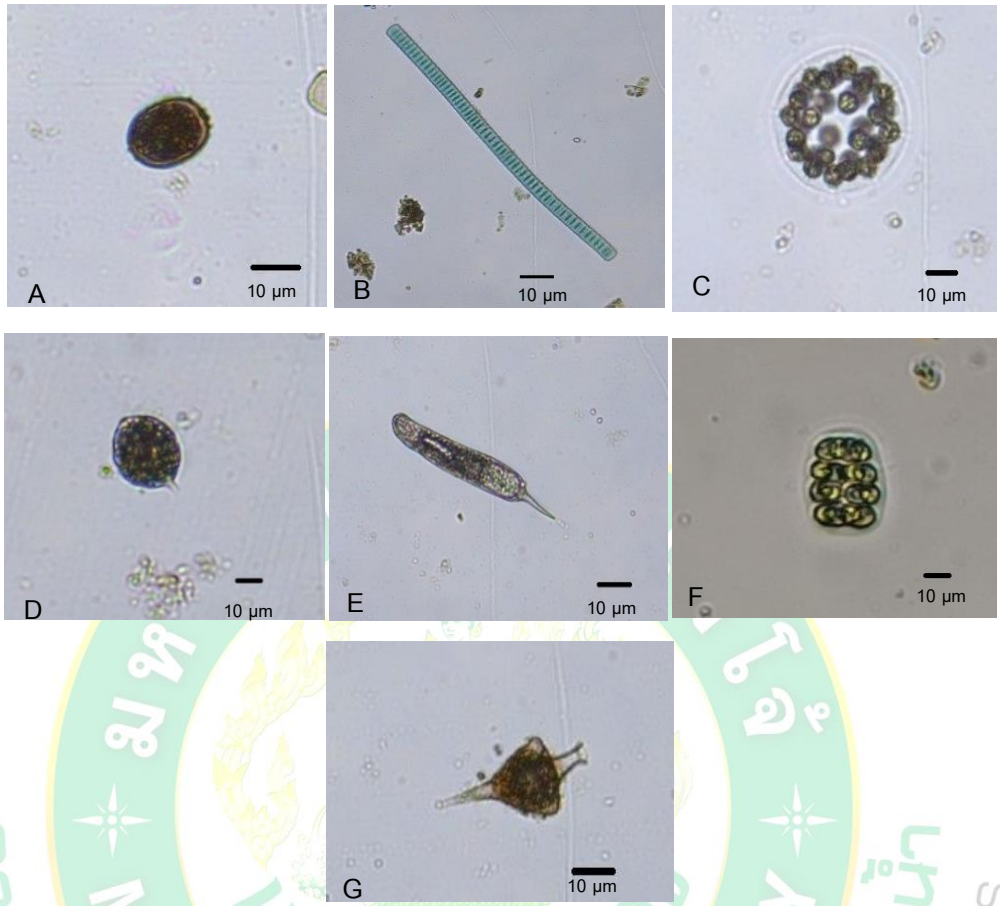


Figure 3 Dominant phytoplankton species in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani.

A) *Trachelomonas* sp. B) *Oscillatoria* sp. C) *Eudorina* sp. D) *Lepocinclis* sp. E) *Euglena* sp. F) *Pandorina* sp. and G) *Strombomonas* sp.

2. ดัชนีบ่งชี้ระบบนิเวศ

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลาย ดัชนีความสม่ำเสมอ และดัชนีความมากชนิดของแพลงก์ตอนพืชในฤดูร้อนมีค่าเท่ากับ 1.36±0.52, 0.46±0.16 และ 2.77±0.93 ตามลำดับ และพบว่าในฤดูฝนมีค่าดัชนีความหลากหลาย ดัชนีความสม่ำเสมอ และดัชนีความมากชนิด มีค่าสูงกว่าฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 1.82±0.34, 0.63±0.09 และ 3.09±0.65 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจุดสำรวจที่เก็บตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีความหลากหลาย มีค่าสูงสุดที่จุดสำรวจที่ 1 ในฤดูฝน และมีค่าต่ำสุดที่จุดสำรวจที่ 1 ในฤดูร้อนและค่าดัชนีความสม่ำเสมอมีค่าต่ำสุดในฤดูร้อนที่จุดสำรวจที่ 1 และค่าดัชนีความมากชนิดมีค่าต่ำสุดในช่วงฤดูร้อนที่จุดสำรวจที่ 2 ในขณะที่จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในฤดูร้อน มีจำนวนชนิดมากสุดบริเวณจุดสำรวจที่ 3 พบจำนวน 27 ชนิด และพบจำนวนชนิดน้อยสุดในฤดูฝนบริเวณจุดสำรวจที่ 3 เช่นกัน โดยพบจำนวน 13 ชนิด และพบว่าแนวโน้มของแพลงก์ตอนพืชจากฤดูร้อนมีแนวโน้มลดลงจากปริมาณ 979±229.01 เซลล์ต่อลิตร และ

พบว่าในฤดูฝนปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลงเป็น 3 เท่าเมื่อเทียบกับฤดูร้อน โดยมีปริมาณเท่ากับ 313±261.26 เซลล์ต่อลิตร (Table 6)

Table 6 Shanon-Weiner index and abundance of phytoplankton in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in 2 seasons and 3 sampling stations.

Season	Stations	Diversity index (*H* ')	Evenness (*J'*)	Richness index (R)	Total number of species	No. of Phytoplankton (Cells/l)
Summer	1	0.77	0.27	2.24	17.00	1,244.00
	2	1.56	0.57	2.23	16.00	841.00
	3	1.74	0.53	3.85	27.00	854.00
	Average	1.36±0.52	0.46±0.16	2.77±0.93	20±6.08	979.67±229.01
Rainy	1	2.21	0.71	3.83	22.00	240.00
	2	1.58	0.54	2.81	19.00	603.00
	3	1.67	0.65	2.63	13.00	96.00
	Average	1.82±0.34	0.63±0.09	3.09±0.65	18±4.58	313±261.26

3. การประเมินค่าคุณภาพน้ำ

3.1 ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ

จุดสำรวจที่ 1 ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูร้อน น้ำนิ่ง มีเศษซากไม้และใบไม้ในแหล่งน้ำ บริเวณโดยรอบเป็นป่าไม้ และพื้นที่ก่อสร้าง ลักษณะตัวอย่างน้ำ เหลืองใส ตะกอนเหลือง ส่วนลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในฤดูฝน พบว่าน้ำไหลปานกลาง บริเวณโดยรอบเป็นป่าไม้ และพื้นที่ก่อสร้าง ลักษณะตัวอย่างน้ำ เหลืองใส ตะกอนน้ำตาล

จุดสำรวจที่ 2 ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูร้อน น้ำนิ่ง มีพืชน้ำจำนวนมากในแหล่งน้ำและริมตลิ่ง มีคราบสีเขียวที่ผิวน้ำของแพลงก์ตอนและสาหร่ายบริเวณโดยรอบเป็นพื้นที่การเกษตร เช่นมันสำปะหลัง ลักษณะตัวอย่างน้ำ เหลืองใส ตะกอนเหลือง ส่วนลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในฤดูฝน พบว่าน้ำไหลปานกลาง มีพืชน้ำริมตลิ่ง บริเวณโดยรอบเป็นพื้นที่การเกษตร เช่นมันสำปะหลัง ลักษณะตัวอย่างน้ำ เหลืองใส

จุดสำรวจที่ 3 ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูร้อน น้ำนิ่ง มีเศษซากไม้และใบไม้ในแหล่งน้ำ อีกทั้งมีต้นไม้ใหญ่บริเวณตลิ่ง บริเวณโดยรอบเป็นแหล่งชุมชน และพื้นที่การเกษตร ลักษณะตัวอย่างน้ำ เหลืองใส ตะกอนเหลือง ส่วนลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในฤดูฝน พบว่าน้ำไหลปานกลาง มีเศษซากไม้และใบไม้ในแหล่งน้ำ อีกทั้งมีต้นไม้ใหญ่บริเวณตลิ่ง บริเวณโดยรอบเป็นแหล่งชุมชน และพื้นที่การเกษตร ลักษณะตัวอย่างน้ำ เหลืองใส ตะกอนน้ำตาล

3.2 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของบริเวณก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ทั้งหมด 3 จุดสำรวจ ผลการประเมินด้วย AARL-PC จุดสำรวจที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.70, 2.50 และ 2.60 ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน เมื่อนำผลที่ได้มาประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่ายผลการประเมินด้วย AARL-PC score พบว่าในฤดูร้อนและฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 2.80 และ 2.30 (Table 6 and Figure 4) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับสารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status) และเมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์คุณภาพน้ำทั่วไปจัดอยู่ในระดับดีถึงปานกลาง (Appendix 1 and 4)

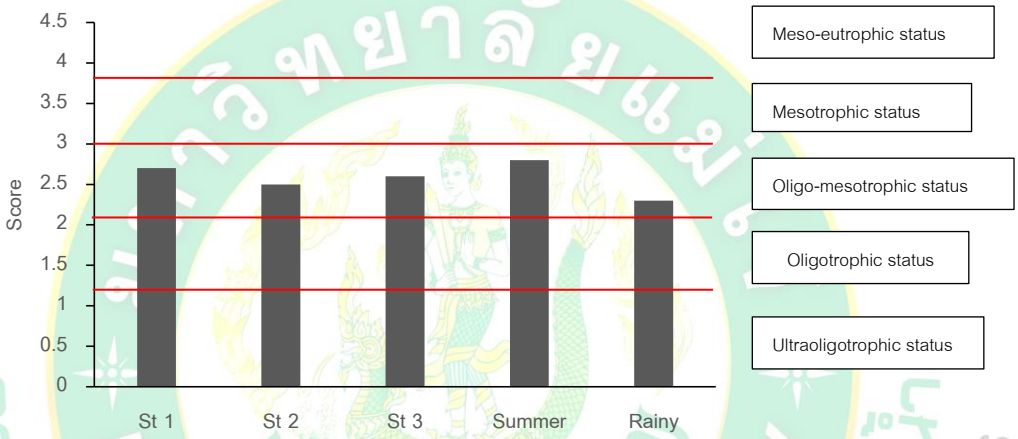


Figure 4 AARL-PC Score of Trophic status values in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in 2 seasons and 3 sampling stations. (Note —— = value limit between categories)

3.3 คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

จากการศึกษาครั้งนี้ทำการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ของบริเวณก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ผลการประเมินด้วย AARL-PP จุดสำรวจที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 9.00, 8.33 และ 8.50 และพบว่าการเปลี่ยนแปลงในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 7.67 และ 8.00 (Figure 5) สามารถแปรผลคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ประเมินด้วย AARL-PP score แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำมีสารอาหารสูง (Eutrophic status) คุณภาพน้ำจัดอยู่ในระดับที่ไม่ดี (Polluted) (Appendix 2 and 3)

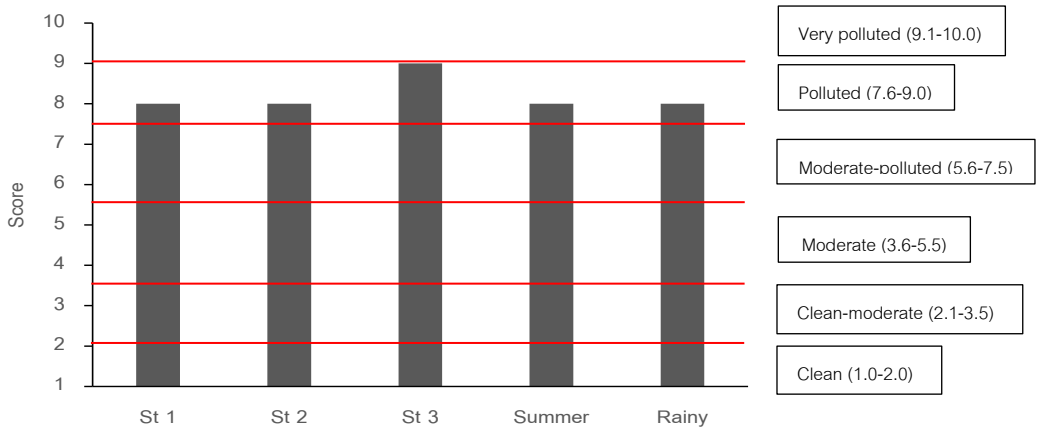


Figure 5 AARL-PP Score of Water pollution values in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in 2 seasons and 3 sampling stations. (Note —— = value limit between categories)

Table 6 Some parameters of physicochemical and biological water quality in The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province in 3 sampling stations and 2 seasons.

Parameters	Stations			Season		Specification*
	1	2	3	Summer	Rainy	
Air Temperature (C°)	27.00	29.50	29.00	29.33±2.08	28.00	-
Water Temperature (C°)	39.38	29.56	28.32	28.59±2.34	27.56±0.91	-
Conductivity (EC, µs/cm)	58.00	51.50	91.00	94±39.85	39.67±5.86	<300 µs/cm
Turbidity (NTU)	7.65	25.35	38.15	14.23±4.97	33.20±25.86	25-100 NTU
Suspension Solids (mg/l)	10.65	14.05	21.30	8.93±5.60	21.73±13.66	< 30 mg/l
pH	7.15	6.75	6.80	6.67±0.06	7.13±0.42	5-9
Alkalinity (mg/l as $CaCO_3$)	17.75	15.75	21.25	27.83±5.51	8.67±0.58	< 50 mg/l as $CaCO_3$
Total Dissolved Solids (mg/l)	29.00	25.60	45.70	47.07±20.05	19.80±2.96	<500 mg/l
Dissolved Oxygen (mg/l)	4.87	5.37	4.12	3.32±0.98	5.55±6.27	4-6 mg/l
BOD (mg/l)	9.30	8.80	6.90	11.50±3.72	4.75±1.81	1.5-4.5 mg/l
Nitrate (NO_3^--N, mg/l)	0.90	0.90	0.55	1.10±0.20	0.47±0.25	< 5 mg/l
Ammonia (NH_3-N, mg/l)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.5 mg/l
Phosphate (PO_4^{3-}-P, mg/l)	0.0065	0.0135	0.014	0.0147±0.0083	0.0080±0.0104	0.05-1 mg/l

Note: Office of the National Environment Board (1994) *

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช บริเวณโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริในระยะก่อสร้าง ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม) และฤดูฝน (เดือนมิถุนายน) พ.ศ. 2565 พบแพลงก์ตอนพืช 4 ดิวิชัน 41 ชนิด ดิวิชันที่พบมากที่สุดคือ ดิวิชัน Euglenophyta รองลงมาคือ ดิวิชัน Chlorophyta, ดิวิชัน Cyanophyta และ ดิวิชัน Charomophyta ตามลำดับ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบคือ *Trachelomonas* sp. รองลงมาคือ *Euglena* sp., *Oscillatoria* sp., *Eudorina* sp., *Pandorina* sp., *Strombomonas* sp. และ

Lapocinclis sp. ตามลำดับ ทั้งนี้ Palmer (1969) ได้รายงานถึงชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่มีความสำคัญชนิดที่มีศักยภาพในการทนทานต่อมลพิษทางน้ำและเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ไม่ดี ในการจัดลำดับ 8 ลำดับแรก ได้แก่ สกุล *Euglena*, *Oscillatoria*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Nitzschia*, *Navicula* และ *Stigeoclonium* โดยเฉพาะสกุล *Euglena* เป็นสกุลที่มีศักยภาพต่อการทนทานของมลพิษทางน้ำมากกว่าสกุลอื่น ชนิดของสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดที่บ่งบอกถึงแหล่งน้ำที่มีมลภาวะทางน้ำเช่นเดียวกับการศึกษาของ Panich-pat *et al*. (2009) พบแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria*, *Euglena*, *Scenedesmus* และ *Phacus* ที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำต่ำในการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในคลองเจดีย์บูชา จังหวัดนครปฐม

การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ เมื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่ายของระบบนิเวศน้ำนิ่ง AARL-PC Score Peerapornpisal *et al*. (2004) โดยประยุกต์ใช้มาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) และ Wetzel (2001) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2537 พบว่าคุณภาพน้ำระดับสารอาหารส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ oligo-mesotrophic status คือมีสารอาหารน้อยถึงปานกลางและเกณฑ์คุณภาพน้ำอยู่ในระดับดีถึงปานกลาง เนื่องจากสถานีที่ 1 เป็นบริเวณที่รับน้ำ น้ำนิ่ง และมีซากใบไม้ในแหล่งน้ำมีป่าไม้โดยรอบรวมทั้งเป็นบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง และบริเวณสถานีที่ 2 และ 3 เป็นบริเวณที่ทำการเกษตร โดยเฉพาะบริเวณสถานีที่ 3 เป็นบริเวณโดยรอบเป็นบริเวณแหล่งอาศัยของชุมชน ซึ่งในช่วงฤดูร้อนน้ำค่อนข้างนิ่งไม่มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำและบางพื้นที่มีปริมาณน้ำน้อย เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนพบว่าพื้นที่แหล่งน้ำได้รับน้ำจากการชะล้างตะกอนดินและสารอินทรีย์ไหลลงสู่แหล่งน้ำของลำห้วยบอล จึงทำให้สถานีทั้ง 3 จุดสำรวจมีเกณฑ์สารอาหารน้อยถึงปานกลาง และค่าคุณภาพน้ำโดยเฉพาะค่าออกซิเจนที่สถานีที่ 3 และในช่วงฤดูร้อนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ประกอบกับเมื่อพิจารณาค่า BOD ของคุณภาพน้ำ ซึ่งมีค่าสูงเกินเกณฑ์ทุกสถานีและทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน เนื่องจากแหล่งน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากการทับถมของอินทรีย์สารและกิจกรรมการเพาะปลูกและน้ำใช้จากชุมชน จึงทำให้เกิดกิจกรรมของการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในน้ำ ทั้งนี้ค่า BOD ที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้มลพิษของแหล่งน้ำได้ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำที่เกิดมลภาวะ (Mizwar and Suropati, 2020) สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพน้ำจากแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL-PP Score (Peerapornpisal *et al*., 2007) พบว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มคุณภาพน้ำที่มีสารอาหารสูงและคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่ไม่ดี (Polluted) และมีค่าบ่งชี้คุณภาพน้ำที่แตกต่างจากปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีตามวิธี AARL-PC Score เนื่องจากการบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในแหล่งน้ำเกิดจากสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบแหล่งน้ำและจากกิจกรรมการทำการเกษตรและการใช้น้ำของชุมชน ทั้งนี้ Palmer (1977) ได้รายงานถึงปัจจัยทางด้านชีวภาพ เช่น แพลงก์ตอนพืชสามารถบอกถึงคุณภาพน้ำย้อนหลังเพราะการเปลี่ยนแปลงชนิดแพลงก์ตอนต้องใช้เวลาพอสมควร และ Peerapornpisal (2007) รายงานการศึกษาวิธีทางชีวภาพมีข้อแตกต่างจากวิธีทางกายภาพและเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีอย่างรวดเร็ว ต่างจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพที่สิ่งมีชีวิตในน้ำจะมีลักษณะการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเมื่อคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมสิ่งมีชีวิตที่จำเพาะกับคุณภาพน้ำดีจะค่อยๆ ลดลง และสิ่งมีชีวิตที่จำเพาะกับคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมจะมีมากขึ้น ซึ่ง

จากคำอธิบายเบื้องต้นจึงเป็นสาเหตุให้คุณภาพน้ำทางชีวภาพและคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีมีความแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อศึกษาในภาพรวมพบว่าคุณภาพน้ำของลำห้วยบอนจัดอยู่ในคุณภาพน้ำไม่ดี ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชในเบื้องต้นสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดเพื่อประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำในระหว่างดำเนินการของโครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตามวิธี AARL-PP Score

สรุปผลการศึกษา

การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในโครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุบลราชธานี พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นจำนวน 7 ชนิด ที่มีคะแนนอยู่ในช่วงระดับคุณภาพน้ำระดับดีถึงปานกลาง การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางชีวภาพพบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่ไม่ดี ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบคุณภาพน้ำลำห้วยบอนทางชีวภาพ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ชัดเจน แต่สามารถบอกแนวโน้มของคุณภาพน้ำลำห้วยบอนได้ การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำสามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกในการตรวจสอบคุณภาพน้ำลำห้วยบอนได้ ดังนั้นลำห้วยบอนในระยะก่อสร้างยังคงต้องมีการพิจารณาคุณภาพน้ำจากการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้บริเวณจุดอื่นเพิ่มเติม และควรดำเนินการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชในลำห้วยบอนกับคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลง และข้อมูลที่ได้สามารถนำไปเสนอต่อชุมชนหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบข้อมูลในด้านของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมด้านคุณภาพน้ำของลำห้วยบอนเพื่อวางแผนในการปรับปรุงและแก้ไขในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

APHA, AWWA and WPCE. 1998. Standard method for examination of water and waste water. American Public Health Association. Washington DC.

Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 2001. Change in Marine Communities. Plymouth Marine Laboratory. Bourne Press Limited, UK. 157p.

Department of Irrigation [online]. The King 's Royally Initiated Huai Bon Project, Ubon Ratchathani Province. https://www.rid.go.th/royalproject/templates/royalproject15a/images/header [2023, April 25]

Greenberg A.E., Clesceri I.S. and Eaton L. 2005. Standard method for examination of water and waste water. 20th edition. Washington DC. American Public Health Association (APHA).

Jualaong, S., S., Kan-atirklap and M., Jarujinda. 2010. Using Dominant Phytoplankton indicator water quality Prasae river, Rayong Province. Journal of Fisheries and Technology Research. 4(1):126-140. [in Thai]

Lorraine, L.J. and Vollenweider, R.A. 1981. Summary report, the OECD cooperative programme on eutrophication. National Water Research Institute. Burlington. U.S.A.

Ludwig, J. A. and J.F. Reynolds. 1988.Statistical Ecology; A primer on methods and computing. John Wiley&Sons. New York, USA. 337 pp.

Mizwar, A. and H.U. Surapati. 2020. Biological Oxygen Demand (BOD_5) as Bio Indicator of Phytoplankton Diversity Index in The Mangrove Area of Kintap Estuary-South Kalimanta. IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science. 448012126.

Moonsin, P., C., Piyawong, M., Ruksil and R., Moonsin. 2018. Diversity of Phytoplankton as Bioindicator in Rasi Salai Dam, Si Sa Ket Province. Journal of Fisheries and Technology Research. 12(2): 63-75. [in Thai]

Needham, J.G. and P.R. Needham. 1967. A Guide to the Study of Fresh-Water Biology. Printed in the USA. 108 pp.

Office of the National Environment Board. 1994. Surface Water Quality Standards in the Enhancement and Conservation of National Environment Quality Act B.E. Bangkok. 7 p. [in Thai]

Palmer, C.M. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. Journal of Phycology. 5: 78-82.

Palmer, R.G. 1977. Algae and water pollution. Municipal environmental research laboratory. Ohio Cicinnati.

Panich-pat, T., Warin, Y. and Rattiya, O. 2009. Monitoring of Water Quality Using Phytoplankton, Protozoa and Benthos as Bioindicator in Chadeebucha Canal, Nakhon Pathom Province. Journal of Environmental Research. 31(2): 1-14.

Peerapornpisal, Y., Chaiubol, C., Pekkoh, J., Kraibut, H. et al. 2004. AARL-PC Monitoring of water quality in Ang Kaew reservoir of Chiang Mai University using phytoplankton as bioindicator from 1995-2002. Chiang Mai Journal of Science. 31(1): 85-94 p.

Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Tonkhamdee, A., Hongsirichart and T., Kunpradid. 2007. Assessment of Water Quality in Standing Water by Using Dominant Phytoplankton (AARL-PP Score). Journal of Fisheries and Technology Research. 1(1):71-81. [in Thai]

Phianchana, A., Maneerat, N., Chaisanam and A., Wondsrikaew. 2012. Using Dominant Plankton Water Quality Lower Mon River. Proceeding of 50th Kasetsart University Annual Conference: Science: Sciences, Natural Resource and Environment. 457-464 p.

Prescott, G.W. 1962. Algae of the western great lakes area. WM.C. Brown Company Publishers, IOWA. 977pp.

Washington, H.G. 1984. Review of diversity, biotic and similarity indices. Water Research. 18(6): 653-694.

Wetzel, R.G. 2001. Limnology. Third Edition. San Diego: Academic Press.

Wongrat, L. 1999. Phytoplankton. Faculty of Fisheries, Kasetsart University Publishing. Bangkok. 851 p. [in Thai]

Wongrat, L. and Boonyapirat, S. 2003. Instruction of Collecting and Analytical Method of Phytoplankton. Kasetsart University Publishing, Bangkok. [in Thai]

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

Appendix 1 Translating score values of physiochemical water quality with AARL-PC Score (Peerapornpisal *et al.*,2004)

AARL-PC Score	Parameter					
	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	Conductivity (µs/cm)	NO_3^--N (mg/l)	NH_3-N (mg/l)	PO_4^{3-}P (mg/l)
0.1	>9	<0.2	<10	<0.1	<0.01	<0.01
0.2	8	0.2-0.5	10-20	0.1-0.2	0.01-0.03	0.01-0.05
0.3	7	0.6-1.5	21-40	0.3-0.4	0.04-0.06	0.06-0.10
0.4	6	1.6-3.0	41-80	0.5-0.8	0.07-0.10	0.11-0.15
0.5	5	3.1-5.0	81-120	0.9-1.5	0.11-0.30	0.16-0.25
0.6	4	5.1-8.0	121-200	1.6-3.0	0.31-0.50	0.26-0.35
0.7	3	8.1-15.0	201-300	3.1-10.0	0.51-0.70	0.36-0.50
0.8	2	15.1-30.0	301-450	10.1-20.0	0.71-1.00	0.51-1.25
0.9	1	30.1-50.0	451-700	20.1-40.0	1.10-3.00	1.26-2.50
1.0	<1	>50.0	>700	>40.0	>3.00	>2.50

Appendix 2 Translating score values of phytoplankton with AARL-PP Score (Peerapornpisal *et al.*, 2007)

AARL-PP Score	Genus of Phytoplankton
1	*Dynobryon*
2	*Cosmarium, Cyclotella, Eunotia, Micrasterias*
3	*Elakatothrix, Centritractus, Ceratium*
4	*Botryococcus, Centritractus, Ceratium*
5	*Acanthoceras, Actinastrum, Aphanocapsa, Aphanothece, Golenkinia, Cymbella Fragilaria, Isthmochloron, Kirchneriella, Melosira, Navicula, Nephrocytium, Pinnularia, Rhopalodia*
6	*Achnanthes, Amphora, Aulacoseira, Chlorella, Chlamydomonas, Chroococcus Cocconeis, Encyonema, Epithemia, Eudorina, Gomphonema, Gonium, Gymnodinium, Oocystis, Pandorina, Peridiniopsis, Peridinium, Rhizosolenia, Surirella, Tetraedron, Volvox*
7	*Ankistrodesmus, Bacillaria, Coelastrum, Crucigenia, Crucigeniella, Cylindrospermopsis, Dictyosphaerium, Dimorphococcus, Gyrosigma, Micractinium, Monoraphidium, Pediastrum, Planktolyngbya, Pseudanabena*
8	*Phacus, Scenedesmus, Strombomonas, Synura, Hantzschia, Anabaena, Microcystis, Cryptomonas, Rhodomonas, Trachelomonas*
9	*Nitzschia, Spirulina, Oscillatoria, Phormidium, Merismopedia*
10	*Euglena*

Appendix 3 Score of biological water quality followed trophic level with AARL-PP Score (Peerapornpisal *et al*.,2007)

Score	Water quality by trophic level	General water quality
1.0-2.0	Oligotrophic status	Clean
2.1-3.5	Oligo-mesotrophic status	Clean-moderate
3.6-5.5	Mesotrophic status	Moderate
5.6-7.5	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
7.6-9.0	Eutrophic status	Polluted
9.1-10.0	Hypereutrophic status	Very polluted

Appendix 4 Score of physioc hemical water quality followed trophic level with AARL-PC Score (Peerapornpisal *et al*.,2004)

Score	Water quality by trophic level	General water quality
<0.7	Ultraoligotrophic status	Very clean
0.7-1.4	Oligotrophic status	Clean
1.5-2.2	Oligo-mesotrophic status	Clean-moderate
2.3-3.0	Mesotrophic status	Moderate
3.1-3.8	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
3.9-4.6	Eutrophic status	Polluted
> 4.6	Hypereutrophic status	Very polluted

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

การเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน โดยชุมชนมีส่วนร่วม

Cultivation of *Ceratogarra cambodgiensis* (Tirant, 1884) in Cement Ponds with Different Density Rates by Community Participation

เชาวลีย์ ใจสุข[1] จงกล พรมยะ[2] และอมรชัย ล้อทองคำ[1*]

Chaowalee Jaisuk[1] Jongkon promya[2] and Amornchai Lothongkham[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

[1]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Nan

[2]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

[2]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai

*Corresponding author: e-mail: amornchai@rmutl.ac.th

Received: Oct 18, 2023

Revised: Mar 13, 2024

Accepted: Mar 14, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันโดยชุมชนมีส่วนร่วม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ที่ระดับความหนาแน่น 20, 30 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร ปลาทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.30 กรัมและความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 2.80 เซนติเมตร ทำการทดลองนาน 11 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2565 จนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 จากผลการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาเลียหินที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวันและความยาวเพิ่มขึ้นต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทั้ง 2 ระดับความหนาแน่นมีค่าที่สูงกว่าการเลี้ยงปลาเลียหินด้วยความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของการเลี้ยงปลาเลียหินในทุกระดับความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลาที่เลี้ยงทุกระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ปลาดำรงชีวิตและเติบโตได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์คือ 30 ตัวต่อตารางเมตร

คำสำคัญ: การเลี้ยงปลา, ปลาเลียหิน, อัตราการเจริญเติบโต, ตำบลเมืองคอง

Abstract

This study aimed to study the cultivation of *Ceratogarra cambodgiensis* (Tirant, 1884) in cement ponds with different density rates by community participation. The completely randomized design was used, and the experiment was divided into 3 treatments including 20, 30, and 40 fish per square meter with 4 replications. The fish, originally, had an initial average weight of 0.30 grams and an initial average length of 2.80 centimeters. The experiment had been conducted for 11 months, during September, 2022 to July, 2023. The results showed that the growth rates of fish with the densities at 20 and 30 fish per square meter were not statistically different ($p>0.05$). However, both densities were significantly ($p<0.05$) higher in final weight, final length, daily weight gain, and daily length gain than the fish density at 40 fish per square meter. Moreover, specific growth rate of all fish densities was statistically different ($p<0.05$). Feed conversion ratio and survival rate of all fish densities were not statistically different ($p>0.05$). The water quality was within the criteria for fishes to live and grow. Therefore, this study concluded that the optimum density rate for culture of *C. cambodgiensis* was 30 fish per square meter.

Keywords: Cultivation of fish, *Ceratogarra cambodgiensis*, Growth rate, Muang Khong subdistrict

บทนำ

ปลาเลียหินมีชื่อท้องถิ่นว่า ปลามัน (พะเยา น่าน แพร่) ปลากลมมอน (เชียงใหม่) ปลาหุดหรือปลาพุด (ภาคใต้) เป็นปลาขนาดเล็กที่จัดอยู่ในวงศ์ย่อยปลาเลียหิน (Subfamily Labeoninae) วงศ์ปลาตะเพียน (Family Cyprinidae) (Nelson *et al.,* 2016) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ceratogarra cambodgiensis* มีการกระจายพันธุ์ในลุ่มน้ำโขงตั้งแต่มณฑลยูนนานในจีน ไทย ลาว กัมพูชาและเวียดนาม ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำภาคตะวันออก และลุ่มแม่น้ำต่าง ๆ ในคาบสมุทรมลายู (Kottelat, 2001; Panitvong, 2020) โดยอาศัยอยู่ตามลำธารบนพื้นที่สูง พื้นท้องน้ำจะเป็นก้อนหินเล็กไปจนถึงโขดหินขนาดใหญ่ กระแสน้ำจะค่อนข้างไหลเชี่ยว โดยทั่วไปแล้วปลาเลียหินจะอาศัยเกาะตามหินต่าง ๆ ตามพื้นท้องน้ำเพื่อดูดกินตะไคร่น้ำที่เกาะติดตามก้อนหิน ตลอดจนแพลงก์ตอนพืช ตัวอ่อนของแมลง และสัตว์หน้าดินเป็นอาหาร (Kottelat, 2001; Lothongkham, 2020; Rainboth, 1996) ปลาเลียหินนิยมนำมาประกอบเป็นอาหารเพราะเป็นปลาที่มีเนื้อรสชาติดีมากและสามารถรับประทานได้ทั้งตัว โดยเฉพาะในตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ คนในชุมชนนิยมนำมาประกอบอาหารเป็นเมนูอาหารจานเด็ด ทั้งประกอบเป็นอาหารรับประทานภายในครอบครัวและเป็นเมนูสำคัญสำหรับต้อนรับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ปัจจุบันราคาขายเป็นปลาสดในตำบลเมืองคองนั้นมีราคาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาตัวเมียในฤดูผสมพันธุ์วางไข่อาจจะมีราคาสูงถึง 500 บาทต่อกิโลกรัม จึงทำให้มีคนในชุมชนตำบลเมืองคองจับปลาเลียหินจากธรรมชาติขึ้นมาขาย

เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติที่ปลาเลียหินอาศัยอยู่ในปัจจุบันมีสภาพแย่ลง ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของคนในชุมชนเอง เช่น การบุกรุกป่าต้นน้ำ การขุดลอกแม่น้ำ การใช้ยาและสารเคมีในการทำการเกษตร เป็นต้น การกระทำดังกล่าวเป็นต้นเหตุของการทำลายแหล่งเพาะขยายพันธุ์และที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของปลาเลียหิน เป็นเหตุให้ปลาเลียหินตามธรรมชาติมีจำนวนลดน้อยลงเรื่อย ๆ ทำให้คนในชุมชนต่าง ๆ จับปลาชนิดนี้ได้น้อยลงตามไปด้วย ซึ่งส่งผลกระทบต่อจำนวนปลาเลียหินในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งอาหารตามธรรมชาติและแหล่งรายได้ของคนในชุมชนตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จากผลกระทบดังกล่าวทำให้คนในชุมชนได้เริ่มตระหนักถึงการคงอยู่ของปลาชนิดนี้ จึงหันมาให้ความสำคัญในการร่วมกันดูแลสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อปลา อนุรักษ์พันธุ์ปลาเลียหินในแหล่งน้ำธรรมชาติกันมากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อชุมชนทั้งทางด้านแหล่งอาหาร และสภาพแวดล้อมของชุมชนอย่างไรก็ตามชุมชนยังขาดองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการเพาะเลี้ยงปลาเลียหิน จึงเกิดคำถามจากชุมชนว่าปลาชนิดนี้สามารถเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ได้หรือไม่

จากผลกระทบและความต้องการของชุมชนดังกล่าว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและมหาวิทยาลัยแม่โจ้จึงได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการร่วมแก้ปัญหาและสนองความต้องการของชุมชนที่เกี่ยวข้องกับปลาเลียหินให้คงมีอยู่ โดยมีโจทย์คำถามว่าเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ได้หรือไม่ โดยเป้าหมายของการวิจัยคือการหาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ด้วยกระบวนการวิจัยแบบชุมชนมีส่วนร่วม หากการวิจัยก่อให้เกิดผลกระทบได้ตามความต้องการของชุมชน จะทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งทั้งทางด้านทรัพยากรธรรมชาติ แหล่งอาหารตามธรรมชาติ รายได้และความเป็นอยู่ที่ดีของคนในชุมชน กลายเป็นชุมชนต้นแบบของการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติให้กับชุมชนอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. **พื้นที่ทำการวิจัยและระยะเวลาในการทดลอง**

พื้นที่ทำการวิจัย คือ บ้านหนองบัว หมู่ที่ 3 ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และกำหนดระยะเวลาในการทดลองนาน 11 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2565 จนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566

2. **การสรรหาผู้ร่วมวิจัย**

ทำการรับสมัครคนในชุมชนที่มีความสนใจเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 3 คน โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ต้องเป็นบุคคลที่มีความสนใจทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีสถานที่ที่พร้อมในการตั้งหน่วยทดลอง มีเวลามากพอในการดูแลและสามารถเก็บข้อมูลงานทดลองได้ โดยผู้ร่วมวิจัยทั้งหมดได้รับการแนะนำถึงกระบวนการทำวิจัยให้เข้าใจไปในแนวทางเดียวกัน เพื่อให้สมาชิกปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้องและลดข้อผิดพลาดในการวิจัยให้น้อยที่สุด

3. การเตรียมปลาทดลอง

ทำการรวบรวมพ่อ-แม่พันธุ์ปลาเลียหิน (Fig. 1) จากลำน้ำคอง และแม่น้ำแม่แตงในเขตตำบลเมืองคอง มาทำการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลาในบ่อไฟเบอร์กลาสรวมระยะเวลา 9 วัน จากนั้นจึงย้ายลูกปลามาอนุบาลต่อที่คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในบ่อซีเมนต์นาน 2 เดือน จนได้ลูกปลาขนาดความยาวเฉลี่ย 2.8 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.3 กรัม ที่สามารถนำมาใช้ในการทดลองได้ จึงทำการลำเลียงลูกปลามายังหน่วยทดลองที่ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

Figure 1 Morphology of *Ceratogarra cambodgiensis*

4. การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองในการปล่อยปลาออกเป็น 3 ชุดการทดลอง (treatment, T) คือ 20, 30 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ (replication, R) ซึ่งการกำหนดจำนวนปลาในแต่ละชุดการทดลองอ้างอิงมาจากการสุ่มนับจำนวนปลาเลียหินในแหล่งน้ำธรรมชาติที่อาศัยอย่างหนาแน่นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เท่ากับ 14-28 ตัว

5. การทดลองเลี้ยงปลา

5.1 บ่อที่ใช้ทดลองเป็นบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร ระดับน้ำในบ่อสูง 30 เซนติเมตร พร้อมติดตั้งระบบการให้อากาศและระบบถ่ายเทน้ำแบบตลอดเวลา

5.2 อาหารและการให้อาหาร โดยอาหารที่นำมาใช้ในการทดลอง คือ อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ โดยนำอาหารมาบดละเอียดแล้วผสมน้ำปั้นเป็นก้อนจึงนำไปวางตามพื้นบ่อ โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) โดยปรับเวลาการให้อาหารตามฤดูกาลและให้อาหาร 7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวันตลอดการทดลอง ทำการดูดตะกอนในบ่อเลี้ยงทุก ๆ 7 วันตลอดระยะเวลาในการทดลอง และทำการสุ่มตรวจวัดคุณภาพน้ำเฉพาะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

(pH) และอุณหภูมิของน้ำด้วยเครื่อง pH meter ตรวจวัดเดือนละหนึ่งครั้ง เนื่องจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาทดลองเป็นน้ำประปาภูเขาและในขณะเลี้ยงมีการปล่อยน้ำไหลผ่านตลอดเวลา

6. การบันทึกข้อมูลการทดลอง

ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต โดยการสุ่มตัวอย่างปลาเลียหินบ่อละ 10 เปอร์เซ็นต์ ทุก ๆ 2 สัปดาห์นำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองจึงทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และนับจำนวนปลาที่เหลือทั้งหมดในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.1 การเจริญเติบโต ได้แก่

6.1.1 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นและสุดท้าย (กรัม)

6.1.2 ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นและสุดท้าย (เซนติเมตร)

6.1.3 น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{(น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักปลาเริ่มต้น)}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

6.1.4 ความยาวเพิ่มขึ้นต่อวัน (เซนติเมตร/วัน)

$$= \frac{\text{(ความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความยาวเริ่มต้น)}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

6.1.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= \frac{\text{(ln น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ln น้ำหนักปลาเริ่มต้น)} \times 100}{\text{ระยะเวลาการเลี้ยง}}$$

6.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

$$= \frac{\text{น้ำหนักรวมของอาหารที่ให้ปลากินไปทั้งหมดในการทดลอง}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดหลังสิ้นสุดการทดลอง}}$$

6.3 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาที่สิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการทดลอง}}$$

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน ความยาวเพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย มาวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ทำให้ได้ผลการวิจัย ดังนี้

1. **การเจริญเติบโต**

1.1 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.29±0.60 กรัม โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 3.51±0.24, 3.79±0.09 กรัม และ 2.50±1.99 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายน้อยกว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนานแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1)

1.2 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

ความยาวสุดท้ายเฉลี่ยของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 6.63±0.38 เซนติเมตร โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 6.82±0.06, 6.95±0.07 และ 6.13±0.14 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ความยาวสุดท้ายเฉลี่ยของปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร มีความยาวเฉลี่ยสุดท้ายน้อยกว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนานแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1)

1.3 น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน

น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวันของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.009±0.01 กรัมต่อวัน โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 0.009±0.01, 0.010±0.01 และ 0.006±0.01 กรัมต่อตัว ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันน้อยกว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนานแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1)

1.4 ความยาวเพิ่มขึ้นต่อวัน

ความยาวเพิ่มขึ้นต่อวันของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.011±0.01 เซนติเมตรต่อวัน โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 0.012±0.01, 0.012±0.01 และ 0.009±0.01 เซนติเมตรต่อตัว ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อวันของปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร มีความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อวันน้อยกว่า

ปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1)

1.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.72 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 1.06±0.4, 1.09±0.01 และ 0.09±0.00 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ทุกระดับความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาเลียหินที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตรมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ 20 ตัวต่อตารางเมตร และ 40 ตัวต่อตารางเมตรมีค่าต่ำที่สุด (Table 1)

2. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.72±0.03 โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 2.73±0.05 , 2.71±0.01 และ 2.77±0.02 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ทุกระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

Table 1 The results of statistical analysis of growth performances on cultivation of *C. cambodgiensis* with different density rates.

Parameters	Treatments (Density levels; fish/pond)			P-Value
	1 (20)	2 (30)	3 (40)	
Initial weight (g)	0.30±0.01^{a}	0.29±0.01^{a}	0.29±0.01^{a}	0.925
Final weight (g)	3.51±0.24^{a}	3.79±0.09^{a}	2.50±1.99^{b}	0.000
Initial length (cm)	2.80±0.08^{a}	2.80±0.08^{a}	2.80±0.08^{a}	1.000
Final length (cm)	6.83±0.06^{a}	6.95±0.07^{a}	6.13±0.14^{b}	0.000
Daily weight gain (g/day)	0.009±0.01^{a}	0.010±0.01^{a}	0.006±0.01^{b}	0.000
Daily length gain (cm/day)	0.012±0.01^{a}	0.012±0.01^{a}	0.009±0.01^{b}	0.000
Specific growth rate (%/d)	1.06±0.4^{a}	1.09±0.01^{b}	0.09±0.00^{c}	0.000
Feed conversion ratio	2.73±0.05^{a}	2.71±0.01^{a}	2.77±0.02^{a}	0.620
Survival rate (%)	82.81±5.98^{a}	85.41±5.38^{a}	79.68±4.03^{a}	0.340

Remark: The different superscript letters of Mean±SD in each row are significantly different ($p<0.05$)

3. อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 82.63±5.29 เปอร์เซ็นต์ โดยแต่ระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 82.81±5.98, 85.41±5.38 เปอร์เซ็นต์ และ 79.68±4.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ทุกระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 1)

4. คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง

จากการสุ่มตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนปล่อยลงบ่อทดลองเลี้ยงปลาในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลา 11 เดือนพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-6.9 และอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 15.3-26.4 องศาเซลเซียส

5. การมีส่วนร่วมของชุมชน

การมีส่วนร่วมของชุมชนผ่านผู้ร่วมวิจัยจำนวน 3 คน โดยมีส่วนร่วมตั้งแต่การรวบรวมและคัดเลือกพ่อ-แม่พันธุ์ การเพาะขยายพันธุ์ การอนุบาล และการเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ ตลอดระยะการวิจัยนั้นผู้ร่วมวิจัยได้ร่วมเรียนรู้และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะทำการทดลองไปพร้อมกับนักวิจัยหลัก ดังนั้นทำให้ผู้ร่วมวิจัยมีความรู้และความเข้าใจในการเพาะเลี้ยงปลาเลียหินได้เป็นอย่างดี จนสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติจริงแก่บุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เข้ามาศึกษาดูงานในระหว่างการทดลองได้อย่างดี

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโต

ผลการเจริญเติบโตของปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ทั้งทางด้านน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน และความยาวเพิ่มขึ้นต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาเลียหินที่เลี้ยงในทุกระดับความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตรมีค่าที่สูงกว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโตที่วิเคราะห์ทั้งหมดก็ยังพบว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตรมีค่าการเจริญเติบโตโดยรวมที่ดีกว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งการเลี้ยงปลาในวงศ์ปลาตะเพียนนั้นพบว่าการเจริญเติบโตของปลามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่ตรงกันข้ามกับอัตราความหนาแน่นที่ปล่อยเลี้ยง โดยที่อัตราปล่อยความหนาแน่นที่สูงขึ้นปลาจะมีความเครียดมากขึ้น และส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง (Uppanunchai & Ransri, 2020) นอกจากนี้ความหนาแน่นของประชากรเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตภายใต้

สภาพแวดล้อมเดียวกัน เมื่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ความหนาแน่นมากขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตของปลาจะลดลง เพราะกำลังการผลิตของบ่อปลามีจำกัด สภาพแวดล้อมไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิต เกิดการแข่งขันด้านต่าง ๆ ระหว่างกัน (Seanghong *et al*., 2020; Uppanunchai & Ransri, 2020) นั่นแสดงให้เห็นว่าอัตราการปล่อยที่ต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา (Duangjai, 2019; Suda *et al*., 2022) ซึ่งอัตราการปล่อยต่อพื้นที่ที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยที่ทำให้การเลี้ยงปลาประสบผลสำเร็จเป็นเบื้องต้น เพราะผู้เลี้ยงได้คำนึงถึงการพัฒนาสวัสดิภาพของสัตว์น้ำที่เราเลี้ยง ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Chitmanat, 2010)

2. **อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย**

เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายในการทดลองพบว่าทุกระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) นั่นแสดงให้เห็นว่าอัตราการปล่อยที่หนาแน่นต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดำรงชีวิตของปลาเลียหินที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ แต่หากพิจารณาถึงผลการทดลองจะพบว่า ปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตรมีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ดีกว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 40 ตัวต่อตารางเมตรเล็กน้อย นั่นอาจจะสะท้อนให้เห็นถึงอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาชนิดนี้ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อก็เป็นได้ แต่อย่างไรก็ตามหากเลี้ยงปลาที่มีความหนาแน่นมากเกินไปทำให้เกิดผลกระทบจากปัจจัยภายในบ่อ ทั้งพื้นที่การอาศัย คุณภาพน้ำ การเผาผลาญอาหารของปลา เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตาย (Seanghong *et al*., 2020) เนื่องจากปลาเลียหินเป็นปลาที่อาศัยอยู่ตามลำธารบนภูเขาสูง พื้นท้องน้ำจะเป็นก้อนหินเล็กไปจนถึงโขดหินขนาดใหญ่ กระแสน้ำค่อนข้างไหลเชี่ยว อาศัยเกาะตามหินต่าง ๆ ตามพื้นท้องน้ำเพื่อดูดกินตะไคร่น้ำหรือสาหร่ายที่เกาะติดตามก้อนหิน ตลอดจนแพลงก์ตอนพืช ตัวอ่อนของแมลง และสัตว์หน้าดินเป็นอาหาร (Lothongkham, 2020)

3. **คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง**

สำหรับคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิของน้ำ โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาเลียหินมีค่าที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-9 ซึ่งหากค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำหรือสูงเกินไปสามารถทำให้สัตว์น้ำเกิดความเครียดและตายได้ (La-ongsiriwong, 2019) ส่วนค่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามีค่าอยู่ระหว่าง 15.3-26.4 องศาเซลเซียส โดยในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาเลียหินมีค่าเฉลี่ย 15.3 องศาเซลเซียสซึ่งมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำในเขตร้อนที่ 25-32 องศาเซลเซียส (Seanghong *et al*., 2020) ซึ่งหากอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จะทำให้ปลากินอาหารน้อยลงและมีผลต่อการเจริญเติบโต (Sriphairoj *et al*., 2013) ดังนั้นจากการทดลองจะ

เห็นได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาเลียหินในฤดูหนาวมีค่าต่ำกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม คุณภาพน้ำทั้ง 2 ค่าก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลาน้ำจืดยังสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ (Pinprirom & Ganmanee, 2012)

4. การมีส่วนร่วมของชุมชน

สำหรับการมีส่วนร่วมของชุมชนผ่านผู้ร่วมวิจัยถือว่าเป็นจุดสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งกระบวนการวิจัยในครั้งนี้จัดอยู่ในข่ายการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research, PAR) ซึ่ง PAR คือการมีส่วนร่วมกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การกระทำที่ชี้ให้เห็นว่าการวิจัยมีจุดมุ่งหมายที่จะเปลี่ยนแปลงความพยายามต่าง ๆ ของผู้มีส่วนร่วมในสถานการณ์เฉพาะ ดังนั้นจึงมีการกระทำเกิดขึ้น และการวิจัยซึ่งเป็นความพยายามเปลี่ยนแปลงตามความต้องการในสถานการณ์เฉพาะ (Ngernprasertsri, 2001) ดังนั้นจากการที่คนในชุมชนได้ถามว่าปลาชนิดนี้สามารถเลี้ยงและโตในบ่อซีเมนต์ได้หรือไม่ จากผลการทดลองนั้นทำให้คนในชุมชนได้เห็นว่าปลาเลียหินสามารถเลี้ยงและเจริญเติบโตได้ดีในบ่อซีเมนต์ และยังพบว่าปลาเลียหินที่เลี้ยงในงานทดลองสามารถผสมพันธุ์วางไข่ในบ่อทดลองได้ เพราะสามารถเห็นไข่และลูกปลาในบ่อทดลอง ดังนั้นผู้ร่วมวิจัยจึงเป็นผู้ตอบคำถามของชุมชนด้วยตนเอง และจากการมีส่วนร่วมการวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถขยายผลการเลี้ยงปลาเลียหินในชุมชนได้ในอนาคต

จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า ปลาเลียหินสามารถเลี้ยงในบ่อได้โดยสามารถใช้น้ำจากระบบประปาภูเขาของชุมชนในการเลี้ยง โดยระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาเลียหิน คือ 30 ตัวต่อตารางเมตร และชุมชนได้เรียนรู้การเลี้ยงผ่านกระบวนการวิจัยด้วยตนเอง ซึ่งผู้ร่วมวิจัยสามารถขยายผลไปสู่กลุ่มเป้าหมายอื่น ๆ ได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ควรมีการขยายผลการวิจัยไปสู่ชุมชนอื่น ๆ ภายในตำบลเมืองคองโดยผู้ร่วมวิจัยทั้ง 3 คน เพื่อให้เกิดการรับรู้และความต้องการสร้างโอกาสในการประกอบอาชีพทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำท้องถิ่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบทุนอุดหนุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ในสาขาทุนวิจัยพื้นฐาน (Fundamental Fund, FF) ปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลเมืองคอง ที่ให้โอกาสและให้ความสะดวกในการเข้ามาทำงานวิจัยในพื้นที่ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ขอขอบคุณพรานปลาทุกคนที่ช่วยรวบรวมพ่อ-แม่พันธุ์ปลาเลียหินในแหล่งน้ำธรรมชาติ ขอขอบคุณ คุณสุนารี สนธิ ที่กรุณาให้ใช้พื้นที่รีสอร์ตในการดำเนินงานวิจัยและพักอาศัย ขอขอบคุณอาจารย์ขนิษฐา สุวรรณประชา อาจารย์ประจำศูนย์ภาษา คณะบริหารธุรกิจ

และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้ความกรุณาตรวจทานความถูกต้องของไวยากรณ์บทคัดย่อภาษาอังกฤษ และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ คุณสมหวัง ธนบดี คุณธัญยพร คำนิล และคุณอัญชลี กามู ที่ทำให้การทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งการเลี้ยง การเก็บข้อมูล และการถ่ายทอดองค์ความรู้การเลี้ยงปลาเลียหินให้กับผู้สนใจที่เข้ามาศึกษาดูงานในหน่วยทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Chitmanat, C. 2010. Fish welfare. Naresuan University Journal. 18(2): 106-111. [in Thai]

Duangjai, E. 2019. The effect of stocking density on the growth and survival of *Labeo chrysophekadion* fish in the recirculating system using micro bubbles water. Journal of Innovation Technology Research. 3(1): 33-43. [in Thai]

Kottelat, M. 2001. Fishes of Laos. WHT Publications, Colombo. Sri Lanka. 198 p.

La-ongsiriwong, N. 2019. Guide to water analysis for aquaculture and farm certification. Wanida Printing, Bangkok. Thailand. 251 p. [in Thai]

Lothongkham, A. 2020. Breeding of *Ceratogarra cambodgiensis*. Siampimnana, Chiang Mai. Thailand. 40 p. [in Thai]

Nelson, J.S., Grande, T.C., and Wilson, M.V.H. 2016. Fishes of the world 5th ed. John Wiley & Sons, New Jersey. USA. 707 p.

Ngernprasertsri, N. 2001. Participatory action research. Journal of Social Sciences and Humanities. 27(2): 61-73. [in Thai]

Panitvong, N. 2020. A photographic guide to freshwater fishes of Thailand. Parbpim. Bangkok, Thailand. 765 p. [in Thai]

Pinprirom, S. & Ganmanee, M. 2012. Study on water quality parameter in freshwater pond for management effective. Proceedings of 50th Kasetsart University Annual Conference: Animals, Veterinary Medicine, Fisheries. Thailand. Jan, 31- Feb, 2, 2012. 562-573. [in Thai]

Rainboth, W.J. 1996. Fishes of Cambodian Mekong. FAO, Rome. Italy. 265 p.

Seanghong, S., Nongnoul, A., Mahankit, S. and Terdwongvorakul, Y. 2020. Culture of long whiskered catfish, *Mystus gulio* (Hamilton, 1822) in the earthen pond with different stocking densities. Technical Paper No. 6/2020. Inland Fisheries Research and Development Division Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok. 22 p. [in Thai]

Sriphairoj, K., Klahan, R., Mekkhuntod, P. and Outlert, T. 2013. Growth performance comparison of Nile tilapia strains for culture in Phayao province. Journal of Agriculture. 29(2): 137-144. [in Thai]

Suda, C., Unankard, S., Adoonsook, D., Promya, J. and Duanwongsa, J. 2022. Culturing butter catfish (*Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794)) in different densities in the small recirculating aquaculture system (RAS) under the limited water supply area of the smart agriculture model on the IoT system. Khon Kaen Agriculture Journal. 50(2): 348-361. [in Thai]

Uppanunchai, A and Ransri, S. 2020. Culture of greater black shark (*Morulius chrosophekadion* Bleeker, 1850) at different stocking densities in glass tanks. E-Thai Fisheries Gazette. 3(4): 32-48. [in Thai]

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

(J. Fish. Tech. Res.)

ISSN 1905-7393

ISSN Online 2730-146X

Organizer Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai

Honorable Consultants Maejo University President

Maejo University Vice President for Research

Dean of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources

Editor-in Chief Assoc. Prof. Dr. Chanagun Chitmanat Maejo University

Editorial Board:

Prof. Dr. Tuanthong Jutagate	Ubonratchatani University
Assoc. Prof. Dr. Bundit Yungsoi	Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Samnao Saowakoon	Rajamangala University of Technology Isan
Assoc. Prof. Dr. Pongsak Luadee	Prince of Songkla University
Assoc. Prof. Dr. Niwooti Wangchai	Maejo University
Asst. Prof. Dr. Chayakorn Pumas	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Naraid Suanyuk	Prince of Songkla University
Asst. Prof. Dr. Sansanee Wangvoralak	Kasetsart University

Editorial Secretary: Asst. Prof. Dr. Sudapron Tongsiri Maejo University

Journal of Fisheries Technology Research is a publication of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chinag Mai and released 2 issues a year on January-June and July-December. The policy is intended to make available the results of technical work in the fisheries, aquaculture, aquatic resources and related biological sciences.

Contact Address

Journal of Fisheries Technology Research

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University,

Sansai, Chiang Mai 50290, Thailand

Tel: +66-53-87-5100 – 2 Fax: +66-53-87-5103 – 2

E-mail: jfishtech.mju@gmail.com

Website: http://www.fishtech.mju.ac.th/WEB/Journal_FT/main/index.php

ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ

อนุสนธิตามประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐ ได้แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ไปแล้ว นั้น

เพื่อให้การตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการสำหรับตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงให้ยกเลิกประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐ และแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
๒. ศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล
๓. ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ลำยอง
๔. ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร
๕. รองศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร เฉลิมวัฒน์
๖. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร บุญมาก
๗. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.จงกล พรมยะ
๘. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ
๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ชโลบล วงศ์สวัสดิ์
๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส
๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย โขนงนุช
๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล
๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ธำรงค์ อมรสกุล
๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธ์ทิน
๑๕. รองศาสตราจารย ดร.ไพบูลย์ ปะนาเส
๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร
๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก
๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ
๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ชูโชติ
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภมิตร เมฆฉาย
๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ดุลจินดาชบาพร
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ สาวกูล
๒๖. รองศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิจ

๒๗. รองศาสตราจารย์...

๒๗. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.สุรชัย พิกุลแก้ว
๒๘. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์
๒๙. รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง
๓๐. รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร สีตะพันธ์
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครศร ศรีกุลนาถ
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชล ผลารักษ์
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยง รุจจนเวท
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารชาต์ เทียมเมือง
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ช่วนยุก
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสรา กิจเจริญ
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพเยาว์ คบพิมาย
๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงษ์ สังข์น้อย
๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.รัชต์ ขัตติยะ
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วรวัฒนเมธีกุล
๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ เจ๊ะโส๊ะ
๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ จันทร์ดำ
๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์
๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์
๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานุภาพ วรรณคนาพล
๕๗. ดร.ทัตพร คุณประดิษฐ์
๕๘. ดร.ธีญาภรณ์ แก้วทวี
๕๙. ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา

ประกาศ ณ วันที่ ๒๒ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๕

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 17 เล่มที่ 2 (Volume 17 Number 2)
กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 (July - December 2023)

สารบัญวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2566

สารบัญ

บรรณาธิการ

บทความวิจัย หน้า

ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปลาในแหล่งน้ำไหล: กรณีศึกษาปลาเลียหิน ลำน้ำมาง จ.น่าน 1
เชาวลีย์ ใจสุข จุลทรรศน์ คีรีแลง อมรชัย ล้อทองคำ สุภาวดี ศรีแย้ม และพัชรา นิธิโรจน์ภักดี

ประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลาหมอไทยเพื่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารปลา 14
จุลทรรศน์ คีรีแลง บรรจง อูปแก้ว บุษบา มะโนแสน จิรรัชต์ กันทะขู้ ภาณุพงศ์ สิทธิวุฒิ พัชรา นิธิโรจน์ภักดี
และเชาวลีย์ ใจสุข

ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ระบบนิเวศและคุณภาพน้ำ โครงการอ่างเก็บน้ำลำห้วยบอน 27
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ
ธีระชัย พงศ์จรรยากุล สุชิน มิ่งไชย และชุษณ รัตนวรรณ

การเลี้ยงปลาเลียหินในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันโดยชุมชนมีส่วนร่วม 48
เชาวลีย์ ใจสุข จงกล พรมยะ และอมรชัย ล้อทองคำ