ISSN 1905-7393

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 12 เล่มที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2561
Volume 12 Number 1 January - June 2018

วารสารวิชาการเผยแพร่ความรู้
เทคโนโลยีและส่งเสริมกิจกรรมทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ทั้งเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
Journal of Fisheries Technology Research
ISSN 1905-7393

ผู้จัดทำ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ที่ปรึกษา อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
หัวหน้ากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ เสาวกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เลขากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง (ISSBN 1905-7393) เป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคมและกรกฎาคม) ของทุกปี โดยมีนโยบายเพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการ ด้านเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำให้แก่องค์กรที่เกี่ยวข้องทั่วประเทศ

ติดต่อสำนักงานกองบรรณาธิการ
วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
โทร. 053 875 100 – 2 โทรสาร. 053 875 130

พิมพ์ที่: หจก.สารภีการพิมพ์ 11 หมู่ 5 ตำบลยางเนิ้ง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ 50140 โทร. 053 438 265

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

Journal of Fisheries Technology Research

ปีที่ 12 **ฉบับที่** 1 **มกราคม – มิถุนายน** 2561

ISSN 1905-7393

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงเป็นวารสารวิชาการและเป็นลิขสิทธิ์ของ
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.เผยแพร่ความรู้และผลงานทางวิชาการ โดยเน้นผลงานจากการวิจัยทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ทั้งเชิงเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์

3.ส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เผยแพร่และบริการด้านวิชาการแก่สังคม

ข้อคิดเห็นที่ปรากฏและแสดงในเนื้อหาบทความต่างๆ ในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ถือเป็นความเห็นและความรับผิดชอบโดยตรงของผู้เขียนโดยเฉพาะ ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทรรศนะของคณะผู้จัดทำ และมิใช่ความรับผิดชอบของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้ประสงค์จะนำข้อความใดๆ ไปพิมพ์เผยแพร่ต่อต้องได้รับอนุญาตจากวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงและผู้เขียนตามกฎหมายว่าด้วยลิขสิทธิ์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง (ISSBN 1905-7393) เป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคมและกรกฎาคม) ของทุกปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการนำเสนอผลงานวิชาการให้กับนักวิจัย นักศึกษา บุคลากร เพื่อการเผยแพร่ข้อมูล นวัตกรรมและองค์ความรู้เชิงวิชาการระหว่างนักวิจัย นักวิชาการกับผู้ใช้ประโยชน์ทุกภาคส่วน เช่น เกษตรกร ภาคเอกชนและผู้สนใจ

เนื้อหาในเล่มนี้ประกอบด้วยงานวิจัยเพื่อผลิตสัตว์น้ำที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการเสริมวิตามินในอาหารปลาช่อน ผลสีน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว ผลของช่วงเวลาแสงต่ออัตรารอดของปลาบู่ทราย ผลของการใช้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทอง ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการเจริญเติบโตในการเลี้ยงหอยเชอรี่ด้วยหญ้ามาเลเซีย ผลของความหนาแน่นของปลาต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่ การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่ การใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดีเพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของปลาเสือตอลายเล็ก การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบก

ในนามคณะกรรมการกองบรรณาธิการฯ ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้เขียนผลงาน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาผลงาน คณะกรรมการวิชาการของคณะฯ และผู้ประสานงาน ในนามตัวแทนกองบรรณาธิการและกรรมการท่านอื่น ๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมด ตลอดจนผู้ให้การสนับสนุนจากหลายฝ่ายด้วยกัน ที่สามารถเป็นการส่งเสริมคุณภาพวารสารและดำเนินการจนทำให้วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงฉบับนี้ เป็นวารสารวิชาการเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลวารสารไทย ที่สามารถสืบค้นได้จากหน้าเว็บไซต์วารสาร ที่ http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Journal_FT หรือเว็บไซต์ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย ที่ http://tci/trf.or.th รวมทั้งในฐานข้อมูล ASEAN Citation Index (ACI) ที่ http://www.asean-cites.org/index.php?r=home นำไปสู่การส่งเสริมคุณภาพวารสารและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสาร ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าต่อการนำประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวิชาการและวงการวิชาชีพด้านการประมงและทรัพยากรทางน้ำได้อย่างมั่นคงต่อไป

กองบรรณาธิการ

ผลของอาหารเสริมวิตามินซีต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาช่อนวัยอ่อน

Effect of Dietary Supplementation of Vitamin C on Growth Performances and Feed Efficiency of Striped Snakehead Fish *(Channa striata)* Fingerlings

ธัชพล การะเกตุ*, เบญจพร ชมคำ และสาธร โปร่งเกษม

Thuchapol Karaket*, Benjapon Chomcham and Sathorn Prongkasem

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000

Fisheries Science Program, Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

* Corresponding author. E-mail address: thuchapolk@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการเสริมวิตามินซีในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาช่อนวัยอ่อน โดยทำการทดลองเลี้ยงปลาช่อนที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 3.61 ± 0.30 กรัม และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 6.32 ± 0.54 เซนติเมตร อายุ 45 วัน ในบ่อซีเมนต์กลมขนาดความจุ 250 ลิตร ที่ความหนาแน่น 60 ตัวต่อตารางเมตร โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ คือ การเสริมวิตามินซีลงในอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลากินเนื้อที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 500, 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง ให้ผลการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่เนื่องจากการตรวจไม่พบวิตามินซีในอาหารเม็ดสำเร็จรูป ดังนั้น การเสริมวิตามินซีลงในอาหารสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีความจำเป็นอย่างมาก

คำสำคัญ: การเสริมวิตามินซี การเจริญเติบโต ลูกปลาวัยอ่อน ปลาช่อน

Abstract

This study was conducted to determine the level of vitamin C supplementation in diet for growth of striped snakehead fish *(Channa striata)* fingerlings. The 45-day-old fingerlings with initial average weight of 3.61 ± 0.30 g and length of 6.32 ± 0.54 cm were raised in 250-L cement tank at 60 fish/m^2 stocking density. Fish were fed on a commercial diet (40% crude protein), which contained different levels of vitamin C (VC) supplements (0 (control), 500, 1,000 and 1,500 mg/kg) in triplicate replications. After 8 weeks, final length, final weight, SGR, ADG, FCR and survival rate were not significant different (p>0.05). Moreover, vitamin C in commercial diet was not detected. So, vitamin C supplementation in diets for aquatic animal is essential.

Keywords: Vitamin C Supplementation, Growth Performance, Fingerling, Striped Snakehead Fish

บทนำ

ปลาช่อน เป็นปลาที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย พบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดทั่วไป เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และทะเลสาบ ปลาช่อนเป็นปลาที่มีรสชาติดี สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เป็นที่ต้องการของตลาดสูง มีราคาแพง แต่ในภาวะปัจจุบันปริมาณปลาช่อนที่จับได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติมีจำนวนลดน้อยลง เนื่องจากการทำประมงเกินศักยภาพการผลิต ตลอดจนสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมหรือเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ปริมาณปลาช่อนในธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์และความต้องการบริโภค เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว จึงเป็นแรงผลักดันให้การเลี้ยงปลาช่อนขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ ปลาช่อนกลายเป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยเกษตรกรมีการเพาะเลี้ยงปลาช่อนในระบบพัฒนากันมากขึ้น ซึ่งระบบการเพาะเลี้ยงแบบนี้ จะมีการปล่อยปลาในอัตราความหนาแน่นสูง ให้อาหารจำนวนมาก มีเศษอาหารเหลือ อีกทั้งมีสิ่งขับถ่ายจากสัตว์น้ำ ทำให้มีสารอินทรีย์สะสมในบ่อปริมาณมาก เกิดการเน่าเสีย มีผลทำให้คุณภาพน้ำภายในบ่อแย่ลง ส่งผลให้เกิดความเครียดแก่สัตว์น้ำตามมา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้า อ่อนแอ มีความต้านทานต่อโรคต่ำ และอัตราการรอดตายต่ำ ทำให้ผลผลิตที่ได้น้อยลงตามไปด้วย (DOF, 2010)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์นั้นมีหลายอย่าง อาทิเช่น สายพันธุ์ การจัดการคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะอาหารที่จะเป็นตัวกำหนดรายได้และผลผลิตของสัตว์น้ำนั้น นอกจากสารอาหารหลักที่ให้พลังงาน คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน แล้วยังมีวิตามินซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย แต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ระบบสืบพันธุ์ และสุขภาพ (NRC, 2011) วิตามินซี (L-ascorbic acid) เป็นวิตามินชนิดละลายในน้ำ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สิ่งมีชีวิตต้องการในปริมาณน้อยแต่มีความจำเป็นต่อระบบสรีระและกลไกทางชีวเคมีของร่างกายของสัตว์น้ำ ทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปได้ด้วยดี มีการสังเคราะห์คอลลาเจนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกระดูก เอ็น ผิวหนัง ฟัน ได้ตามปกติ มีความทนทานต่อสภาวะความเครียดต่าง ๆ ได้ดี มีความต้านทานต่อเชื้อโรค โดยเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ และเพิ่มอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำได้ (Darias *et al*., 2011; Jiménez-Fernández *et al*., 2015; Narra *et al*., 2015) โดยปกติแล้วสัตว์น้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับวิตามินซีจากอาหาร (Darias *et al*., 2011) ถ้าในสภาพการเลี้ยงปลาที่ไม่หนาแน่นหรือปลาที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติ จะได้รับวิตามินซีจากอาหารธรรมชาติได้แก่ พวกแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และพืชน้ำ แต่ในสภาพการเลี้ยงปลาอย่างหนาแน่น ปริมาณอาหารธรรมชาติจึงไม่เพียงพอ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเสริมวิตามินซีลงไปในอาหาร ถึงแม้ว่าในอาหารสัตว์น้ำมีการเสริมวิตามินซีลงไปอยู่แล้ว แต่เนื่องจากวิตามินซีสามารถละลายได้ในน้ำและถูกทำลายได้ง่าย จึงสูญเสียวิตามินซีไปในกระบวนการการผลิตอาหาร การเก็บรักษา และระหว่างการให้อาหารสัตว์น้ำ ดังนั้น จึงต้องมีการเสริมวิตามินซีในอาหารเพื่อเป็นการชดเชยวิตามินซีที่สูญเสียไป เพื่อให้ปลาได้รับวิตามินซีในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย แต่เนื่องจากความต้องการวิตามินซีในสัตว์น้ำมีความแตกต่างกันไปตามชนิด ขนาด และอายุของสัตว์น้ำ สูตรอาหารที่ใช้ และสภาพการเลี้ยงที่หลากหลาย (Ai *et al*., 2006) จะเห็นว่าปัจจัยต่างๆ มีอิทธิพลต่อความต้องการวิตามินซีของสัตว์น้ำ การศึกษาระดับความต้องการวิตามินซีที่เฉพาะเจาะจงกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจในแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะสัตว์

น้ำวัยอ่อนซึ่งเป็นระยะที่มีความอ่อนไหวและอ่อนแอต่อสภาวะแวดล้อมสูง ก่อนที่จะเจริญพัฒนาสู่ระยะตัวเต็มวัยต่อไป (Darias *et al*., 2011) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นหาระดับหรือปริมาณของวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อเสริมลงไปในอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 45 วัน ซึ่งน่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายของลูกปลาช่อน อีกทั้งเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเพิ่มศักยภาพในการผลิตและการพัฒนาการเลี้ยงปลาช่อนเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ลูกปลาช่อนวัยอ่อน *(Channa striata)* อายุประมาณ 45 - 50 วัน มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 3.61 ± 0.30 กรัม และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 6.32 ± 0.54 เซนติเมตร จากฟาร์มลุงชาญพันธุ์ปลาช่อน จังหวัดสุพรรณบุรี นำมาพักและเลี้ยงโดยใช้อาหารชุดควบคุมเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพลูกปลาให้คุ้นเคยก่อนการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษาคือ ระดับของการเสริมวิตามินซีในอาหาร แบ่งเป็น 4 ระดับ (ชุดการทดลอง) คือ 0 (ไม่เสริมวิตามินซีเป็นชุดควบคุม), 500, 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่ละชุดการทดลองมีจำนวน 3 ซ้ำ

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลากินเนื้อที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ นำมาเสริมวิตามินซี (Sodium salt of L - Ascorbic acid) ลงไปตามชุดการทดลองที่วางแผนไว้ โดยละลายวิตามินซีในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร แล้วสเปรย์ลงไปในอาหารผสมให้ทั่ว จากนั้นเคลือบเม็ดอาหารด้วยน้ำมันปลา 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อป้องกันการละลายน้ำของวิตามินซี จากนั้นผึ่งลมให้แห้ง นำไปบรรจุในถุงพลาสติก และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การดำเนินการทดลอง

สุ่มนับลูกปลาและปล่อยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร (บรรจุน้ำ 150 ลิตร) บ่อละ 30 ตัว (อัตราการปล่อย 60 ตัวต่อตารางเมตร) พร้อมติดตั้งระบบให้อากาศโดยใส่หัวทรายบ่อละ 1 จุด ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 09.00 น. และ 15.00 น. (งดให้อาหารในวันที่มีการตรวจวัดการเจริญเติบโต) โดยให้อาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีการดูดตะกอนของเสียและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง (ขึ้นกับคุณภาพน้ำภายในบ่อ) ตรวจวัดการเจริญเติบโตโดยการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาว ทุก ๆ 2 สัปดาห์ เพื่อใช้ในการปรับปริมาณอาหาร หลังจากสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 นับจำนวนปลาที่เหลือรอด พร้อมกับตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลาทั้งหมด

การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ในระหว่างการดำเนินการทดลองมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกสัปดาห์ โดยคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลาย ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์

การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลา จำนวนปลาที่เหลือรอด และข้อมูลปริมาณอาหาร มาคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average daily growth; ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) และอัตราการรอดตาย นำข้อมูลที่คำนวณได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน [Analysis of Variance (ANOVA)] และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหาร

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสำเร็จรูป พบว่ามีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้เล็กน้อยโดยเฉพาะค่าของโปรตีนรวม (Table 1) และตรวจไม่พบวิตามินซี แต่อาหารที่เสริมวิตามินซีที่ระดับต่าง ๆ สามารถตรวจพบปริมาณวิตามินซีได้ใกล้เคียงกับระดับที่เสริมลงไป (Table 2)

Table 1 Proximate analysis (dry weight basis) of the basal commercial diet.

Calculated composition	Amount
Crude protein (%)	32.9
Crude lipid (%)	8.34
Crude ash (%)	10.25
Crude fiber (%)	6.76
Moisture (%)	9.93
Carbohydrate (%)	38.58
Gross energy (Cal/g)	4,096
Vitamin C (mg/100g)	ND

Table 2 Vitamin C concentrations (mg/100g; DM) in the experimental diets.

	Dietary vitamin C level (mg/100g diet)			
	0	500	1,000	1,500
Vitamin C	ND	49.5	100.5	148.5

การเจริญเติบโต (Growth performances)

น้ำหนักและความยาวเริ่มต้นของลูกปลาช่อนในทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่การเสริมวิตามินซีในอาหารปลาช่อนที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้การเจริญเติบโตดีที่สุด (Table 3 และ Figure 1)

Table 3 Growth performances, survival rate and feed utilization of striped snakehead fish fingerlings

	Dietary vitamin C level (mg/kg diet)				*P* - value
	0	500	1,000	1,500	
Initial weight (g)	3.67 ± 0.28	3.55 ± 0.32	3.55 ± 0.32	3.67 ± 0.28	0.9589
Initial length (cm)	6.29 ± 0.48	6.22 ± 0.60	6.40 ± 0.51	6.35 ± 0.54	0.3842
Final weight (g)	13.12 ± 4.67	14.78 ± 4.61	14.55 ± 4.28	14.37 ± 3.95	0.6360
Final length (cm)	10.14 ± 1.29	10.62 ± 1.16	10.63 ± 1.14	10.48 ± 0.98	0.4020
Weight gain (g/fish)	9.46 ± 1.99	11.23 ± 1.74	11.00 ± 2.40	10.70 ± 1.30	0.6356
ADG (g/fish/day)	0.17 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.20 ± 0.04	0.19 ± 0.02	0.6810
SGR (%/day)	2.27 ± 0.39	2.55 ± 0.32	2.51 ± 0.45	2.44 ± 0.19	0.7801
Survival rate (%)	90.00 ± 10.00	92.22 ± 5.09	93.33 ± 8.82	97.78 ± 1.92	0.6220
Feed intake (g/fish)	21.63 ± 2.42	20.98 ± 1.18	20.81 ± 2.06	19.75 ± 0.38	0.6181
FCR	2.36 ± 0.45	2.13 ± 0.58	1.90 ± 0.05	1.88 ± 0.27	0.4535

feed different ascorbic acid levels for 8 weeks (mean±SD).

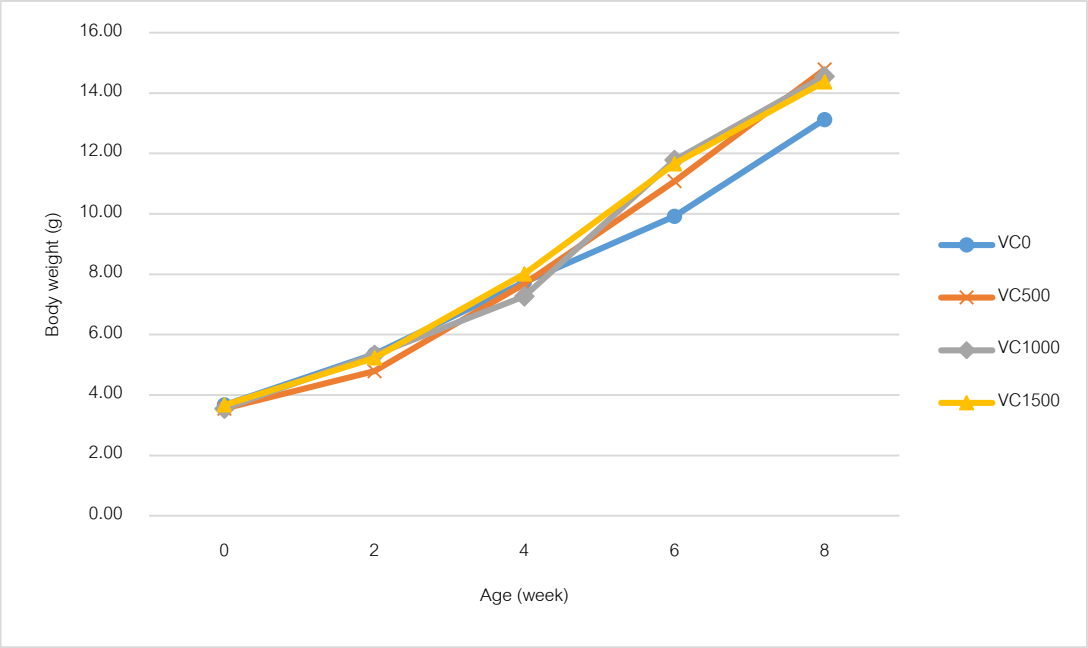

Figure 1 Average body weight at 0, 2, 4, 6 and 8 weeks of striped snakehead fish fingerlings fed different ascorbic acid levels for 8 weeks.

อัตราการรอดตาย (Survival rate)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการรอดตายของลูกปลาช่อนมีค่าค่อนข้างสูง และสูงสุดในชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับ 1,500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ระหว่างชุดการทดลอง (Table 3)

การใช้ประโยชน์จากอาหาร (Feed utilization)

การเสริมหรือไม่เสริมวิตามินซีลงไปในอาหารไม่ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารของลูกปลาช่อน (p>0.05) แต่มีแนวโน้มว่าลูกปลาช่อนที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีในระดับสูงจะมีอัตราการกินอาหารต่อวันลดต่ำลงกว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารในชุดควบคุม ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่การเสริมวิตามินซีในอาหารปลาช่อน มีแนวโน้มทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดต่ำลงได้เช่นกัน (Table 3)

คุณภาพน้ำ (Water quality)

คุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองทุกพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันอย่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยอุณหภูมิของน้ำในช่วงเช้า (08.00 น.) มีค่าเฉลี่ย 26.01 ± 1.03 องศาเซลเซียส และช่วงบ่าย (16.00 น.) มีค่าเฉลี่ย 28.52 ± 1.37 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-เป็นด่างของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 7.62 – 8.83 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 4.98 – 6.24 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.11-0.43 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณไนไตรท์มีค่าระหว่าง 0.08 – 0.24 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมวิตามินซีในอาหารสำเร็จรูปสำหรับลูกปลาช่อน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ทำให้ลูกปลาช่อนที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับต่าง ๆ มีน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เพิ่มมากขึ้น และสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี โดยวิตามินซีจะช่วยให้การเจริญเติบโตของลูกสัตว์น้ำเป็นไปได้อย่างปกติ และ/หรือ ดีขึ้นได้ เช่นเดียวกับการศึกษาในปลาหมอไทย (Pimpimol and Klahan, 2014) ปลา Asian catfish (Kumari and Sahoo, 2005) ปลา Indian major carp วัยอ่อน (Misra *et al*., 2007) ปลา red sea bream วัยอ่อน (Gao *et al*., 2013) ปลา yellow catfish วัยอ่อน (Liang *et al*., 2017) เป็นต้น ซึ่งวิตามินซีจะสามารถช่วยลดความเครียดของสัตว์น้ำ เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในที่กักขัง และในสภาพการเลี้ยงจริงตามธรรมชาตินั้น สัตว์น้ำอาจเกิดความเครียดได้โดยตรงจากหลายสาเหตุ เช่น การปล่อยสัตว์น้ำในความหนาแน่นสูง การจับ การขนส่ง การขาดสารอาหารบางชนิด และกิจกรรมอื่น ๆ ที่อาจทำให้สัตว์น้ำได้รับบาดเจ็บในระหว่างการเพาะเลี้ยง (Rottmann *et al*., 1992) อุณหภูมิ การเน่าเสียของสารอินทรีย์ที่สะสมในบ่อปริมาณมาก อันเกิดจากเศษอาหารเหลือและสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนีย ไนไตรท์ คาร์บอนไดออกไซด์ แต่ปริมาณของออกซิเจนละลายลดลง ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อสุขภาพและความเครียดของสัตว์น้ำ (Portz *et al*., 2006) ดังเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ในสัปดาห์ที่ 5-6 ของการทดลอง (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เนื่องจากการสะสมของเสียจากการเลี้ยง ซึ่งจะส่งผลต่อความเครียดของปลา แต่เมื่อศึกษาผลการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของปลาช่อนที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีมีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาช่อนที่ไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าวิตามินซีมีผลต่อการเจริญโต นั่นคือเมื่อร่างกายปลาได้รับสิ่งกระตุ้นที่ก่อให้เกิดความเครียดทั้งนี้คือปริมาณแอมโมเนียไนไตรท์ในน้ำ ร่างกายของปลาจะมีการตอบสนอง ด้วยการหลั่งสาร corticosteroid ออกมามากกว่าปกติ (Iwama, 1998) ส่งผลให้ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น มีการสลายไกลโคเจนที่ตับ ทำให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง มีการสลายไขมันในร่างกาย สมดุลแร่ธาตุและเกลือแร่ในร่างกายเปลี่ยนแปลงไป โดยเมื่อปลาเกิดความเครียดจะมีการดึงวิตามินซีจากไตส่วนหน้ามาใช้ จากนั้นวิตามินซีจะถูกส่งเข้าไปในต่อมหมวกไตซึ่งต่อมนี้จะทำหน้าที่หยุดสังเคราะห์สเตอรอยด์ (steroid) ทำให้มีการหลั่งสาร corticosteroid น้อยลง ซึ่งวิตามินซีนี้มีผลทำให้ร่างกายมีการทำงานของกระบวนการเมตาบอลิซึมมากขึ้น เพื่อช่วยลดความเครียดอันเนื่องมาจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Pimpimol and Klahan, 2014)

นอกจากนี้สาร corticosteroid ที่เกิดจากความเครียดดังกล่าว ไม่เพียงแต่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำเท่านั้น ยังมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ และยังทำให้การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายลดต่ำลง จึงทำให้ปลาอ่อนแอ เกิดการติดเชื้อได้ง่าย รวมถึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่างๆ เช่น มีอาการกระวนกระวาย มีบาดแผล ส่งผลให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดตายต่ำได้ (Barton, 2002) แต่จากการศึกษาในปลาช่อนครั้งนี้ พบว่า การเสริมวิตามินซีในอาหาร ทำให้ปลาช่อนมีการเจริญเติบโตดี และรอดตายมากขึ้นสูงกว่าการไม่เสริมวิตามินซีลงไปในอาหาร แต่เนื่องด้วยปริมาณความต้องการวิตามินซีในสัตว์น้ำแต่ละชนิดมี

ความแตกต่างกันอย่างมาก (NRC, 2011) ตัวอย่างเช่น ลูกปลาเก๋าวัยอ่อนต้องการประมาณ 45.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Lin and Shiau, 2005) ปลาช่อนทะเลวัยอ่อนมีความต้องการอยู่ในช่วง 96.6 – 386.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Zhou *et al*., 2012) ส่วนปลา largemouth bass วัยอ่อนต้องเสริมเข้าไปอยู่ในช่วง 102.6-109.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Chen *et al*., 2015) จึงจะช่วยให้มีการเจริญเติบโต และความต้านทานโรคดีขึ้น แต่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ปลาช่อนที่ได้รับอาหารที่เสริมวิตามินซีในระดับ 1,500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการรอดตายสูงสุด ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าการใช้เพื่อการเจริญเติบโตอย่างเดียว อาจเป็นเพราะปลาช่อนเป็นปลาในเขตร้อน จึงมีความต้องการวิตามินมากขึ้น เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่อต้านความเครียด (Azad *et al*., 2007) ที่เกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่นเดียวกับ ปลาโมง และปลานิลวัยอ่อนที่มีความต้องการสูงถึง 9,900 และ 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ (Mapanao and Jiwyam, 2010; Suwanmanee *et al*., 2012)

เนื่องด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปต้องผ่านกระบวนการผลิตหลากหลายขั้นตอน อีกทั้งการขนส่ง และเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ล้วนเป็นสาเหตุทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงได้ จากผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นค่อนข้างชัดเจนว่าคุณค่าทางอาหารของอาหารเม็ดสำเร็จรูปลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะโปรตีนที่เป็นสารอาหารจำเป็นหลักสำหรับปลา ส่วนวิตามินซีนั้นอาจเสื่อมสภาพ หรือมีปริมาณเหลือน้อยมาก จนไม่สามารถตรวจพบได้ เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์จากอาหาร จากอัตราการกินอาหาร และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของการทดลองครั้งนี้พบว่า ปลาช่อนที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมวิตามินซีมีประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ดีขึ้นตามการเพิ่มระดับของวิตามินซีในอาหาร โดยพบค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุดที่ระดับการเสริม 1,500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม คือ 1.88 จึงถือเป็นค่าที่ดีพอสมควร เพราะโดยทั่วไปแล้วสำหรับปลากินเนื้อจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-2.0 แต่ทั้งนี้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่สูงอาจเนื่องจากปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อ และมีพฤติกรรมเป็นนักล่า จึงทำให้อาจกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปได้ในปริมาณที่น้อย เพราะว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะลอยอยู่ผิวน้ำ และไม่เคลื่อนที่จึงไม่เป็นที่สนใจของปลาช่อน ประกอบกับอาหารเมื่ออยู่ในน้ำเป็นเวลานานทำให้อาหารสลายตัว จึงเกิดการสูญเสียอาหารระหว่างการทดลองไปบางส่วน (DOF, 2010)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเสริมวิตามินซีในอาหารสำเร็จรูปของลูกปลาช่อนมีความจำเป็นอย่างมาก ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายของลูกปลาช่อนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากวิตามินซีในอาหารสำเร็จรูปอาจมีการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิต การเก็บรักษา หรือกระบวนการอื่น ๆ แต่ควรเพิ่มปริมาณวิตามินซีในอาหาร เพื่อหาระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต และการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เพื่อการต่อต้านเชื้อโรคควบคู่กันไป เพราะจากการศึกษาในครั้งนี้อาจเสริมวิตามินซีในปริมาณที่น้อยเกินไป ซึ่งอาจไม่เพียงพอกับความต้องการของลูกปลาช่อนอย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับอุปกรณ์ และสถานที่สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Ai, Q., Mai, K., Tan, B., Xu, W., Zhang, W., Ma, H., and Liufu, Z. 2006. Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Aquaculture 261(1): 327-336.

Azad, I. S., Dayal, J. S., Poornima, M., and Ali, S. A. 2007. Supra dietary levels of vitamins C and E enhance antibody production and immune memory in juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal) to formalin-killed *Vibrio vulnificus*. Fish Shellfish Immunol. 23(1): 154-163.

Barton, B. A. 2002. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. Integr. Comp. Biol. 42(3): 517-525.

Chen, Y. J., Yuan, R. M., Liu, Y. J., Yang, H. J., Liang, G. Y., and Tian, L. X. 2015. Dietary vitamin C requirement and its effects on tissue antioxidant capacity of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. Aquaculture 435: 431-436.

Darias, M. J., Mazurais, D., Koumoundouros, G., Cahu, C. L., and Zambonino-Infante, J. L. 2011. Overview of vitamin D and C requirements in fish and their influence on the skeletal system. Aquaculture 315(1): 49-60.

Department of Fisheries. (2010). Striped snakehead fish culture. [Online] Available from http://www.fisheries.go.th/if-ubon/web2/images/download/plachon2.pdf [2017, February 14] [in Thai]

Gao, J., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Nguyen, B. T., and Mamauag, R. E. 2013. Effect of dietary oxidized fish oil and vitamin C supplementation on growth performance and reduction of oxidative stress in Red Sea Bream *Pagrus major*. Aquac. Nutr. 19(1): 35-44.

Iwama, G. K. 1998. Stress in fish. Ann. N. Y. Acad. Sci. 851(1): 304-310.

Jiménez-Fernández, E., Ponce, M., Rodriguez-Rúa, A., Zuasti, E., Manchado, M., and Fernández-Díaz, C. 2015. Effect of dietary vitamin C level during early larval stages in Senegalese sole (*Solea senegalensis*). Aquaculture 443: 65-76.

Kumari, J., and Sahoo, P. K. 2005. High dietary vitamin C affects growth, non-specific immune responses and disease resistance in Asian catfish, *Clarias batrachus*. Mol. Cell. Biochem. 280(1-2): 25-33.

Liang, X. P., Li, Y., Hou, Y. M., Qiu, H., and Zhou, Q. C. 2017. Effect of dietary vitamin C on the growth performance, antioxidant ability and innate immunity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson). Aquac. Res. 48: 149-160.

Lin, M. F., and Shiau, S. Y. 2005. Dietary L-ascorbic acid affects growth, nonspecific immune response and disease resistance in juvenile grouper, Epinephelus malabaricus. Aquaculture. 244(1):215-221.

Mapanao, R., and Jiwyam, W. 2010. Effects of Vitamin C in Diet on Growth, Feed Efficiency and Survival Rate of *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880. KKU Res. J. 15(11): 1043-1052. [in Thai]

Misra, C. K., Das, B. K., Mukherjee, S. C., and Pradhan, J. 2007. Effects of dietary vitamin C on immunity, growth and survival of Indian major carp *Labeo rohita*, fingerlings. Aquac. Nutr. 13(1): 35-44.

Narra, M. R., Rajender, K., Rudra Reddy, R., Rao, J. V., and Begum, G. 2015. The role of vitamin C as antioxidant in protection of biochemical and haematological stress induced by chlorpyrifos in freshwater fish *Clarias batrachus*. Chemosphere 132: 172-178.

National Research Council. 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Washington, DC: The National Academies Press. 376 p.

Pimpimol, T., and Klahan, R. 2014. Dietary vitamin C to influence growth and yield of Climbing perch (*Anabas testudineus*). Thai Journal of Animal Science 1(1): 35-44. [in Thai]

Portz, D. E., Woodley, C. M., and Cech Jr, J. J. 2006. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. Rev. Fish Biol. Fish. 16(2): 125-170.

Rottmann, R. W., Francis-Floyd, R., and Durborow, R. 1992. The role of stress in fish disease. Southern Regional Aquaculture Center. pp. 474.

Suwanmanee, P., Areechon, N., Srisapoome, P., and Taparhaudee, W. 2012. Effect of vitamin C on growth and disease resistance of Nile tilapia larvae (*Oreochromis niloticus* Linn.). Proceedings of 50th Kasetsart University Annual Conference: Animals, Veterinary Medicine, Fisheries. Kasetsart University, Bangkok, January 31- February2, 2012. 418-427.

Zhou, Q., Wang, L., Wang, H., Xie, F., and Wang, T. 2012. Effect of dietary vitamin C on the growth performance and innate immunity of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Fish Shellfish Immunol. 32(6): 969-975.

ผลของสีน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะพงขาววัยรุ่นที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์

Effects of Water Colors on Growth and Survival rate of Juveniles Asian Seabass (*Lates calcarifer* Bloch 1790) in Aquaponic Systems

วิญญู บุญประเสริฐ[1*], ประจวบ ฉายบุ[2], เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน[3], จงกล พรมยะ[4] และชนกันต์ จิตมนัส[5]

Winyoo Boonprasert[1*], Prachaub Chaibu[2], Kriangsak Mengumphan[3], Jongkol Promya[4] and Chanagun Chitmanat[5]

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai, 50290

Corresponding author: lactasai@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปลามีความสามารถในการมองเห็นสี ซึ่งสีบางชนิดสามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และเป็นปัญหาในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะศึกษาผลของสีน้ำที่แตกต่างกัน 4 สี ต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลากะพงขาววัยรุ่นที่มีการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ด้วยระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์ โดยปลากะพงขาววัยรุ่นที่ศึกษามีน้ำหนัก 10.09±1.09 กรัมและความยาวเฉลี่ย 8.06±1.03 เซนติเมตร นำไปเลี้ยงในสีน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1. สีน้ำธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) 2. สีน้ำตาล 3. สีน้ำเงิน และ 4. สีเขียวอมน้ำเงิน อัตราความหนาแน่น 153 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ 4 มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 58.08±2.72 กรัม และอัตราการรอดตาย 83.11±6.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สีน้ำเขียวอมน้ำเงินมีแนวโน้มที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากะพงขาววัยรุ่นในระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์

คำสำคัญ: ปลากะพงขาว สีน้ำ อควาโปนิกส์

Abstract

Fish are capable of color vision and certain colors have been shown to affect growth and Survival rate. The researches were interested in studying the effects of four different water colors on growth and survival rate in juveniles asian seabass (*Lates calcarifer* Bloch 1790) were investigated in aquaponic systems in the cement ponds. Juveniles asian seabass with average weight 10.09±1.09 grams and average length 8.06±1.03 centimeter were cultured in different water colors including 1. Natural water color (Control), 2. Brown color, 3. Blue color, and 4. Blue-green color. The fish were reared at stocking of 153 individuals/cubic meter. Fish were fed 42 percent protein pellets for 10 weeks. After experimental termination, fish in the treatment four were significantly better than the

control groups (p<0.05), with weight gain increasing to 58.08±2.72 grams. and survival rate of 83.11±6.48 percent. In conclusion, the blue-green color was suitable for juveniles asian seabass cultured in aquaponic systems.

Keywords: *Lates calcarifer*, Water color, Aquaponic

บทนำ

ปลามีความสามารถในการมองเห็นสี ซึ่งสีบางชนิดสามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย นอกเหนือจากผลกระทบทางสรีรวิทยาแล้ว สีได้ส่งผลกระทบต่อระดับความก้าวร้าวของปลา (Gaffney, 2014) ซึ่งเป็นปัญหาในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย การทำสีน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดเป็นที่สนใจในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สีของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดจะมีการเลือกใช้สีฟ้า หรือทาสีพื้นหลังของบ่อเป็นสีฟ้าเป็นส่วนมาก ซึ่งไม่สามารถอธิบายข้อมูลพื้นฐานตามหลักวิทยาศาสตร์สำหรับทางเลือกนี้ได้ นอกจากนี้การเลี้ยงปลาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาตินั้น สีน้ำในบ่อเลี้ยงที่แตกต่างกันยังมีอิทธิพลต่อการกินอาหาร และอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาทำให้สภาพของสีลำตัวคล้ำซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (Eslamloo *et al*., 2013) รวมทั้งส่งผลต่อตาและต่อมไพนีล (pineal gland) ของปลาทำให้มีการหลั่งของฮอร์โมน melatonin hormones α-melanocyte-stimulating hormone (αMSH) (Rotllant *et al*., 2003) และฮอร์โมน melanin-concentrating hormone (MCH) (Amiya *et al*., 2005) และในทางกลับกันก็สามารถกระตุ้นการปล่อยฮอร์โมน cortisol จาก hypothalamus–pituitary–interrenal (HPI) ซึ่งมีผลต่อความเครียด (Rotllant *et al*., 2003) เห็นผลดังที่กล่าวข้างต้นนี้สามารถส่งผลต่อการดำรงชีวิตของปลาแทบทั้งสิ้น อีกทั้งในปัจจุบันข้อมูลในการศึกษาวิจัยสีของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์ต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานั้นยังมีน้อยมากสำหรับการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปลากะพงขาว นอกจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากสีน้ำต่อตัวปลาแล้วสายพันธุ์ และการดำรงชีวิตของปลาก็สามารถมีผลกระทบต่อตัวปลาได้เช่นกัน (Papoutsoglou *et al*. 2005)

วิธีการผลิตแบบอควาโปนิกส์สามารถให้ผลผลิตทั้งโปรตีนจากปลาและเยื่อใยจากพืช ซึ่งสามารถใช้เลี้ยงปลาและปลูกพืชได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการเลี้ยงปลาและพืชแต่ละชนิด เป็นวิธีการผลิตที่ง่าย เพราะสามารถนำเทคนิคการปลูกพืชไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งสามารถใช้ในการเลี้ยงปลาตั้งแต่ปลาสวยงาม หรือปลาที่ใช้บริโภค รวมทั้งการผลิตพืชตั้งแต่ผัก ผลไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับ ไม้เลื้อยจนถึงพืชยืนต้น โดยส่วนมากนิยมปลูกพืชผัก ไม้ผล ที่เป็นพืชช่วงอายุสั้น การผลิตในระบบนี้สามารถใช้ได้ในทุกสถานที่โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องภูมิประเทศ คุณภาพน้ำและปริมาณน้ำ จะเห็นได้ว่า ระบบอควาโปนิกส์มีความสำคัญในการพัฒนาวิถีการเกษตรแนวใหม่ที่รวมเอาการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกพืชไร้ดินไว้ในระบบเดียวกันซึ่งเรียกระบบนี้ว่า การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชในระบบน้ำหมุนเวียน หรือ อควาโปนิกส์ (aquaponic) ทำให้เป็นระบบการผลิตที่ลดการใช้น้ำ เพราะสามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่ส่งผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม โดยไม่ทิ้งน้ำเสียสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง และที่สำคัญเป็นระบบที่มีการใช้สารเคมีน้อยมาก หรือไม่ใช้สารเคมีเลย จึงไม่เพียงแต่เป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้ผลิตเท่านั้นแต่ยังมีผลดีต่อผู้บริโภคด้วย

อุตสาหกรรมการเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ยังไม่เป็นที่รู้จักในพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งปลากะพงขาวเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีคุณค่าทางโภชนาการเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย นับวันความต้องการบริโภคปลากะพงขาวจึงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับผลิตผลทางทะเลเริ่มมีแนวโน้มในอัตราที่ลดลง สืบเนื่องจากความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงส่งผลให้ทรัพยากรสัตว์น้ำที่จับจากธรรมชาติมีปริมาณน้อยลง ดังนั้น การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวจึงเริ่มมีความสำคัญและได้ขยายฐานการผลิตปลากะพงขาวเพิ่มมากขึ้น แต่ก็ไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งปลากะพงขาวที่จำหน่ายในพื้นที่ภาคเหนือมีราคาที่สูงและมีคุณภาพความสดน้อย ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะพัฒนาการเลี้ยงปลากะพงขาวในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิต ดังเช่นผลของสีน้ำที่จำลองแบบตามสภาพแวดล้อมในถิ่นที่อยู่อาศัยสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ เพื่อพัฒนาและเพิ่มศักยภาพของการเลี้ยงปลากะพงขาวในเขตพื้นที่ภาคเหนือ รวมทั้งทำให้ผู้บริโภคปลากะพงขาวในเขตพื้นที่ภาคเหนือได้บริโภคปลาที่สดและมีคุณภาพต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเตรียมหน่วยทดลอง

เตรียมบ่อซีเมนต์ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1x2 เมตร ระดับน้ำลึก 0.5 เมตร จำนวน 12 บ่อ ทุกชุดการทดลองติดตั้งระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ โดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการปลูกพืชแบบไร้ดิน จำนวน 12 ชุด เป็นรางปลูก PVC สี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 80 เซนติเมตร จำนวน 5 ราง ๆ ละ 10 หลุมปลูก ประกอบด้วยข้อต่อสามทาง ถังเก็บน้ำรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้กรองน้ำและใช้บำบัดน้ำเสีย และมีการทำสีน้ำเทียมในบ่อเลี้ยงที่แตกต่างกันคือ สีน้ำธรรมชาติ สีน้ำตาล สีน้ำเงิน และสีเขียวอมน้ำเงินให้อากาศผ่านหัวทรายบ่อทดลองละ 2 หัวตลอดการทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ลูกปลากะพงขาววัยรุ่น น้ำหนักเฉลี่ย 10.09±1.09 กรัม และความยาวเฉลี่ย 8.06±1.03 เซนติเมตร ที่ได้จากการอนุบาลและปรับสภาพน้ำจืดได้แล้ว ณ พื้นที่ปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยเลี้ยงปลากะพงขาวในบ่อซีเมนต์ขนาด 1x2 เมตร ในอัตรา 153 ตัว/ลูกบาศก์เมตร (Nikhom *et al*., 2011) เลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ก่อนการทดลองมีการควบคุมดูแลพฤติกรรมและสภาพแวดล้อมของปลาก่อนเป็นระยะเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นจึงเริ่มการทดลอง โดยเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโต อัตราการรอด รวมทั้งคุณภาพน้ำ จนเสร็จสิ้นการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาผลของสีน้ำเทียมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในฟาร์มเลี้ยงขนาดใหญ่ เช่น ปลา กุ้ง และสัตว์น้ำอื่น ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้เร็ว ไม่มีพิษโลหะหนัก และย่อยสลายในธรรมชาติ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะพงขาววัยรุ่นที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์ วางแผนการ

ทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design; CRD) โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 เลี้ยงในบ่อสีน้ำธรรมชาติ

หน่วยทดลองที่ 2 เลี้ยงในบ่อโดยใช้สีน้ำเทียมสีน้ำตาล

หน่วยทดลองที่ 3 เลี้ยงในบ่อโดยใช้สีน้ำเทียมสีน้ำน้ำเงิน

หน่วยทดลองที่ 4 เลี้ยงในบ่อโดยใช้สีน้ำเทียมสีเขียวอมน้ำเงิน

Figure 1 The different water colors. A. Natural water color (Control), B. Brown color, C. Blue color, D. Blue-green color

การให้อาหารสัตว์ทดลอง

ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 มื้อ คือ 8.00 น. และ 17.00 น.ทั้งนี้การให้อาหารจะให้กินจนอิ่มตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

การจัดการระหว่างการเลี้ยงและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ในระหว่างการทดลองมีการเติมน้ำให้ได้ระดับเท่าเดิม กรณีปริมาณน้ำลดลงต่ำกว่า 50 เซนติเมตร ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ ก่อนทดลอง และระหว่างการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์รวมทั้งสิ้น 3 จุด คือ จุดที่ 1. ระบบกรองชีวภาพ จุดที่ 2. ระบบบอควาโปนิกส์ และจุดที่ 3. บ่อเลี้ยง จนสิ้นสุดการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวม โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

Table 1 The methods of water quality analysis

Parameters	Methods
pH	pH-meter (pH / Ion 510)
Dissolved Oxygen (ml./l)	Azide modification
Ammonia (ml./l)	Phenol method
Nitrite (mg./l)	Reddish purple azo dye
Nitrate (mg./l)	Phenoldisulphonic acid
Phosphorus (mg./l)	Stannous chloride
Temperature (ºC)	Thermometer

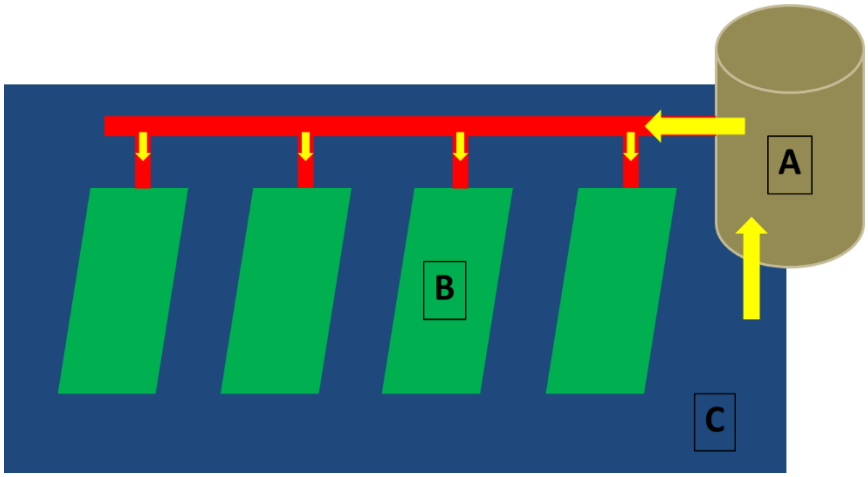

Figure 2 Schematic configuration of the aquaponic systems A: Biofilter tank B: Aquaponic C: Pond

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

วัดความยาว ชั่งน้ำหนักและนับจำนวนลูกปลากะพงขาวในแต่ละหน่วยการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลองและนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเปรียบเทียบค่าต่างๆ ดังนี้

Weight gain, WG (%) = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลอง

$$\text{Average daily gain (g./body/day)} = \frac{\text{(น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลอง)}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$

Feed conversion ratio, FCR = น้ำหนักอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

Survival rate (%) = (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองx100) / จำนวนปลาเมื่อเริ่มทดลอง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการปลูกผักบุ้ง โดยใช้รอบการผลิตผักที่ 30 วัน ซึ่งต้องรวมระยะเวลาในการเพาะกล้าที่ 10-14 วัน (Boonlearnirun, 2004) โดยในการทดลองใช้ระยะเวลาการปลูกผักที่ 20 วันต่อ 1 รอบการผลิตการเก็บข้อมูลของผักให้บันทึกและคำนวณข้อมูล เมื่อเสร็จสิ้น รอบการผลิตผักโดยนำข้อมูลของผักบุ้งมาคำนวณเปรียบเทียบความสูง และอัตราการเจริญเติบโต ดังนี้

ความสูงที่เพิ่มขึ้น = ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลอง

อัตราการเจริญเติบโต Average daily gain (ADG) cm./วัน

$$= \frac{\text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 22

ผลการทดลอง

การศึกษาการเลี้ยงลูกปลากะพงขาววัยรุ่นน้ำหนักและความยาวเฉลี่ย 10.09±1.09 กรัม 8.06±1.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ภายใต้สีน้ำที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการรอดของลูกปลากะพงขาววัยรุ่นในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าแนวโน้มที่สูงกว่าทุกชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) คือ 66.62±2.60 กรัมต่อตัว 0.78±0.40 กรัมต่อตัวต่อวัน และ 83.11±6.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3, 2 และ 1 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติของ ความยาว อัตราการรอด รวมทั้งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของทุกชุดการทดลองนั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 2)

Table 2. Growth performance of juvenile Asian seabass in recirculating aquaponic system

Parameter \ Treatment	Control	Brown	Blue	Blue-green
Initial weight (g./body)	8.18±0.19[a]	8.43±0.15[a]	8.54±0.09[a]	8.64±1.70[a]
Final weight (g./body)	51.34±1.02[a]	52.11±2.57[a]	63.51±3.00[b]	66.62±2.60[b]
Weight gain (g.)	42.91±1.15[a]	43.93±2.41[a]	54.87±2.24[b]	58.08±2.72[b]
Initial length (cm.)	7.30±0.44[a]	7.08±0.33[a]	8.06±1.03[a]	8.56±0.28[a]
Final length (cm.)	16.70±0.86[a]	17.00±0.70[a]	17.28±0.73[a]	18.39±0.34[a]
Length gain (cm.)	8.94±1.73[a]	9.40±1.10[a]	9.83±0.57[a]	10.20±0.79[a]
Average daily gain (g./body/day)	0.57±0.02[a]	0.58±0.03[a]	0.73±0.03[b]	0.78±0.40[b]
Survival rate (%)	79.33±2.40[a]	79.78±7.78[a]	80.89±2.34[a]	83.11±6.48[a]
Feed conversion ratio (FCR)	1.27±0.35[a]	1.25±0.06[a]	1.15±0.04[a]	1.07±0.04[a]

Note: Different letters in the same row are statistically different. (p<0.05)

ประสิทธิภาพการผลิตของผักบุ้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ความสูงของผักบุ้งในชุดการทดลองที่ 4 (59.96±3.41 เซนติเมตร) มีความสูงดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ด้านความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบุ้งในชุดการทดลองที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติ พบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

Table 3. The growth of vegetables co-cultured with juvenile Asian seabass in recirculating aquaponic systems

Production efficiency	Control	Brown	Blue	Blue-Green
Initial height (cm.)	18.24±1.62	18.96.±0.45	18.75±0.29	18.82±1.10
Final height (cm.)	45.18±1.90^{a}	51.47±5.62^{ab}	57.24±2.40^{b}	59.96±3.41^{b}
Height gain (cm.)	26.29±0.91^{a}	33.07±0.80^{b}	38.15±0.38^{b}	40.61±0.86^{b}
Average daily gain (cm./day)	1.31±0.45^{a}	1.65±0.40^{b}	1.91±0.19^{bc}	1.98±0.11^{c}

Note 1. Average data per production cycle of 20 days. 2. Different letters in the same row are statistically different. (p<0.05) (n=10)

ส่วนค่าของคุณภาพน้ำทั้ง 3 จุดที่เก็บผลการทดลอง คือ บ่อเลี้ยง ระบบกรองชีวภาพ และระบบบอควา-โปนิกส์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิ ในชุดการทดลองที่ 1 และ 4 มีความแตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ของทุกจุดเก็บตัวอย่าง 1, 2 และ 3 ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 4)

Table 4. Water quality in recirculating aquaponic systems

Water quality	Ponds				Biofilter tank				Aquaponic			
	Control	Brown	Blue	Blue-green	Control	Brown	Blue	Blue-green	Control	Brown	Blue	Blue-green
pH	8.52±0.78[a]	8.08±0.02[a]	8.1±0.02[a]	8.04±0.04[a]	8.02±0.07[a]	7.83±0.20[a]	7.93±0.09[a]	7.97±0.12[a]	8.2±0.07[a]	8.16±0.05[a]	7.99±0.16[a]	7.92±0.17[a]
Dissolved Oxygen (ml./l)	4.31±2.16[a]	5.29±2.64[a]	4.96±2.48[a]	4.36±2.18[a]	3.22±1.61[a]	4.11±2.06[a]	4.02±2.01[a]	4.00±2.00[a]	4.38±2.19[a]	4.22±2.11[a]	4.38±2.19[a]	4.18±2.09[a]
Ammonia (ml./l)	0.31±0.13[a]	0.18±0.10[a]	0.29±0.11[a]	0.32±0.18[a]	0.29±0.13[a]	0.16±0.10[a]	0.26±0.11[a]	0.29±0.16[a]	0.27±0.14[a]	0.17±0.10[a]	0.28±0.11[a]	0.34±0.17[a]
Nitrite (mg./l)	0.31±0.30[a]	0.28±0.16[a]	0.34±0.28[a]	0.26±0.27[a]	0.17±0.07[a]	0.26±0.13[a]	0.33±0.31[a]	0.29±0.30[a]	0.24±0.17[a]	0.19±0.11[a]	0.29±0.17[a]	0.28±0.26[a]
Nitrate (mg./l)	0.40±0.27[a]	0.42±0.29[a]	0.51±0.33[a]	0.39±0.26[a]	0.41±0.27[a]	0.43±0.31[a]	0.52±0.30[a]	0.42±0.27[a]	0.41±0.27[a]	0.41±0.28[a]	0.50±0.32[a]	0.39±0.26[a]
Phosphorus (mg./l)	0.35±0.13[a]	0.26±0.10[a]	0.32±0.15[a]	0.32±0.13[a]	0.36±0.12[a]	0.27±0.70[a]	0.33±0.12[a]	0.32±0.14[a]	0.35±0.10 [a]	0.27±0.08[a]	0.34±0.14[a]	0.32±0.14[a]
Temperature (ºC)	29.60±0.00[b]	28.63±0.06[a]	28.53±0.06[a]	29.53±0.06[b]	29.60±0.06[b]	28.70±0.00[a]	28.60±0.00[a]	29.47±0.00[b]	29.60±0.06[b]	28.70±0.06[a]	28.60±0.06[a]	29.47±0.06[b]

Note: Different letters in the same row are statistically different. (p<0.05)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของสีน้ำต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลากะพงขาววัยรุ่นที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากะพงขาววัยรุ่นของแต่ละชุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกปลากะพงขาววัยรุ่นในชุดการทดลองที่ 4 พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อและอัตราการรอด มีแนวโน้มสูงกว่าของแต่ละชุดการทดลอง (ตารางที่ 2) สอดคล้องการทดลองของ Ustundag and Rad (2015) พบว่า ลูกปลา Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) มีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มสูงขึ้นในถังเลี้ยงปลาพลาสติกที่มีพื้นหลังสีเขียวเข้ม และเขียวสว่างคือ 69.44±8.81 และ 68.87±6.42 กรัม เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน เช่นเดียวกับการทดลองของ Luchiari and Pirhonen (2008) ได้กล่าวไว้ว่า สภาพแวดล้อมโทนสีเขียวเหมาะสมกับการเลี้ยงลูกปลา Rainbow trout วัยรุ่น เช่นเดียวกับ Sierra-Flores *et al*. 2016 ที่รายงานว่าลูกปลา Turbot (*Scophthalmus maximus*) ที่เลี้ยงด้วยความเข้มแสงสีเขียว (530 nm.) มีอัตราการรอดและมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน (455 nm.) สีแดง (640 nm.) และสีขาว ตามลำดับ ในการทดลองครั้งนี้แม้ว่าข้อมูลทางสถิติจะไม่แตกต่างกันมากระหว่างชุดการทดลองที่ 3 และ 4 แต่ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ในชุดการทดลองที่ 4 (สีเขียมอมน้ำเงิน) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตกับชุดการทดลองที่ 3 (สีน้ำเงิน) 2 (สีน้ำตาล) และ 1 (สีน้ำธรรมชาติ) นอกจากนี้การใช้สีน้ำเทียม หรือสีน้ำวิทยาศาสตร์ในการเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ ยังมีประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ เช่น ช่วยลดความเครียดของลูกกุ้งจากน้ำที่มีความใสได้ รวมทั้งลดโอกาสในการเกิดสาหร่ายบริเวณก้นบ่อ หรือการเกิดขี้แดดลดลง โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเลี้ยงที่มีระดับน้ำต่ำ (Kaewmanee, 2004)

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของคุณภาพน้ำในบ่อของแต่ละชุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำอยู่ที่ 28.53±0.06 - 29.60±0.06 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 7.83±0.20 - 8.52±0.78 โดยอุณหภูมิของน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ Tuntoolavest and Phornprapa (1995) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 25.0 - 32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5 - 9.0 เช่นเดียวกับ Duangsawat and Somsiri (1985) คุณสมบัติของน้ำอยู่ในระดับปกติในการอาศัยของปลาในเขตร้อนมีความเหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในการทดลองอยู่ที่ 3.22±1.61 - 5.29±2.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในระดับที่ปลาสามารถอาศัยอยู่ได้โดยไม่เป็นอันตราย ซึ่งสอดคล้องกับ Swingle (1969) ได้กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาจะอยู่ระหว่าง 3.0 - 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียนนอกจากต้องควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำแล้วยังต้องควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการทำงานของแบคทีเรียด้วย (Colt, 2006) ในการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ออกซิเจนละลายในน้ำและความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยต่ำสุดในระบบกรองชีวภาพ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนละลายในน้ำถูกนำไปใช้ในกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ซึ่งผลผลิตที่ได้อย่างหนึ่งจากกระบวนการดังกล่าว คือ คาร์บอนไดออกไซด์

ซึ่งเมื่อละลายน้ำมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน ระบบกรองชีวภาพจึงมีคุณภาพน้ำดังกล่าวต่ำกว่าส่วนประกอบอื่นๆ ในระบบ (La-ongsiriwong *et al*., 2011) ส่วนความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.17±0.07 - 0.34±0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของลูกปลากะพงขาววัยรุ่น ไนเตรทอยู่ในช่วง 0.39±0.26 - 0.52±0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์และไนเตรทเป็นผลผลิตของแอมโมเนียออกซิเดชั่น โดย Camargo and Alonso (2006) ที่รายงานว่าความเข้มข้นของไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีไม่เกิน 0.08-0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Nootong (2011) กล่าวไว้ว่าไนไตรท์หากมีการสะสมในบ่อเลี้ยงมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ความสามารถในการรับออกซิเจนของสัตว์น้ำต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะมีผลเสียมากหากสภาพภายในบ่อเลี้ยงมีออกซิเจนต่ำและอุณหภูมิสูง การเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนมีการสะสมของไนเตรทเกิดขึ้นเสมอ (Gutierrez-Wing and Malone, 2006) ทั้งนี้เนื่องจากไนเตรทเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการไนตริฟิเคชั่น อย่างไรก็ตาม ระดับความเข้มข้นดังกล่าวไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ซึ่งสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความสามารถในการต้านความเข้มข้นของไนเตรทจะสูงมาก (มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร) Midlen and Redding (1998) กล่าวว่าระดับไนเตรทที่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จะกลายเป็นพิษต่อปลา ฟอสฟอรัสในการทดลองอยู่ที่ 0.26±0.10 - 0.36 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าของฟอสฟอรัสในแต่ละหน่วยการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน Tuntoolavest and Phornprapa (1995) กล่าวว่า ค่าฟอสฟอรัสของบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าอยู่ประมาณ 0.1 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งฟอสฟอรัสที่พบอาจอยู่ในรูปละลายน้ำ หรืออนุภาคแขวนลอยในบ่อปลา อีกทั้งการมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงทำให้บริเวณขอบบ่อในบางจุดทำให้เกิดตะไคร่น้ำ Duangsawat and Somsiri (1985) กล่าวว่าเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อพืช โดยเฉพาะแพลงตอนพืชซึ่งจะเป็นการสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้แก่แหล่งน้ำ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ มีผู้รายงานว่าหากแหล่งน้ำธรรมชาติมีฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าแหล่งน้ำนั้นมีอาหารธรรมชาติมากเกินไป และแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำไม่ได้ทำให้เกิดความเป็นพิษ

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักบุ้ง พบว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบุ้งในชุดการทดลองที่ 4 (40.61±0.86 เซนติเมตร) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับชุดการทดลองที่ 1 (26.29±0.91 เซนติเมตร) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับชุดการทดลองที่ 2 (33.07±0.80 เซนติเมตร) และ 3 (38.15±0.38 เซนติเมตร) (Table 3)

การศึกษาอิทธิพลของสีน้ำที่แตกต่างกัน 4 สี ได้แก่ 1. สีน้ำธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) 2. สีน้ำตาล 3. สีน้ำเงิน และ 4. สีเขียวอมน้ำเงิน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ลูกปลากะพงขาววัยรุ่นที่เลี้ยงในสีน้ำสีเขียวอมน้ำเงินมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดดีกว่าสีน้ำธรรมชาติ สีน้ำตาลและสีน้ำเงินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 58.08±2.72 กรัม และอัตราการรอด 83.11±6.48 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาวิธีการเลี้ยงปลากะพงขาวแบบอควาโปนิกส์ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคตได้แล้วยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดกับรูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปี 2560 ทางคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ. ที่นี้ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย ตลอดจนบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้การวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Amiya N., Amano M., Takahashi A., Yamanome T., Kawauchi H. and Yamamori K. 2005. Effects of tank color on melanin-concentrating hormone levels in the brain, pituitary gland, and plasma of the barfin flounder as revealed by a newly developed time resolved fluoroimmunoassay. General and Comparative Endocrinology 143, 251–256 p.

Boonlearnirun, K. 2004. Hydroponics technology. Clinic Technology Rajamangala University of Technology Phra Nakhonsri Ayuttaya. 81 P. [in Thai]

Camargo, J.A., and A. Alonso 2006. Ecology and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. Environment International 32: 831-849 p.

Colt, J. 2006. Water quality requirement for reuse system. Aquacultural Engineering. 34: 143-156 p.

Duangsawat, M. and Somsiri, J. 1985. Water Properties and analysis method for Fisheries research. Inland Fisheries Research Institute, Department of Fisheries. Bangkok. 144 p. [in Thai]

Eslamloo K., Akhavan, S., Eslamifar, A. and Henry, M. 2013. Effects of background colour on growth performance, skin pigmentation, physiological condition and innate immune responses of goldfish, *Carassius auratus*. Aquaculture Research. 1-14 p.

Gaffney, L. 2012. Colour matters:coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) prefer and are less aggressive in darker coloured tanks. Thesis B.Sc., The University of British Columbia USA. 8-9 p.

Gutierrez-Wing, M.T. and Malone, R.F. 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. Aquacultural Engineering 34: 163-170 p.

La-ongsiriwong N., La-ongsiriwong L., Mearah, P. and Silapajarn, K. 2011. Culture of Barramundi (*Lates calcarlifer* BLOCH, 1790) Size 4 to 6 inches in a Recirculating System. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries. 92-99 p. [in Thai]

Luchiari, A C. and Pirhonen, J. 2008. Effects of ambient colour on colour preference and growth of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Journal of Fish Biology 72: 1504-1514 p.

Midlen, A., and Redding, T., 1998. Environmental Management for Aquaculture. Chapman and Hall, New York, 223 p.

Nootong, K., Pavasantand, P. and Powtongsook, S. 2011. Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in Biofloc System. Journal of the World Aquaculture Society 42(3): 339-346 p.

Papoutsoglou, S.E., Karakatsouli, N. and Chiras, G. 2005. Dietary L-tryptophan and tank colour effects on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles reared in a recirculating water system. Aquacultural Engineering 32: 277–284.

Rotllant J., Tort L., Montero D., Pavlidis, M., Martinez, M., Wendelaar Bonga S.E. and Balme, P.H.M. 2003. Background colour influence on the stress response in cultured red porgy *Pagrus pagrus*. Aquaculture 223, 129–139 p.

Swingle, H.S. 1969. Method of Analysis for Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils. Alabama: Used in Fisheries Research Auburn University. 119 p.

Sierra-Flores, R., Davie A., Grant, B., Carboni, S., Atack T., and Migaud, H. 2016. Effects of light spectrum and tank background colour on Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae performances. Aquaculture 450, 6–13 p.

Tuntoolavest, M. and Phornprapa, P. 1995. Water quality management and waste water treatment in fish pond and others aquatic animals. Vol. 1 Water quality management. Chulalongkorn University Bookshop, Bangkok. 319 p. [in Thai]

Ustundag, M. and Rad, F. 2015. Effect of Different Tank Colors on Growth Performance of Rainbow Trout Juvenile (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). Journal of Agricultural Sciences 21, 144-151 p.

อิทธิพลของการจัดการช่วงเวลาได้รับแสงต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของลูกปลาบู่ทรายวัยรุ่น

The effect of photoperiod manipulation on growth and survival rate of marble goby (*Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852)) juveniles

อิฐสะราม แสนสุภา[1], จักรพันธ์ ฐานิจสรณ์[1], เปรมดา ทิพย์เดโช[1] และเกรียงไกร สีตะพันธุ์[1*]

Itsaram Saensupa[1], Jakkaphan Tanitsorn[1], Prameda Thipdacho[1] and Kriengkrai Seetapan[1*]

[1] สาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

[1] Department of Fishery, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

* Corresponding author: kook82@hotmail.com

บทคัดย่อ

อิทธิพลของการได้รับแสงที่แตกต่างกัน 6 ระดับที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดของลูกปลาบู่ทรายวัยรุ่น ปลาที่ศึกษามีน้ำหนักเฉลี่ย 0.18±0.01 กรัม (2.42±0.01 เซนติเมตร) ถูกเลี้ยงภายใต้ช่วงเวลาการได้รับแสงที่ต่างกัน [แสงธรรมชาติ (NP), มืด 24 ชั่วโมง (24D/0L), มืด 18 ชั่วโมง สว่าง 6 ชั่วโมง (18D/6L), มืด 12 ชั่วโมง สว่าง 12 ชั่วโมง (12D/12L), มืด 6 ชั่วโมง สว่าง 18 ชั่วโมง (6D/18L) และสว่าง 24 ชั่วโมง (0D/24L)] ทดลองนาน 60 วัน ให้ไรแดงและหนอนแดงเป็นอาหารวันละ 2 มื้อ (08:00 และ 16:00 น.) โดยให้กินแบบมากเกินพอ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลอง 18D/6L (น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ย 1.64±0.02 กรัม) มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด (p<0.05) ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 0D/24L (0.74±0.06 กรัม) อัตรารอดของปลาที่เลี้ยงในชุดการทดลอง 18D/6L มีอัตรารอดสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) การศึกษานี้สรุปได้ว่า การจัดการช่วงเวลาการได้รับแสงในการเลี้ยงลูกปลาบู่ทรายวัยรุ่นควรเลี้ยงที่ช่วงเวลาการได้รับแสง 18D/6L

คำสำคัญ: ปลาบู่ทราย ช่วงเวลาการได้รับแสง อนุบาล

Abstract

The effect of six different light regimes on growth and survival rate in marble goby (*Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852)) juveniles was studied. Fish with average weight of 0.18±0.01 g (2.42±0.01 cm) were subjected to different photoperiods [natural photoperiod (NP), continuous dark (24D/0L), 18 h darkness and 6 h light (18D/6L), 12 h darkness and 12 h light (12D/12L), 6 h darkness and 18 h light (6D/18L) and continuous light (0D/24L)] for 60 days. Fish were fed with *Moina* sp. and blood worm two times daily (08:00 and 16:00 h) to apparent satiation. After termination period, the 18D/6L treatment (weight gain 1.64±0.02 g) showed the best growth performance (p<0.05). The lowest weight gain was 0D/24L (0.74±0.06 g). The survival rate of the experimented fish reared at 18D/6L was significantly (p<0.05) higher than other treatments. In conclusion, the best photoperiod manipulation for marble goby juveniles should be under the photoperiod of 18D/6L.

Keywords: *Oxyeleotris marmorata*, Photoperiod, Culture

บทนำ

ปลาบู่ หรือปลาบู่ทราย (*Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852)) เป็นปลาน้ำจืดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง และมีรสชาติดี ในเอเชีย (Cheah *et al*., 1994; Rainboth, 1996) ประเทศไทยมีการส่งออกปลาชนิดนี้เป็นจำนวนมาก มูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2550 สูงถึง 46,150,407 บาท จากนั้นมีแนวโน้มลดลงจนถึงปี พ.ศ. 2559 (ข้อมูลถึงเดือนพฤศจิกายน) เหลือเพียง 15,041,005 บาท (The Customs Department, 2017) สำหรับประเทศที่มีความต้องการนำเข้าปลาชนิดนี้สูง ได้แก่ สิงคโปร์ จีน มาเลเซีย และฮ่องกง (Amatyakul *et al*., 1995) สาเหตุการลดลงของผลผลิตปลาบู่ทรายประการหนึ่งคือ การขาดแคลนลูกพันธุ์เพื่อนำไปเลี้ยง เนื่องจากลูกพันธุ์ปลาบู่ทรายที่นำมาเลี้ยงเป็นปลาที่รวบรวมจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งสิ้น รวมถึงขั้นตอนการอนุบาลลูกปลาบู่ทรายเพื่อนำไปเลี้ยงยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นอกจากนี้สภาพแหล่งน้ำที่อยู่อาศัยของปลาบู่ทรายในธรรมชาติเกิดการเสื่อมโทรมจากการขยายตัวของชุมชน และการทำการเกษตรกรรมที่ขาดจิตสำนึกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาเหล่านี้จึงส่งผลให้เกิดการขาดแคลนลูกพันธุ์ปลาบู่ทรายเพื่อนำไปเลี้ยงเพื่อผลิตเป็นปลาเนื้อที่มีขนาดตามที่ตลาดต้องการ จึงส่งผลให้ไม่สามารถผลิตปลาบู่ทรายให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอนุบาลลูกปลาบู่ทรายขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตร ก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาอาหารที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาบู่ทราย แบ่งเป็นอาหารสด ได้แก่ ไรแดง หนอนแดง และเนื้อปลาบด (Leelapatra and Viputhanumas, 1995) แต่ยังขาดข้อมูลของอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสม (Lam *et al*., 2014) และ Seetapan *et al.* (2012) ได้รายงานว่าลูกปลาบู่ทรายขนาดนี้ควรอนุบาลที่ความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. รวมถึงควรเพิ่มที่หลบซ่อนในระหว่างการเลี้ยง นอกจากนี้ Hoa and Yi (2007) ยังกล่าวเพิ่มเติมว่าช่วงเวลาการได้รับแสง (Photoperiod) ที่แตกต่างกันสามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของปลาบู่ทรายในช่วงอายุที่ต่างกัน ทั้งนี้ช่วงเวลาการได้รับแสงในรอบวันถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร และอัตราการเจริญเติบโต ของลูกปลาบางชนิด (Gehrke, 1992) เนื่องจาก ช่วงเวลาการได้รับแสงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะเครียดในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด หากสัตว์น้ำเกิดภาวะเครียดจะมีผลโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโต ดังเช่นในรายงานของปลาดุกยักษ์ (*Clarias gariepinus*) ที่พบว่า ลูกปลาที่เลี้ยงในสภาวะได้รับแสงช่วงเวลาสั้น หรือไม่ได้รับแสงเลย (18D/06L และ 24D/00L) จะมีปริมาณคอร์ติซอล (Cortisol) ต่ำ และมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปลาที่เลี้ยงในสภาวะที่ได้รับแสงที่ยาวนานกว่า (Almazán-Rueda *et al*., 2005) ทั้งนี้คอร์ติซอลถือเป็นฮอร์โมนหลักของคอร์ติโคสเตียรอยด์ (Corticosteroid) ในปลา และมีการหลั่งมาจากภายในเซลล์ (Interrenal cells) เพื่อตอบสนองต่อภาวะเครียด (Ruane *et al*., 2002; Webb *et al*., 2007) ส่งผลให้ปลาที่ได้รับแสงตลอดเวลาเกิดจากภาวะเครียดเรื้อรัง (Chronic stress) โดยประเมินจากปริมาณของคอร์ติซอลที่เพิ่มขึ้น (Leonardi and Klempau, 2003) ทั้งนี้ความต้องการแสงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มปลาที่ได้รับ แสงสว่างในช่วงยาวแล้วส่งผลดีต่อการกินอาหาร และการเจริญเติบโต ได้แก่ ปลา *Perca fluviatilis* (Jourdan *et al*., 2000) และปลา *Micropterus salmoides* (Petit *et al*., 2003) และกลุ่มปลาที่ได้รับแสงสว่างช่วงสั้น หรือมืดตลอดแล้วส่งผลดีต่อการกินอาหาร และการเจริญเติบโต ได้แก่ ปลาดุกยักษ์ (Britz and Pienaar, 1992)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของช่วงเวลาการได้รับแสงต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของลูกปลาบู่ทราย ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 2.42±0.01 เซนติเมตร (0.18±0.01 กรัม) ซึ่งการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิต และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงปลาบู่ทรายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การเตรียมหน่วยทดลอง

เตรียมบ่อคอนกรีตทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ระดับน้ำลึก 0.3 เมตร จำนวน 18 บ่อ ทุกชุดการทดลองทำโครงล้อมรอบบ่อโดยจะปิดด้วยพลาสติกสีดำทุกด้านให้มืดสนิท และติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 60 วัตต์ จำนวน 3 หลอด ในทุกชุดการทดลองที่ได้รับแสงสว่าง พร้อมติดตั้งเครื่องควบคุมการปิด-เปิดไฟอัตโนมัติ (Timer หรือ Time switch) ยกเว้นชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงในสภาวะแสงธรรมชาติและไม่คลุมด้วยพลาสติกดำ (Natural Photoperiod; NP) ให้อากาศผ่านหัวทรายบ่อทดลองละ 1 หัว ตลอดการทดลอง นอกจากนี้ระหว่างการทดลองทำการดูดตะกอนก้นบ่อทุก 2 วันจากนั้นจึงเติมน้ำให้ปริมาณเท่าเดิมทุกครั้ง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ลูกปลาบู่ทรายขนาด 2-3 เซนติเมตร ที่ได้จากการเพาะและอนุบาล ณ พื้นที่ปฏิบัติการสาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ก่อนทำการทดลอง 1 สัปดาห์ โดยนำลูกปลามาอนุบาลในบ่อคอนกรีตขนาด 2x3x1 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ระดับน้ำลึก 0.5 เมตร ให้ไรแดง (*Moina* sp.) เป็นอาหารวันละ 2 มื้อ คือ 08:00 และ 16:00 น. และเปลี่ยนถ่ายน้ำร้อยละ 50 ของระดับน้ำที่เลี้ยงทุก 3 วัน และมีการให้อากาศผ่านหัวทรายตลอดเวลา จากนั้นนับจำนวนลูกปลา ชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวเหยียด (Total length) ของลูกปลา เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนัก และความยาวของลูกปลาแต่ละตัว ก่อนนำไปปล่อยในบ่อคอนกรีตทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ระดับน้ำในบ่อลึก 0.3 เมตร

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของช่วงเวลาการได้รับแสงต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของลูกปลาบู่ทราย วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design; CRD) ปล่อยลูกปลาลงเลี้ยงในแต่ละบ่อจำนวน 200 ตัว ใช้บ่อในการทดลองทั้งหมด 18 บ่อ แบ่งเป็น 6 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ระยะเวลาทดลอง 60 วัน โดยแบ่งกลุ่มทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงในสภาวะแสงธรรมชาติ ไม่มีการคลุมด้วยพลาสติกดำ (Natural photoperiod; NP)

ชุดการทดลองที่ 2 มืด (ไม่ให้แสงสว่าง) 24 ชั่วโมง (24D/0L)

ชุดการทดลองที่ 3 มืด 18 ชั่วโมงและให้สว่างตลอด 6 ชั่วโมง (18D/6L)

ชุดการทดลองที่ 4 มืด 12 ชั่วโมงและให้สว่างตลอด 12 ชั่วโมง (12D/12L)

ชุดการทดลองที่ 5 มืด 6 ชั่วโมงและให้สว่างตลอด 18 ชั่วโมง (6D/18L)

ชุดการทดลองที่ 6 ให้สว่างตลอด 24 ชั่วโมง (0D/24L)

ชุดการทดลองที่มีการติดตั้งเครื่องควบคุมการปิด-เปิดไฟอัตโนมัติ ได้ตั้งค่าเริ่มต้นการเปิดสวิสต์แสงไฟในแต่ละวันไว้ที่เวลา 06:00 น.

การให้อาหารสัตว์ทดลอง

อาหารที่ให้เป็นอาหารสด ได้แก่ ไรแดง ร่วมกับหนอนแดง (Blood worm) ให้อาหารวันละ 2 มื้อ คือ 08:00 และ 16:00 น. ทั้งนี้อาหารสดที่ให้จะให้มากเกินพอ โดยการให้แต่ละครั้งใช้เวลาไม่เกิน 1 นาที ต่อชุดการทดลอง และทำการปิดสภาพแวดล้อมแต่ละชุดการทดลองให้อยู่ในสภาพมิดชิด เพื่อลดปัญหาเรื่องแสงจากภายนอกชุดการทดลองที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

การจัดการระหว่างการเลี้ยงและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ในระหว่างการทดลองมีการดูดตะกอนก้นบ่อและเติมน้ำให้ได้ระดับเท่าเดิมทุก 1 สัปดาห์ มีตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกบ่อทดลองเมื่อเริ่มต้นและทุก 2 สัปดาห์ จนเสร็จสิ้นการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) วิเคราะห์โดยใช้ Multi Probes Water Analyzer (YSI 556 mps) และค่าแอมโมเนียรวม (Total ammonia; TAN) วิเคราะห์โดยใช้ spectrophoto meter (Hach DR/2000)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

วัดความยาว ชั่งน้ำหนัก ในแต่ละชุดการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง และนับจำนวนลูกปลาที่รอดเมื่อสิ้นสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

ก) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain; WG) กรัม

= น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ก.) – น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง (ก.)

ข) ความยาวที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Length Gain; LG) เซนติเมตร

= ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ซม.) – ความยาวเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง (ซม.)

ค) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

$$= 100 \times \frac{(\ln \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ง) อัตรารอด (Survival) %

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) x 100

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์การศึกษา

การศึกษาการอนุบาลลูกปลาปลาบู่ทรายความยาวเฉลี่ย 2.42±0.01 เซนติเมตร (0.18±0.01 กรัม) ภายใต้สภาวะการได้รับแสงในรอบวันที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง ได้แก่ NP, 24D/0L, 18D/6L, 12D/12L, 6D/18L และ 0D/24L เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าที่ 15 วัน หลังจากเริ่มการทดลอง ความยาวและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของลูกปลาบู่ทรายไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ที่ 30 วันหลังจากเริ่มการทดลอง ความยาวและน้ำหนักของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองเพิ่มขึ้นและเริ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) จากนั้นที่ 45 และ 60 วันหลังจากเริ่มการทดลอง พบว่า ความยาวและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของลูกปลามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยชุดการทดลองที่ 18D/6L มีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 12D/12L ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 6D/18L และ NP อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) และตามด้วยชุดการทดลองที่ 24D/0L มีความยาวและน้ำหนักสูงกว่าชุดการทดลองที่ 0D/24L ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่มีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (Fig. 1)

เมื่อสิ้นสุดการศึกษา พบว่าอิทธิพลของช่วงเวลาการได้รับแสงที่แตกต่างกันส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (Table 1) โดยลูกปลาบู่ทรายในชุดการทดลองที่ได้รับแสงในช่วงสั้น (18D/6L) มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าลูกปลาบู่ทรายที่อนุบาลในชุดการทดลองอื่นๆ โดยมีความยาวที่เพิ่มขึ้น (3.02±0.09 เซนติเมตร /ตัว) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (1.64±0.02 กรัม/ตัว) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (3.83±0.12 %/วัน) สูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการอนุบาลลูกปลา *Huso huso* (Ghomi *et al*., 2010) และปลา *Salvelinus alpinus* (Gunnarsson *et al*., 2014) ที่รายงานว่า ลูกปลาที่เลี้ยงในสภาวะที่ได้รับแสงในช่วงเวลาสั้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตดี ซึ่งสามารถยืนยันจากการเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อของปลาอย่างต่อเนื่อง (Nagasawa *et al*., 2012) นอกจากนี้ผลการศึกษาเรื่องอัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาบู่ทรายครั้งนี้ยังสัมพันธ์กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลาบู่ทราย ที่มีรายงานของ Lam *et al.* (2014) ที่กล่าวไว้ว่าปลาบู่ทราย (100 กรัม) เป็นปลาผู้ล่าที่หากินในช่วงกลางคืน สอดคล้องกับปลา *Lota lota* ที่เป็นปลาหากินในช่วงเวลากลางคืน (Nocturnal fish) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาในชุดการทดลองที่ทำการคลุมถังทดลองดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้คลุม (Wocher *et al*., 2011) อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการกินอาหารของปลาบู่ทรายควรพิจารณาที่ขนาดตัวปลาในแต่ละระยะ เนื่องจากลูกปลาบู่ทรายขนาดต่างกันอาจส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (Hoa and Yi, 2007)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้พบว่า ปลาบู่ทรายที่เลี้ยงในสภาพที่ได้รับแสงในช่วงสั้น (18D/6L) มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่เลี้ยงในสภาวะที่มืดตลอดเวลา (24D/0L) อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาในลูกปลาดุกยักษ์หลายชิ้นที่รายงานว่า การเลี้ยงลูกปลาดุกในสภาวะที่มืดตลอดเวลา (24D/0L) สามารถทำให้ลูกปลามีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด (Appelbaum and Mcgeer, 1998; Appelbaum and Kamler, 2000; Adewolu *et al*., 2008) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจาก ลูกปลาดุกยักษ์มีพัฒนาการของอวัยวะที่ชื่อ Free neuromast ดีกว่าของลูกปลาบู่ทราย ทั้งนี้ Free neuromast คือ Mechano-sensory organs ที่จำเป็นสำหรับลูกปลา เนื่องจากอวัยวะดังกล่าวทำหน้าที่ช่วยค้นหาอาหารในที่มืด (Mukai *et al*.,

2007) นอกจากนี้ยังพบรายงานเพิ่มเติมว่าลูกปลาในกลุ่มปลาหนัง (Catfish) ได้แก่ ปลาดุกยักษ์ และปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) สามารถหาอาหารในที่มืดได้ดี เนื่องจากมีอวัยวะสำหรับทำหน้าที่รับสิ่งเร้าที่มากระตุ้นประเภทสารเคมี (Chemosensory organs) ได้แก่ ตุ่มรับรส (Taste buds) ที่มีพัฒนาการดีมาก ซึ่งสามารถพบได้ทั้งบนผิวหนังและหนวดของลูกปลา (Mukai *et al*., 2008; Mukai *et al*., 2010) แต่ลูกปลาบู่ทรายมีรายงานการพบ Free neuromasts กระจายเฉพาะบริเวณหัว และลำตัว (Senoo *et al*., 1994) และที่สำคัญลูกปลาบู่ทรายไม่มีหนวด จึงทำให้การค้นหาอาหารในที่มืดตลอดเวลาด้อยกว่าปลาทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมา

สุดท้ายอัตรารอดของลูกปลาบู่ทรายที่อนุบาลในช่วงเวลาการได้รับแสงที่แตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลอง 18D/6L สูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ตามด้วยชุดการทดลอง 24D/0L, 12D/12L, 6D/18L, 0D/24L และ NP ตามลำดับ โดยลูกปลาบู่ทรายที่เลี้ยงในสภาวะได้รับแสงธรรมชาติ (NP) มีอัตรารอดต่ำกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ยกเว้นชุดการทดลอง 0D/24L ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ ปลา *Barbatula barbatula* (Fischer, 2000) ปลา *Gadhus morhua* (Hansen *et al*., 2000) ปลา *Oncorhynchus mykiss* (Taylor *et al*., 2006) และปลา *Acipenser persicus* (Falahatkar *et al*., 2012) ที่รายงานว่า ลูกปลาที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงธรรมชาติ จะมีอัตรารอดต่ำกว่าลูกปลาที่เลี้ยงด้วยแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเทียม เนื่องจากช่วงเวลาการได้รับแสงจากธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบที่ไม่แน่นอน ซึ่งแตกต่างจากแหล่งกำเนิดแสงเทียมที่มีความแน่นอนและสม่ำเสมอมากกว่า (Wendelaar Bonga, 1997)

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองของทุกชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 60 วัน พบว่า อุณหภูมิ, pH, ออกซิเจนที่ละลายน้ำ และแอมโมเนียรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาโดยทั่วไป (Boyd, 1990) (Table 2)

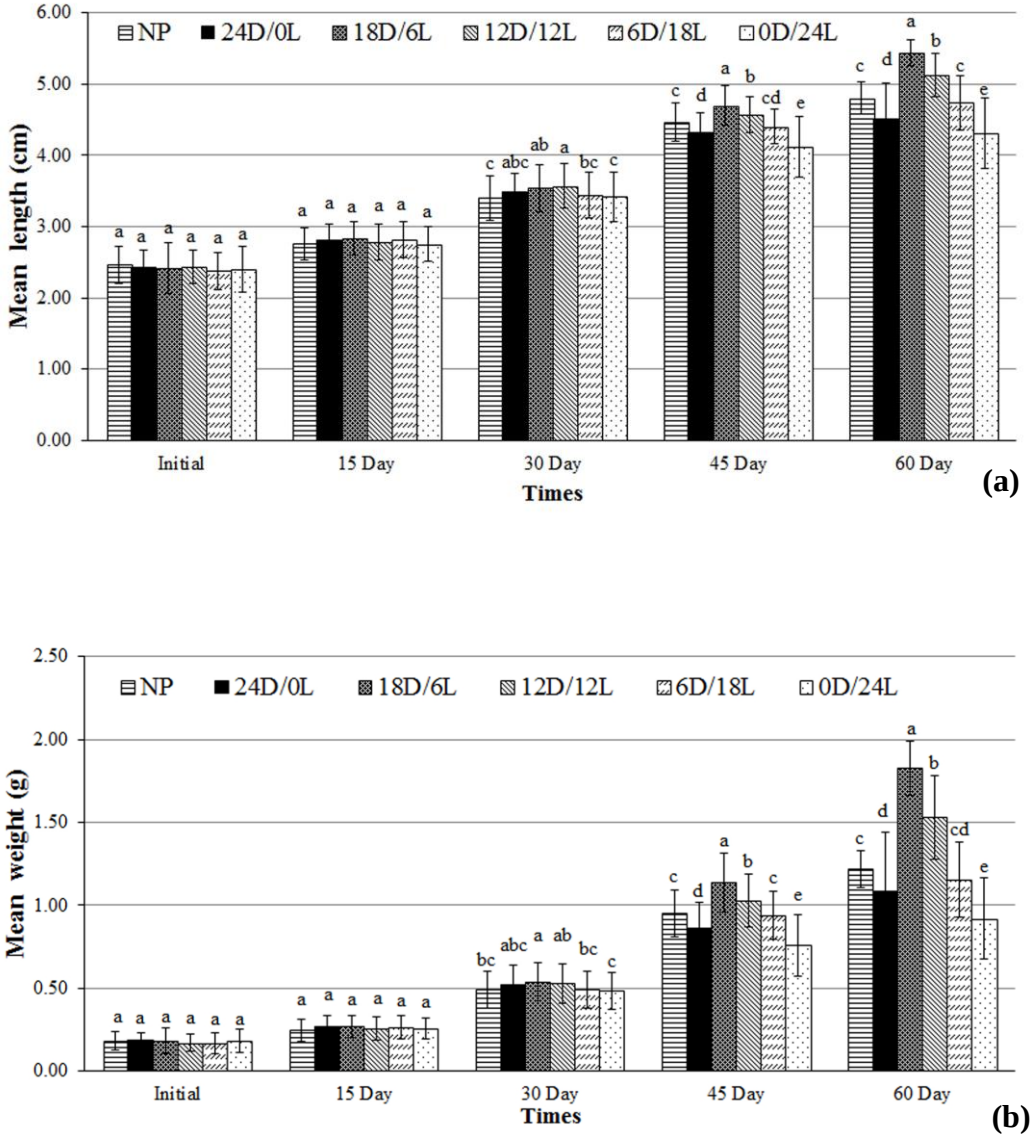

Figure 1 Average length-weight of marble goby juveniles at different photoperiod manipulation after 60 days rearing; a) average lengths (mean ± SE) and b) average weights (mean ± SE).Groups with the same letter index on the same day are not statistically significant differences (Duncans' test; $p > 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลของช่วงเวลาการได้รับแสงต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของลูกปลาบู่ทราย 6 ชุดการทดลอง ได้แก่ NP, 24D/0L, 18D/6L, 12D/12L, 6D/18L และ 0D/24L เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า อิทธิพลของช่วงเวลาการได้รับแสงส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดของลูกปลาบู่ทราย โดยลูกปลาบู่ทรายที่อนุบาลในชุดการทดลองที่ได้รับแสงในช่วงสั้น (18D/6L) มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดดีกว่าลูกปลาบู่ทรายที่อนุบาลในชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้ครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาวิธีการผลิตลูกปลาบู่ทรายในเชิงธุรกิจต่อไปในอนาคตได้ รวมถึงควรนำผลการศึกษาที่ได้นี้ไปพัฒนาต่อในรูปแบบการผลิตลูกปลาบู่ทรายในระบบปิดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2558 มหาวิทยาลัยพะเยา ทางคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี่ สุดท้ายขอขอบคุณบุคลากรและนิสิต ทุกท่านของสาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ช่วยเหลือในทุกด้านจนงานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

Table 1 Growth performances and survival rates of marble goby juveniles under different photoperiod manipulation after 60 days of rearing

Parameters	Treatments						P-Value
	NP	24D/0L	18D/6L	12D/12L	6D/18L	0D/24L	
Initial length (cm)	2.46±0.04	2.43±0.02	2.42±0.08	2.44±0.09	2.37±0.08	2.40±0.02	0.478
Final length (cm)	4.90±0.01 ^{c}	4.51±0.04 ^{d}	5.44±0.02 ^{a}	5.13±0.06 ^{b}	4.74±0.01 ^{c}	4.31±0.06 ^{e}	0.000
Length gain (cm)	2.34±0.04 ^{c}	2.07±0.06 ^{d}	3.02±0.09 ^{a}	2.69±0.11 ^{b}	2.36±0.07 ^{c}	1.91±0.06 ^{e}	0.000
Initial weight (g)	0.18±0.01	0.19±0.00	0.18±0.01	0.17±0.01	0.17±0.01	0.18±0.01	0.199
Final weight (g)	1.22±0.01 ^{c}	1.09±0.02 ^{d}	1.83±0.01 ^{a}	1.53±0.06 ^{b}	1.15±0.02 ^{cd}	0.92±0.05 ^{e}	0.000
Weight gain (g)	1.03±0.01 ^{c}	0.90±0.02 ^{d}	1.64±0.02 ^{a}	1.36±0.06 ^{b}	0.99±0.02 ^{c}	0.74±0.06 ^{e}	0.000
SGR (%/day)	3.15±0.04 ^{b}	2.95±0.04 ^{c}	3.83±0.12 ^{a}	3.68±0.03 ^{a}	3.24±0.14 ^{b}	2.71±0.17 ^{d}	0.000
Survival rate (%)	57.50±3.97 ^{d}	68.33±2.75 ^{b}	77.83±2.02 ^{a}	65.33±2.31 ^{bc}	63.83±2.93 ^{bc}	61.17±1.89 ^{cd}	0.000

Note: Mean ± SE in rows with the different alphabets were statistically different at the significant level of 0.05 when compared by Duncans' test

Table 2 Water quality parameters of marble goby juveniles cultured under different photoperiod manipulation (mean ± SE)

Parameters	Treatments						P-Value
	NP	24D/0L	18D/6L	12D/12L	6D/18L	0D/24L	
Temperature (^{o}C)	27.82±0.40	28.59±0.20	28.12±0.27	28.32±0.27	27.93±0.42	27.47±0.47	0.298
pH	7.26±0.03	7.27±0.03	7.17±0.04	7.22±0.04	7.26±0.03	7.15±0.04	0.086
DO (mg/L)	6.60±0.10	6.62±0.07	6.56±0.08	6.55±0.09	6.47±0.06	6.53±0.04	0.797
NH_3 –N (mg/L)	0.01±0.005	0.02±0.007	0.02±0.006	0.01±0.005	0.02±0.007	0.02±0.006	0.882

เอกสารอ้างอิง

Adewolu, M. A., C. A. Adeniji and A. B. Adejobi. 2008. Feed utilization, growth and survival of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings cultured under different photoperiods. Aquaculture 283: 64-67.

Almazán-Rueda, P., A. T. M. van Helmond, J. A. J. Verreth and J. W. Schrama. 2005. Photoperiod affects growth, behaviour and stress variables in *Clarias gariepinus*. Journal of Fish Biology 67: 1029-1039.

Amatyakul, C., W. Leelapatra, S. Sumanochitraporn, T. Viputhanumas, P. Sripatrprasite, and S. Kulbul. 1995. Sand Goby (*Oxyeleotris marmorata* (Bleeker)). Inland Fisheries Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok. Thailand. 89 p. [in Thai]

Appelbaum, S. and E. Kamler. 2000. Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) early stages under different light conditions. Aquaculture Engineering 22: 269-287.

Appelbaum, S. and J.C. Mcgeer, 1998. Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles. Aquaculture Nutrition 4: 157-164.

Britz, P.J. and A.G. Pienaar. 1992. Laboratory experiments on the effect of light and cover on the behaviour and growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). Journal of Zoology 227: 43-62.

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Pond for Aquaculture. Birmingham Publishing, Alabama, 482 p.

Cheah, S.H., S. Senoo, S.Y. Lam and K.J. Ang. 1994. Aquaculture of a high-value freshwater fish in Malaysia: the marble or sand goby (*Oxyeleotris marmoratus*, Bleeker). Naga ICLARM Q. 17(2):22-25.

Falahatkar, B., S. Poursaeid, I. Efatpanah, B. Meknatkhah and A. Biswas. 2012. Effect of photoperiod manipulation on growth performance, physiological and hematological indices in juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. Journal of the World Aquaculture Society 43(5): 679 -687.

Fischer, P. 2000. Test of competitive interactions for space between two benthic fish species, burbot *Lota lota*, and stone loach *Barbatula barbatula*. Environmental Biology of Fishes 58: 439-446.

Gehrke, P.C. 1992. Diel abundance, migration and feeding of fish larvae (Eleotridae) in a floodplain billabong. Journal of Fish Biology 40: 695-707.

Ghomi, M. R., R. M. Nazari, M. Sohrabnejad, M. Ovissipour, M. Zarei, A. Esmaili Mola, C. Makhdoomi, A. Rahimian, H. Noori and A. Naghavi. 2010. Manipulation of photoperiod in growth factors of beluga sturgeon *Huso huso*. African Journal of Biotechnology 9(13): 1978-1981.

Gunnarsson, S., M. Johansson, A. Gústavsson T. Árnason, J. Árnason, H. Sráradóttir, B.T. Björnsson, H. Thorarensen and A.K. Imsland. 2014. Effects of short-day treatment on long-term growth performance and maturation of farmed Arctic charr *Salvelinus alpinus* reared in brackish water. Journal of Fish Biology 85: 1211-1226.

Hansen, T., O. Karlsen, G.L. Taranger, G.-I. Hemre, J.G. Holm and O.S. Kjesbu. 2000. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadhus morhua*) reared under different photoperiods. Aquaculture 203: 51-67.

Hoa, N. P. and Y. Yi. 2007. Prey ingestion and live food selectivity of marble goby (*Oxyeleotris marmorata*) using rice field prawn (*Macrobrachium lanchesteri*) as prey. Aquaculture 273: 443-448.

Jourdan, S., P. Fontaine, T. Boujard, E. Vandeloise, J.N. Gardeur, M. Anthouard and P. Kestemont. 2000. Influence of daylength on growth, heterogeneity, gonad development, sexual steroid and thyroid levels, and N and P budgets in *Perca fluviatilis*. Aquaculture 186: 253-265.

Lam, S.S., N. L. Ma, A. Jusoh and M. A. Ambak. 2014. A study on the optimal tank design and feed type to the growth of marble goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker) and reduction of waste in a recirculating aquaponic system. Desalination and Water Treatment 52: 1044-1053.

Leelapatra, W. and T. Viputhanumas. 1995. Experimental on feeding sand goby fry, *Oxyeleotris marmoratus* [Bleeker] with live feeds. Technical Paper no. 14/1995. Royal Thai Department of Fisheries. Thailand. 30 p. [in Thai]

Leonardi, M.O. and A.E. Klempau. 2003. Artificial photoperiod influence on the immune system of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Southern Hemisphere. Aquaculture 221: 581-591.

Mukai, Y., A.D. Tuzan, L.S. Lim, M.S. Sitti Raehanah, N. Wahid and S. Senoo. 2008. Development of sensory organs in larvae of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). Journal of Fish Biology 73: 1648-1661.

Mukai, Y., A.D. Tuzan, L.S. Lim and S. Yahaya. 2010. Feeding behavior under dark conditions in larvae of sutchi catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. Fisheries Science 76: 457-461.

Mukai, Y., L. L. Chai, S. R. M. Shaleh and S. Senoo. 2007. Structure and development of free neuromasts in Barramundi, *Lates calcarifer* (Block). Zoological Science 24(8): 829-835.

Nagasawa, K., A. Giannetto and J.M.O. Fernandes. 2012. Photoperiod influences growth and *mll* (mixed-lineage leukaemia) expression in Atlantic cod. PLoS One 7(5): e36908.

Petit, G., M. Beauchaud, J. Attia and B. Buisson. 2003. Food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) held under alternated light/dark cycle (12L:12D) or exposed to continuous light. Aquaculture 228: 397-401.

Rainboth, W. J. 1996. Fishes of the Cambodian Mekong. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 265 p.

Ruane, N.M., E.C. Carballo and J. Komen. 2002. Increased stocking density influences the acute physiological stress response of common carp *Cyprinus carpio* (L.). Aquaculture Research 33: 777-784.

Seetapan, K., N. Puanglarp and O. Meunpol. 2012. Study of optimal culture conditions for juvenile marble goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker, 1852). *In* The proceedings of 2nd Annual International Conference Syiah Kuala University & the 8th IMT-GT Uninet Biosiences Conference Banda Aceh, 22-24, November 2012.

Senoo, S., K.J. Ang and G. Kawamura. 1994. Development of sense organs and mouth and feeding of reared marble goby *Oxyeleotris marmoratus* larvae. Fisheries Science 60(4): 361-368.

Taylor, J.F, B.P. North, M.J.R. Porter, N.R. Bromage and H. Migaud. 2006. Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 256: 216-234.

The Customs Department. 2017. Import/Export Statistics. [Online] Available from http://search.customs.go.th:8090/Statistic/StatisticIndex2550.jsp?lang=en&left_menu=menu_report_and_ news [2017, January 12].

Webb, M.A.H., J.A. Allert, K.M. Kappenman, J. Marcos, G.W. Feist, C.B. Schreck and C.H. Shackleton. 2007. Identification of plasma glucocorticoids in pallid sturgeon in response to stress. General and Comparative Endocrinology 154: 98-104.

Wendelaar Bonga, S.E. 1997. The stress response in fish. Physiological Reviews 77: 591-625.

Wocher, H., A. Harsányi and F.J. Schwarz. 2011. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.): Impact of shelter availability and stocking density on growth and behavior. Aquaculture 315: 340-347.

ผลการใช้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทอง

Effect of natural carotenoid as sources of pigment in goldfish (*Carassius auratus*) diet

บรรเจิด สอนสุภาพ*

Bancherd Sornsupharp*

*สาขาวิชาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

Program of Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University

Muang District, Buriram Province 31000

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการใช้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทอง แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในแครอท ฟักทอง มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วง และบีทรูท ซึ่งมีวิธีการเตรียมแตกต่างกัน คือ นึ่ง ต้ม และอบแห้ง พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในฟักทองทั้งจากการนึ่งและต้ม มีค่าสูงสุด เท่ากับ 26.54±1.40 และ 27.32±2.78 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากการอบแห้งพบว่า แครอท มีปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ 478±1.54 ไมโครกรัมต่อกรัม การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้ปลาทองน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยระหว่าง 18.21-18.98 กรัม อัตราการปล่อย 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้วัตถุดิบจากการอบแห้งผสมอาหารดังนี้ อาหารสูตรควบคุม (T1) อาหารผสมแครอท (T2) อาหารผสมฟักทอง (T3) และอาหารผสมมันเทศสีส้ม (T4) โดยอาหารทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 30 เปอร์เซ็นต์ ทำการชั่งน้ำหนัก วัดสี คำนวณปริมาณอาหารที่กินทุก ๆ 20 วัน ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน พบว่า ปลามีอัตราการกินอาหารสูตร T3 สูงที่สุด อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมและปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีค่าสูงที่สุด ค่าความสว่างและความเข้มสีแดงส้มในอาหารทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ค่าเฉดสี hue ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 ตั้งแต่วันที่ 20 - 60 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 70.88±8.87, 70.83±6.74 และ 80.76±4.34 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต้นทุนการผลิตอาหารปลาทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 38.61-39.93 บาทต่อกิโลกรัม จากการวิจัยสรุปได้ว่าเราสามารถใช้ฟักทองอบแห้งและแครอทอบแห้งเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทองได้ ซึ่งทำให้ปลามีสีแดงส้มและเฉดสี hue สูงที่สุด

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์ธรรมชาติ, สารสี, ปลาทอง

Abstract

The effects of natural carotenoid as sources of pigment in goldfish were determined in 2 experiments. The first experiment; the total carotenoid (TC) in steam, boil and oven dry procedure of carrot, pumpkin, sweet potato, purple potato and beet root were investigated. The result found that pumpkin had high TC by steam and boil procedures with 26.54±1.40 and 27.32±2.78 μg g^{-1}, respectively. However; the carrot had highest TC by the oven dry as 478.97±1.54 μg g^{-1}. The second experiment; the growth and skin pigment of goldfish were investigated. The experimental design was completely randomize design as 4 treatments and 3 replicates. Goldfish with initial weight between 18.21-18.98 g. were reared in the aquarium with 100 fish per m^3. Four trial diets included control diet (T1), carrot diet (T2), pumpkin diet (T3) and sweet potato diet (T4) with 30% protein in each diet. The body weight, skin pigment, and feed intake were measured every 20 days until 60 days. The result showed the highest feed intake asT3 diets. Survival rate, specific growth rate and average daily growth were not significant differences in all fish groups. The amount of carotenoid and total carotenoids increased amounts of fish that were fed formula T2 were the highest. At the end of the period (60 days), the light (L*) and chroma of all fish were not significant differences. The hue value (h*) during 20-60 days of the fish fed by T2 had shown high value with 70.88±8.87, 70.83±6.74 and 80.76±4.34, respectively ($p<0.05$). The costs of experimental diets ranged from 38.61 to 39.93 baht per kilogram. These research conclude that oven dry pumpkin and carrot can be used for natural carotenoid in goldfish diet which their high hue value.

Keywords: natural carotenoid, pigment, goldfish

คำนำ

ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดสีในตัวปลาสวยงามนั้น นอกจากจะเป็นพันธุกรรมของปลาแล้ว อาหารก็นับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากเช่นเดียวกัน โดยอาหารมีความจำเป็นเพื่อการเจริญเติบโต และเป็นแหล่งของสารสีที่ดี ด้วยเหตุที่สีของปลาสวยงามมีความสำคัญต่อราคาและการตลาด จึงเริ่มมีการผสมรงควัตถุแคโรทีนอยด์ในอาหารปลาสวยงาม เพื่อเร่งสีและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลาอีกทางหนึ่ง (Sermwatanakul *et al*., 2005) สีสันบนลำตัวปลาที่ปรากฏให้เห็นนั้น เป็นผลมาจากการทำงานของเซลผิวหนังซึ่งมีเม็ดสีอยู่ภายในประกอบด้วย เม็ดสีเมลานิน (melanin) เม็ดสีเทอริดิน (pteridine) เม็ดสีพิวริน (purine) และเม็ดสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งสารแคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่ให้สีส้ม เหลือง และแดง ในปลาสวยงามหลายชนิด (Sermwatanakul and Bamrungdham, 2000) การเร่งสีในตัวปลาอาจทำได้โดยการใช้สารสีผสมในสูตรอาหารปลา เช่น การผสมแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Carophyll® red ในอาหารปลาแฟนซีคาร์พ (Sun *et al*., 2012) Lucantin Pink ในอาหารปลากระดี่แคระ (Baron *et al*., 2008) Carophyll® Pink (Tejera *et al*., 2007) Naturoses® Rovimix b-caroten® และ Lyc-O-Mato® (Chatzifotis *et al*., 2005) ในอาหาร

ปลาทรายแดงจะทำให้ความเข้มสีแดงของปลาเหล่านี้ดีขึ้น ซึ่งแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ เป็นสารที่มีราคาแพง และต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ จึงมีการนำเอาวัตถุดิบจากธรรมชาติมาใช้แทนสารสีสังเคราะห์ โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์ในธรรมชาตินั้นพบได้ในพืชหลายชนิดและได้มีการนำมาทดลองเลี้ยงปลาเพื่อเร่งสี ได้แก่ พริกหวานสีแดง (Yanar *et al*., 2007) ดอกดาวเรือง (Ezhil *et al*., 2008) ดอกชบาและดอกกุหลาบสีแดง (Ramamoorthy *et al*., 2010) สาหร่ายสไปรูไลน่า (Promya *et al*., 2007) นอกจากนั้นยังพบสารแคโรทีนอยด์รวมในหัวแครอท (Fikselová *et al*., 2008) ซึ่งมีปริมาณระหว่าง 1 - 40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Baranski *et al*., (2012) ผงบีทรูทแห้ง (Baron *et al*., 2008) ฟักทองมีค่าระหว่าง 0.06-0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Carvalho *et al*., 2012) และมันเทศสีส้มมีค่าเท่ากับ 0.236 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Ishida *et al*., 2000) ส่วนในสัตว์พบในเคยป่น (krill meal) (Roncarati *et al*., 2011) หัวและเปลือกหุ้มหัวกุ้ง (Sachindra *et al*., 2007; Maoka, 2011) และไรน้ำนางฟ้า (Sornsupharp *et al*., 2015) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแคโรทีนอยด์รวมในพืชธรรมชาติเพื่อเป็นแหล่งแคโรทีนอยด์ในอาหารเลี้ยงปลาทอง การเจริญเติบโตและการเกิดสีของปลาทองที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นส่วนผสมในอาหาร และศึกษาต้นทุนการผลิตอาหารปลาทองจากการใช้วัตถุดิบธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีแคโรทีนอยด์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากแหล่งสารสีจากธรรมชาติ

การเตรียมวัตถุดิบ ซื้อวัตถุดิบอาหารที่เป็นแหล่งสารสีจากธรรมชาติ ได้แก่ แครอท ฟักทอง มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วงและบีทรูทจากท้องตลาด จากนั้นนำมาเตรียมเพื่อทดสอบหาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม ซึ่งแบ่งการเตรียมเป็น 2 วิธี ได้แก่

<u>วิธีที่ 1</u> การเตรียมวัตถุดิบแบบเปียก เตรียมโดยการต้ม และนึ่ง โดยทำการล้างวัตถุดิบแต่ละชนิดให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำวัตถุดิบไปต้ม และนึ่ง ที่ความร้อนประมาณ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำขึ้นใส่ถาดให้สะเด็ดน้ำ และเก็บเข้าตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในวัตถุดิบอาหาร

<u>วิธีที่ 2</u> เตรียมโดยการอบแห้ง ทำการล้างวัตถุดิบแต่ละชนิดให้สะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความหนาประมาณ 0.1-0.3 เซนติเมตร จากนั้นนำวัตถุดิบอาหารไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็น แล้วบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด เก็บวัตถุดิบที่บดแล้วในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Britton *et al*. (1995) โดยชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม เติม BHT เล็กน้อย บดตัวอย่างให้ละเอียด แล้วนำตัวอย่างใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 15 ml แล้วเติม acetone 5 ml นำไป vortex 1 นาที แยกเอาส่วนใส มาสกัดซ้ำด้วย acetone 2-3 ครั้ง นำไประเหยให้แห้งด้วย rotary evaporation และละลายกลับด้วย petroleum ether 10 ml จากนั้นเติม 60% KOH 0.5 ml ทิ้งไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แยกเอาส่วนบนและเติมโซเดียมซัลเฟตเล็กน้อย จากนั้นแยกเอาสารละลายเก็บใส่ขวดสีชาขนาดเล็กและนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2 ชั่วโมง แล้วนำสารสกัดแคโรทีนอยด์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer (PG Instruments T60)

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง

การเตรียมอาหารทดลอง

โดยใช้วัตถุดิบจากการอบแห้งผสมอาหารทดลอง 4 สูตรได้แก่ อาหารสูตรควบคุม (T1) อาหารผสมแครอท (T2) อาหารผสมฟักทอง (T3) และอาหารผสมมันเทศสีส้ม (T4) สูตรอาหารที่ใช้คำนวณตามสูตรมาตรฐานอาหารปลาสวยงามของกรมประมง (Sermwatanakul *et al*., 2005) โดยนำวัตถุดิบอาหาร ที่เตรียมแบบแห้ง ผสมกับวัตถุดิบในสูตรอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่เตรียมไว้ให้เข้ากันและนำไปอัดเม็ดให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร องค์ประกอบวัตถุดิบอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 ส่วนองค์ประกอบสารอาหารและราคาอาหารแต่ละสูตรแสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

Table 1 Feed ingredient of experimental diets (Kg)

Ingredients	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
Fish meal	22	23	25	22
Soybean meal	21	20	23	20
Carrot	0	1.6	0	0
Pumpkin	0	0	9.3	0
Sweet potato	0	0	0	32
Corn flour	23	18	4	23
Wheat flour	22	18	4	22
Yeast	5	5	5	5
Soybean oil	3	3	3	3
Tuna oil	2	2	2	2
Choline chloride	0.4	0.4	0.4	0.4
Vitamin premix	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral premix	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin C	0.1	0.1	0.1	0.1
Lecithin	0.02	0.02	0.02	0.02
BHT	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100	100

Table 2 Proximate analysis and cost of experimental diets

Composition (%)	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
Moisture	10.49	10.54	10.28	9.63
Ash	7.50	6.57	7.33	9.54
Crude protein	30.01	30.57	30.08	30.15
Fat	9.07	9.13	9.28	9.17
Fiber	2.52	2.46	2.28	1.94
NFE	45.06	45.05	39.14	48.74
Total carotenoid ($\mu g\ g^{-1}$)	88.39	139.21	110.45	99.09
Cost (baht)	39.12	39.53	39.93	38.61

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design) โดยใช้อาหารทดสอบจำนวน 4 สูตร ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ อาหารสูตรควบคุม (T1) อาหารผสมแครอท (T2) อาหารผสมฟักทอง (T3) และอาหารผสมมันเทศสีส้ม (T4)

การเตรียมปลาทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ปลาทองสายพันธุ์ออรันดา ซึ่งเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยง โดยซื้อปลาจากร้านขายปลาสวยงามในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 150 ตัว และนำมาพักไว้ในถังพลาสติกขนาดความจุน้ำ 1,000 ลิตร จำนวน 3 ถัง ๆ ละ 50 ตัว ให้อากาศตลอดเวลา และเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวัน ฝึกให้กินอาหารชนิดเม็ดจมน้ำ จนชินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดลอง ขณะทดลองให้อาหารปลาจำนวนสองครั้งต่อวัน เวลาประมาณ 09.00 และ 15.00 น.

การทดลองเลี้ยงปลา

สุ่มชั่งน้ำหนักปลาทดลองที่เตรียมไว้ ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 18 กรัม อัตราปล่อย 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จากนั้นนำปลาทดลองใส่ลงในตู้กระจกจำนวน 12 ตู้ ขนาดความจุน้ำประมาณ 70 ลิตร ใช้ปลาทดลองทั้งหมด 60 ตัว โดยติดระบบให้อากาศในตู้ตลอดเวลา

การบันทึกผลการทดลอง

การวัดการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักปลาก่อนการทดลองและทุก 20 วัน เพื่อทราบอัตราการรอดตาย หากมีปลาตายให้นับจำนวนและจดบันทึกไว้ ซึ่งการวัดการเจริญเติบโต คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

1) ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake) = ปริมาณอาหารที่ให้ – ปริมาณอาหารที่เหลือ

2) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate)

$$= \frac{(\text{ค่า ln น้ำหนักสุดท้าย} - \text{ค่า ln น้ำหนักเริ่มต้น}) \times 100}{\text{จำนวนวันที่ทดลองเลี้ยง}}$$

3) อัตราการรอดตาย (Survival Rate) = $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ x 100}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มทำการทดลอง}}$

4) การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) = $\frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}}$

การวัดค่าการเกิดสีของปลาทดลอง

วัดค่าการเกิดสีของปลาทดลอง โดยวัดจากปลาทุกตัวในแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้เครื่องมือ Color Reader Model CR10 ทุก ๆ 20 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกค่าการเกิดสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (Light; L*) ความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; C*) และค่าเฉดสี hue (H*)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลการเจริญเติบโต มีดังนี้ อัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และปริมาณสีที่ผิวหนัง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ($P<0.05$)

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากแหล่งสารสีจากธรรมชาติ

การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากแหล่งสารสีจากธรรมชาติ ได้แก่ ฟักทอง แครอท มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วง และบีทรูท โดยผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ นึ่ง ต้ม และอบแห้ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ได้ผลแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบอาหารแบบนึ่ง (steam) พบว่า ฟักทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 26.54±1.40 ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีม่วง มันเทศสีส้ม แครอท และบีทรูท ตามลำดับ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเตรียมวัตถุดิบแบบต้ม (Boil) พบว่า ฟักทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 27.32±2.78ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีม่วง แครอท มันเทศสีส้ม และบีทรูท ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การเตรียมวัตถุดิบแบบอบแห้ง (Oven dry) พบว่า แครอทมีปริมาณมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 478.97±1.54 ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีส้ม ฟักทอง มันเทศสีม่วง และบีทรูท ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากการคำนวณราคาอาหารสัตว์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า อาหารปลาทดลองในครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 38.61-39.93 บาทต่อกิโลกรัม ข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 2

Table 3 Total carotenoid in natural carotenoid material ($\mu g\ g^{-1}$)

Materials	Pumpkin	Carrot	Sweet potato	Purple potato	Beet root
Steam	26.54±1.40^{ns}	24.40±0.68^{ns}	24.28±0.75^{ns}	25.59±4.15^{ns}	23.00±1.32^{ns}
Boil	27.32±2.78^{a}	24.36±0.40^{a}	24.03±0.07^{ab}	25.68±0.33^{a}	21.03±2.51^{b}
Oven dry	86.00±8.95^{c}	478.97±1.54^{a}	285.14±2.08^{b}	9.54±2.29^{d}	8.10±5.81^{d}

[n= 3, means in the same row, sharing the different letter are significant difference according to Duncan's new multiple range test]

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง

การศึกษาการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง ได้ผลการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 4 ดังนี้

ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake, FI) ในสูตรอาหาร T3 มีอัตรา มีอัตราการกินมากกว่า T4, T2 และ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อัตราการรอดตายของปลาทุกกลุ่ม มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีค่าสูงที่สุด ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์รวมที่เพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 ก็มีค่าสูงกว่าอาหารกลุ่มอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ($p<0.05$)

Table 4 Feed intake (FI), survival rate (SR), growth rate and Total carotenoid (TC, ($\mu g\ g^{-1}$)) of the experiment

Parameter	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
FI (g)	131.47±1.70^{c}	133.17±1.95^{bc}	136.37±1.05^{a}	135.24±0.96^{ab}
SR (%)	100^{ns}	100^{ns}	100^{ns}	100^{ns}
SGR (%/day)	0.46±0.19^{ns}	0.55±0.24^{ns}	0.52±0.23^{ns}	0.60±0.29^{ns}
ADG (g/n/day)	0.130±.06^{ns}	0.12±0.05^{ns}	0.11±0.05^{ns}	0.09±0.04^{ns}
TC in fish flesh before feed	26.54±1.40^{ns}	24.40±0.67^{ns}	24.28±0.75^{ns}	25.59±4.15^{ns}
TC in fish flesh after feed	40.20±1.87^{b}	45.63±2.16^{a}	44.03±3.12^{ab}	41.52±2.64^{ab}
Accumulate TC	13.66±3.17^{b}	21.23±2.50^{a}	17.24±2.92^{ab}	18.43±1.72^{ab}

[n= 5, means in the same row, sharing the different letter are significant difference according to Duncan's new multiple range test]

การวัดค่าการเกิดสี

ค่าสีที่ทำการวัดครั้งนี้ ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness; L) ความเข้มสีแดงส้มที่เกิดจากการหักเหแสง (Chroma; c) และค่าวงล้อเฉดสี Hue (h) ซึ่งเป็นค่าสากลที่คำนวณโดยใช้ตัวเลขค่าสีเป็นหลัก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งมีรายละเอียดของค่าสีของปลาทดลองเริ่มต้น ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness; L) และค่าวงล้อเฉดสี Hue (h) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความเข้มสีแดงส้มที่เกิดจากการหักเหแสง (Chroma; c) มีค่าสูงสุดในปลาที่ได้รับอาหารสูตร T3 แต่ก็ไม่แตกต่างจากอาหารสูตร T2

ที่ระยะเวลา 20 วัน หลังจากทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L) และความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; c) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่า Hue (h) ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 70.88±8.87

ที่ระยะเวลา 40 วัน พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; c) มีค่าสูงในปลาที่ได้รับอาหารสูตร T4 และ T3 มีค่าเท่ากับ 47.20±10.89 และ 45.87±8.46 โดยแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่า Hue (h) ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 ยังคงมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 70.83±6.74

ที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L) และความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; c) ให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนค่า Hue (h) ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 และ T1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 80.76±4.34

Table 5 Light, chroma and hue value in the skin of experimental fish as different time

Times	Skin pigment	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
Initial	Lightness (L)	67.92±6.44^{ns}	66.12±9.75^{ns}	65.54±4.21^{ns}	63.48±6.87^{ns}
	Chroma (c)	56.48±6.86^{ab}	51.98±9.11^{b}	58.74±5.68^{a}	57.72±5.19^{a}
	Hue (h)	63.25±7.22^{ns}	65.93±8.77^{ns}	63.42±5.28^{ns}	63.04±8.17^{ns}
20 days	Lightness (L)	64.40±6.05^{ns}	67.82±6.06^{ns}	64.00±5.57^{ns}	66.45±7.36^{ns}
	Chroma (c)	51.53±8.84^{ns}	51.82±5.42^{ns}	52.75±7.64^{ns}	53.11±9.40^{ns}
	Hue (h)	68.10±7.58^{ab}	70.88±8.87^{a}	64.49±6.20^{b}	66.23±6.07^{ab}
40 days	Lightness (L)	70.44±9.57^{ns}	74.65±5.01^{ns}	73.82±5.14^{ns}	72.66±5.49^{ns}
	Chroma (c)	36.83±6.81^{b}	41.58±6.25^{ab}	45.87±8.46^{a}	47.20±10.89^{a}
	Hue (h)	68.50±4.03^{ab}	70.83±6.74^{a}	65.34±5.69^{b}	69.38±5.75^{ab}
60 days	Lightness (L)	65.65±5.37^{ns}	67.18±5.93^{ns}	63.29±4.59^{ns}	66.57±4.65^{ns}
	Chroma (c)	52.05±4.49^{ns}	52.26±4.64^{ns}	53.26±8.48^{ns}	52.47±9.34^{ns}
	Hue (h)	80.32±6.76^{a}	80.76±4.34^{a}	74.06±7.17^{b}	77.02±5.22^{ab}

[n= 5, means in the same row, sharing the different letter are significant different according to Duncan's new multiple range test]

วิจารณ์ผล

การหาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในวัตถุดิบอาหารธรรมชาติ ได้แก่ ฟักทอง แครอท มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วง และบีทรูท โดยการนึ่งพบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าการเตรียมวัตถุดิบแบบต้ม ฟักทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 27.32±2.78 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีม่วง แครอท มันเทศสีส้ม และบีทรูท ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จากการสังเกตพบว่าในขณะที่ต้มและหลังจากต้มวัตถุดิบเสร็จแล้ว ในน้ำต้มจะมีสารสีของวัตถุดิบทดลองปนอยู่ โดยพบสีม่วงของบีทรูท มากที่สุด ตามด้วยมันเทศสีส้ม แครอท มันเทศสีม่วง และฟักทองในปริมาณน้อยที่สุด ซึ่ง Preti *et al.* (2017) พบว่า ความร้อนจากการนึ่งและต้มถั่ว ทำให้สารประกอบบางชนิดและสีของถั่วเปลี่ยนไปและละลายออกมากับน้ำโดยมีความร้อนเป็นตัวพา โดยการต้มจะไปลดสารแอนตี้ออกซิแดนท์ในถั่วสีเหลืองลง 30 เปอร์เซ็นต์ และลดสารโพลีฟีนอลรวมในถั่วสีเขียวลง 43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองนั้น พวกเขาได้แนะนำว่าการนึ่งจะเป็นวิธีการรักษาคุณค่าของสารอาหารในวัตถุดิบได้ดีกว่าการต้ม ในทำนองเดียวกัน Palermo *et al.* (2014) ก็แนะนำว่าการนึ่งจะรักษาสภาพของฟีนอลและกลูโคสิโนเลท ในพืชผักได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ในขณะที่การอบ คือการทำให้อาหารสุกโดยใช้ความร้อนจากรอบทิศทางภายในตู้ ระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบ จากการทดลองครั้งนี้พบว่าการเตรียมวัตถุดิบแบบอบแห้ง โดยใช้ความร้อน 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้น แครอทมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ มันเทศเหลือง ฟักทอง มันเทศม่วง และบีทรูท ตามลำดับ และมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pinheiro-Santana *et al.* (1998) ที่รายงานว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในแครอทที่ผ่านกระบวนการอบมีค่าเฉลี่ย 130.24±14.09 ไมโครกรัมต่อกรัม

การเจริญเติบโตของปลาสวยงามเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในรูปน้ำหนักเปียกที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อวัน และน้ำหนักตัวปลาที่มีหน่วยเป็นกรัม จากการทดลองในครั้งนี้อาหารปลาทั้ง 4 สูตร ให้ผลอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Zhou *et al.* (2005) ที่พบว่า การให้อาหารปลาทองด้วยอาหารที่แตกต่างกัน ในปริมาณที่เท่ากันทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ภายใต้สภาพการเลี้ยงที่อุณหภูมิระหว่าง 20-35 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกัน Gouveia *et al.* (2003) รายงานว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายคลอเรลลา ฮีมาโตคอคคัส และสไปรูลินา ในปริมาณที่แตกต่างกันก็มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน และจากการทดลองของ Bandyopadhyay *et al.* (2005) พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 32.24-42.53 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดเท่ากับ 1.92-2.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารที่มีโปรตีน 23.34-29.30 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.56-1.76 เปอร์เซ็นต์ Sun *et al.* (2012) ทดลองใช้อาหารสีที่มีส่วนผสมของสารสี ได้แก่ สารสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เรด จากแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้ (*Rhodopseudonmonas palustris*) จุลินทรีย์อีเอ็ม (Effective microorganism) และสาหร่ายสไปรูลินา เลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ พบว่าอาหารแต่ละชนิดไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ยกเว้นอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาที่ให้ค่าสูงสุดและแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด ($p<0.05$) ในขณะที่รายงานของ Yanar *et al.* (2008) พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสม

ถั่วอัลฟัลฟาในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักรวมและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในถั่วอัลฟัลฟามีปริมาณของเซลลูโลส หรือสารต้านการใช้สารอาหารเป็นองค์ประกอบสูง ในทำนองเดียวกันปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของปลาป่นและข้าวแดงหมักยีสต์ มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมปลาป่นอย่างเดียว ปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินาแห้ง และปลาป่นผสมเปลือกกุ้งป่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Ungsethaphand and Wankanapol, 2008) ส่วนปริมาณการกินอาหารของปลาทดลองในครั้งนี้มีค่าแตกต่างกัน โดยเฉพาะปลาทองที่ได้รับอาหารผสมฟักทอง ค่าสังเกตที่ได้พบว่ามีค่าสูงมาก เนื่องจากในการทดลองมีการให้อาหารปลาในปริมาณที่มาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปลาทองมีความต้องการอาหารเพื่อการดำรงชีพระหว่าง 11.47-25.79 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะมีค่าระหว่าง 29-53 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเท่านั้น (Sales and Janssens, 2003) และปริมาณการให้อาหารยังมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทองอีก โดยงการให้อาหารในปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน จะทำให้มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ที่อุณหภูมิน้ำ 28 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นการให้อาหารในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ปลามีอัตราการอดตายที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน (Kestemont, 1995) โดยในการทดลองครั้งนี้พบว่าปลาทุกกลุ่มมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของปลาทองตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลองมีค่าระหว่าง 63-74 ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความสว่างนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของ Gouveia *et al.* (2003) ที่ใช้อาหารผสมสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมอยู่ด้วยเลี้ยงปลาทอง และเมื่อวัดค่าความสว่าง (L*) ที่ผิวหนังปลา ได้ค่าอยู่ระหว่าง 68-69 แต่อาหารที่ผสมสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella vulgaris*) และสาหร่ายสีแดง (*Haematococcus pluvialis*) มีผลทำให้สีแดง (a*) และมุมมองของฮิว (h*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่ง Gouveia and Rema (2005) ได้รายงานอีกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่ระดับ 45-120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสาหร่ายคลอเรลลา 45-80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 40-45.5 ในขณะที่ปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายคลอเรลลา120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าทุกกลุ่มและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) Kiriratnikom *et al.* (2005) ศึกษาระดับของสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง พบว่า ค่าความสว่าง (L*) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในชุดการทดลองที่ไม่เสริมสไปรูลินา มีค่าเท่ากับ 50.86 ในขณะที่ในชุดการทดลองที่เสริมสไปรูลินาที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.23, 48.53 และ 47.53 ตามลำดับ ซึ่งค่าความสว่าง (L*) ของปลาทองมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าความสว่าง (L*) ของผิวหนังโซนสีส้มแดงของปลาแฟนซีคาร์พที่รายงานโดย Sun *et al.* (2012) ที่มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 54-71 ปลาแฟนซีคาร์พที่กินอาหารผสมสารสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เรด ให้ค่าความสว่างสูงที่สุด

ค่าโครมา (C*) ของการทดลองครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 52.02- 53.26 เป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่มองเห็นเป็นสีแดง ทำให้ปลาทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสีจากธรรมชาติต่างกัน สามารถส่งผลให้เกิดสีแดงที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอาหารผสมฟักทองให้ค่าใกล้เคียงกันกับอาหารผสมแครอท ส่วนค่ามุมมองของฮิว (h*) ของปลา

ที่ได้รับอาหารแครอทมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ระยะเวลา 20 วันจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 70.88-80.76 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Kalinoski *et al.* (2007) ที่ใช้เปลือกกุ้งป่นเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทรายแดง (*Pargus pargus*) พบว่า เมื่อปลาได้รับอาหารผสมเปลือกกุ้งสูงขึ้นจะทำให้ค่ามุมมองของค่าฮิว (h*) ลดลง โดยที่ระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 60.18-67.55, 58.53-64.38 และ 50.47-66.51 ตามลำดับ

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า การเตรียมฟักทองแบบต้มและการอบแห้งแครอททำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมและปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีค่าสูงที่สุด ปลามีอัตราการกินอาหารสูตร T3 สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน จากการวิจัยสรุปได้ว่าเราสามารถใช้ฟักทองอบแห้งและแครอทอบแห้งเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทองได้ ซึ่งทำให้ปลามีสีแดงส้มและเฉดสี hue สูงที่สุด และต้นทุนการผลิตอาหารปลาทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 38.61-39.93 บาทต่อกิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณปี พ.ศ. 2559 ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bandyopadhyay, P. Swain, S.K. and Mishra, S. 2005. Growth and dietary utilization in goldfish (*Carassius auratus* Linn.) fed diets formulated with various local agro-produces. Bioresource Technology 96: 731–740.

Baranski, R., Allender, C. and Klimek-Chodacka, M. 2012. Towards better tasting and more nutritious carrots: Carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. Food Research International 47: 182–187.

Baron, M., Davies, S., Alexander, L., Grove, D.S. and Sloman, K.A. 2008. The effect of dietary pigments on the coloration and behavior of flame-red dwarf gourami, *Colisa lalia*. Animal Behaviour 75: 1041-1051.

Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. 1995. Carotenoids. Volume 1A: Isolation and analysis. Birkhauser: Basel, Switzerland. 328 pp.

Carvalho, L.M.J., Gomes, P.B., Oliveira Godoy, R. L., Pacheco, S., Monte, P.H.F., Carvalho, J.L.V., Nutti, M.R., Neves, A.C.L., Vieira, A.C.R.A. and Ramos, S.R.R. 2012. Total carotenoid content, α-carotene and β-carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. Food Research International 47: 337-340.

Chatzifotis, S., Pavlidis, M., Jimeno, C.D., Vardanis, G., Sterioti, A. and Divanach, P. 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture Research 36: 1517-1525.

Ezhil, J., Jeyanthi, C. and Narayanan, M. 2008. Marigold as a carotenoid source on pigmentation and growth of red swordtail, *Xiphophorus helleri*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8: 99-102.

Fikselová M., Šilhár S., Mare**Č**ek J., Fran**Č**áková H. 2008: Extraction of carrot (*Daucus carota* L.) carotenes under different conditions. Czech J. Food Sci. 26: 268–274.

Gouveia, L. and Rema, P. 2005. Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental fish (*Cyprinus carpio*) skin pigmentation. Aquaculture Nutrition 11: 19-23.

Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. and Empis, J. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquaculture Nutrition 9; 123-129.

Ishida, H., Suzuno, H., Sugiyama, N., Innami S., Tadokoro, T. and Maekawa, A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas poir*). Food Chemistry 68: 359-367.

Kalinowski, C.T., Izquierdo, M.S., Schuchardt, D. and Robaina, L.E. 2007. Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy (*Pagrus pagrus*) skin colour and carotenoid concentration. Aquaculture 272: 451–457.

Kestemont, P. 1995. Influence of feed supply, temperature and body size on the growth of goldfish *Carassius auratus* larvae. Aquaculture 136: 341-349.

Kiriratnikom, S., Zaau, R., Suwanpugdee, A. 2005. Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*). Songklanakarin J. Sci. Technology Vol. 27 (Suppl.1), 2005 : Aquatic Science.

Maoka, T. 2011. Carotenoids in Marine Animals. Marine Drugs 9: 278-293.

Murkovic, M., lleder, U. MÜ. and Neunteuflw, H. 2002. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. Journal of Food Composition and Analysis 15: 633–638.

Palermo, M., Pellegrini, N. and Fogliano, V. 2014. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture 94: 1057–1070.

Pinheiro-Santana, H.M, Stringheta, P.C., Brandão, S.C.C., Vitarelli de Queiróz, V.M. 1998. Evaluation of total carotenoids, α- and β-carotene in carrots (*Daucus carota* l.) during home processing. Cienc Technology Aiment 18: 1 Campains Jan/Apr.

Preti, R., Rapa, M. and Vinci, G. 2017. Effect of steaming and boiling on the antioxidant properties and biogenic amines content in green bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties of different colours. Journal of Food Quality Volume (2017): 8 pp.

Promya, J., Ungsethaphand, T, and Saetun, K. 2007. Effect of raw *Spirulina* on growth performance, nutrition valued and carotenoid in red Tilapia (*Oreochromis* sp.). Journal of Fisheries Technology Research. Vol.1, Jan-June; 30-41. [in Thai]

Ramamoorthy, K. Bhuvaneswari, S. Sankar, G. and Sakkaravarthi, K. 2010. Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuveir 1880). World Journal of Fish and Marine Sciences 2 (6): 545-550.

Roncarati, A., Sirri, F., Felici, A., Stocchi, L., Melotti, P. and Meluzzi, A. 2011. Effects of dietary supplementation with krill meal on pigmentation and quality of flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Italian Journal of Animal Science 10: e27.

Sachindra, N.M., Bhaskar, N., Siddegowda, G.S. Sathisha, A.D. and Suresh, P.V. 2007. Recovery of carotenoids from ensilaged shrimp waste. Bioresource Technology 98: 1642–1646.

Sales, J. and Janssens, G.J. 2003. Nutrient requirement of ornamental fish. Aquatic Living Resoures 16: 533-540.

Sermwatanakul, A. and Bamrungdham, B. 2000. Ornamental fish nutrition. Extension paper No. 1/2000. Department of Fisheries, Bangkok Thailand. [in Thai]

Sermwatanakul, A., Somseub, P., Tongsree, N. and Wongsawan, S. 2005. Aquatic food and production. Department of Fisheries, Bangkok Thailand. [in Thai]

Sornsupharp, B., K. Lomthaisong, H.-U. Dahms & L. Sanoamuang, 2015. Effects of dried fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* meal on pigmentation and carotenoid deposition in flowerhorn cichlid; *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864) × *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867). Aquaculture Research 46: 173–184.

Sun, X., Chang, Y., Ye, Y., Ma, Z., Liang, Y., Li, T., Jiang, N., Xing, W. and Luo, L. 2012. The effect of dietary pigments on the coloration of Japanese ornamental carp (koi, *Cyprinus carpio* L.). Aquaculture (342-343): 62-68.

Tejera, N., Cejas, J.R., Rodríguez, C. Bjerkeng, B., Jerez, S., Bolaños, A. and Lorenzo, A. 2007. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. Aquaculture 270: 218-230.

Ungsethaphand, T and Wankanapol, A. 2008. The effect of dietary pigment on the coloration and growth of gold fish *Carassius auratus*. Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai Thailand. [in Thai]

Yanar, Y., Buyukcapar, H., Yanar, M. and Gocer, M. 2007. Effect of carotenoids from red pepper and marigold flower on pigmentation, sensory properties and fatty acid composition of rainbow trout. Food Chemistry 100: 326-330.

Yanar, M., Erçen, Z., Hunt, A.Ö. and Büyükçapar, H.M. 2008. The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. Aquaculture 284: 196-200.

Zhou, Z., Xie, S., Lei, W., Zhu, X. and Yang, Y. 2005. A bioenergetic model to estimate feed requirement of gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. Aquaculture 248: 287-297.

ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการเจริญเติบโตในการเลี้ยงหอยเชอรี่ด้วยหญ้ามาเลเซียในระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด

Effect of Stocking Density by Tropical Carpet Grass (*Axonopus compressus*) Feed on Growth of Juvenile Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*) to Marketable Sizes

กฤติมา เสาวกูล[1]* และ สำเนาว์ เสาวกูล[1]

Krittima Saowakoon[1]* and Samnao Saowakoon[1]

[1]Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology, Surin Campus, Muang Surin 32000

*Corresponding author, E-mail: saowakoon1970@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความหนาแน่นต่ออัตราการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ที่เลี้ยงด้วยหญ้ามาเลเซียในระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ที่ระดับความหนาแน่น 30, 60, 90 และ 120 ตัวต่อตารางเมตร (20, 40, 60 และ 80 ตัวต่อถัง) โดยรวบรวมหอยเชอรี่จากแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำการคัดหอยเชอรี่ที่มีขนาดใกล้เคียงกันนำมาเลี้ยงในถังขนาด 100x65x30 เซนติเมตร^3 เติมน้ำสูง 10 เซนติเมตร (0.065 ลูกบาศก์เมตร) ปล่อยหอยเชอรี่น้ำหนักระหว่าง 22.27-23.06 กรัม ก่อนการทดลองฝึกให้กินหญ้ามาเลเซียซึ่งเป็นอาหารทดลอง เพื่อปรับสภาพให้หอยเชอรี่มีความคุ้นเคยกับอาหารทดลอง การเลี้ยง ใช้อวนมุ้งไนลอนสีฟ้าขนาด 25 ช่องตาต่อตารางเซนติเมตร คลุมปิดถังไว้ป้องกันหอยเชอรี่ออกนอกถังระหว่างการทดลอง และตรวจสอบอาหารที่ให้ทุกวัน ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน (มีนาคม-มิถุนายน 2560) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าหอยเชอรี่ที่เลี้ยงด้วยหญ้ามาเลเซีย ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านน้ำหนัก ความยาว ความกว้าง อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย และคุณภาพซาก และเมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนการเลี้ยงหอยเชอรี่ด้วยหญ้ามาเลเซียที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 173.54±2.10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลตอบแทนสูงสุด รองลงมาได้แก่ ระดับความหนาแน่น 90, 60 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 108.92±1.60, 41.90±0.69 และ -29.89±0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: หอยเชอรี่ วัตถุดิบพื้นบ้าน หญ้ามาเลเซีย

Abstract

This research was undertaken to study effects of stocking density on growth rates of Golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) which were fed by Tropical carpet grass (*Axonopus compressus*) from juvenile stages to marketable sizes. The experimental design was conducted according to completely randomized design (CRD) i.e. four different density levels of 30, 60, 90 and 120

individual/m^2 (20, 40, 60 and 80 snails/tank) with 3 replicates. The snails were collected from natural resources. These thereafter were sorted for obtaining uniform snail size and subsequently were kept in the 100x65x30 cm^3 tank containing 10-cm water height (0.065 m^3). Initial average weight of the snail was 22.27-23.06 g. Prior to experiments, there were trials for feeding the snails with the grass, to make them acclimatized the particular feeding materials. During experiments, individual cultured-buckets were covered with 25 mesh-nylon nets to protect the snails from escaping. The snail were daily fed and monitored for 120 days (from March to June 2017). The results showed that there were no statistical differences among treatments in terms of weight, length, width, rate of weight gain per day, FCR, survival and meat proportions of the carcass of golden apple snail. Research finding showed that returns of investments in the tank culture of Golden apple snail in the 120 individual/m^2 (173.54±2.10%) which were economically higher in comparisons to those of snail in 90, 60 and 30 individual/m^2(108.92±1.60,41.90±0.69 and -29.89±0.32% respectively).

Keywords: Golden apple snail, Local material, Tropical carpet grass

บทนำ

หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) นำเข้ามาในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2532 เพื่อเป็นอาหารและเลี้ยงประดับในตู้ปลาเพื่อกินตะไคร่น้ำ มีการตั้งฟาร์มเพาะเลี้ยงหอยเชอรี่เพื่อผลิตส่งออกแต่ไม่เป็นที่นิยมของตลาด จึงปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว (Chankao, 2004) เฉพาะที่กรุงเทพมหานครพบหอยเชอรี่ระบาดใน 7 เขต พื้นที่เกษตรกรเสียหายกว่า 50,000 ไร่ หอยเชอรี่กินพืชที่มีลักษณะนุ่มได้เกือบทุกชนิด เช่น สาหร่าย ผักบุ้ง ผักกระเฉด บัว แหน ต้นกล้า ข้าว ซากพืชน้ำ (Tanzo *et al*., 2000; Sebastian, 2003; Burlakova *et al*., 2009) และซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยในน้ำ โดยเฉพาะต้นข้าวในระยะกล้าหรือที่ปักดำใหม่ๆ ไปจนถึงระยะแตกกอ (Budding Wishdom, 2016: online) หอยเชอรี่ได้สร้างความเสียหายแก่พืชน้ำต่างๆ โดยเฉพาะข้าว (Cowie, 2002; Ranamukhaarachchi and Wickramasinghe, 2006) ซึ่งหอยเชอรี่ 10,000– 12,000 ตัว สามารถกัดกินต้นข้าว 1 ไร่หมดภายในระยะเวลาเพียง 1 คืน (Pantaneeya, 2007: online; Saowakoon *et al*., 2008) แต่ปัจจุบันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หอยเชอรี่ต้มสุกได้รับความนิยมใช้ประกอบอาหาร ซึ่งมีโปรตีนสูงถึง 34-56 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.51-1.66 เปอร์เซ็นต์ (Phonsang *et al*., 2015: online) โดยเฉพาะอาหารจำพวกส้มตำ หรือการต้มสุกแล้วรับประทานร่วมกับน้ำพริก หรือทำน้ำปลาจากเนื้อหอยเชอรี่ ส่งผลให้สามารถสร้างงานและสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชนในหลาย ๆ พื้นที่ นอกจากนั้นสามารถใช้ทำเป็นอาหารสัตว์เลี้ยง เช่น เป็ด ไก่ สุกร และเปลือกสามารถปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ (Thairath online, 2012: online; Budding Wishdom, 2016: online) Saowakoon *et al.(*2016) ทดลองใช้วัตถุดิบพื้นบ้านเลี้ยงหอยเชอรี่ระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยใช้วัตถุดิบพื้นบ้าน 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าขน หญ้ามาเลเซีย ต้นข้าว และหญ้าคา ที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตาราง

เมตร ทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึง เดือนมกราคม 2559 ระยะเวลาการ 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า หอยเชอรี่ ทั้ง 4 ชุดทดลอง ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย ความกว้างเฉลี่ย อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และคุณภาพซากทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยหอยเชอรี่ที่เลี้ยงด้วยต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาได้แก่หญ้ามาเลเซีย ดังนั้นการใช้หญ้ามาเลเซียซึ่งเป็นหญ้าที่ปลูกประดับในสนามหญ้าอาคาร บ้านพักหรือสวนสาธารณะ เป็นต้น เมื่อหญ้าสูงขึ้นนั้นจะถูกตัดทิ้งในแต่ละเดือนจะถูกนำไปทิ้งโดยไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้นหากนำมาเลี้ยงหอยเชอรี่และทำให้การเจริญเติบโตได้ดีจะช่วยลดต้นทุนได้ดีที่สุดและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาผลของความหนาแน่นในการเลี้ยงหอยเชอรี่ด้วยหญ้ามาเลเซียในการเลี้ยงหอยเชอรี่ระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด ซึ่งระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยความหนาแน่นสูงจะทำให้ลดจำนวนอุปกรณ์หรือพื้นที่ในการเลี้ยง เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์หรือพื้นที่น้อยแต่ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น (Saowakoon *et al.,* 2012) เป็นการศึกษาเพิ่มเติมต่อจาก Saowakoon *et al.(* 2016) ซึ่งใช้อาหารสำหรับเลี้ยงหอยเชอรี่ หญ้ามาเลเซียเป็นอาหารที่มีในท้องถิ่นและไม่มีต้นทุน นอกจากจะสามารถเป็นอาชีพเสริมและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรเพิ่มขึ้นและเป็นการใช้สิ่งที่ทิ้งแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า ปัจจุบันหอยเชอรี่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนการผลิต รวมถึงการสอดคล้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยการใช้สิ่งที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาเป็นแนวทางในการเลี้ยงหอยเชอรี่ปลอดสารพิษหรือแบบอินทรีย์ให้เป็นแหล่งอาหารโปรตีน และเป็นอาชีพหรืออาชีพเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

ใช้หญ้ามาเลเซียเลี้ยงหอยเชอรี่ ในถังขนาด 100x65x30 เซนติเมตร^3 เติมน้ำสูง 10 เซนติเมตร (0.065 ตารางเมตร) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design ; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ(replication) ที่ระดับความหนาแน่น 30, 60, 90 และ 120 ตัวต่อตารางเมตร (20, 40, 60 และ 80 ตัวต่อถัง) โดยที่ระดับ 30 ตัวต่อตารางเมตรเป็นชุดควบคุม (Saowakoon *et al.,* 2016) ปล่อยหอยเชอรี่น้ำหนักระหว่าง 22.27-23.06 กรัม ให้อาหารหญ้ามาเลเซียสำหรับหอยเชอรี่กินตลอดเวลา และตรวจสอบอาหารที่ให้ทุกวัน และบันทึกน้ำหนักอาหารไว้ทุกครั้งที่เพิ่มให้แต่ละถังทดลอง ใช้อวนไนล่อนสีฟ้าขนาด 25 ช่องตาต่อตารางเซนติเมตร คลุมปิดถังไว้ป้องกันการหลบหนีออกนอกถัง ดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือนมีนาคม 2560 ถึง เดือนมิถุนายน 2560 ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพซาก

สุ่มตัวอย่างหอยเชอรี่ทุก 30 วัน ถังละ 20 ตัว ชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และวัดความกว้าง เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโต และอัตรารอด เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ อัตราการรอดตาย และคุณภาพซาก โดยนำหอยเชอรี่ไปผ่าตัดแยกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนชิ้นเนื้อ

(รับประทานได้) อวัยวะภายในและซาก (เปลือกและฝา) ของหอยเชอรี่แต่ละตัวเพื่อหาสัดส่วนค่าร้อยละของคุณภาพซาก (Saowakoon *et al.,* 2016)

การตรวจสอบคุณสมบัติน้ำ

ดำเนินการตรวจสอบคุณสมบัติน้ำ 2 สัปดาห์ต่อครั้งตลอดการทดลอง ในเวลา 10.00 น. ดังนี้ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง คาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen) วิเคราะห์ตามวิธี Standard method for the examination of water and wastewater (APHA – AWWA – WEF, 1992) โดยปรับค่าปริมาณแอมโมเนียรวมให้เป็นค่าปริมาณแอมโมเนียที่ไม่มีประจุ (Unionized ammonia nitrogen, NH_3) ตามหลักการของ Boyd (1990) ซึ่งระบุว่าปริมาณแอมโมเนียที่ไม่มีประจุที่เป็นพิษ (Toxic) ต่อสัตว์น้ำมีค่าตั้งแต่ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

ศึกษาโดยการเก็บข้อมูลต้นทุนการผลิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่าพันธุ์หอยเชอรี่ (ไม่มีค่าใช้จ่าย) เนื่องจากเก็บรวบรวมจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำในนสาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, ค่าอาหารคือหญ้ามาเลเซีย (ไม่มีค่าใช้จ่าย) เนื่องจากเก็บรวบรวมมาจากสนามหญ้าภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นเศษหญ้าจากการตัดแต่งปรับปรุงภูมิทัศน์ให้สวยงามและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์, ค่าแรง คิดเพียงส่วนที่ใช้ในการรวบรวมและเลี้ยงหอยเชอรี่เท่านั้น, ค่าน้ำและค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (มุ้งไนล่อนสีฟ้าที่ปิดถังป้องกันการหลบหนี) การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายหอยเชอรี่มีชีวิตและวิเคราะห์ผลตอบแทนการเลี้ยงหอยเชอรี่ตามวิธีของ Phiabprom (1987)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพซากหอยเชอรี่มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance ข้อมูลที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ก่อนวิเคราะห์ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี angular transformation ใน รูปของ arcsine ก่อนวิเคราะห์ เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธีการ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของหอยเชอรี่

ผลการทดลองพบว่า ความหนาแน่นของการเลี้ยง 4 ระดับ คือ 30, 60, 90 และ 120 ตัวต่อตารางเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 120 วัน (Table 1) พบว่า การเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ที่เลี้ยงด้วยหญ้ามาเลเซีย ที่ระดับความหนาแน่นต่างกันทั้ง 4 ระดับ ด้าน ความยาว น้ำหนัก ความกว้าง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ถึงแม้ว่า โดยภาพรวมการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ทั้ง 4 ระดับความหนาแน่น จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งโดยทั่วไปนั้นหากมีระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้น การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ(individual growth rate) มีแนวโน้มลดลง ซึ่ง Sihirunwong *et al.*(1998) ได้อธิบายว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน จำนวน

ประชาการสัตว์น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต เนื่องจากบ่อหรือภาชนะในการเลี้ยงมีกำลังการผลิตสูงสุด (carrying capacity)จำกัด ส่งผลให้การเจริญเติบโตของหอยแต่ละตัวลดลง ในการเจริญเติบโตของหอยนั้นหากสภาพแวดล้อมเหมาะสม หอยจะกินอาหารและสะสมอาหารในตัวมากขึ้น จึงทำให้อ้วนและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Ukkatawewat, 1992) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่า ทุกระดับความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความหนาแน่นที่ศึกษานั้น หอยเชอรี่ ยังมีความสามารถในการเจริญเติบโตและมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารได้อย่างเต็มที่ ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่า ทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากการปล่อยหอยเชอรี่ขนาดใหญ่ลงเลี้ยง และหอยชนิดนี้มีความอดทนสูง และมีความสามารถในการกินอาหารได้หลากหลาย (Tanzo *et al*., 2000; Sebastian, 2003; Saowakoon *et al.,* 2016) และหญ้ามาเลเซียที่ใช้ในการเลี้ยงดังกล่าว หอยเชอรี่สามารถกินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่ง Rodrarung and Suwannapeng (2004) กล่าวว่าปัจจัยที่ มีผลต่ออัตราการรอดตายในการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ที่ปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณภาพน้ำ อาหาร และการให้อาหาร เป็นต้น สอดคล้องกับ Rayan and Uengjareansakarn (2016) กล่าวว่า ระดับความหนาแน่น ที่สูงขึ้นอัตรารอดตายของลูกสัตว์น้ำมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งผลที่ทำให้อัตรารอดตายต่ำนั้นอาจจะมีสาเหตุมา จากการที่ลูกสัตว์น้ำอยู่รวมกันในปริมาณที่หนาแน่นมาก จะมีความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจ มากขึ้นและมีการขับถ่ายของเสียออกมาสูง ทำให้เครียดและเกิดโรคแทรกซ้อนได้ง่าย ส่งผลต่อการมีอัตราการรอดตายที่สูงขึ้น ในการทดลองครั้งนี้จะเห็นว่า ทุกกลุ่มการทดลองอัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าความหนาแน่นในการทดลองครั้งนี้ทั้ง 4 ระดับความหนาแน่นยังมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมในการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ ยังไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตลดลงของหอยแต่ละตัว

Table 1 Growth performance and survival rate of the Golden Apple Snail with different densities. The data presented was average ± standard deviation.

Growth parameters	Stocking density (individual/m^2)			
	T1 (30)	T2(60)	T3 (90)	T4(120)
Initial weight (g)	22.64±0.30^{ns}	23.06±0.21^{ns}	22.68±0.35^{ns}	22.27±0.34^{ns}
Final weight (g)	81.80±0.37^{ns}	82.54±0.40^{ns}	81.25±0.62^{ns}	80.78±0.61^{ns}
Initial length (mm)	33.34±0.45^{ns}	33.79±0.49^{ns}	33.10±0.61^{ns}	33.06±0.48^{ns}
Final length (mm)	59.82±0.80^{ns}	61.10±0.88^{ns}	60.09±0.48^{ns}	59.76±0.86^{ns}
Initial width (mm)	23.48±0.18^{ns}	23.91±0.34^{ns}	23.43±0.43^{ns}	23.40±0.34^{ns}
Final width (mm)	42.43±0.43^{ns}	43.61±0.37^{ns}	42.53±0.34^{ns}	42.47±0.36^{ns}
ADG (g/day)	0.493±0.001^{ns}	0.496±0.004^{ns}	0.4880±0.002^{ns}	0.4793±0.002^{ns}
FCR	3.77±0.09^{ns}	3.71±0.24^{ns}	3.80±0.09^{ns}	3.89±0.09^{ns}
Survival rate (%)	100^{ns}	100^{ns}	100^{ns}	100^{ns}

Note : ns = no significant difference

คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง

คุณสมบัติของน้ำในการทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง (Table 2) อยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดีตามปกติ (Duangsawat and Somsiri, 1985; Tuntoolavest and Phornprapa, 1995; Boyd, 1982; 1990)

Table 2 Some major water quality parameters in the rearing of Golden apple snail. The data presented was average ± standard deviation.

Items	Stocking density (individual/m^2)			
	T1 (30)	T2 (60)	T3 (90)	T4 (120)
pH	7.49±0.19	7.70±0.20	7.58±0.21	7.59±0.19
Temperature (^oC)	34.13±3.14	35.13±3.15	33.88±3.23	34.06±3.01
DO(mg/l)	5.58±0.38	5.73±0.40	5.86±0.23	6.06±0.18
Alkalinity(mg/l$CaCO_3$)	70.75±5.92	74.13±5.54	73.38±6.89	75.63±5.66
Hardness(mg/l$CaCO_3$)	120.38±15.88	122.50±13.87	127.50±14.67	128.50±12.19
CO_2(mg/l)	3.14±0.22	3.14±0.29	3.23±0.26	3.25±0.27
NH_3(mg/l)	0.08±0.02	0.08±0.01	0.09±0.02	0.080±0.02

คุณภาพซาก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเปอร์เซ็นต์คุณภาพซากของหอยเชอรี่ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหอยเชอรี่ อวัยวะภายใน และซาก (Table 3) จากผลการทดลองพบว่า ทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งเนื้อหอย อวัยวะภายใน และซาก แสดงถึงการปรับตัวต่อสภาพการเลี้ยงได้ดี ส่งผลถึงการเจริญเติบโต และการสะสมอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และเมตาโบลิซึมของหอยเชอรี่ และการสะสมไขมันในตัวหอยเองไม่แตกต่างกัน (Le Dividich *et al*., 1992; Singpa and Gatphayak, 2014) โดยที่หอยเชอรี่สามารถใช้ประโยชน์จากหญ้ามาเลเซีย ได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างเท่าเทียมกันในการเจริญเติบโต (Ani *et al*., 2013)

Table 3 Ratio of Carcass quality (% wet weight) of Golden apple snail. The data presented was average ± standard deviation.

Items	Stocking density (individual/m^2)			
	T1 (30)	T2(60)	T3 (90)	T4(120)
Meat	36.03±1.07 ^{ns}	37.00±1.36 ^{ns}	36.90±0.97 ^{ns}	36.76±1.47 ^{ns}
internal organs	31.41±0.66 ^{ns}	32.20±0.94 ^{ns}	32.49±0.63 ^{ns}	32.70±1.02 ^{ns}
Carcass	32.56±0.42 ^{ns}	30.80±0.53 ^{ns}	30.60±0.52 ^{ns}	30.54±0.51 ^{ns}

Note : ns = no significant difference

ผลตอบแทนการลงทุน

จากการทดลองจะพบว่าอัตราความหนาแน่น 80 ตัวต่อถัง (120 ตัวต่อรางเมตร) ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 6.382±0.049 กิโลกรัมต่อถัง รองลงมา คือ ความหนาแน่น 60, 40 และ 20 ตัวต่อถัง (90, 60 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร) ให้ผลผลิตเท่ากับ 4.874±0.037, 3.301±0.016 และ 1.635±0.007 กิโลกรัมต่อถัง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตทั้ง 4 ระดับความหนาแน่นนั้น พบว่า มีต้นทุนเท่ากัน (Table 4) เนื่องจากค่าพันธุ์หอยเชอรี่ ซึ่งรวบรวมหอยเชอรี่จากแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงไม่มีค่าใช้จ่าย ส่วนค่าอาหาร คือ หญ้ามาเลเซีย รวบรวมจากสนามหญ้าภายในมหาวิทยาลัยจากการปรับแต่งภูมิทัศน์ก็ไม่มีค่าใช้จ่ายเช่นเดียวกัน โดยมีค่าใช้จ่ายเพียงค่าน้ำและค่ามุ้งไนลอนสีฟ้าในการปิดถังป้องกันการหลบหนี ดังนั้นต้นทุนการผลิตจึงมีค่าเท่ากันทุกชุดการทดลอง และจากการสำรวจราคาหอยเชอรี่ ณ ตลาดสดสุรินทร์ พบว่า ราคาหอยเชอรี่มีชีวิตกิโลกรัมละ 15 บาท และจังหวัดอื่น ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ราคาอยู่ระหว่างกิโลกรัมละ 10-20 บาท ส่วนราคาหอยเชอรี่ที่ชำแหละเป็นเนื้อต้มสุก ราคาขายส่งอยู่ระหว่างกิโลกรัมละ 80-150 บาท และราคาขายปลีกอยู่ระหว่างกิโลกรัมละ 100-300 บาท ซึ่งการลงทุนเลี้ยงหอยเชอรี่ด้วยหญ้ามาเลเซียที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ได้ผลกำไรต่อการลงทุน 9.52±0.04 บาทต่อกิโลกรัม (60.74±0.73 บาทต่อถัง) สูงกว่าการเลี้ยงหอยเชอรี่ที่ระดับความหนาแน่น 90, 60 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งได้ผลกำไรเท่ากับ 7.82±0.06, 4.40±0.05 และ -6.39±0.10 บาทต่อกิโลกรัม (38.12±0.56, 14.52±0.24 และ -10.46±0.11 บาทต่อถัง) และเมื่อคำนวณผลตอบแทนการลงทุน พบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร มีผลตอบแทนการลงทุนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 173.54±2.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ระดับความหนาแน่น 90, 60 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าเท่ากับ 108.92±1.60, 41.90±0.69 และ -29.89±0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการคำนวณผลตอบแทนการลงทุนเลี้ยงหอยเชอรี่ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกันในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเลี้ยงหอยเชอรี่โดยให้หญ้ามาเลเซียเป็นอาหารที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ได้รับผลตอบแทนสูงกว่าชุดการทดลองเนื่องจากสามารถเลี้ยงหอยเชอรี่ได้จำนวนมากที่สุดต่อพื้นที่การเลี้ยงเท่ากัน แต่อัตราการการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ได้ผลกำไรและผลตอบแทนในการเลี้ยงสูงที่สุด ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการกำหนดอัตราความหนาแน่นที่สูงขึ้นและศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ที่สำคัญคือนำวัสดุที่เหลือทิ้ง และวัสดุในท้องถิ่น มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อลดต้นทุน โดยน้อมนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวทางในการเลี้ยงหอยเชอรี่ ซึ่งเดิมเป็นสัตว์ต่างถิ่น (Invasive species หรือ Alien species) ที่กัดกินและทำลายต้นข้าว โดยใช้การพลิกวิกฤติให้เป็นโอกาส ด้วยการส่งเสริมการเลี้ยงหอยเชอรี่ เพื่อเป็นแหล่งอาหารของโปรตีนที่คนไทยนิยมมากในปัจจุบัน อีกทั้งผู้บริโภคหอยเชอรี่ที่ได้จากการเลี้ยงจะมีความปลอดภัยและปราศจากสารพิษหรือโลหะหนัก ที่มาจากการทำการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนเกษตรกรสามารถยึดเป็นอาชีพ หรืออาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจำหน่ายในช่วงเวลาที่ไม่ใช่ฤดูทำนา หรือในช่วงฤดูแล้งราคาจำหน่ายหอยเชอรี่จะสูงมาก

Table 4 Economic returns of Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*) production, raised in all experimental treatments.

Item	Stocking density (individual/m^2)			
	T1 (30)	T2(60)	T3 (90)	T4(120)
1.Cost(Thai; Baht)				
- Fingerling[1]	0	0	0	0
- Feed[2]	0	0	0	0
- Labor cost[3]	30	30	30	30
- Other (water + Nylon net)	5	5	5	5
Total Cost	35	35	35	35
2.Production (individual/tank(kg))[4]	1.635±0.007	3.301±0.016	4.874±0.037	6.382±0.049
- Production Cost (Baht/Kg)	21.39±0.10	10.60±0.05	7.18±0.06	5.48±0.04
3.Income (Thai; Baht)				
- Total income from selling (Baht/Tank)[5]	24.54±0.11	49.52±0.24	73.12±0.56	95.74±0.73
- Profit/Tank	-10.46±0.11	14.52±0.24	38.12±0.56	60.74±0.73
- Profit/Kg	-6.39±0.10	4.40±0.05	7.82±0.06	9.52±0.04
4. Return on investment (%)	-29.89±0.32	41.9±0.69	108.92±1.60	173.54±2.10

Note : [1] Fingerling Apple snail cost was free because of collecting from natural resources.

[2] Feed cost was free due to collecting from grass mowed from the campus lawn.

[3] Labor cost was calculated only during the snail rearing.

[4] The data presented was average ± standard deviation.

[5] Market's selling price 15 Baht/Kg for individual snail (Surin Province and Northeast, Thailand).

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่า ระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ที่เลี้ยงด้วยหญ้ามาเลเซีย มีคุณภาพซากที่ดี และมีผลตอบแทนสูงที่สุด คือ ที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร (80 ตัวต่อถัง) การเลี้ยงหอยเชอรี่แบบอินทรีย์เป็นอีกทางเลือกที่จะเป็นรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร เนื่องจากปัจจุบันหอยเชอรี่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาสูง เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิต รวมถึงการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถในการพึ่งพาตนเองได้ตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อพัฒนาเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงหอยเชอรี่ปลอดสารพิษหรือแบบอินทรีย์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค และเป็นอาชีพเพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในอนาคตอย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Ani, A.O., Ogbu, C. C., Elufidipe, C. O. and Ugwuowo, L. C. 2013. Growth performance of African giant land snail (*Achatina achatina*) fed varying dietary protein and energy levels. Journal of Agricultural and Biological Science 8(2): 184-190.

APHA – AWWA – WEF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14th ed, American Public Health Association, Washington D.C. 1,193 p.

Budding Wisdom. 2016. Golden apple snail: a useful and disposal. [Online] Available from http://www.budmgt.com/agri/agri01/golden-apple-snail-control.html [2016, January 17]. [in Thai]

Boyd, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier, Amsterdam. 317 p.

Boyd, C.E. 1990. Water quality in pond for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn Alabama, USA. 317 p.

Burlakova, L.B., Karatayev, A.Y., Padilla, D.K., Cartwright, L.D. and Hollas, D.N. 2009. Wetland restoration and invasive Species: Apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. Restoration Ecology 17(3): 315-441.

Chankao, S. 2004. Study of biodiversity of golden apple snail in central part of Thailand by polymerase chain reaction. Master thesis, M. Ed (Chemistry). Graduate School, Srinakharinwirot University, Bangkok. 61 p. [in Thai]

Cowie, R. H. 2002. Apple snails as agricultural pests: the biology. Impacts. And management. Pages -28 *in* G. M. Barker, editor. Molluscs as crop pests. CABI, Wallingford, Connecticut.

Duangsawat, M. and Somsiri, J. 1985. Water Properties and analysis method for Fisheries research. Inland Fisheries Research Institute, Department of Fisheries. Bangkok. 144 p. [in Thai]

Le Dividich J., Herpin, P., Geraert, P. A. and Vermorel, M.. 1992. Cold stress. Pp. 3-26 In: C. Phillips and D. Piggins (eds.) Farm Animal and the Environment. CAB International. Wallingford, UK.

Pantaneeya, K. 2007. Effect of Alien Species in Thailand. [Online] Available From http://www.nicaonline.com/articles8/site/view_article.asp?idarticle=109%20 [2009, February 15] [in Thai]

Phiabprom, S. 1987. Principles and methods of commercial farm management. Odeon Store Printing Press. Bangkok. 240 P. [in Thai]

Phonsang, S., Phonsang, P., Khawphiw, S. and Khamsai, W.. 2015. Comparative of Commercial, Golden apple snail (*Pomacea* spp.) Meal, and Fish Meal Feed Formula for Broiler. [Online] Available from http:// http://www.kasetyaso.ac.th/ annimal53.1.pdf [2016, December 23]

Ranamukhaarachchi, L.. and Wickramasinghe, S.. 2006. Golden apple snails in the world: introduction. Impact. And control measures. Pages 133-152 in R. C. Joshi and L. S. Sebastian. Editors. Global advances in ecology and management of golden apple snails. Philippine Rice Research Institute. Nueva Ecija. Philippines.

Rayan, S. and Uengjareansakarn, W.. 2016. Effect of density stocking on growth, performance, economic and returns for the Giant freshwater prawn larvae (*Macrobrachium rosenbergii* de Man 1879). Journal of Fisheries Technology Research 10(1): 40-48.

Rodrarung, D. and Suwannapeng, N. 2004. Nursing of Giant Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* de Man, in cement tank at high stocking densities. Technical Paper 15/2004. Department of Fisheries. Bangkok. 1-20. [in Thai]

Saowakoon, K., Saowakoon, S., Ngamsnae, P., Tanee, T. and Udduang, S.. 2016. Study on feeding of juveniles, Golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) with some local materials. Proceeding of The 8th Rajamangala Surin Conference 2016 : Surin, December 22-23, 2016. A236 – A241. [in Thai]

Saowakoon, S., Saowakoon, H. and Jongthep, S.. 2008. Efficiency of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenberigii)* for Eradicating Apple Snail Larvae (*Pomacea canaliculata*). Naresuan Environmental Journal 1 (1) : 49 – 57. [in Thai]

Saowakoon, S., Saowakoon, K. and Ngamsnae, P.. 2012. Effects of different stocking density on growth performance and economic returns of Green catfish (*Hermibagrus filament* Fang&Chaux, 1949) raised small-scale cage culture. RMUTI Journal 5 (1):14 – 25. [in Thai]

Sebastian, L. S. 2003. Management options for the golden apple snail. [Online] Available from http://www.applesnail.net/pestalert/management_guide/pest management.php [2015, November 21]

Sihirunwong, A., Ratanadadas, C. and Srisuwan, C.. 1998. Effect of stocking density on growth and yield of Climbing perch, *Anabas testudineus* (Bloch), cultured in cage in peat swamp area, Narathiwat Province. Inland fisheries divisions Department of Fisheries Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. 20 p.

Singpa, B. and Gatphayak, K.. 2014. Production efficiency of the growing Red-Tailed Mystus (*Hemibagrus wyckioides*) using water circulation in close housing system. Thai Journal of Animal Science 1(2): 46-57. [in Thai]

Tanzo, I.R, Joshi, R.C and Baker, G.H.. 2000. Fanners' assessment of golden apple snail management options promoted in the strategic extension campaign, Philippines. Poster presented at the Molluscs 2000 conference, Sydney, Australia.

Thairath Online. 2012. Peasant Village Sakon Nakron Crisis Keep snail good price. [Online] Available from https://www.thairath.co.th/content/283550 [2016, Mach 17]. [in Thai]

Tuntoolavest, M. and Phornprapa, P. 1995. Water quality management and waste water treatment in fish pond and others aquatic animals. Vol. 1 Water quality management. Chulalongkorn University Bookshop, Bangkok. 319 p. [in Thai]

Ukkatawewat, S. 1992. Preliminary study on some biological aspects and artificial propagation of spiny eel, *Mastacembelus armatus*. In:Proceeding the seminar on fisheries 1992. Department of fisheries, Bangkok (Thailand). [in Thai]

ผลของความหนาแน่นของปลาต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่

The Effect of Fish Stocking Density on Effluent Nutrients for Growth and Yield of Riceberry

แจ่มจันทร์ เพชรศิริ[1*] ทวีเดช ไชยนาพงษ์[1] และอวยชัย บุญญานุพงศ์[2]

Jamjun Pechsiri[1*] Thaweedet Chainapong[1] and Uaichai Boonyanupong[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93200

[1]Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93200

[2]ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000

[2]Phatthalung Rice Research Center, Muang District, Phatthalung, 93000

[*]Corresponding author: jamjun2508@yahoo.com

บทคัดย่อ

การนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการเพาะปลูกเป็นวิธีการที่ลดต้นทุนและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถัง และปล่อยน้ำจากถังเลี้ยงปลาลงสู่แปลงข้าวไรซ์เบอรี่ ทุก ๆ 14 วัน ผลการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท สูงที่สุดตลอดการทดลอง มีผลทำให้ต้นข้าวมีแนวโน้มเจริญเติบโตดีที่สุด คือมีความสูงเฉลี่ย 129.3±2.8 เซนติเมตร และจำนวนรวงต่อกอเฉลี่ย 19.2±2.1 รวง และมีกำไรสุทธิสูงที่สุดคือ 105.2 บาทต่อปลา 1 ถังและข้าว 1 แปลง ในขณะที่น้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง มีผลทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักผลผลิตต่อแปลงสูงถึง 53.2±9.6 และ 446.7±113.4 กรัม ตามลำดับ และมีผลตอบแทนการลงทุนสูงถึง 71.6% ส่วนแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำมีความสูงเฉลี่ย 115.4±8.5 เซนติเมตร จำนวนรวงต่อกอ 12.6±2.1 รวง น้ำหนักเมล็ดต่อรวง 31.7±7.2 กรัม และน้ำหนักผลผลิตต่อแปลง 266.0±132.2 กรัม ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่ จึงมีความเป็นไปได้ทั้งด้านวิธีการและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ: ความหนาแน่นของปลา ธาตุอาหารในน้ำทิ้ง ข้าวไรซ์เบอรี่

Abstract

The use of effluence from aquaculture ponds to grow crops is a cost-effective way to reduce costs and efficiently use of resources. The nutrient contents in the effluence from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x C. *gariepinus*) tanks at a density of 20, 25 and 30 fish per tank were investigated. The effluence from the fish tanks was irrigated to Riceberry plants every 14 days. The best result showed at a density of 30 fish per tank, which had the highest contents of ammonia, nitrite and nitrate in the effluence from the Nile tilapia tank

throughout the experiment. This led to the best growth of rice, with a height of 129.3±2.8 cm. and 19.2±2.1 tillers per plant. In addition, the highest net profit of 105.20 baht per 1 fish tank and 1 rice plot was calculated. At the same density of 30 fish per tank, high phosphorus content in effluence from the hybrid catfish tank resulted in the best trend of rice yield. They were 53.2±9.6 grams per plant and 446.7±113.4 grams per plot and a high investment return (71.6%) was gained, whereas a rice height of 115.4±8.5 cm., a tiller of 12.6±2.1 per plant and a rice yield of 266.0±132.2 grams per rice plot were found in the plants irrigated from tap water. Overall, the results indicated that the use of effluence from Nile tilapia and hybrid catfish tanks at a density of 30 fish per tank in order to stimulate growth and yield of Riceberry plants are technically and economically feasible.

Keywords: fish stocking density, effluent nutrients, Riceberry

บทนำ

น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลามีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ประมาณ 17-27 และ 2-6 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (Raczynska *et al*., 2012) หากปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไปใช้รดให้กับพืชที่ปลูกบนดิน เป็นการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงอีกวิธีการหนึ่ง และจากพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาดุกพบว่ามีการสะสมอาหารที่เหลือ และขับถ่ายของเสียออกมาในน้ำจำนวนมาก มีธาตุอาหารในปริมาณสูง สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยในการเกษตรได้ (Sikawa and Yakupitiyage, 2010) จากการทดลองนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาไปใช้รดต้นข้าวสาลี พบว่าให้ผลผลิต 2,140–5,790 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร ซึ่งให้ผลผลิตเทียบเท่ากับการปลูกข้าวสาลีโดยใช้ปุ๋ยที่ใช้กันโดยทั่วไป (Wood *et al*., 2001) แต่จากการทดลองนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมไปใช้ในการปลูกข้าวพบว่าให้ผลผลิต 2.86–3.08 ตันต่อพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร (Lan, 1999) ซึ่งประมาณ 75% ของผลผลิตข้าวที่ปลูกโดยวิธีดั้งเดิมของชาวนาในเอเชีย (4.466 ตันต่อ 10,000 ตารางเมตร) (FAO, 2012) จากผลการทดลองดังกล่าวแม้ผลผลิตข้าวที่ได้ต่ำกว่าผลผลิตที่ได้โดยทั่วไป แต่แสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวได้ แต่อาจจะมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งการปลูกข้าวตามคำแนะนำของศูนย์บริการวิชาการเกษตร จะใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ในอัตรา 14-6-0 กิโลกรัมต่อไร่ (Cheun-im *et al*., 2010) ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลามาใช้เพื่อเป็นธาตุอาหารในการปลูกข้าวควรมีการจัดการให้มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของข้าว เช่น การใช้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาร่วมกับการใส่ปุ๋ย หรือการใช้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีความหนาแน่นสูง เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลามีความสัมพันธ์กับชนิด ความหนาแน่นและขนาดของปลา

งานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่ รวมถึงศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน เพื่อการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่า รวมถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำและการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน

อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ศึกษาผลของความหนาแน่นของปลานิลและปลาดุกลูกผสมต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลอง (treatments) คือชุดการทดลองที่ 1-3 เลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 4-6 เลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replications) ตอนที่ 2 ศึกษาผลของน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่ ประกอบด้วย 7 ชุดการทดลอง คือชุดการทดลองที่ 1-3 แปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 4-6 แปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ และชุดการทดลองที่ 7 แปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำ ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของความหนาแน่นของปลานิลและปลาดุกลูกผสมต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง

เลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 30 กรัม อัตราความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถัง ในถังไฟเบอร์ขนาด 500 ลิตร เติมน้ำ 300 ลิตร จำนวน 18 ถัง ให้ปลากินอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 32% ให้กินจนอิ่มภายใน 30 นาที วันละ 2 ครั้ง ทดลองเป็นเวลา 112 วัน ชั่งน้ำหนักปลา วัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัส ในน้ำจากถังเลี้ยงปลา ตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำ (APHA - AWWA - WPCF, 2012) และเปลี่ยนน้ำใหม่ 100% ทุกๆ 14 วัน และชั่งน้ำหนักปลาทุก ๆ 14 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักและนับจำนวนปลาทดลองแต่ละถัง นำมาคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรของแต่ละชุดการทดลอง ดังสมการต่อไปนี้

ต้นทุน = (จำนวนลูกปลา X ราคาลูกพันธุ์ปลา) + (ปริมาณอาหารปลา (กก.) X ราคาอาหารปลา)

รายได้จากการขายปลา = น้ำหนักปลา (กก.) X ราคาปลา (บาท)

กำไรจากการเลี้ยงปลา = รายได้จากการขายปลา – ต้นทุน

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่

นำต้นกล้าข้าวไรซ์เบอรี่ขนาดอายุ 14 วันจำนวน 10 ต้น ปักดำในแปลงที่จัดทำด้วยท่อซีเมนต์ขนาดพื้นที่ 0.785 ตารางเมตร (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร) ที่รองพื้นด้วยดินนาผสมปุ๋ยคอกในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อดิน 300 กิโลกรัม จำนวน 21 แปลง นำน้ำทิ้ง 100 ลิตร จากถังเลี้ยงปลาของการทดลองในตอนที่ 1 ปล่อยลงสู่แปลงนาทุกๆ 14 วัน วัดความสูงของต้นข้าว ทุกๆ 14 วันและวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (a) คลอโรฟิลล์บี (b) และคลอโรฟิลล์รวม (total chlorophyll) ของใบข้าวในช่วงข้าวแตกกอ ตามวิธีการของ Laongsri (2008) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วัดผลผลิตข้าวจากจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอและน้ำหนัก

ผลผลิตรวมต่อแปลง นำมาคำนวณรายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนจากการเลี้ยงปลาและปลูกข้าวไรซ์เบอรี่ จากสมการดังนี้

รายได้จากการขายข้าว = น้ำหนักข้าวเปลือก (กก.) X ราคาข้าว (บาท)

กำไรสุทธิ = รายได้จากการขายปลา + รายได้จากการขายข้าว – ต้นทุน

ผลตอบแทนต่อการลงทุน = (กำไรสุทธิ/ต้นทุนทั้งหมด) x 100

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของข้อมูลต่างๆ ในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

ผลของความหนาแน่นของปลานิลและปลาดุกลูกผสมต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง

จากการชั่งน้ำหนักปลาและวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาที่ปล่อยลงสู่แปลงปลูกข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่าน้ำหนักปลาทดลองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 112 วัน ปลานิลที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกันทั้ง 3 ระดับมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าระหว่าง 140.1±21.1 – 151.7±9.9 กรัม แต่มีค่าสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกันทั้ง 3 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 80.6±11.8 – 99.7±26.3 กรัม

ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสในน้ำจากถังเลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นตามขนาดของปลา และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความหนาแน่นของปลา นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลมีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท สูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (Figure 1A –C) แต่น้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิล ยกเว้นในวันที่ 98 และ 112 ของการทดลอง (Figure 1D) และพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท สูงที่สุดตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.44 – 1.15, 0.17– 0.46 และ 5.90 – 11.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด ในวันที่ 98 และ 112 ของการทดลอง ที่มีค่าเท่ากับ 0.138 และ 0.152 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 20 ตัวต่อถังมีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท น้อยที่สุดตลอดการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 0.04 – 0.65, 0.06 – 0.09 และ 1.97 – 6.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

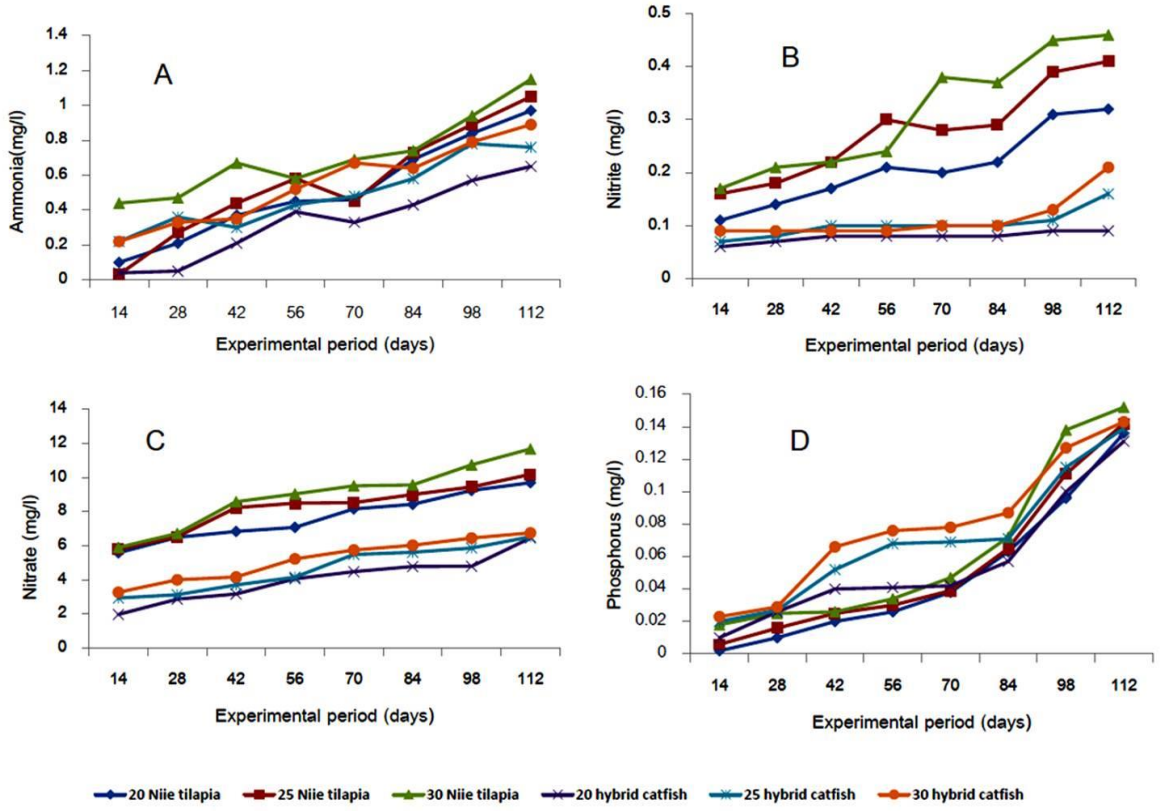

Figure 1 Nutrient concentrations from fish tanks; (A) ammonia; (B) nitrite; (C) nitrate; (D) phosphorus

ผลของน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่

จากการวัดความสูงของต้นข้าวทุก ๆ 14 วัน พบว่าต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำและจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมในอัตราความหนาแน่นต่างกัน มีความสูงแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะของการเจริญเติบโตและระยะต้นข้าวแตกกอ คือระหว่างวันที่ 42 – 70 ของการทดลอง ต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมีความสูงระหว่าง 76.0±6.1 – 121.7±23.8 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่า ต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและจากถังพักน้ำ ที่มีความสูงเพียง 71.2±6.2 – 113.4±14.2 เซนติเมตร และ 69.3±6.1 – 88.6±6.2 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 2) นอกจากนี้ยังพบว่าต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีใบสีเขียวเข้มต่างจากต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำอย่างเห็นได้ชัดเจน (Figure 2)

Figure 2 Rice height and rice leaf color under irrigated from 30 fish Nile tilapia tank (left) and irrigated from tap water (right)

จากการนำใบข้าวมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามความหนาแน่นของปลา แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อถัง ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี น้อยกว่าใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง และผลการทดลองพบว่าใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม มีค่าเท่ากับ 2.99±0.97, 1.12±0.24 และ 4.10±1.20 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 1 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม เพียง 1.93±0.25, 0.71±0.15 และ 2.64±0.35 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 1 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effects of effluence from fish tanks on rice leaf chlorophyll content (mg/g fresh weight) and rice yields

Treatments	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Tiller per plant	Grain yield per plant (g)	Total grain yield (g)
20 tilapia	2.52±0.42^{ab}	0.82±0.16^{ab}	3.33±0.57^{ab}	15.1±3.1^{abc}	51.2±8.6^{a}	421.9±65.9^{a}
25 tilapia	2.76±0.21^{ab}	0.92±0.09^{ab}	3.68±0.18^{ab}	18.3±4.2^{ab}	50.1±4.2^{a}	400.9±33.5^{a}
30 tilapia	2.87±0.61^{ab}	0.95±0.20^{ab}	3.82±0.79^{ab}	19.2±2.1^{a}	51.9±6.5^{a}	430.3±27.6^{a}
20 catfish	2.28±0.47^{ab}	0.74±0.12^{b}	3.02±0.59^{ab}	13.6±0.4^{bc}	41.2±2.8^{ab}	329.5±50.7^{ab}
25 catfish	2.83±0.56^{ab}	1.04±0.23^{ab}	3.86±0.46^{ab}	15.5±1.6^{abc}	46.5±7.8^{a}	389.4±90.4^{a}
30 catfish	2.99±0.97^{a}	1.12±0.24^{a}	4.10±1.20^{a}	17.8±6.7^{ab}	53.2±9.6^{a}	446.7±113.4^{a}
Tap water	1.93±0.25^{b}	0.71±0.15^{b}	2.64±0.35^{b}	12.6±2.1^{c}	31.7±7.2^{b}	266.0±132.2^{b}

Data presented as means ± SD and values in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเก็บเกี่ยว พบว่าต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาชนิดต่างกันและความหนาแน่นต่างกันมีจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอและผลผลิตต่อแปลง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามความหนาแน่นของปลา ยกเว้นแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อถัง มีจำนวนรวงต่อกอน้อยกว่าแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลและถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมีจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอ และผลผลิตต่อแปลง มากกว่าแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1)

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน

จากการศึกษาต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร จากการเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่าต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร เพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของปลาที่เพิ่มขึ้น และการเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร มากกว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม โดยการเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนซึ่งคิดเฉพาะค่าลูกพันธุ์และค่าอาหารปลา มีค่าระหว่าง 154.8 – 184.6 บาทต่อถัง รายได้มีค่าระหว่าง 181.5 – 279.0 บาทต่อถัง และมีกำไร ระหว่าง 26.7 – 94.4 บาทต่อถัง ในขณะที่การเลี้ยงปลาดุกลูกผสม มีต้นทุนการผลิตระหว่าง 76.8 – 119.3 บาทต่อถัง รายได้มีค่าระหว่าง 119.7 – 192.3 บาทต่อถัง และมีกำไร ระหว่าง 42.9 – 73.9 บาทต่อถัง และพบว่าการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดคือ 184.6 บาทต่อถัง และมีกำไรสูงที่สุด คือ 94.4 บาทต่อถัง

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนจากการเลี้ยงปลาและการปลูกข้าวพบว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีผลตอบแทนการลงทุนระหว่าง 67.9 – 74% ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลตอบแทนการลงทุนของการเลี้ยงปลานิลที่มีค่าระหว่าง 24.0 – 56.6% นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 25 ตัวต่อถังมีผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุดคือ 74.0 % (Table 2)

Table 2 Total input cost, income and net profit from rice and fish with different stocking densities

Parameter	Tap water	Nile tilapia pond			Catfish pond		
		20 fish	25 fish	30 fish	20 fish	25 fish	30 fish
Fish seed cost (baht)	-	40	50	60	20	25	30
Total feed (kg)		4.10	4.02	4.45	2.03	2.98	3.19
Fish feed cost (baht)	-	114.8	112.6	124.6	56.8	83.4	89.3
Yield of rice (kg)	0.2660	0.4219	0.4008	0.4303	0.3295	0.3894	0.4467
Income from rice (baht)	6.6	10.5	10.0	10.8	8.2	9.7	11.2
Yield of fish (kg)	-	2.42	3.25	3.72	1.71	2.56	2.76
Income from fish (baht)	-	181.5	243.8	279.0	119.7	179.1	192.3
Profit from fish (baht)	-	26.7	81.2	94.4	42.9	70.7	73.9
Net profit (baht)	6.6	37.2	91.2	105.2	51.2	80.6	84.7
Investment return (%)		24.0	56.1	56.6	67.9	74.0	71.6

Note: 2 baht per Tilapia seed, 1 baht per hybrid catfish seed, 28 baht per fish feed, 75 baht per kilogram Tilapia, 70 baht per kilogram hybrid catfish, 25 baht per kilogram rice

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขนาดของปลา ความหนาแน่นของปลาและชนิดของปลามีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง คือปริมาณ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลามีปริมาณสูงขึ้นเมื่อปลามีขนาดใหญ่ และการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นมากขึ้น สอดคล้องกับสมดุลการใช้อาหารและการสะสมพลังงาน ของปลาที่พบว่าการเลี้ยงปลานิลแต่ละตัวเมื่อกินอาหารไป 498.5 กรัม จะมีสารอินทรีย์ในน้ำ 150.7 กรัม (30.23%) และมีสารอนินทรีย์ ในรูปของไนโตรเจน 7.3 กรัม (1.46%) (Ferreira *et al*., 2015) ดังนั้นการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นมาก ปลากินอาหารไปทั้งหมดมากกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นน้อย จึงทำให้มีปริมาณสารอนินทรีย์ ในรูปของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งมากกว่า และจากผลการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลมีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท สูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลานิลกินอาหารมากกว่าปลาดุกลูกผสม โดยตลอดการทดลองปลานิลกินอาหารไปทั้งหมด 12.57 กิโลกรัม ในขณะที่ปลาดุกลูกผสมกินอาหารไปทั้งหมดเพียง 8.2 กิโลกรัม จึงทำให้ปลานิลขับถ่ายของเสียในรูปของไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่าปลาดุกลูกผสม แต่น้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีปริมาณฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิล ยกเว้นในช่วงวันที่ 98 และ 112 ของการทดลอง สอดคล้องกับประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาดุกลูกผสมที่พบว่าการให้อาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนรวม 95% และฟอสฟอรัสรวม 97% มีเพียง 14.5% ของไนโตรเจนรวม และ 10.10% ของฟอสฟอรัสรวม ที่ปลานำไปใช้ (Yi *et al*., 2006) ดังนั้นจึงทำให้ฟอสฟอรัสเหลือตกค้างในน้ำทิ้งในปริมาณมาก

ผลจากการนำน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาปล่อยลงแปลงนาข้าวไรซ์เบอรี่ชี้ให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลามีธาตุอาหารที่ข้าวไรซ์เบอรี่นำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นข้าวที่ได้รับน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีผลทำให้

ต้นข้าวมีแนวโน้มเจริญเติบโตและจำนวนรวงต่อกอมากที่สุด ส่วนต้นข้าวที่ได้รับน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีผลทำให้ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มสูงที่สุด ซึ่งการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลา คือน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลมีไนเตรทสูง จึงทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตและแตกกอมาก เนื่องจากต้นข้าวนำไนเตรท ไปใช้ในการสร้างใบ ลำต้น และราก เพื่อเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนหน่อ ขนาดของกอ และรากให้มากขึ้น (Fageria, 2007) ส่วนน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง จึงมีผลทำให้ได้ผลผลิตมาก เนื่องจากฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดและผล (Wangnai, 2009) นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลา มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวไรซ์เบอรี่ ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาประกอบด้วยสารอินทรีย์ และแร่ธาตุ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช (Naenon *et al*., 2017)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาแสดงให้เห็นว่าปลานิลเจริญเติบโตดีกว่าปลาดุกลูกผสม คือเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 112 วัน (อายุปลาประมาณ 6 เดือน) ปลานิลมีน้ำหนักเฉลี่ย 140.1±21.1 – 151.7±9.9 กรัมต่อตัว ในขณะที่ปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักเฉลี่ย 80.6±11.8 – 99.7±26.3 กรัมต่อตัว คล้ายคลึงกับผลการทดลองของ Prarom *et al.* (2011) ที่พบว่าปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในถังไฟเบอร์เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 92.78±1.65 กรัม เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสม พบว่าการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีกำไรสุทธิสูงที่สุดคือ 105.2 บาทต่อปลา 1 ถังและข้าว 1 แปลง ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีผลผลิตสูงที่สุดคือ 3.72 กิโลกรัมต่อถัง เมื่อจำหน่ายผลผลิตจึงทำให้มีผลกำไรสูงที่สุด แต่เมื่อคำนวณผลตอบแทนการลงทุนพบว่า การเลี้ยงปลานิลมีผลตอบแทนการลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกพันธุ์ปลานิลราคาสูงกว่าลูกพันธุ์ปลาดุกลูกผสมอีกทั้งปลานิลกินอาหารมากกว่าปลาดุกลูกผสม จึงทำให้การเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนสูงส่งผลทำให้ผลตอบแทนการลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่ จึงมีความเป็นไปได้ทั้งด้านวิธีการและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถนำไปปรับใช้ในสภาพพื้นที่จริงโดยเลี้ยงปลาในบ่อดินควบคู่กับแปลงนา และนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาปล่อยทิ้งลงสู่แปลงนา นอกจากนี้หากมีการศึกษาเพิ่มเติมนำน้ำทิ้งทั้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมลงในแปลงนาเดียวกันเพื่อปรับความสมดุลย์ของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่เพิ่มสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณที่ช่วยเหลือในเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

APHA-AWWA-WPCF. 2012. Standard method for the examination of water and waste water. 22thed., Washington, D.C.

Cheun-im, N., Wiwat Ingkapradit, W., Keethapirom, S. and Sinbuathong, N. 2010. The application of chemical fertilizers on paddy field according to the soil analysis data. *In*: Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Plants. pp 325-332. [in Thai]

Fageria, N. K. 2007. Yield Physiology of Rice. J. Plant Nutr. 30 (6); 843-879.

FAO. 2012. FAO statistical yearbook 2012. Food and agriculture organization of the United Nations Rome.

Ferreira, J.G., Falconer, L., Kittiwanich, J., Ross, L., Saurel, C., Wellman, K., Zhuf, C.B. and Suvanacha, P. 2015. Analysis of production and environmental effects of Nile tilapia and white shrimp culture in Thailand. Aquaculture 447: 23–36.

Lan, M.L. 1999. Use of wastewater from Intensive hybrid catfish (*Clarias macrocephalaus* × C. *gariepinus*) pond culture as fertilizer for rice crop. MSc. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 76 pp.

La-ongsri, S. 2008. A Study on Chlorophyll Content of Fresh Tea Leaf. Agricultural Sci. J. 39(3) (Suppl.): 178-181. [in Thai]

Naenon, T., Pengsom,N. and Phakamas, N. 2017. Influence of nitrogen fertilizer on the correlation between chlorophyll contents and yield of Panicum maximum cv. Mombasa. KHON KAEN AGR. J. 45(1) (Suppl.): 1009-1015. [in Thai]

Prarom, W., Jaturong, S. , Choncham, A., Sriboonruang, A., Kaewdee, S. and Upakarat, N. 2011. Wastewater biofilter of Hybrid Clarias Catfish culture in fiberglass tanks with different amount of Vetiver grasses. Technical Paper No. 10/ 2011. Phayao Inland Fisheries Research and Development Center, Inland Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries. [in Thai]

Raczynska, M., Machula, S. Choinski, A. and Sobkowiak, L.. 2012. Influence of the fish pond aquaculture effluent discharge on abiotic environmental factors of selected rivers in Northwest Poland. Acta Ecologic Sinica. 32: 160-164.

Sikawa, D.C. and Yakupitiyage, A. 2010. The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × C. *gariepinus*) pond water: Potentials and constraints. Agric Water Manag. 97: 1317–1325.

Wangnai, W. 2009. Nutrients and crop production. V.B. book center. Bangkok. 371 pp. [in Thai]

Wood, C.W., Meso, B.M., Ververica, K.L. and Karanja, N. 2001. Kenya investigation of pond effluent for crops yields recommendations. Aquanews. 16: 13–15.

Yi, Y., Lan L.M. and Lin, C.K. 2006. Using effluents from an intensive catfish (*Clarias macrocephalus* × C. *gariepnus*) culture pond to irrigate rice crop. In: Ohgaki S, Fukushi K, Katayama H, Takizawa S, Polprasert C (eds.). Southeast Asian Water Environment I - Biodiversity and Water Environment. International Water Association, IWA Publishing, London, UK.

การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี

The Increase on Production of *Moina* (*Moina macrocopa*) and Concentrated *Chlorella* by Using Phytoplankton for Bioremediation from Aquaculture Wastewater

เถลิงเกียรติ สมนึก[1*] ณัฏฐวรรณ สมนึก[2] สำเนาว์ เสาวกูล[1] และกฤติมา เสาวกูล[1]

Talerngkiat Somnuek[1], Samnao Saowakoon[1] and Krittima Saowakoon[1]

[1]สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

[2]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

[1]Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Technology. Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

[2]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Agricultural Industry. Surindra Rajabhat University

[*]Corresponding author: um305@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง โดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ(น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม และน้ำหมักมูลไก่แห้ง) ทดลองเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพื่อผลิตไรแดงในถังพลาสติกความจุ 250 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน เก็บผลผลิตไรแดงด้วยสวิงผ้าโอล่อนแก้ว ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของคลอเรลลาในบ่อเพาะด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยความหนาแน่นของคลอเรลลาเฉลี่ย 138.77±11.82 x10^6 และ 101.94 ±4.87x10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ มีปริมาณมากกว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและน้ำหมักมูลไก่แห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลผลิตไรแดงของน้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเฉลี่ย 0.62±0.12, 0.68±0.14 และ 0.61±0.06 กรัม/ลิตร สูงกว่าน้ำหมักมูลไก่แห้ง อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ปริมาณผลผลิตรวมพบว่าผลผลิตไรแดงจากน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีค่า 170.66±13.54 กรัม สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดัชนีคุณภาพน้ำ พบปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิน้ำ และค่า pH ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทในกลุ่มใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้น การเพิ่มปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง โดยการใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม มีผลผลิตมากกว่าน้ำหมักมูลไก่แห้ง สามารถลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้

คำค้น : ไรแดง คลอเรลลา การบำบัดด้วยชีววิธี น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Abstract

The aim of this research was to increase *Moina* (*Moina macrocopa*) and *Chorella* sp. production with four different waste water sources and three replicates (Department of Fisheries formula, hybrid frog wastewater, hybrid catfish wastewater, and dried chicken manure wastewater). *Chorella* sp. were fed in 250 L-plastic container for 7 days and the yield were collected by using Olon cloth sieve. The results revealed that the average number of *Chorella* sp. fed by frog wastewater and control group were comparable at 138.77±11.82 x106 and 101.94 ±4.87x106 cells.ml^{-1}, respectively, higher than those of hybrid catfish and dried chicken manure wastewater ($p<0.05$). *Moina macrocopa* yield fed with control waste, hybrid frog wastewater, hybrid giant catfish wastewater were 0.62±0.12, 0.68±0.14 and 0.61±0.06 gL^{-1}, which were significantly different from the group fed with dried chicken manure ($p<0.05$). The total yield of *Moina macrocopa* obtained from frog wastewater were significantly different (170.66±13.54 g) from other groups ($p<0.05$). For water quality parameter, there were not significantly different found in DO, temperature and pH value ($p>0.05$) with the exception of ammonia, nitrite and nitrate obtained from frog wastewater which showed significantly higher than other treatments ($p<0.05$). Therefore, *Chorella* sp. and yield of *Moina macrocopa* feeding with frog wastewater and giant catfish wastewater were more pronounced than dried chicken manure wastewater which could decrease nitrogen from water before release to environmental reservoir.

Keywords : *Moina macrocopa*, *Chlorella*, Bioremediation, Aquaculture Wastewater

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมุ่งหมายผลผลิตและผลตอบแทนที่ดีเป็นหลัก จากกิจกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดของเสียจากการขับถ่าย ปริมาณอาหารที่เหลือ โดยอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำ อีกทั้งการถ่ายน้ำออกจากระบบการเลี้ยงสู่ภายนอกที่ไม่ได้รับการบำบัด จะหลงเหลือปริมาณสารอินทรีย์จำพวกสารประกอบไนโตรเจน โดยพบว่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ (ช่วงระหว่าง 11-36 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณสารอินทรีย์มากหรือน้อย ขึ้นกับกิจกรรมและรูปแบบรวมทั้งชนิดสัตว์น้ำที่เลี้ยง อัตราการปล่อยสัตว์น้ำ รูปแบบการให้อาหาร อัตราการให้อาหาร และการแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ ระหว่างสัตว์น้ำกับน้ำภายในบ่อ ปริมาณสารอินทรีย์จำพวกธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Arenprung, 2004) หากสามารถนำกลับมาหมุนเวียนเพื่อเพิ่มเป็นน้ำหนักปลาในบ่อได้ (Hargreaves, 1998) ช่วยลดปัญหาพิษของไนโตรเจนต่อสัตว์น้ำ (Bergot, 2001) โดยการบำบัดน้ำมีหลายวิธี อาทิ การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต การใช้โอโซน ระบบกรองชีวภาพ เป็นต้น การบำบัดน้ำสารประกอบไนโตรเจนต้องพิจารณาถึง ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าอัลคาไลนิตี้ ค่าอุณหภูมิของน้ำ (Yanong, 2015) การใช้แพลงค์ตอนบำบัดเป็นชีววิธีร่วมกับแบคทีเรียชนิดไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ช่วยลดสารประกอบแอมโมเนียให้เปลี่ยนสภาพเป็นไนไตรท์สู่ไนเตรท (Qian *et al*., 2014) อย่างไรก็ตามการบำบัดทางธรรมชาติต้องอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะรูปแบบการบำบัดสารประกอบ

ไนโตรเจนด้วยแพลงค์ตอนพืชซึ่งสามารถใช้สารอินทรีย์ในน้ำได้โดยตรงจากการดูดซึมผ่านเซลล์ (Li *et al.*, 2014) ได้ผลผลิตสำคัญต่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะคลอเรลลาซึ่งเป็นแพลงค์ตอนพืชอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว เป็นอาหารที่เหมาะสมของไรแดงมากที่สุด เหมาะสมต่ออนุบาลสัตว์น้ำจืดวัยอ่อนให้เจริญเติบโตได้ดี โดยปริมาณคลอเรลลาจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ทำให้การเลี้ยงไรแดงไม่ต่อเนื่องอันเป็นสาเหตุให้ผลผลิตลดลง (Chanwong, 2002)

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง โดยการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี โดยการเปรียบเทียบปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดงจากการใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง และน้ำหมักมูลไก่แห้ง เป็นแนวทางรักษาสภาพแวดล้อมโดยใช้การบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำแนวทางนี้ไปใช้เพื่อการผลิตสัตว์น้ำจืดเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

เพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย ชุดที่ได้รับน้ำปุ๋ยเพื่อการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง
ชุดการทดลองที่ 2 น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม
ชุดการทดลองที่ 3 น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม
ชุดการทดลองที่ 4 น้ำหมักมูลไก่แห้ง

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมน้ำแต่ละชุดทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง(หมักทิ้งไว้ 3 วัน) ชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ใช้น้ำทิ้งจากการเปลี่ยนน้ำการเลี้ยงสัตว์น้ำคือ กบลูกผสม และ ปลาดุกลูกผสม โดยมีอัตราปล่อยสัตว์น้ำ 150 และ 70 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ โดยปรับสภาพสัตว์ทดลองเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (Nakphet, 2015) โดยให้อาหารชนิดเม็ดเล็กลอยน้ำในอัตรา 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จำนวน 2 มื้อ คือ เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 วัน ชุดการทดลองที่ 4 ใช้น้ำปุ๋ยจากการหมักมูลไก่แห้งอัตรา 10 กรัม/ลิตร (หมักทิ้งไว้ 3 วัน) กรองน้ำทุกชุดทดลองด้วยถุงกรองก่อนเติมลงถังพลาสติกปริมาตร 250 ลิตร

ขั้นตอนที่ 2 การทำน้ำเขียว (คลอเรลลา)

เติมหัวเชื้อคลอเรลลา(ความหนาแน่นเซลล์ $1x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร) (Arenprung, 2004) อัตราส่วน 10 ลิตร/ลูกบาศก์เมตร โดยวัดความหนาแน่นแพลงค์ตอนก่อนและหลังการทดลองวันที่ 3, 5 และ 7

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

โดยเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ด้วยวิธี Colorimetric method (APHA, 1998).ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ด้วย DO meter ของ YSI model 55B อุณหภูมิของน้ำด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter ของ WTW pH 320

ขั้นตอนที่ 4 การเพาะเลี้ยงไรแดง

นำพ่อแม่พันธุ์ไรแดงใส่ในถังพลาสติกแต่ละชุดการทดลองตามขั้นตอนที่ 3 ในอัตราน้ำหนัก 30 กรัม/ลูกบาศก์เมตร (Tewaratmaneekul *et al*,.2006.) เก็บผลผลิตไรแดงในวันที่ 3, 5 และ 7 ด้วยสวิงผ้าโอล่อนแก้ว นำไรแดงที่ได้มาซับน้ำด้วยผ้าแห้งสะอาดให้มากที่สุด และบันทึกน้ำหนัก

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลผลิตไรแดง ปริมาณคลอเรลลา และคุณภาพน้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

ปริมาณคลอเรลลาจากแหล่งที่มาของสารประกอบไนโตรเจน

ปริมาณแพลงค์ตอนเริ่มต้น (start) ในการทดลองทุกชุดการทดลองมีปริมาณ $1x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนในน้ำเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ พบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลอง ทำให้ปริมาณคลอเรลลาจากการเพาะเลี้ยง ในวันที่ 5 และ 7 ของแต่ละช่วงการทดลองในชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม มีปริมาณคลอเรลลาเฉลี่ยมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง กลุ่มใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและกลุ่มใช้น้ำหมักมูลไก่แห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาผลผลิตคลอเรลลาเฉลี่ยตลอดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมงสามารถเพิ่มคลอเรลลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำหมักมูลไก่แห้ง มีปริมาณคลอเรลลาแตกต่างกัน ดัง Table 1

Table 1 The comparison results about density of total *Chlorella* sp. in tanks with different nitrogen sources over 7 days (mean ± SD)

Treatment	Density of total *Chlorella* sp. (10^6 cell.ml^{-1})				
	start Day 0	Day 3	Day 5	Day 7	average
Dep.Fisheries	1±0.23^{a}	12.08±0.99^{b}	158.28±7.61^{b}	236.41±7.63^{b}	101.94±4.87^{a}
Frog culture	1±0.21^{a}	4.90±1.37^{c}	242.23±26.40^{a}	274.94±2.97^{a}	138.77±11.82^{a}
Catfish culture	1±0.09^{a}	26.33±0.89^{a}	117.40±10.58^{c}	9.53±0.05^{c}	38.57±2.32^{b}
Chicken manure	1±0.22^{a}	4.94±0.52^{c}	25.49±1.65^{d}	7.34±0.49^{c}	9.69±1.04^{c}

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$)

ปริมาณผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปริมาณผลผลิตไรแดงเฉลี่ย ในชุดการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีปริมาณผลผลิตไรแดงเฉลี่ยมากกว่า ชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำจากปุ๋ยมูลไก่แห้ง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณผลผลิตไรแดงเฉลี่ยของชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง และชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดัง Table 2

Table 2 The wet weight of *Moina* from aquaculture wastewater for 1 week

Treatment	wet weight of yield (mean ±SD)	
	g/L	Total yield (g/250L^{-1})
Dep.Fisheries	0.62±0.12^{a}	145.04±10.54^{a}
Frog culture	0.68±0.14^{a}	170.66±13.54^{a}
Catfish culture	0.61±0.06^{a}	152.35±36.44^{a}
Chicken manure	0.31±0.12^{b}	77.07±21.06^{b}

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$)

คุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลอง

ก่อนการทดลองสุ่มตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตรแต่ละซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำ ค่าคุณภาพน้ำของชุดการทดลองที่ใช้น้ำจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ กบลูกผสมและปลาดุกลูกผสมมีปริมาณแอมโมเนียไนไตรท์และไนเตรทสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิ และ ความเป็นกรดเป็นด่าง pH ในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) หลังการทดลองในวันที่ 7 ค่าคุณภาพน้ำหลังการบำบัดทางชีวภาพจากการเพาะเลี้ยงไรแดงมีแนวโน้มที่ดีขึ้นและมีความแตกต่างกันในของค่าแอมโมเนีย ไนไตร์ท และไนเตรท โดยเฉพาะกลุ่มน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมลูกผสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียลดลงแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ($p<0.05$) ดัง Table 3

วิจารณ์ผล

1. ปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีปริมาณปริมาณคลอเรลลา และผลผลิตไรแดง เฉลี่ยมากกว่าชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำหมักมูลไก่แห้ง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในน้ำทิ้งการเลี้ยงกบลูกผสมมีความเข้มข้นมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทำให้ไรแดงใช้อนุภาคขนาดเล็กในมวลน้ำเป็นอาหารในการเจริญเติบโตได้ เนื่องจากไรแดงสามารถกินอาหารด้วยการกรอง (filter feeder) ในการทดลองนี้ปริมาณคลอเรลลาซึ่งสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนเพื่อเพิ่มจำนวนและเป็นอาหารแก่ไรแดงได้ โดยนำสารอินทรีย์จากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ รวมทั้งสารอินทรีย์จากการใช้ทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและ

น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เพิ่มจำนวนเซลล์ได้ค่าเฉลี่ย 138.77 x 10^6, 38.57 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณคลอเรลลาขึ้นกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ โดย Tangam *et al* (2005) ได้ทดลองเพิ่มผลผลิตไรแดงจากคลอเรลลาที่ระดับความหนาแน่นต่างกันโดยศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงไรแดงซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5- 8.5 ซึ่งทำการทดลองที่สภาพน้ำแตกต่างกันในตู้กระจกความจุ 45 ลิตร และความกระด้างที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์ที่มีน้ำ 300 ลิตร มีค่าระหว่าง 110-180 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 12.5 มก./ลิตร และปริมาณฟอสฟอรัส 2.5 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อทดลองเลี้ยงไรแดงในน้ำที่มีปริมาณความหนาแน่นของคลอเรลลาแตกต่างกัน พบว่าความหนาแน่นคลอเรลลา 1x10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้ผลผลิตมากกว่า ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่ความหนาแน่น 1x10^5, 2.5 x10^5 และ 5x10^5 เซลล์/ มิลลิลิตร ตามลำดับ

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิ และ pH ในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าแอมโมเนีย ค่าไนไตรท์ และค่าไนเตรทในกลุ่มใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีค่าสูงกว่าค่าคุณภาพน้ำจากกลุ่มอื่น ซึ่ง Travieso *et al*., (1996) นำสาหร่ายสีเขียวชนิด *Chlorella vulgaris* และสาหร่ายสีเขียวชนิด *Scenedesmus quadricauda* ตรึงกับสารประกอบ Na-alginate บำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดยบำบัดแอมโมเนียได้สูงสุด 81.7 เปอร์เซ็นต์ และฟอสเฟต 71.9 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์ด้วยแพลงค์ตอนชนิด *Chlorella* sp. และชนิด *Polyurethane* sp. จะสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ 66.9 เปอร์เซ็นต์ และฟอสเฟต 64.1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อปริมาณไรแดงหากมีอัตราส่วนปริมาณสาหร่ายคลอเรลลามาก Kongcerm (2003) กล่าวว่า ปริมาณแสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช หากความเข้มแสงมากเกินไปอาจเกิดการยับยั้งการสังเคราะห์แสง อัตราการเจริญจำเพาะสูงขึ้นเมื่อความเข้มแสงที่ใช้เลี้ยงสูงขึ้น

การพัฒนาด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องพิจารณาผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย น้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่มาจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสู่สิ่งแวดล้อมโดยจะประกอบด้วยสารอาหาร สารอนินทรีย์ อาทิ แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส และตะกอนรวมทั้งสารอินทรีย์ ในกระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสารประกอบจำพวกไนโตรเจนประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยประกอบไปด้วยแอมโมเนียทั้งสองรูปแบบคือ ionized แอมโมเนีย (NH_4^+) และ unionized แอมโมเนีย (NH_3) (Hargreaves, 1998) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ค่าความเค็มของน้ำ (Stumm and Morgan, 1995) ค่าแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนรูปด้วยการออกซิไดซ์ของออกซิเจนโดยแบคทีเรียได้สารประกอบไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ แต่ต้องอยู่ในสภาวะที่มีอากาศ ไนเตรทสามารถเปลี่ยนเป็นแก๊สคืนได้ด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นสภาพไม่มีออกซิเจน (Rassamee *et al.,* 2011) ซึ่งค่ามาตรฐานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องมีค่าแอมโมเนีย (NH_3) ไม่เกินกว่า 0.025 มิลลกรัมต่อลิตร ความเป็นพิษจะส่งผลต่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดไม่เท่ากันขึ้นกับสายพันธุ์ ขนาด และการสัมผัสในระบบการเลี้ยง (Nerori *et al.,* 2004; Chen *et al.,* 2006) การใช้ระบบการหมุนเวียนน้ำเป็นการบำบัดน้ำก่อนปล่อยน้ำออกนอกระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลต่อสิ่งแวดล้อม (Qian *et al*., 2014) ระบบหมุนเวียนน้ำนอกจากใช้แพลงค์ตอนพืชในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อเพิ่มอัตรารอดตาย อัตราเจริญเติบโตรวมทั้งการจัดการของเสียออกจากน้ำได้ (Martins *et al*., 2010; Lam *et al*., 2014) นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงคุณภาพ

น้ำด้วยระบบกรองชีวภาพ การกำจัดคราบโปรตีน การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต การใช้โอโซน ซึ่งกระบวนการแต่ละขั้นตอนมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แพลงค์ตอนในการบำบัดแต่อย่างไรก็ดีการเติมอากาศให้แก่ระบบยังจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น

3. การเลี้ยงกบลูกผสมและปลาดุกลูกผสม เมื่อพิจารณาค่าดัชนีคุณภาพน้ำ พบปริมาณสารอินทรีย์ระดับสูง การเพิ่มปริมาณคลอเรลลาโดยอาศัยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในการเพาะไรแดง เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาของเสียจากการทำประมงและใช้ประโยชน์จากแพลงค์ตอนพืชบำบัดน้ำเสียได้อีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามปริมาณความหนาแน่นของสัตว์น้ำที่เลี้ยงยังคงต้องศึกษาวิจัยอัตราปล่อยที่เหมาะสมต่อไป

Table 3 The comparison results of water quality removal of *chlorella* sp. in different aquaculture wastewater (mean±SD)

Treatment/ Water quality	Begin (day 0)						Final (day 7)					
	DO	pH	TEMP	NH_3-N	NO_{2-} -N	NO_{3-}N	DO	pH	TEMP	NH_3-N	NO_{2-} -N	NO_{3-} N
Dep. Fisheries	6.50±0.11^{a}	7.52±0.32^{a}	29.39±0.52^{a}	0.039±0.02^{b}	0.022±0.002^{b}	0.001±0.0004^{b}	6.21±0.10^{a}	6.49±0.01^{a}	29.06±0.63^{a}	0.032±0.02^{c}	0.003±0.002^{b}	0.001±0.0001^{b}
Frog culture	6.67±0.12^{a}	7.34±0.24^{a}	29.58±0.42^{a}	3.705±0.10^{a}	0.032±0.003^{a}	0.354±0.012^{a}	6.18±0.14^{a}	5.50±0.02^{b}	29.19±0.52^{a}	1.072±0.03^{a}	0.013±0.002^{a}	0.002±0.0001^{a}
Catfish culture	6.12±0.10^{a}	7.51±0.20^{a}	29.96±0.50^{a}	0.550±0.03^{b}	0.015±0.003^{b}	0.006±0.020^{b}	6.30±0.02^{a}	5.54±0.01^{b}	29.18±0.43^{a}	0.240±0.01^{b}	0.006±0.003^{b}	0.001±0.0002^{b}
Chicken manure	6.62±0.11^{a}	7.15±0.43^{a}	29.83±0.50^{a}	0.033±0.01^{b}	0.011±0.001^{b}	0.002±0.0001^{b}	6.22±0.11^{a}	5.40±0.03^{b}	29.23±0.73^{a}	0.012±0.02^{c}	0.003±0.001^{b}	0.001±0.0001^{b}

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$)

สรุปผล

การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้การบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งการเลี้ยงกบลูกผสม น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม และน้ำหมักมูลไก่แห้ง ทุกกลุ่มการทดลองสามารถใช้คลอเรลลาและไรแดงปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำอีกทั้งลดสารประกอบไนโตรเจน (>90 เปอร์เซ็นต์) ในระยะเวลา 7 วัน โดยในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมสามารถเพิ่มปริมาณคลอเรลลาได้มากที่สุด โดยเมื่อพิจารณาค่าคุณภาพน้ำจะเห็นได้ว่าสามารถใช้คลอเรลลาบำบัดสารประกอบไนโตรเจนหลังการเพิ่มปริมาณคลอเรลลา ซึ่งการบำบัดดังกล่าวทำให้ค่าไนโตรเจนรูปต่างๆ ลดลงได้อย่างมาก อีกทั้งส่งผลต่อค่าคุณภาพน้ำหลังการใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลผลิตไรแดงเฉลี่ยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่า โดยการใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ให้ผลผลิตไรแดงมากกว่าน้ำหมักมูลไก่แห้ง โดยคลอเรลลาสามารถลดปริมาณแอมโมเนียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปไนไตรท์และไนเตรทในน้ำ โดยการเลี้ยงไรแดงเป็นอีกเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ยังคงต้องศึกษาอัตราปล่อยสัตว์น้ำที่เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา(สกอ.) ที่กรุณาให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

APHA (American Public Health Association). 1998. In: Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD (eds) Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edn. United Book Press, Baltimore, Maryland, USA.

Arenprung, P. 2004. The optimum ratio of mineral fertilizers-organic sludge from pig farms in cultured algae *Chlorella* and red mites. Thesis of major Environment, Faculty Environmental technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. [in Thai]

Bergot, T.G. 2001. Nutrition and feeding of fish and crustaceans. Springer-Praxis Series in Food Science.

Chanwong, A. 2002. Culture of water flea using fermented bran reduced ratio of dietary MSG. Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat Institute, Phetchaburi. [in Thai]

Chen, S., Ling, J., and Blancheton, J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. Aquacultural Engineering 34: 179–197.

Hargreaves, J. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. Aquaculture 166: 181–212.

Kongcerm, K. 2003. The treatment of Ammonia in wastewater in shrimp ponds using single-cell algae. Master of Chemical Engineering, Faculty Engineering, King Mongkut 's University of Technology Thonburi, Bangkok. [in Thai]

Lam, S.S., Ma, N.L., Jusoh, A., and Ambak, M.A. 2014. A study on the optimal tank design and feed type to the growth of marble goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker) and reduction of waste in a recirculating aquaponic system. Desalin Water Treat 52: 1044–1053.

Li, L., Mei, X.Q., Tam, N.F., Wang, Y.W., and Yang, Y. 2014. Roles of root porosity, radial oxygen loss, Fe plaque formation on nutrient removal and tolerance of wetland plants to domestic wastewater. Water Research 50: 147–159.

Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., D'Orbcastel, E.R., and Verreth, J.A.J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. Aquacultural Engineering 43: 83–93.

Nakphet, S. 2015. Aquatic plant species and optimal conditions for nitrogenous waste removal in Red Catfish recirculating aquaculture system. Master of Science Thesis in Biotechnology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Province, Thailand. [in Thai]

Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M., and Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. Aquaculture 231(1–4): 361–391.

Qian, J., Wang, C., Wang, P., and Zheng, S. 2014. Effects of vegetation on the removal of contaminants in aquatic environments: a review. Journal of Hydrodynamics 26: 497–511.

Rassamee, V., Sattayatewa, C., Pagilla, K., and Chandran, K. 2011. Effect of oxic and anoxic conditions on nitrousoxide emissions from nitrification and denitrification processes. Biotechnology and Bioengineering 108(9): 2036–2045.

Stumm, W., and Morgan, J.J. 1995. Aquatic chemistry, chemical equilibria and rates in natural waters, 3rd edn. Wiley, New York. 1040 p.

Tangam, W. Ritluk, A. and Chaiyawong, B. 2005. Using Chlorella concentrations increase productivity *Moina macrocopa*. Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi. [in Thai]

Tewaratmaneekul, P., Setkit, S.,Watcharakornyothin,T. 2006. Moina Culture., Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]

Travieso, L., Benitez, F., Weiland, P., Sanchez, E., Dupeyron, R. and Dominguez, A.R. 1996. Experience on Immobilization of Microalgae for Nutrient in Wastewater Treatments. Bioresource Technology 55: 181-186.

Yanong, R.P. 2015. Fish health management considerations in recirculating aquaculture systems-part 3:general recommendations and problem-solving approaches 1.Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville. USA. 122 p.

ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่

Abundance and Diversity of Aquatic Worms in Chiang Mai Province, THAILAND

สิริฉัตร สุนทรวิภาต[1*] และ ประจวบ ฉายบุ[2]

Sirichat Soonthornvipat[1*] and Prachaub Chaibu[2]

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000

[2] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Nan Inland Aquaculture Research and Development Center, Mueang, Nan Province 55000

[2] Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Sansai, Chiang Mai Province 50290

Corresponding author: pu_sirichat@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดจากลำเหมืองสาธารณะในเขตตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย ในจังหวัดเชียงใหม่ 3 จุดสำรวจๆ ละ 3 ซ้ำใน 3 ฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว เก็บตัวอย่างเดือนมีนาคม, กรกฎาคม และพฤศจิกายน ตามลำดับ) พบว่าฤดูหนาวมีไส้เดือนน้ำจืดรวมมากที่สุด คือ 20,241 ตัวต่อตารางเมตร *Aeolosoma* sp. พบมากที่สุด มีดัชนีความมากชนิด ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความหลากหลายต่ำที่สุดคือ 0.20, 0.11 และ 0.12 ตามลำดับ ฤดูร้อนมีไส้เดือนน้ำจืดรวมน้อยที่สุด คือ 7,410 ตัวต่อตารางเมตร มีดัชนีความมากชนิด ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความหลากหลายมากที่สุดคือ 0.22, 0.58 และ 0.64 ตามลำดับ ทุกฤดูกาลที่สำรวจพบ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด ตามฤดูกาลและจุดสำรวจพบว่า ฤดูหนาวจุดสำรวจที่ 3 พบ *Aeolosoma* sp. มากที่สุด มีดัชนีความมากชนิด ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความหลากหลายต่ำที่สุด คือ 0.11, 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ มีความคล้ายคลึงกันตามฤดูกาลและจุดสำรวจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบทั้ง 3 ฤดูกาลในจุดที่ 1 และ 2 และเฉพาะฤดูร้อนจุดสำรวจที่ 3 กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยไส้เดือนน้ำจืดที่สำรวจพบในจุดสำรวจที่ 3 เฉพาะในฤดูฝนและฤดูหนาว

คำสำคัญ : ความอุดมสมบูรณ์ ความหลากหลาย ไส้เดือนน้ำจืด

Abstract

Study on abundance and diversity of aquatic worms from natural ditch in Sansai, Chiang Mai Province using 3 sampling stations 3 times in 3 seasons (summer, rainy and winter) and harvested in March, July and November respectively found *Aeolosoma* sp. to be the most abundant in winter. Lowest richness index, diversity index and evenness index were 0.20, 0.11 and 0.12 respectively. Summer found aquatic worm to be the lowest in population but with the highest richness index, diversity index and evenness index which were 0.22, 0.54 and 0.64 respectively. Every season found *Aeolosoma* sp. to be the main species. When comparing between seasons and stations *Aeolosoma* sp. was found to be the most abundant in winter station

3rd with the lowest richness index, diversity index and evenness index which were 0.11, 0.01 and 0.01 respectively. There were similarity between seasons and sampling stations which were clearly divided into 2 groups ($p>0.05$). Group 1 was composed of aquatic worms in every season at stations 1st and 2nd and summer station 3rd. Group 2 was composed of aquatic worm from rainy and winter season at station 3rd.

Keywords: abundance, diversity, aquatic worms, Oligochaeta

Introduction

Aquatic worms are segmented worms ranging in size from a few millimeters to fifteen centimeters. They resemble earthworms but more slender segmented; color is reddish, brown or grey. Currently, there are approximately 80 species of freshwater Oligochaetes. They are benthic dweller and found anywhere in freshwater, including lakes, ponds, marshes and streams in shallow sediment layers where they live off organic material, algae and lived bacteria. They are soft-bodied organisms, so easy prey for many other organisms, including fish, crustaceans and leeches. They are important parts of the aquatic food chain. Moreover, they are food sources for young fish and used in the aquarium hobby as fish food. Because of their natural sources of proteins and polyunsaturated fatty acids, they are possible alternative aquaculture feeds. Chemical composition analysis of aquatic worms were 50-60% min Protein, 10% min Fat, 2% max Fiber, 4% max Moisture, 0.1% max Phosphorus and 0.1% max Ash. They do not need additional processing and can be fed directly to the fish. New reactor concepts and pre-processing technologies of organic waste streams to feed to the aquatic worms are needed in order to produce sufficient amount of aquatic worms for the aquaculture industry. Moreover, they also help breakdown pollutants in the mud at the bottom of lakes, ponds, marshes and streams (Brinkhurst and Chua, 1969; Wavre and Brinkhurst, 1971; Densem, 1982; Ratsak*et al*., 1993; Elissen, 2007). As yet, there has been no study on aquatic worms in ditch at Sansai District, Chiang Mai Province, THAILAND. The aim of this study was to investigate the abundance and diversity of aquatic worms (Oligochaetes) from ditch in Sansai District, Chiang Mai Province, THAILAND.

Methods

1. Planning and period of explore

Samples of aquatic worms, sediment and water were collected from 3 sampling stations (3 replications/sampling stations) (Table 1 and Figure 1) and 3 seasons followed as summer in March 2014, rainy in July 2014 and winter in November 2013 at ditch in Sansai District, Chiang Mai Province, THAILAND.

Table 1 Sampling station at ditch in Sansai District, Chiang Mai Province, THAILAND

Sampling station	GPS	
	^{o}N	^{o}E
1st	18.971251	98.983027
2nd	18.972431	98.982812
3rd	18.973293	98.982681

Figure 1 Sampling station at ditch in Sansai District, Chiang Mai Province, THAILAND

2. Collecting samples

Aquatic worms samples were collected by 15×15 cm Ekman dredge and split by sieve no. 40 mesh size after that fixed and stored in 70% alcohol. When required for identification, they should be transferred to 30% alcohol. For Oligochaetes, the identification was based on Edmonson (1968) and Brinkhurst (1971) using stereoscopic microscope.

3. Statistical analysis

Analysis and comparative distribution of community of aquatic worms in each sampling station were evaluated according to species abundance distribution (Clarke and Warwich, 1994). Species richness index were evaluated according to Margalef Index (Ludwig and Reynolds, 1988). Diversity index were evaluated according to Shanon-Weiner Diversity Index (Washingon, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988). Evenness index were evaluated according to Pielou index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988). Similarities of distribution of aquatic worm species were determined according to Bray Curtis Similarity Index (Clarke and Warwick, 1994).

Results

Classification of aquatic worms

Classification of all aquatic worms by sampling stations and seasons using external appearances was determined by Edmonson (1963) and Brinkhurst (1971) under the stereomicroscope. It was found that all aquatic worms were classified in 1 order 3 Family and 3 Genus as follows:

Phylum Annelida
Class Oligochaeta
Order Haplotaxida
Family Aeolosomatidae
Aeolosoma sp.
Family Tubificidae
Branchiura sowerbyi
Family Naididae
Nais sp.

Types and quantities of aquatic worms and their distribution

When analyzing the quantities and distribution of aquatic worms according to sampling stations, it was found that station 3rd had the highest number of aquatic worms at 23,587 worms per square meter. However, there were only two types of aquatic worms such as *Aeolosoma* sp. and *Branchiura sowerbyi*. Secondly, station 2nd had 10,137 worms per square meter. And station 1st had 6,908 worms per square meter. The station 1st and 2nd had 3 aquatic worms such as *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* and *Nais* sp. Aquatic worms found at all stations were *Aeolosoma* sp. and *Branchiura sowerbyi*. *Aeolosoma* sp. found the most common at all stations and accounted for 91.71%. (Table 2)

When analyzing the quantities and distribution of aquatic worms according to seasons, it was found that in winter had the highest number of aquatic worms at 20,241 worms per square meter and *Aeolosoma* sp. found the most common. Secondly, in rainy had 12,981 worms per square meter. Summer had the lowest number of aquatic worms at 7,410 worms per square meter. Aquatic worms

found at all seasons were *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* and *Nais* sp. but found in different quantities. *Aeolosoma* sp. found the most common and accounted for 91.71%. (Table 2)

When analyzing the quantities and distribution of aquatic worms according to sampling stations and seasons, it was found that in winter at station 3rd had only *Aeolosoma* sp. and *Branchiura sowerbyi* and found the highest number of *Aeolosoma* sp. at 11,482 worms per square meter. At other stations in all seasons found at all were *Aeolosoma* sp., *Branchiura sowerbyi* and *Nais* sp. but found in different quantities. (Table 3)

The Index indicates

1. Richness Index

When calculated according to sampling stations found that station 1st had the index for more types of most was 0.23 and the lowest value was 0.10 in station 3rd. (Table 4) When calculated according to seasons, it was found that summer had the index for more types of most was 0.22 and winter had the lowest value was 0.20. (Table 5) When calculated according to season and sampling stations, it was found that summer station 1st had the index for more types of most was 0.28 and the lowest value was 0.11 in summer and winter station 3rd. (Table 6)

2. Evenness index

When calculated according to sampling stations, it was found that station 2nd had evenness index to the most was 0.48 and the lowest value was 0.24 in station 3rd. (Table 4) When calculated according to season, it was found that summer had evenness index to the most was 0.58 and the lowest value was 0.11 in winter. (Table 5) When calculated according to season and sampling stations, it was found that summer station 2nd had evenness index to the most was 0.76 and the lowest value 0.01 in winter station 3rd. (Table 6)

3. Diversity index

When calculated according to sampling stations, it was found that station 2nd had the index of a variety of the most was 0.53 and lowest value was 0.16 in station 3rd. (Table 4) When calculated according to season, it was found that summer had the index of a variety of the most was 0.64 and lowest value was 0.12 in the winter. (Table 5) When calculated according to season and sampling stations, it was found that summer station 2nd had the index of diversity the most was 0.84 and the diversity had the lowest value was 0.01 in winter station 3rd. (Table 6)

4. Similarity Index

When calculated according to season and sampling stations by Bray-Curtis Similarity and Multivariate Dimensional Scaling (MDS) from PRIMER (Plymouth Routine in Multivariate Ecology Research), it was found that similarity index had valuable between 40.26-91.25. In rainy station 1st and

station 2nd had similarity most equals to 91.25. While summer station 1st and winter station 3rd had valuable similarity index least equals to 40.26 (Table 7). Bring all data index to determine in picture get dendrogram at 75% levels of Bray-Curtis Similarity. Analysis MDS found that had stress value equal to 0.01 showed that had good reliability and had high accuracy. Almost aquatic worms in this research had similarity according to season and sampling station and it can be divided in to 2 group clearly ($p<0.05$) (Fig 2-3). Group 1 composed of aquatic worms in all season station 1st and 2nd and summer station 3rd and had similarity percentage equal to 80.35. It showed that there were 2 families of aquatic worms which had resemblance (Particular valuable more than 10.00%). *Aeolosoma* sp. had valuable similarity percentage equals to 53.84 and *Branchiura sowerbyi* had valuable similarity percentage equals to 20.07 (Table 8). Group 2 composed aquatic worm in rainy and winter station 3rd and had similarity percentage equal to 84.88. There was just one family which was valuable similarity percentage more than 10.00%, *Aeolosoma* sp., by valuable average similarity percentage equaled to 81.32 which were found regularly and had high valuable confidence of the accuracy (Table 9). When considered average dissimilarity percentage between group 1 and 2, it was observed that it was equal to 36.21 by *Aeolosoma* sp. which had the most valuable dissimilarity percentage equal to 27.01 and was found most in both of in group 1 and 2 while *Nais* sp. did not show in group 2.

Table 2 Distribution of aquatic worms in ditch according to sampling stations or seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Aquatic worms	Sampling station			Seasons			Average	%
	1	2	3	Summer	Rainy	Winter		
Aeolosoma sp.	6,150	8,446	22,668	5,705	11,794	19,765	12,421	91.71
Branchiura	564	1,364	919	1,423	993	431	949	7.01
Nais sp.	194	327	0	282	194	45	174	1.28
Total	6,908	10,137	23,587	7,410	12,981	20,241	13,544	100
Average	2,303	3,379	7,862	2,470	4,327	6,747		

Table 3 Distribution of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Aquatic	Sampling station 1			Sampling station 2			Sampling station 3		
worms	summer	rainy	winter	summer	rainy	winter	summer	rainy	winter
Aeolosoma	845	1,793	3,512	1,497	2,178	4,771	3,363	7,823	11,482
Branchiura	178	252	134	667	415	282	578	326	15
Nais sp.	104	60	30	178	134	15	0	0	0

Table 4 Structure and community of aquatic worms in ditch according to sampling stations (Chiang Mai, THAILAND)

Stations	Richness	Evenness	Diversity
1	0.23	0.37	0.41
2	0.22	0.48	0.53
3	0.10	0.24	0.16

Table 5 Structure and community of aquatic worms in ditch according to seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Season	Richness	Evenness	Diversity
Summer	0.22	0.58	0.64
Rainy	0.21	0.32	0.35
Winter	0.20	0.11	0.12

Table 6 Structure and community of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Seasons & Sampling Stations	Richness	Evenness	Diversity
Summer St 1st	0.28	0.66	0.73
Summer St 2nd	0.26	0.76	0.84
Summer St 3rd	0.12	0.60	0.42
Rainy St 1st	0.26	0.45	0.49
Rainy St 2nd	0.25	0.56	0.61
Rainy St 3rd	0.11	0.24	0.17
Winter St 1st	0.24	0.19	0.20
Winter St 2nd	0.23	0.21	0.23
Winter St 3rd	0.11	0.01	0.01

Table 7 Similarity index of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Season	Mar_st.1	Mar_st.2	Mar_st.3	Jul_st.1	Jul_st.2	Jul_st.3	Nov_st.1	Nov_st.2	Nov_st.3
Mar_st.1									
Mar_st.2	80.65								
Mar_st.3	63.00	78.47							
Jul_st.1	84.60	86.65	78.67						
Jul_st.2	80.18	90.29	83.46	91.25					
Jul_st.3	53.31	61.56	80.67	67.51	69.93				
Nov_st.1	71.55	72.31	87.87	83.49	82.26	77.50			
Nov_st.2	65.03	70.83	87.07	79.76	79.99	87.51	89.98		
Nov_st.3	40.26	45.07	64.09	52.22	53.30	84.88	67.40	72.67	

Table 8 Analysis similarity percentage of community of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Arrangement	Average Similarity %	Average Abundance %	Contribution %	Cumulative %
group 1	80.35			
Aeolosoma sp.	53.84	49.01	67.01	67.01
Branchiura sowerbyi	20.07	18.26	24.98	91.99
group 2	84.88			
Aeolosoma sp.	81.32	97.8	95.8	95.8

Table 9 Analysis dissimilarity percentage of community of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Arrangement	Group 1 Average	Group 2	Average Dissimilarity%	Contribution %	Cumulative %
Group 1 and 2 had valuable average dissimilarity percentage 36.21					
Aeolosoma sp.	49.01	97.8	27.01	74.57	74.57
Branchiura	18.26	10.96	5.07	13.99	88.56
Nais sp.	7.46	0	4.14	11.44	100

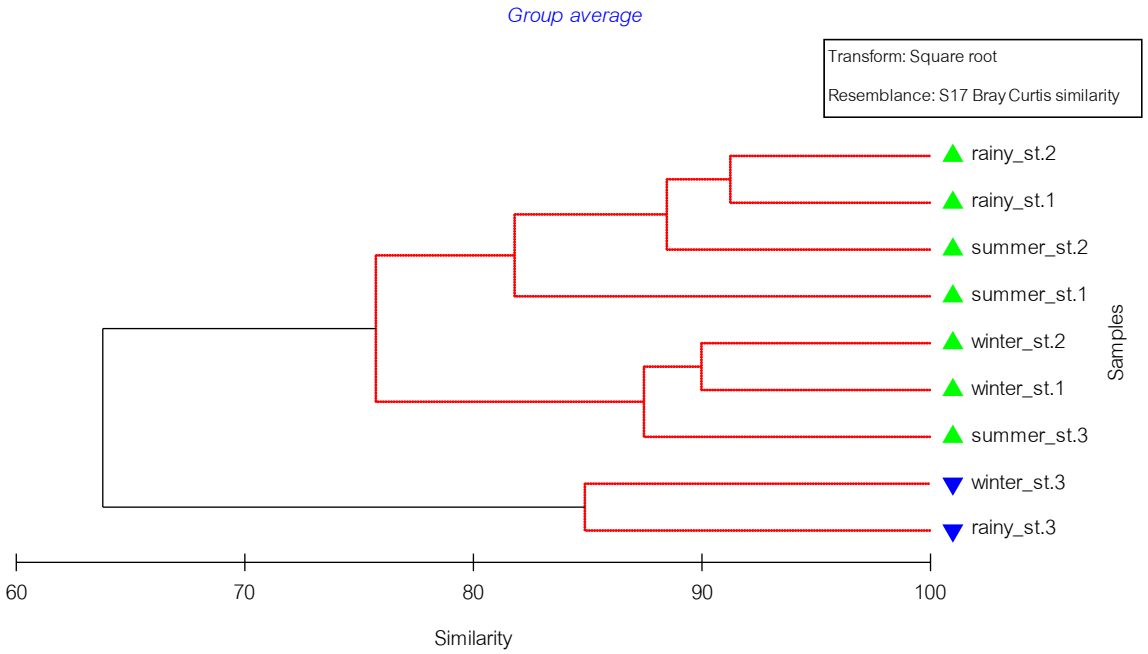

Figure 2 Group arrangement of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

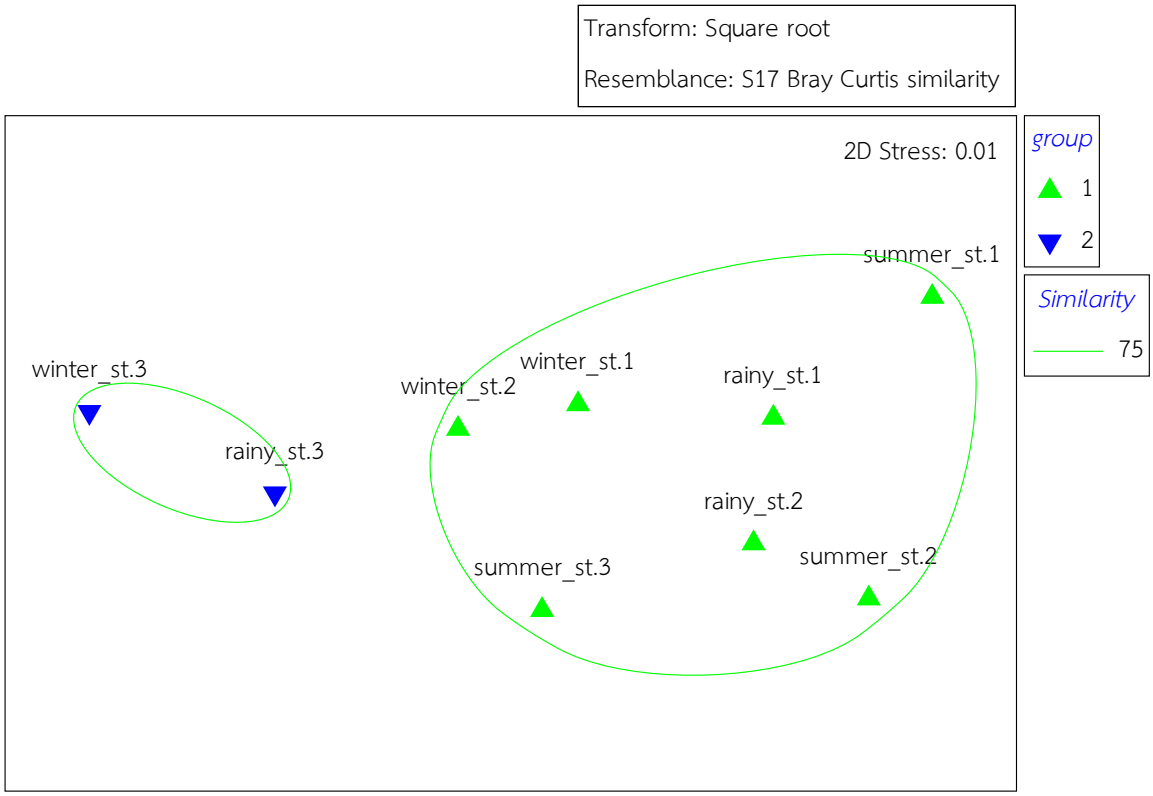

Figure 3 Distribution of group arrangement of aquatic worms in ditch according to sampling stations and seasons (Chiang Mai, THAILAND)

Discussions and Conclusions

Abundance of benthic fauna depends on its surrounding environment such as property of water, mineral, bottom of water. Almost benthic fauna were lived plentifully in clean water without decay except some species can live in the decayed environment. (Siri *et al.*, 1976) Species diversity index of benthic fauna showed a relationship between species and quantity of benthic fauna in source of water. Under suitable environment, an index value was high showing that the environment had plentiful of benthic fauna and each species had amount resemblance. On the other hand, under inappropriate environment or polluted water, an index was low showing that environment had few benthic fauna and each species had different amounts. (Bung-on, 1996) Similarity index was determined in community of living things to compare between 2 areas for observing benthic fauna in 2 areas whether had resemblance or different or not. General similarity index will be high when comparing in the resemblance area. (Tudorancea *et al.,* 1979)

From the results, it can be concluded that *Aeolosoma* sp. was distribution in public abundance through all year, it was found to be the most in winter station 3rd and the least in summer station 1st. When considered according to season found *Aeolosoma* sp. was the most in winter which resembled with research of Veerasak (2000) studying abundance and distribution of benthic fauna in Tajin River found aquatic worms which were found the most in the winter especially November. When considered according to sampling station, it was found *Aeolosoma* sp. to be the most in station 3rd.

Acknowledgments

This study was supported by ARDA; Agricultural Research Development Agency (Public Organization).

References

Brinkhurst, R.O. 1971. A Guide for the Identification of British Aquatic Oligochaeta. University of Toronto, 53 p.

Brinkhurst, R. O. and K. E. Chua. 1969. Preliminary investigation of the exploitation of some potential nutritional resources by three sympatric tubicid oligochaetes. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 26, 59-68.

Bung-on, T. 1996. Water quality, species and quantity of benthic fauna in Mae Kong River. Master degree, Kasetsart University, Bangkok. 142 p. [in Thai]

Clarke, K. R. and R. M. Warwick. 1994. Change in Marine Community: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.

Densem, J. W. 1982. Growth studies of *Tubifex tubifex* (Oligochaeta: Tubificidae) on sewage sludge. Ph.D. thesis, University of Wales, UK,

Edmonson, W. T. 1963. Freshwater Biology. John.Willey & Sons Inc., New York, 1248 p.

Elissen, H.J.H. 2007. Sludge reduction by aquatic worms in wastewater treatment with emphasis on the potential application of *Lumbriculus variegates*. Ph.D. thesis Wageningen University, The Netherlands, 192 p.

Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: A primer on methods and Computing. New York: John Wiley & Sons.

Ratsak, C. H. and J. Verkuijlen. 2006. Sludge reduction by predatory activity of aquatic oligochaetes in wastewater treatment plants: science or fiction. Hydrobiologia, 564, 197-211.

Tudorancea, C., R. H. Green and J. Huebner. 1979. Structure, dynamics and production of the benthic fauna in Lake Manitoba. Hydrobiology, 64, 59-95.

Tukvinad, S., S. Sudja, P. viruch, A. woravit, N. Jaruwat and P. Patnuch. 1976. Property Survey and combine result of water for living of benthic fauna in Thajin River. Bangkok: Department of fisheries.

Suatao, V. 2000. Abundance and distribution of benthic fauna in Tajin River. Master Degree, Kasetsart University, THAILAND.

Washington, H. G. 1984. River of diversity, biotic and similarity indices. *Water Res*, 18(6), 653-694.

Wavre, M. and R. O. Brinkhurst. 1971. Interactions between some tubificid oligochaetes and bacteria found in the sediments of Toronto Harbour, Ontario. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 28, 335-41.

การประเมินลักษณะทางสัณฐานและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของปลาเสือตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus* (Roberts & Kottelat, 1994)) กับชนิดที่อยู่ในสกุล *Datnioides* Bleeker, 1853 โดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี

Evaluation of Morphometric Characteristics and Genetic Relationship of Northeastern Siamese Tigerfish (*Datnioides undecimradiatus* (Roberts & Kottelat, 1994)) with Other Species in the Genus *Datnioides* Bleeker, 1853 Using RAPD markers

สุริยา อุดด้วง[1] และ ธนาทิพย์ แหลมคม[2]

Suriya Udduang[1] and Thanatip Lamkom[2]

[1]The Student of Doctor of Philosophy Program in Agriculture, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Ubonratchathani University, 34190

[1]นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

[2]Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Ubonratchathani University, 34190

[2]สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

บทคัดย่อ

ปลาเสือตอลายเล็ก (Northeastern Siamese Tigerfish; *Datnioides undecimradiatus*) จัดเป็นปลาน้ำจืดพื้นเมืองที่มีมูลค่าจากการนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม ซึ่งถึงแม้ว่าปลาเสือตอลายเล็กจะถูกจัดจำแนกให้อยู่ใน สกุล *Datnioides* แล้วก็ตาม แต่ก็พบว่า ปลาชนิดดังกล่าวมีแนวโน้มของการเกิดความผันแปรของลักษณะภายนอกซึ่งอาจส่งผลต่อความคล้ายคลึงของลักษณะกับชนิดที่จัดอยู่ในสกุล *Datnioides* ชนิดอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยปลาเสือตออินโดนีเซีย (*D. microlepis*), ปลาเสือตอปาปัวนิวกินี (*D. campbelli*), ปลากะพงลาย (*D. polota*) และปลาเสือตอลายใหญ่ (*D. pulcher*) ซึ่งผลจากการศึกษาลักษณะสัดส่วนอวัยวะของลักษณะวัด จำนวน 25 ลักษณะ เพื่อตรวจสอบและจำแนกความแตกต่างระหว่างปลาในกลุ่มปลาเสือตอทั้ง 5 ชนิด พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มความสัมพันธ์ของลักษณะสัดส่วนอวัยวะกับชนิดของปลา ด้วยวิธี PCA พบว่า สามารถแบ่งปลาในสกุล *Datnioides* ออกได้เป็น 2 กลุ่ม อย่างชัดเจน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ปลาเสือตอปลาปัวนิวกินี, ปลากะพงลาย และปลาเสือตอลายใหญ่ ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย ปลาเสือตออินโดนีเซียกับปลาเสือตอลายเล็ก และเมื่อทำการการวิเคราะห์การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของลักษณะสัดส่วนอวัยวะด้วยวิธี Cluster Analysis พบว่า ปลาเสือตอลายเล็กมีลักษณะสัดส่วนอวัยวะที่คล้ายคลึงและถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับปลาเสือตออินโดและปลาเสือตอลายใหญ่ ส่วนผลการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างชนิดของปลาในสกุล *Datnioides* ด้วยเครื่องหมาย RAPD (randomly amplified polymorphic DNA) จำนวน 14 ไพรเมอร์ พบว่า ปลากะพงลาย เป็นชนิดที่มีค่าร้อยละของจำนวน Polymorphic band สูงที่สุด คือ 53.57% ขณะที่ชนิดที่พบ จำนวน Polymorphic band ต่ำสุด คือ ปลาเสือตออินโดนีเซีย 29.35% ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (phylogenetic tree) พบว่า ปลาเสือตอลายเล็ก เป็นชนิดที่มีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกับปลาเสือตอลายใหญ่ มากที่สุด รองลงมาเป็น ปลาเสือตออินโดนีเซีย ปลาเสือตอ

ปาป้วนิวกินี และ ปลากะพงลาย ตามลำดับ สรุปได้ว่า การศึกษาลักษณะสัดส่วนอวัยวะของลักษณะวัดร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ สามารถนำมาใช้เป็นวิธีการศึกษาการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ปลาเสือตอลายเล็ก, ลักษณะทางสัณฐาน, ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม, เครื่องหมายอาร์เอพีดี

Abstract

Northeastern Siamese Tigerfish (*Datnioides undecimradiatus*), the native freshwater species has become the valuable ornamental fish. Although the classification of this species was ranged into genus *Datnioides*, it is likely that external characteristics may be variable due to similarity with the other species, *D. microlepis*, *D. campbelli*, *D. polota* and *D. pulcher*. The present study employed 25 morphometric measurements to investigate differentiation among 5 species. Principle component analysis clearly revealed that there were 2 groups consisted of first group (*D. campbelli*, *D. polota* and *D. pulcher*) and second group (*D. microlepis* and *D. undecimradiatus*). Meanwhile, the cluster analysis differently showed that *D. undecimradiatus* was in the same group as *D. microlepis* and *D. pulcher*. Fourteen decamer random primers were amplified to investigate the genetic relationship among *Datnioides* using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD). It showed that the highest polymorphic content was presented in *D. polota* (53.57%), while the lowest polymorphic contents were found in *D. microlepis* (29.35%). The phylogenetic tree revealed the closest relationship between *D. undecimradiatus* and *D. pulcher* followed by *D. microlepis*, *D. campbelli* and *D. polota*. It is concluded that the morphometric measurements and analysis of DNA markers may support the taxonomic identification.

Keywords: Northeastern Siamese Tigerfish, Morphometric Characteristics, Genetic Relationship, RAPD Marker

Introduction

Northeastern Siamese Tigerfish (*Datnioides undecimradiatus*) belongs in order Perciformes and family Datnioididae. Its distribution was found in the Mekong river and its tributaries in northeastern of Thailand (Nong Khai, Nakorn Phanom, Mukdaharn and Ubon Ratchathani provinces). The common characteristics of this genus were black-lined body, long and hard spine of anal fin, spiny preoperculum bone and position of eyes at the middle of the head (Rainboth, 1996). With external characteristics, Northeastern Siamese Tigerfish was classified into Siamese Tigerfish (*D. pulcher*) which is the critically endangered (CR) species in the redlist and the valuable species

in ornamental market of the world. Currently, a large amount of Northeastern Siamese Tigerfish were captured to be the ornamental fish and ranked in the vulnerable (VU) species (Iucnredlist.org., 2014).

Genus *Datnioides* is composed of 5 main species; Northeastern Siamese tigerfish (*D. undecimradiatus* (Roberts and Kottelat, 1994)), Silver Tigerfish (*D. polota* Hamilton, 1822), Finescale Tigerfish (*D. microlepis* Bleeker, 1854), Newguinea Tigerfish (*D. campbelli* Whitley, 1939) and Siamese Tigerfish (*D. pulcher* (Kottelat 1998)). The limitation of taxonomic identification was presented in the grouping and scientific name. Siamese Tigerfish (*D. pulcher*) was grouped in the same species as Finescale Tigerfish (*D. microlepis*). Then it was separated into the new species (*D. pulcher*) in 1989 (Calacademy.org., 2014:online).

All *Datnioides* species are the popular ornamental freshwater fish, especially Siamese Tigerfish (*D. pulcher*) which are expensive and decrease in amount in the wild. It is considered similar in term of morphology to *D. microlepis,* a cheaper species. Both fish have been classified in the same species and used the same scientific name in the past. It is very confusing and difficult to distinguish between these two species. In addition, some of academic data related to the study of genus *Datnioides* were reported on the equal number of meristic counts including the number of dorsal fin rays, anal fin ray, gill racker and the lateral line scale between *D. pulcher* and *D. microlepis*. Consistently to results of the Karyotypes study, it was found that both *D. pulcher* and *D. microlepis* appearance as well as the structures' number of the Chromosome was equal (Pacharaphan, 2007) In contrast Dutrudi and Nontree (2014) reportedly revealed that *D. microlepis* had a more genetic similarity to *D. undecimradiatus*, compared to *D. pulcher.* There were also discrepancies in the data which could be used to identify these fish separately. The taxonomic information in morphometric measurements and genetic identification is essential. The objectives of this study was to determine the morphometric differentiation of genus *Datnioides* and genetic relationship within and among species of genus *Datnioides* using rapid amplified polymorphic DNA (RAPD) marker.

Materials and methods

Fish samples

Forty three fish samples of 5 species in *D. undecimrediatus* were collected from the lower part of Moon River and Mekong River in Ubon Ratchathani province region. The 3 samples of *D. pulcher* and 10 samples of *D. microlepis, D. campbelli* and *D. polota* were transferred from ornamental fish shops in Bangkok, Thailand. The taxonomic identification was based on Smith (1945), Rainboth (1996) and Kottelat (2001).

Morphometric studies

The standard method of characteristic measurement was based on Hubbs and Lagler (1947). The one characteristic were compared in percentage of total lengths, nineteen characteristics were compared in percentage of standard lengths and five characteristics were compared in percentage of the head length lateral as in table 1. All of 25 morphometric measurement characters were examined using correlation matrix in principle component analysis (PCA) and cluster analysis by the R program.

Genomic DNA Extraction

The 500 µl blood samples were collected from 5 species of *Datnioides*. Genomic DNA was extracted using protein precipitation method (Endlard and Seifter, 1990). Blood samples were digested with 500 µl TNES-urea buffer and 5 µl proteinase K enzyme. Genomic DNA was washed with 200 µl protein precipitation buffer, 600 µl; isopropanol and 700 µl of 70% ethyl alcohol. DNA samples were stored in 30 µl TE buffer at -20 ^{0}C until use. The 5 µl of genomic DNA was electrophored on 1% agarose gel and checked the quantity with spectrophotometry.

RAPD-PCR Analysis

The 80 pairs of universal primers were used in RAPD-PCR technique. The PCR was carried out in a final volume 10 µl. The reaction consisted of 1.0 µl of template DNA, 1x of 10x PCR buffer, 0.6 µl of 50 mM $MgCl_2$, 0.8 µl of 0.025 mM dNTPs, 10 µM primer, 0.2 µl of 500U *Taq* polymerase and 5.6 µl sterile water. The PCR was carried out on a thermal cycler, with predenaturation at 94 ^{0}C for 3 min, followed by 40 cycles of 94 ^{0}C for 30 sec, 38 ^{0}C for 30 sec, 72 ^{0}C for 1 min, and a final extension at 72 ^{0}C for 10 min. The amplified DNA fragments were analyzed using 1% agarose gel, electrophoresis checked by UV light transilluminator and documented using the gel documentation composed of dark hood and Canon camera with UV light filter.

Statistical analysis

The morphometric data were presented as mean ± standard deviation. Differences in characteristics between the different species were analyzed by one-way ANOVA and Tukey HSD multiple comparison test (R-package). Significant values were considered at $P < 0.05$. The correlation of morphometric parameters among species were analyzed in Principle Component Analysis (PCA) and cluster analysis using R package (version 2.6.1).

The polymorphic bands of RAPD were scored as presence or absence (1 or 0, respectively). The total bands, percentage of polymorphic band, polymorphic information content (PIC), allele frequency were presented. The genetic diversity was examined following Nei and Li (1979), while the genetic distance and UPGMA dendrograms were calculated following PHYLIP Version 3.5 and Nei (1978)

Results

Morphometric measurements of *Datnioides* spp.

Twenty five morphometric characters of genus *Datnioides* were examined. The highest values were LCP, BWD, BWA, PecFL, HWN, HWO and IOS in *D. polota;* HLD and ED in *D. microlepis;* HLL, PDL, PPelL, PAnalL, PAnusL, PelFBL, CFL and SNL in *D. campbelli;* CPD, DFH, PelFH and AFH in *D. undecimradiatus* and SL, BD, DFBL and AFBL in *D. pulcher*. While the lowest values were HLD, BD, CPD, DFH, AFH and SNL in *D. polota*; PAnusL, BWD, PelFBL and HWO in *D. microlepis*; SL, LCP, DFBL and AFBL in *D. campbelli*; HWN and IOS in *D. undecimradiatus* and HLL, PDL, PPelL, PAnalL, BWA, PecFL, PelFH, CFL and ED in *D. pulcher*. There were the greatest amounts of BWD, BWA, HWN, HWO and IOS in *D. polota*; PPelL, PAnalL, CFL and SNL in *D. campbelli* and DFBL in *D. pulcher*. While there were the lowest number of parameters were HLD, BD, DFH and AFH in *D. polota*; PAnusL and PelFBL in *D. microlepis* and HLL, PPelL and BWA in *D. pulcher* ($P<0.05$) (Table1). Among the 25 characters, PCA revealed the significant differentiation of genus *Datnioides*. It was placed into 2 separate groups; 3 species of *D. pulcher*, *D. campbelli*, and *D. polota* and 2 closest relationship species of *D. microlepis* and *D. undecimradiatus* have similar characters compared to the other species (Figure 1A).

Between all of *Datnioides* species, there were the 4 highly significant morphometric characters included IOS, BWA, PPelL and DFBL (Table 1 and Figure 1B).

For cluster analysis of 25 characters, grouping of genus *Datnioides* differently showed 2 separate groups; the first group: *D. campbelli* and *D. polota* and the second group: *D. pulcher*, *D. microlepis* and *D. undecimradiatus* (Figure 2).

Table1 The proportional values of morphometric measurements of 5 *Datnioides* species

Morphometric	Dmi	Dun	Dca	Dpo	Dpu
	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD	Mean± SD
(In % of TL)					
SL	84.341±0.942^{a}	83.462±0.590^{ab}	82.786± 0.383^{b}	83.624±0.807^{ab}	84.930±0.872^{a}
(In % of SL)					
HLD	33.941±0.720^{a}	31.548±0.906^{b}	31.693±0.970^{b}	22.427±0.556^{c}	33.473±0.391^{a}
HLL	41.203±0.882^{a}	40.054±0.513^{ab}	41.512±0.893^{a}	39.084±0.953^{b}	35.588±0.824^{c}
PDL	47.976±0.840^{a}	45.643±0.794^{b}	48.976±0.610^{a}	44.080±0.861^{c}	42.793±0.953^{c}
PPelL	45.037±0.694^{b}	43.445±0.734^{c}	49.337±0.535^{a}	45.131±0.845^{b}	39.339±0.408^{d}
PAnalL	72.467±0.921^{c}	74.342±0.842^{b}	76.891±0.816^{a}	74.599±0.899^{b}	72.032±0.843^{c}
PAnusL	63.962±0.936^{c}	66.439±0.397^{b}	69.702±0.874^{a}	69.204±0.904^{a}	65.864±0.362^{b}
BD	45.511±0.715^{a}	44.297±0.526^{b}	43.962±0.731^{b}	39.073±0.962^{c}	46.714±0.818^{a}
CPD	12.214±0.451^{a}	12.278±0.493^{a}	11.939±0.610^{ac}	11.538±0.256^{bc}	11.602±0.061^{ab}
LCP	13.649±0.422^{ab}	13.377±0.986^{b}	12.149±0.436^{c}	14.536±0.507^{a}	13.655±0.822^{ab}
BWD	16.562±0.467^{c}	18.506±0.298^{b}	18.764±0.926^{b}	22.031±0.573^{a}	17.200±0.262^{c}
BWA	13.374±0.468^{c}	16.131±0.684^{b}	12.712±0.484^{c}	18.546±0.411^{a}	10.921±0.890^{d}
DFH	23.138±0.753^{bc}	24.664±0.555^{a}	24.286±0.809^{ab}	16.341±0.785^{d}	21.737±0.745^{c}
DFBL	56.740±0.884^{c}	59.953±0.665^{b}	53.089±0.644^{d}	54.145±0.942^{d}	61.786±0.953^{a}
PecFL	20.760±0.776^{bc}	21.669±0.878^{ac}	21.88±0.632^{ab}	22.196±0.751^{a}	19.274±0.528^{d}
PelFH	24.907±0.676^{b}	26.612±0.954^{a}	26.432±0.846^{a}	23.472±0.925^{c}	21.832±0.642^{c}
PelFBL	6.1360±0.284^{d}	6.577±0.151^{c}	7.251±0.305^{a}	6.807±0.207^{bc}	7.053±0.086^{ab}
AFH	30.191±0.544^{ab}	30.831±0.924^{a}	28.766±0.895^{c}	26.516±0.479^{d}	28.817±0.913^{bc}
AFBL	21.491±0.728^{a}	21.289±0.737^{ab}	19.371±0.890^{c}	20.117±0.692^{bc}	22.272±0.923^{a}
CFL	19.571±0.791^{b}	19.398±0.879^{b}	23.366±0.867^{a}	19.942±0.670^{b}	18.742±0.679^{b}
(In % of HLL)					
HWN	19.108±0.460^{b}	18.499±0.371^{b}	19.401±0.452^{b}	21.412±0.812^{a}	19.277±0.250^{b}
HWO	43.893±0.716^{d}	44.806±0.539^{cd}	53.466±0.756^{b}	56.631±0.912^{a}	45.864±0.120^{c}
IOS	36.340±0.828^{c}	33.000±0.493^{d}	37.722±0.547^{b}	42.296±0.989^{a}	33.148±0.813^{d}
ED	25.432±0.530^{a}	21.836±0.437^{c}	24.452±0.807^{ab}	23.324±0.894^{b}	17.350±0.943^{d}
SNL	29.805±0.622^{b}	30.413±0.863^{b}	32.222±0.330^{a}	27.436±0.595^{c}	31.937±0.959^{a}

total length (TL), standard length (SL), head length dorsal (HLD), head length lateral (HLL), pre-dorsal length (PDL), pre-pelvic length (PPelL), pre-anal length (PAnalL), pre-anus length (PAnusL), body depth (BD), caudal peduncular depth(CPD), length of caudal peduncle (LCP), body width dorsal (BWD), body width anal (BWA), dorsal fin height (DFH), dorsal fin base length (DFBL), pectoral fin length (PecFL), pelvic fin height (PelFH), pelvic fin base length (PelFBL), anal fin height (AFH), anal fin base length (AFBL), caudal fin length (CFL), head width nare (HWN), head width opercle (HWO), interorbital space (IOS), eye diameter (ED) and snout length (SNL)

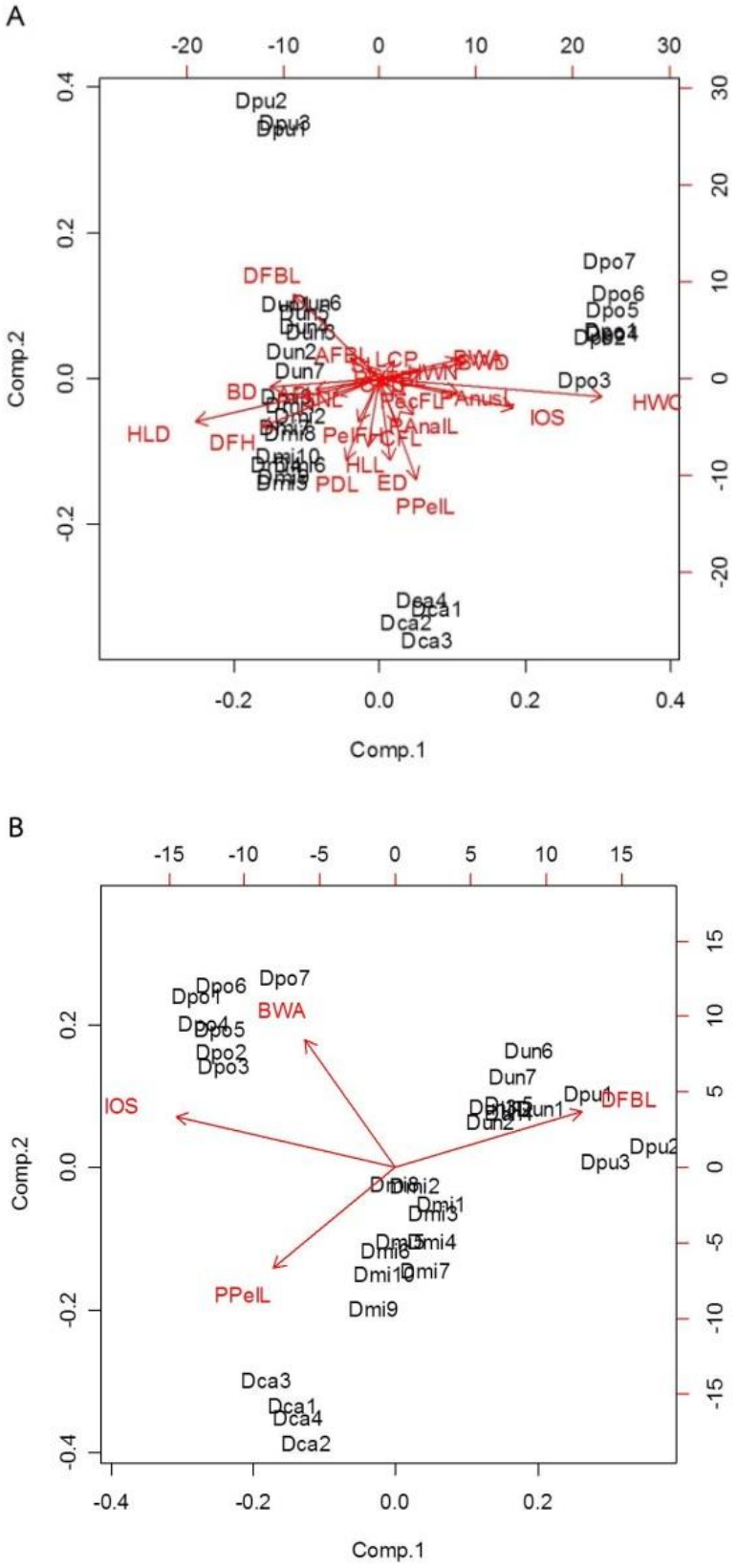

Figure1 PCA plot of morphometric parameters (A) 25 morphometric characters and (B) the 4 significant morphometric characters between all of *Datnioides* species

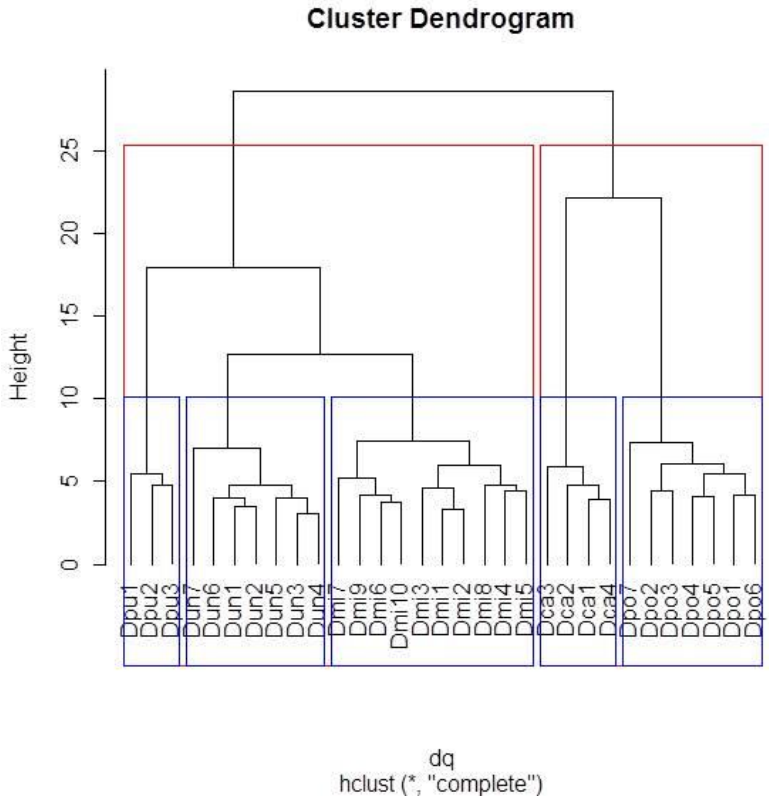

Figure 2 Cluster analysis dendrogram based 25 morphometric characters of 5 Datnioides's species: Dpu=*D. pulcher*, Dca=*D. campbelli*, Dun=*D. undecimradiatus*, Dmi=*D. microlepis* and Dpo=*D. polota*

Genetic differentiation of genus *Datnioides*

From 80 pairs of primer in RAPD technique, only 14 pairs of primer showed the 398 polymorphic bands in genus *Datnioides* (Figure 3). The greatest polymorphic bands were found in *D. polota* (45 bands; 53.57 %) followed by *D. undecimradiatus* (41 bands; 46.07 %), *D. pulcher* (23 bands; 38.98 %), *D. campbelli* (28 bands; 37.84 %) and *D. microlepis* (27 bands, 29.35 %) (Table 3). The average polymorphism information content of genus *Datnioides* reached 0.74, while the average allele frequencies ranged between 0 to 0.38.

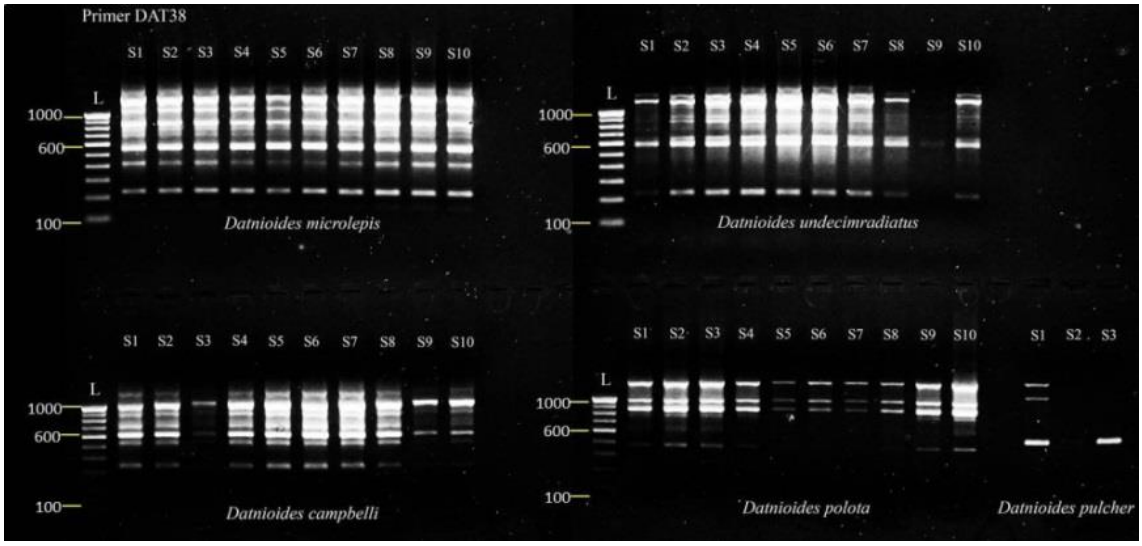

Figure 3 RAPD pattern with Primer DAT38 of 5 *Datnioides* species on the 1% agarose gel electrophoresis (100V-90min.). L=100 bp ladder, S=Numbers of sample

The genetic relationship of genus *Datnioides* was allocated into different clusters using UPGMA dendrogram. The cluster showed the close relationship of *D. undecimradiatus* and *D. pulcher* followed by *D. microlepis*, *D. campbell* and *D. polota* (Figure 4).

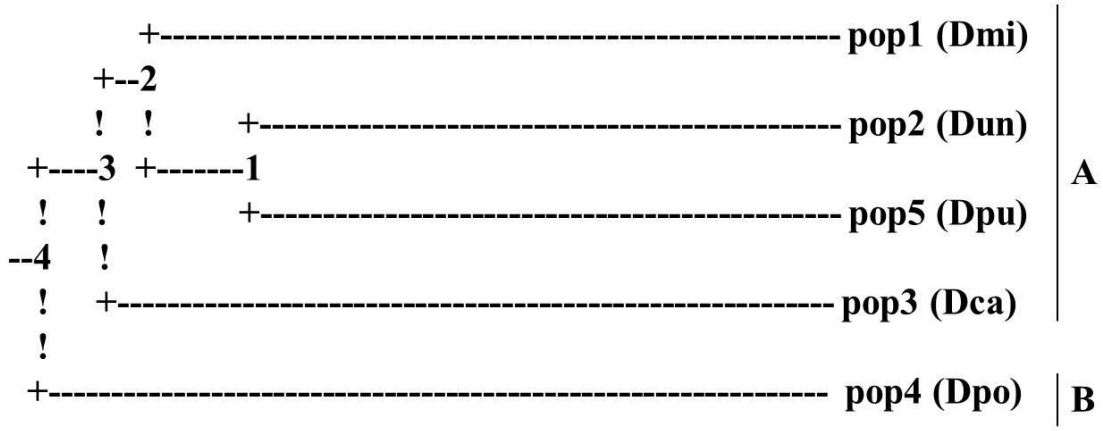

Figure 4 UPGMA dendrogram based on Nei's Genetic distance

Conclusions and Discussion

The results of morphological characteristics measured in this study which were educational methods and were suitable for practical applications, especially with alive fish revealed the measured proportions of the morphometric characteristics. These were analyzed for their relationships with fish species by both PCA method and Cluster analysis. The results revealed that the *D. microlepis* had the same proportions of morphometric and related to *D. undecimradiatus* more

than *D. pulcher*. The Eco-morphometric data can be used to distinguish between *D. pulcher* and *D. microlepis*.

RAPD technique has been shown the significant difference in allelic frequency and polymorphic content among genus *Datnioides*. The greatest allelic frequency overall loci was found in *D. microlepis*. The allelic frequency of *D. microlepis* (0.239), *D. undecimradiatus* (0.221) and *D. polota* (0.214) showed higher values than *D. Campbell* (0.185) and *D. pulcher* (0.142). RAPD marker revealed to detect the genetic diversity of genus *Datnioides*. Several studies reported to monitor the genetic diversity and distance using RAPD technique e.g. eight cyprinid fish species included *Barbus xanthopterus*, *B. kersin*, *B. barbulus*, *B. grypus*, *B. sharpeyi*, *B. luteus*, *Aspius vorax* and *Cyprinus carpio* (Mustafa *et al*., 2012); *Rasbora sumatrana*, *R. paucicerforata*, *R. enthovaneii* and *R. cephalotaenia* (Zohrah, 2002); *Clinostomum complanatum* and *Neutraclinostomum intermedialis* (Grobler *et al.,* 1999); Indian Coldwater Fishes (Sivaraman *et al*., 2010); six Labeo species (Paramananda *et al*., 2005); five Indian sciaenids (Wazir *et al*., 2007); and four fish species (*Pimelodus maculatus, Prochilodus lineatus, Salminus brasiliensis* and *Steindachneridion scripta*) (Micheline *et al.,* 2006)

The genetic distance and phylogenetic analysis of RAPD marker demonstrated significant difference among *Datnioides*. The lowest genetic distance was found between *D. pulcher* and *D.undecimradiatus*. Both of them was close to *D. microlepis*. These results were presented slightly differences from clustering analysis using morphometric measurements which showed close relationship of *D. undecimradiatus* and *D. microlepis* and next to *D. pulcher.*

This phenomenon may be attributed to representatives of morphometric parameters and number of fish samples in RAPD analysis. Arulraj *et al.* (2011) reported the morphometric measurements and genetic diversity of genus *Garra* using RAPD marker and found that both methods can detect the genetic distance and higher relationship of *G. mullya* and *G. kalakadensis* than *G. gotyla stenorhynchus*. In addition, there was reported to Combining Morphology and Genetics in Resolving Taxonomy- A Systematic Revision of Spined Loaches (Ivana *et al*., 2014); Morphometric and Genetic Analyzes of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) (Jayasankar *et al*., 2004) and Morphometric and Genetic Variations of *Etroplus suratensis* (Bloch) (Dhanya *et al.,* 2013). All of this study founded that the morphometric measurements methods and RAPD technique can detect the genetic distance and relationship of that fishes.

The morphometric measurements are essential to identify initially the genus *Datnioides* through principle component and clustering analysis. In case of genus *Datnioides*, *D. pulcher* has been grouped to be the rare (critically endangered) species, while *D. undecimradiatus* has been

reported to be valuable species. It is difficult to sacrifice or investigate in the internal fragment of head and body. There for molecular technique with DNA marker can be useful that clarify and present genetic variability.

References

Arulraj D., Nabeel M.A., Selvaraj C., Ramaiya S., Murugaiyan K., Ramadoss R., and Subramanian M. 2011. Assessment of Morphometric and Genetic Variation in Three Freshwater Fish Species of the Genus *Garra* (*Osteichthyes: Cyprinidae*). Notulae Scientia Biologicae; 3(1): 12-16.

Calacademy.org. Catalog of Fishes. [Online] Available from http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp. [2014, March 28]

Dhanya A.M., Remya M., and Biju K.A. 2013. Morphometric. And Genetic Variations of *Etroplus suratensis* (Bloch) (Actinopterygii: Perciformes: Cichidae) form Two Tropical Lacustrine Ecosystems, Kerala, India. Journal of Aquatic Biology & Fisheries; 1(1&2): 140-150.

Dutrudi P. and Nontree P. 2014. DNA barcoding for identification of fish species in family Datnioididae. Khon Kaen Agr. J. 42 Suppl. (1): 742-748 [in Thai]

Englard, S. and Seifter, S. 1990. Precipitation techniques. Meth. Enzymol. 182: 287-300.

Grobler, J.P., Mokgalong, N.M. and Saayman, J.E. 1999. Genetic divergence between two clinostomatid fish endoparasites, inferred from allozyme and RAPD data. South African Journal of Zoology; 34(3): 135-139.

Hubbs, C.L. and Lagler, K.F. 1947. Fishes of the Great Lake region. Cranbrook Institute of Science. Bulletin. 26: 1-213.

Iucnredlist.org. The IUCN Red List of Threatened Species. [Online] Available from http://www.iucnredlist.org/details/180969/0. [2014, March 28]

Ivana, B., Radek, S., Zoran M., Marko, C. and Milorad, M. 2014. Combining Morphology and Genetics in Resolving Taxonomy–A Systematic Revision of Spined Loaches (Genus Cobitis; Cypriniformes, Actinopterygii) in the Adriatic Watershed. Taxonomic Revision of the Adriatic Spined Loaches; 9(6): 1-25

Jayasankar, P., Thomas, P.C., Paulton, M.P. and Mathew, J. 2004. Morphometric and Genetic Analyzds of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) from Peninsular India. Asian Fisheries Science; 17: 201-215.

Kottelat, M. 2001. Fishes of Laos. Colombo: Wildlife Heritage Trust.

Micheline, S.R., Mariela, A.K., Samira, M., Alex P.O.N., Evoy, Z.F. and Ana, C.M. A. 2006. Genetic Variability in Four Fish Species (*Pimelodus maculatus*, *Prochilodus lineatus*, *Salminus brasiliensis* and *Steindachneridion scripta*) from Uruguay River Basin. Brazilian Archives of Biology and Technology; 49(4): 589-598

Mustafa, S.F., Najah, A.H. and Adnan, I.B. 2012. DNA Fingnerprinting of Eight Cyprinid Fish Species of Iraqi Inland Waters Using RAPD-PCR Technique. Advances in Life Sciences. 2(2): 9-16

Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distances from small number of individuals. Genet; 89: 583-590

Nei, M. and Li, W.H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 76: 5269-5273.

Paramananda, D., Harendra, P., Prem, K.M., Ashoktaru, B. and Ranjit, K.J. 2005. Evaluation of genetic relationship among six *Labeo* species using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD). Aquaculture Research; 36 564-569.

Patcharaphan, K. 2007. Karyotypes of Tiger Fishes, *Coius microlepis*, *C. undecimradiatus* and C. *quadrifasciatus* (Family Coiidae). Master thesis, M.Ed. (Biology). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. [in Thai]

Rainboth, W.J. 1996. Fish of the Cambodian Mekong. Department of Biology and Microbiology. University of Wisconsin Oshkosh, Wisconsin.

Sivaraman, G.K., Barat, A., Ali, S., Pandey, N.N., Joshi, K.D. and Mahanta, P.C. 2010. An Analysis of Genetic Diversity Among Indian Coldwater Fishes (Pisces:Cyprinidae) Using RAPD Markers. The IUP Journal of Genetics& Evolution; 3(2): 31-40

Smith, H.M. 1945. The Fresh-water Fishes of Siam, or Thailand. USA: United States Government Printing office, Smithsonion Institution Bulletin 188, Washington D.C.

Wazir, S.L., Goswami, M., Mohindra, V., Lal, K.K., and Punia, P. 2007. Molecular identification of five Indian sciaenids (pisces: perciformes, sciaenidae) using RAPD markers. Hydrobiologia; 583: 359-363.

Zohrah, H.S. 2002. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Fingerprinting of Merimbun's *Rasbora* (Pisces:Cyprinidae):Implications for Their Genetic Distance, Genetic Polymorphism, and Evolutionary Divergence. Bruneiana: Anthology of Science Articles 3: 28-33.

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบก (หอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*)) บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

The Application of Geoinformatics for Evaluating Suitable Area for Land Snails (*Cyclophorus* spp. and *Hemiplecta distincta*) in Eastern Thailand

ฐิติมา ช่องตะคุ[1*], สยาม อรุณศรีมรกต[1], นิวุฒิ หวังชัย[2], และกฤษนัยน์ เจริญจิตร[3]

Thitimar Chongtaku[1]*, Sayam Aroonsrimorakot[1], Niwooti Whangchai[2], and Kitsanai Charoenjit[3]

[1]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 73170

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakorn Pathom, Thailand 73170

[2]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[3]คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 20131

Faculty of Geoinformatics, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

* thitimartennis@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัยและวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อที่อยู่อาศัยของหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยโดยใช้เครื่องมือภูมิสารสนเทศศาสตร์ จากการวิเคราะห์ปัจจัยกายภาพ ได้แก่ ความสูงของพื้นที่ ธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ ป่าไม้ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ร่วมกับปัจจัยกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ผลการศึกษาพบว่า ภาคตะวันออกมีพื้นที่เหมาะสมมาก เท่ากับ 4,246,000 ไร่ พื้นที่เหมาะสมปานกลาง เท่ากับ 1,055,256 ไร่ และพื้นที่เหมาะสมน้อย เท่ากับ 377,667 ไร่ และจากการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้งหมด 32 พื้นที่ พบหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) จำนวน 1,905 ตัว และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) จำนวน 619 ตัว ซึ่งความถูกต้องของแบบจำลองมีค่าร้อยละ 93 ของตัวอย่างหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และร้อยละ 87 ของตัวอย่างหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*)

คำสำคัญ: หอยทากบก หอยหอม หอยเดื่อ เทคนิคการประเมินพื้นที่เหมาะสม ภูมิสารสนเทศศาสตร์

Abstract

This study aimed to evaluate a suitable area and to study the land use that affected *Cyclophorus* spp. and *Hemiplecta distincta* in Eastern Thailand. Geoinformatics tools were used in the study which based on 7 physical factors of habitats (elevation, landform, geology, water resource, forest, temperature, and relative Humidity). The results showed that Eastern Thailand had a high suitable area 4,246,000 rai, moderately for 1,055,256 rai, and low for 1,055,256 rai. According to the result, all 32 field sites were collected and there were 1,905 *Cyclophorus* spp. and 619 *Hemiplecta*

distincta. The overall accuracy of the model was 58 percent of *Cyclophorus* spp. and 68 percent *Hemiplecta distincta*.

Keywords: Land Snails, *Cyclophorus* spp., *Hemiplecta distincta*, Potential Surface Analysis, Geoinformatics

บทนำ

หอยทากบก (Terrestrial gastropods หรือ Land snail) เป็นหอยอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาบริโภคตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์โดยเฉพาะหอยทากบกสายพันธุ์ *Theba Pisana Otala Lactea* และ *Helix Aspersa* ที่นำมาทำเมนูเอสคาโก (Escargot) เนื่องจากเนื้อหอยทากบกมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนคล้ายกับเนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อวัว ให้แร่ธาตุและวิตามินที่เพียงพอต่อปริมาณร่างกายมนุษย์ต้องการบริโภคต่อวัน มีปริมาณกรดไขมันและคอเลสเตอรอลน้อยกว่าเนื้อสัตว์ปีกและหมู (FAO, 2013) (Press Association, 2016) และการกระจายตัวของหอยทากบกพบได้ทั่วโลก พบว่ามีจำนวนมากถึง 50,000 ชนิด แต่ละแห่งต่างกันที่ชนิด (Species) สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับหอยทากบกทั้งด้านความหลากหลายของชนิด ความชุกชุม และการกระจายตัวพบว่ามีจำนวนมากถึง 600 ชนิด (Boon-ngam *et al*., 2010); (PORTUGALPRESS, 2015)

หอยทากบกอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา (Mollusca) ชั้นหอยฝาเดียว (Gastropods) ซึ่งเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มเดียวของไฟลัมมอลลัสกาที่ประสบความสำเร็จในการวิวัฒนาการขึ้นมาอาศัยอยู่ในระบบนิเวศบก หอยทากบกอาศัยอยู่ทั้งบนพื้นดิน ใบไม้ และต้นไม้ ร่างกายของหอยทากบก ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนลำตัวที่สามารถยื่นออกมานอกเปลือกได้ บริเวณนี้จะมีหนวด(Tentacles) ที่ทำหน้าที่รับสารเคมี ติดตามเหยื่อหาคู่ผสมพันธุ์ และมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย และระบบสืบพันธุ์ และส่วนเท้าทำหน้าที่ช่วยให้ตัวหอยเคลื่อนตัวโดยมีต่อมเมือก (Mucus) ขับสารที่ช่วยให้ลื่นและเคลื่อนที่ง่ายขึ้น โดยทั่วไปชั้นหอยฝาเดียวมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีฝาปิดเปลือก (Prosobranchia) หอยชนิดนี้จะมีฝาปิดเปลือก (operculum) และหายใจด้วยเหงือก และกลุ่มที่ไม่มีฝาปิดเปลือก (Pulmonata) ซึ่งเป็นหอยที่วิวัฒนาการของอวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซคล้ายกับสัตว์บกทั่วไป (Sutcharit and Panha, 2008)

ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติชีวภาพเป็นอย่างมาก ประมาณการว่ามีจำนวนมากถึงร้อยละ 8.9 ของจำนวนสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่ปัจจุบันพื้นที่ตามธรรมชาติได้ถูกรุกรานจากกิจกรรมมนุษย์เพื่อนำทรัพยากรไปใช้ในการพัฒนาประเทศ ส่งผลให้พืชและสัตว์หลายกลุ่มอยู่ในสภาพถูกคุกคามเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์เป็นอย่างยิ่ง สัตว์กลุ่มหอย (Mollusca) มีจำนวนชนิดมากเป็นอันดับสองรองจากแมลงก็ได้รับผลกระทบจากการกระทำดังกล่าวเช่นกัน ซึ่งหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) เป็นสัตว์ในกลุ่มหอยที่เป็นตัวชี้วัดความหลากหลายเชิงนิเวศวิทยา และมีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหาร เนื่องจากเป็นผู้บริโภคพืช เศษซากใบไม้และขอนไม้ในป่า แต่ปัจจุบันสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง กิจกรรมของมนุษย์บุกรุกพื้นที่ป่า ปัญหาด้านมลพิษ ภัยพิบัติต่างๆ ส่งผลปริมาณป่าลดลง ฤดูกาลแห้งแล้งที่ยาวนาน ปัจจัยเหล่านี้กระทบต่อหอยทากบกทั้งสองชนิดเนื่องจากหอยทากบกมีข้อจำกัดเรื่อง

ที่อยู่อาศัย และชนิดอาหารที่กิน อีกทั้งออกไข่แต่ละครั้งจำนวนน้อยทำให้หอยทากบกลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว และอยู่ในภาวะวิกฤติใกล้สูญพันธุ์ จึงจำเป็นต้องดำเนินการสำรวจและศึกษาอย่างเร่งด่วน เพื่อให้ทราบข้อมูลแหล่งที่อยู่อาศัยและปริมาณหอยทากบกทั้งสองชนิด (Boon-ngam *et al.*,2010; Tumpeesuwan, 2007)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพื้นที่แหล่งที่อยู่อาศัยและสำรวจจำนวนของหอยในกลุ่มหอยทากบก คือ หอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จากการประยุกต์ใช้เครื่องมือภูมิสารสนเทศศาสตร์ เพื่อแสดงบริเวณพื้นที่เหมาะสมต่อที่อยู่อาศัยของหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) ตามปัจจัยด้านแหล่งที่อยู่อาศัย และวิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบกและปริมาณของหอยทากบกทั้งสองชนิดและจัดประเภทพื้นที่ตามช่วงระดับมาก ปานกลางและน้อย ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการแหล่งทรัพยากร การอนุรักษ์ การวางแผนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินพื้นที่เหมาะสมต่อที่อยู่อาศัยของหอยทากบก ทั้งชนิดหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และชนิดหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยโดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมมาก พื้นที่เหมาะสมปานกลาง และพื้นที่เหมาะสมน้อย โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Potential Surface Analysis (PSA) (Henk, 1983) ดังสมการที่ 1 เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ตามปัจจัยทางกายภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยหอยทากบกที่คัดเลือกจากการทบทวนวรรณกรรม เนื่องจากยังไม่พบการกำหนดปัจจัยด้านแหล่งที่อยู่อาศัยทั้งหมดมาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกปัจจัยกายภาพทั้งหมด 7 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงของพื้นที่ ธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ ป่า และความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นปัจจัยทั้งหมดถูกกำหนดคะแนนค่าน้ำหนักและความสำคัญจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่านที่คัดเลือกจากการสุ่มแบบเจาะจงจากคุณสมบัติจากผู้ที่เชี่ยวชาญด้านสังขวิทยา ชีววิทยา นิเวศวิทยาและสัตววิทยา เมื่อทราบข้อมูลคะแนนเฉลี่ยค่าน้ำหนักและความสำคัญปัจจัยจะนำมาวิเคราะห์พื้นที่ในโปรแกรม Arc GIS 10.4 และคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อแบ่งลำดับชั้นพื้นที่เหมาะสม

$$\text{Suitability Area (S)} = (R_1 \times W_1) / 100 + (R_2 \times W_2) / 100 + (R_n \times R_n) / 100 \quad (1)$$ (Henk, 1983) (สมการที่ 1)

โดย S คือ พื้นที่เหมาะสม

R คือ ค่าอันดับของแต่ละปัจจัย

W คือ ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

การแบ่งช่วงชั้นของพื้นที่เหมาะสมและจำนวนหอยทากบกเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองพื้นที่เหมาะสมและจำนวนหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) ที่พบในพื้นที่สำรวจโดยคำนวณจากสมการที่ 2, 3, และ 4 ดังนี้

- พื้นที่เหมาะสมมาก (S1) $S1 > \bar{X} + S.D$ (สมการที่ 2)
- พื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) $\bar{X} - S.D \geq S2 \leq \bar{X} + S.D$ (สมการที่ 3)
- พื้นที่เหมาะสมน้อย (S3) $S3 < \bar{X} - S.D$ (สมการที่ 4)

เมื่อวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมต่อที่อยู่อาศัยของหอยทากบกทั้ง 2 ชนิดจากปัจจัยทางกายภาพข้างต้นแล้ว การศึกษาครั้งนี้นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกิจกรรมมนุษย์ ปี พ.ศ. 2556 จากกรมพัฒนาที่ดินที่ส่งผลต่อแหล่งที่อยู่อาศัยหอยทากบกมาพิจารณาร่วมด้วยโดยทำการกันเขต (Buffering) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up) พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด(Miscellaneous) ออกจากพื้นที่ทั้งหมด จากนั้นสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามของหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) บริเวณภาคตะวันออกในช่วงเดือนกันยายน 2559 – มีนาคม 2560 โดยใช้วิธีการสุ่มเลือกพื้นที่ให้ครอบคลุมบริเวณเหมาะสมทั้ง 3 รูปแบบจากการกำหนดโควตาพื้นที่เหมาะสมมาก ปานกลางและน้อย จำนวน 18, 7 และ 7 พื้นที่ ตามลำดับ โดยรวมทั้งหมด 32 พื้นที่และตีแปลงสำรวจ (Quadrant) ขนาด 400 ตารางเมตร ตามวิธีประยุกต์จาก A square kilometer (Tumpeesuwan, 2007) โดยใช้ผู้สำรวจจำนวน 5 คน เวลาสำรวจ 30 นาที บริเวณที่หอยทากมักอาศัยและหลบซ่อนตัวอยู่ เช่น พื้นดิน ใต้เศษใบไม้ที่ร่วงหล่นบนพื้นดิน ขอนไม้ และนับจำนวนหอยแต่ละชนิดทั้งแบบมีชีวิตและเปลือกที่พบทั้งหมดในแปลงสำรวจ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาจากการให้ค่าคะแนนน้ำหนักและความสำคัญของปัจจัยกายภาพจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าปัจจัยความสูงของพื้นที่ ธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ ป่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีคะแนนเท่ากับ 11, 16, 18, 3, 32, 9, และ 11 ตามลำดับ และการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบกตามสมการที่ 2, 3, และ 4 เพื่อแบ่งช่วงชั้นพื้นที่เหมาะสมแสดงผลดังตารางที่ 1 และผลการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาบริเวณภาคตะวันออกมีพื้นที่ทั้งหมด 5,678,923 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ เหมาะสมมาก 4,245,999,92 ไร่ พื้นที่เหมาะสมปานกลาง 1,055,256 ไร่ และเหมาะสมน้อย 377,667 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมมากของภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 1,231,003 ไร่ รองลงมาบริเวณจังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 905,220 ไร่ และจังหวัดสระแก้ว จำนวน 882,835 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมปานกลาง มากที่สุดได้แก่ จังหวัดนครนายก เท่ากับ 379,125 ไร่ รองลงมา จังหวัดจันทบุรี เท่ากับ 192,107 ไร่ และจังหวัดสระแก้ว เท่ากับ 163,603 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่เหมาะสมน้อยที่สุด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา เท่ากับ 82,239 ไร่ รองลงมา คือ จังหวัดจันทบุรี เท่ากับ 61,964 ไร่ และจังหวัดชลบุรี เท่ากับ 52,684 ไร่ โดยข้อมูลพื้นที่เหมาะสมแต่ละจังหวัดของภาคตะวันออกแสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1 และจากการเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวนพื้นที่ พบว่ามีปริมาณหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) จำนวน 1,905 ตัว และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) จำนวน 619 ตัว แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2 (a) และ (b) ซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่เหมาะสมมาก จำนวน 18 จุด พบหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) จำนวน 1,634 ตัว และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) จำนวน 438 ตัว พื้นที่เหมาะสมปานกลาง จำนวน 7 จุด พบหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) จำนวน 227 ตัว และหอยเดื่อ

(*Hemiplecta distincta*) จำนวน 119 ตัว และพื้นที่เหมาะสมน้อย จำนวน 7 จุด พบหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) จำนวน 44 ตัว และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) จำนวน 62 ตัว

เมื่อเก็บข้อมูลหอยทากบกทั้งสองชนิดในพื้นที่และนำมาแบ่งช่วงชั้นจำนวนของหอยทั้งสองชนิดที่เป็นตัวแทนช่วงจำนวนหอยทากบกตามประเภทพื้นที่เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง และเหมาะสมน้อย อีกทั้งแบบจำลองการประเมินพื้นพื้นที่เหมาะที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงความสอดคล้องของแบบจำลองและหอยทากบกที่พบในที่สำรวจ มีค่าเท่ากับร้อยละ 58 ของตัวอย่างหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และร้อยละ 68 ของตัวอย่างหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) แสดงดังตารางที่ 3

Table 1 The amount of suitable area for Land Snail buffering the human activities in Eastern Thailand.

No.	Provinces	Suitable area					
		High (69.80 – 97.6 score)		Moderately (39.03 – 69.79 score)		Low (3.43 – 39.02 score)	
		Amount (rai)	%	Amount (rai)	%	Amount (rai)	%
1	Chachoengsao	479,053.47	11	62,674.63	0.6	82,239.73	22
2	Chanthaburi	1,231,003.79	29	192,107.39	18	61,964.39	16
3	Chonburi	263,540.29	0.6	35,585.14	0.3	52,684.85	14
4	Nakorn Nayok	191.10	0.1	379,125.95	36	29,976.58	0.8
5	Prachinburi	905,220.28	21	51,164.93	0.5	42,025.87	11
6	Rayong	161,488.82	0.4	51,501.32	0.5	49,980.12	13
7	Sa Kaeo	882,835.55	21	163,603.17	16	22,996.08	0.6
8	Trat	322,666.62	0.8	119,494.04	11	35,799.46	0.9
Total		**4,245,999.92**	**100**	**1,055,256.56**	**100**	**377,667.10**	**100**

Table 2 The population of *Cyclophorus* spp. and *Hemiplecta distincta* in field measurement.

No	Training Area	Suitable Area Type			Coordinates		Amount (n)	
		High	Moderately	Low	Longitude	Latitude	*Cyclophorus* spp.	*Hemiplecta distincta*
1	Station 01				803740.0595	1412720.027	2	0
2	Station 02				805736.8399	1426517.574	0	0
3	Station 03				781635.9688	1452287.748	65	0

Table 2 The population of *Cyclophorus* spp. and *Hemiplecta distincta* in field measurement (cont.)

No	Training Area	Suitable Area Type			Coordinates		Amount (n)	
		High	Moderately	Low	Longitude	Latitude	*Cyclophorus* spp.	*Hemiplecta distincta*
4	Station 04				781634	1455429	18	48
5	Station 05				781199.2864	1455403.928	74	39
6	Station 06				781537.2284	1456244.099	32	14
7	Station 07				750109.3182	1585408.132	37	7
8	Station 08				748753.0453	1586046.53	35	10
9	Station 09				745240.996	1580893.213	31	19
10	Station 10				743246.272	1578270.466	5	4
11	Station 11				745679.2343	1576244.738	9	1
12	Station 12				743294.8199	1576091.356	4	1
13	Station 13				768942.4263	1476260.832	66	40
14	Station 14				766719.1661	1479459.487	7	2
15	Station 15				762404.3138	1484448.962	37	2
16	Station 16				752975.5502	1508983.783	6	1
17	Station 17				749078.2507	1507371.878	9	1
18	Station 18				747535.9672	1502270.234	9	48
19	Station 19				796703.8481	1474709.197	76	51
20	Station 20				797103.3756	1469347.293	5	40
21	Station 21				792787.6572	1471477.555	69	44
22	Station 22				790370.1581	1477438.554	35	17
23	Station 23				788176.9484	1489053.301	78	46
24	Station 24				779324.8763	1484994.309	37	8
25	Station 25				845703.2744	1387107.603	3	2
26	Station 26				860347.4552	1485664.759	78	41
27	Station 27				834867.7469	1512577.544	767	0
28	Station 28				895881.4428	1567079.548	78	39

Table 2 The population of *Cyclophorus* spp. and *Hemiplecta distincta* in field measurement (cont.)

No	Training Area	Suitable Area Type			Coordinates		Amount (n)	
		High	Moderately	Low	Longitude	Latitude	*Cyclophorus* spp.	*Hemiplecta distincta*
29	Station 29				896619.2555	1564171.533	70	2
30	Station 30				856345.3668	1547314.752	65	42
31	Station 31				846430.7599	1549471.42	64	40
32	Station 32				779659.1585	1489719.96	34	10
Total		18	7	7	-	-	1,905	619

Table 3 Land Snail population classification according to Suitable Area in East of Thailand

Speicimens	Amount (n)	$\bar{x}$	S.D	Suitable Area Type		
				High	Moderate	Low
Cyclophorus spp.	1,905	36	28	> 64	8-64	< 8
Hemiplecta distincta	619	19	19	> 38	1-38	0

Remark: Station 27 was separated because this case was worse so the highest number of values may cause the model was high error.

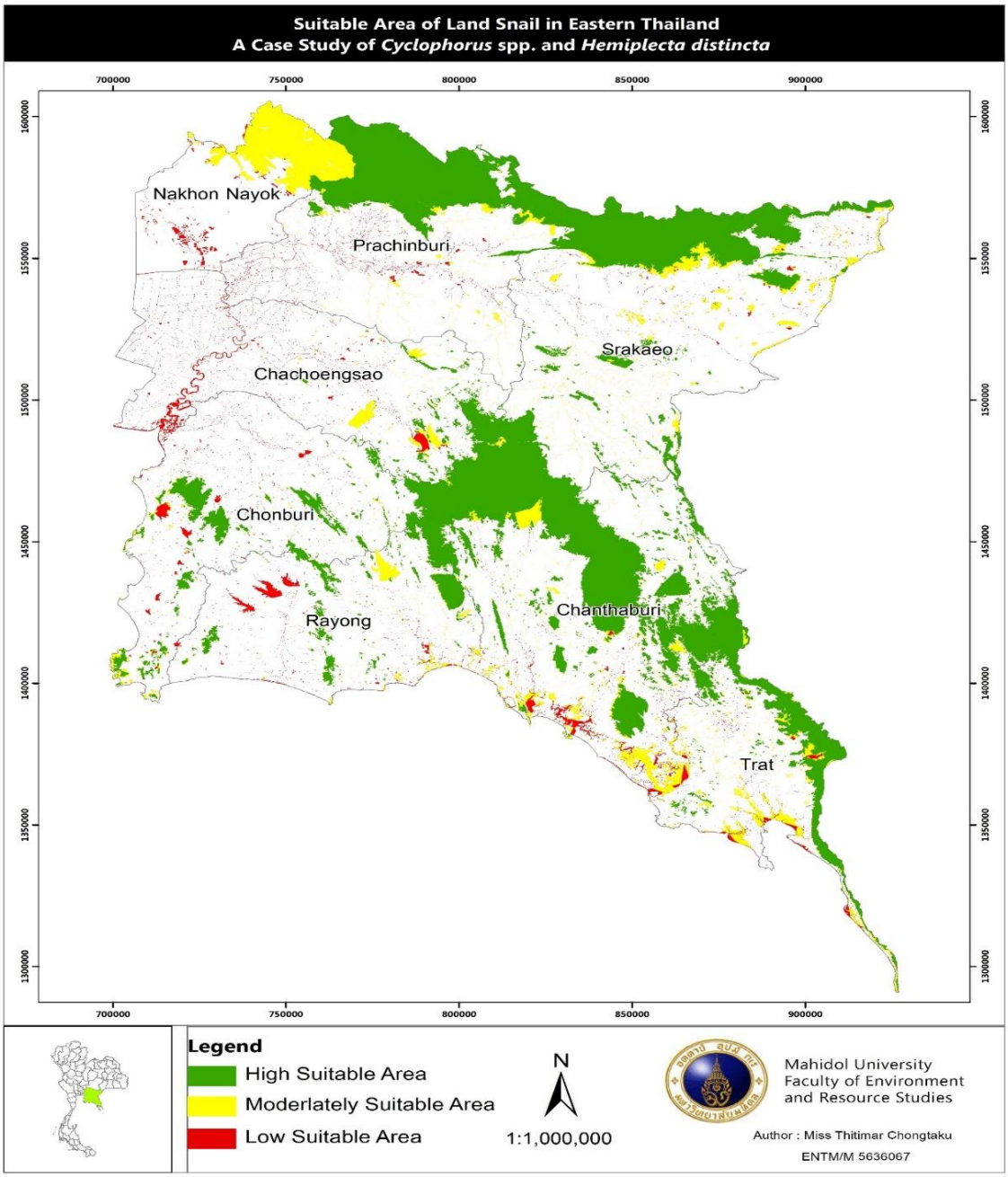

Figure 1 Suitable area for Land Snail in Eastern Thailand

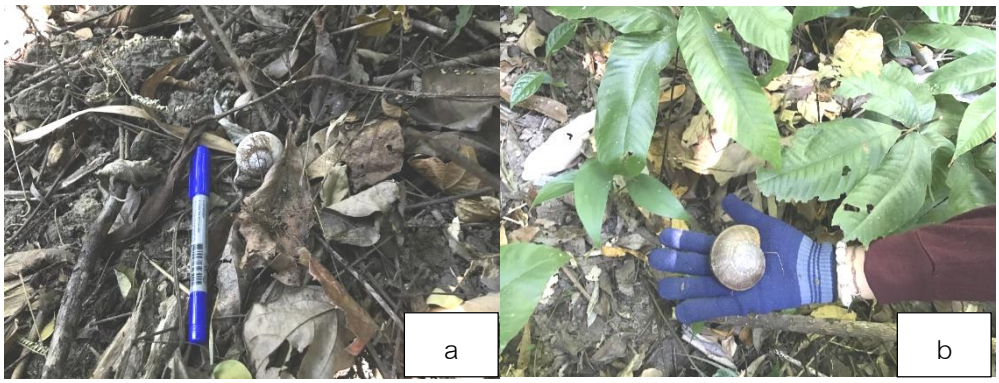

Figure 2 (a) *Cyclophorus* spp in Station No.19 **(b)** *Hemiplecta distincta* in Station No.21

จากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ตามการให้ค่าคะแนนความสำคัญและความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญจากปัจจัยต่าง ๆ กายภาพ จึงได้พื้นที่เหมาะสมต่อที่อยู่อาศัยของหอยทากบกระดับมาก ปานกลาง และน้อย ดังบริเวณจังหวัดที่ได้กล่าวไปข้างต้น เนื่องจากพื้นที่แต่ละบริเวณมีความแตกต่างกัน หากว่าบริเวณใดที่ลักษณะกายภาพของพื้นที่สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินพื้นที่เหมาะสมมาก เช่น ความสูงของพื้นที่ ซึ่งพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบกมากที่สุดที่ระดับความสูง 201 – 300 เมตรจากระดับน้ำทะเล ธรณีสัณฐานแบบที่สูง และเนินเขา และมักจะพบหอยทากบกมีความชุกชุมมากในบริเวณที่มีธรณีวิทยาหรือชุดหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส และยุคเพอร์เมียน เนื่องจากยุคหินทั้ง 2 ยุคนี้ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยหินปูน หินทราย เนื่องจากหินปูนมีแร่ธาตุแคลเซียมที่เป็นส่วนประกอบหลักในการสร้างเปลือกหอยและผลิตไข่ (Schilthuizen *et al*., 2003) และการขาดแร่ธาตุแคลเซียมอาจจะทำให้หอยทากไม่ผสมพันธุ์ (Jurickova *et al*., 2008) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของหอยทากบกจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมจากการศึกษาของ Menno Schilthuizen *et al. (*2003) ที่พบว่าค่าความชุกชุมของตัวอย่างหอยทากบกที่พบที่ภูเขาหินปูน Tabin ประเทศมาเลเซียมีค่าประมาณ 2 เท่าของพื้นที่ภูเขาหินทรายบริเวณข้างเคียง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สำรวจพบตัวอย่างหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) มากที่สุด จำนวน 767 ตัว บริเวณเขาฉกรรจ์ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว (Station No.27) ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้มีลักษณะธรณีวิทยาเป็นเขาหินปูน และบริเวณที่จุดสำรวจป่าชุมชนบ้านเขากล้วยไม้ ตำบลคลองตะเกรา อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา (Station No.21) สำรวจพบหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) จำนวนมากถึง 44 ตัว เนื่องจากบริเวณนี้เป็นป่าเบญจพรรณซึ่งสอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยของปัจจัยป่าที่มีค่าคะแนนความสำคัญสูงที่สุดโดยเฉพาะบริเวณที่เป็นป่าผลัดใบ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

ปริมาณของหอยทากบกทั้ง 2 ชนิดที่พบตามการประเมินพื้นที่เหมาะสม บางแห่งไม่พบหอยทากบกเนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลอย่างยิ่ง คือ ปัจจัยจากผู้ล่า เช่น กระรอกดง กระรอกขาว พญากระรอกดำ อีเห็น กระแต กวาง หมี เก้ง ลิง หมูป่า และมนุษย์ เนื่องจากหอยทากบกทั้ง 2 ชนิดนี้มีเนื้อที่อุดมไปด้วยโปรตีน และแร่ธาตุอาหารอื่น ๆ ที่สำคัญต่อร่างกายสัตว์และมนุษย์ และขนาดลำตัวของหอยทากบกทั้ง 2 ชนิดมีขนาดใหญ่และเคลื่อนตัวช้า จึงถูกล่าได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งผู้ล่าประเภทฟันแทะ เช่น กระรอก กระแต จะใช้ฟันคู่หน้าเจาะเข้าไป

กินเนื้อของหอยทากบก และทิ้งเปลือกส่วนที่เหลือไว้ แต่หมูป่าจะกินหอยทากบกเข้าไปทั้งตัว และชาวบ้านนิยมเก็บหอยชนิดนี้มาขายและปรุงอาหาร โดยราคาขายตามท้องตลาดนั้น หอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) มีราคาประมาณตัวละ 2 - 9 บาท และหอยหอม (*Cyclopholus* spp.) ราคากิโลกรัมละ 200 บาท

สรุป

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบก (หอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*)) บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์พื้นที่ตามเทคนิคการประเมินพื้นที่เหมาะสม (PSA) จากการใช้ปัจจัยทางกายภาพ 7 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงของพื้นที่, ธรณีสัณฐาน, ธรณีวิทยา, แหล่งน้ำ, ป่า, อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ป่า รองลงมา คือ ธรณีวิทยา, ธรณีสัณฐาน, ความสูงของพื้นที่, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิ และแหล่งน้ำ ผลจากการวิเคราะห์พื้นที่ภาคตะวันออกพบว่ามีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เท่ากับ 4,245,999.92 ไร่, พื้นที่เหมาะสมปานกลาง เท่ากับ 1,055,256.56 ไร่ และพื้นที่เหมาะสมน้อย เท่ากับ 377,667.10 ไร่ และจากการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้งหมด 32 พื้นที่ พบหอยหอม (*Cyclophorus* spp.) จำนวน 1,905 ตัว และหอยเดื่อ (*Hemiplecta distincta*) จำนวน 619 ตัว

เอกสารอ้างอิง

Boon-ngam, P., Sriyarun, J., Tanamai, S., and Dumrongrojwattana, P. 2010. Preliminary taxonomic study of land snail and freshwater mollusk species in Sakaeo province, eastern Thailand. [Online] Available from gkb.lib.ku.ac.th/ku/search_detail/dowload_digital_file/12095/15240 [2016, September 7] [in Thai]

FAO. 2013. *Improving snail farming*. United State.

Henk, V. 1983. Multi-criteria evaluation for urban and regional planning. London: Pion.367.

Jurickova, L., Horsak, M., Cameron, R., Hylander, K., Mikovcova, A., Hlavac, J. C., and Rohovec, J. 2008. Land snail distribution patterns within a site: The role of different calcium sources. Europe Journal of Soil Biology, 44, 172-179.

PORTUGALPRESS. 2015. Health benefits of snail. [Online] Available from http://portugalresident.com/health-benefits-of-snails [2016, September 2]

Press Association. 2016. 6 reasons you should be eating snails – the latest health superfood. [Online] Available from http://home.bt.com/lifestyle/wellbeing/6-reasons-you-should-be-eating-snails-the-latest-health-superfood-11363971960636 [2016, September 2]

Schilthuizen, M., Chai, H., and Kimsin, E. T. 2003. Abundance and Diversity of Land-Snails (Mollusca: Gastropoda) on Limestone Hills in Borneo. The Raffles Bulletin of Zoology. 51(1): 35-42.

Sutcharit, C. and Panha, S. 2008. Hoy Tak Bok Nai Aud Tha Yan Kao Naan. [Online] Available from http://www.darwininitiative.org.uk/documents/15018/14159/15-18%20HY3%20Ann1%20Thai%20snail%20book%202008.pdf [2016, September 7] [in Thai]

Tumpeesuwan, C. 2007. Species Diversity, Distribution and Habitat Relationships of Terrestrial Snails on The Phu Phan Mountain Range of Northeastern Thailand. Degree of Doctor of Philosophy Program in Biological Science. Chulalongkorn University. Bangkok.

การเตรียมต้นฉบับ
เรื่องเต็มวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

1. **ต้นฉบับ** พิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟเวิร์ด (Microsoft word) และส่งต้นฉบับ พร้อมสำเนา 1 ชุด และแผ่นบันทึกข้อมูล (CD) 1 แผ่น มาที่บรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290 (หรือส่งไพล์ Word และ PDF มาที่อีเมล์ jfishtech.mju.ac.th ; ซึ่งจะได้อีเมล์ยืนยันการได้รับเอกสารผลงานจากกองบรรณาธิการแล้วเท่านั้น)

1.1 **บทคัดย่อ** มีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 1 หน้ากระดาษ A4 หรือไม่เกิน 250 คำ

1.2 **เรื่องเต็ม** ความยาวไม่เกิน 10 หน้ากระดาษ A4 (รวมบทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษ รูปภาพ ตารางและอื่น ๆ)

2. **รูปแบบ**

2.1 **ตัวอักษร** ใช้ตัวอักษร Cordia New

2.2 **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พิมพ์ตัวหนาขนาด 18 pt จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้า

2.3 **ชื่อผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พิมพ์ตัวอักษรหนาขนาด 14 pt จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้า

2.4 **หมายเหตุข้างท้าย** (footnote) ใช้ตัวอักษรขนาด 12 pt

2.5 **หัวข้อเรื่อง** (บทคัดย่อ Abstract คำนำ อุปกรณ์ และวิธีการ ฯลฯ) ใช้ตัวอักษรหนาขนาด 16pt จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้า

2.6 **เนื้อหาในบทคัดย่อและเรื่องเต็ม** ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 15 pt

2.7 **เนื้อหาในเรื่องเต็ม**

- ชื่อเรื่อง ต้องมีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
- ชื่อ – ที่อยู่ ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ให้บอกรายละเอียด (footnote) โดยใช้หมายเลขกำกับ
- บทคัดย่อ เป็นการเขียนสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะวัตถุประสงค์ วิธีการและผลการวิจัย
- คำนำ อธิบายถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยรวมการตรวจเอกสาร (Literature review) ถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับผู้อื่นได้ทำไว้ด้วย
- อุปกรณ์และวิธีการ ควรจะประกอบด้วยคำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และคำอธิบายถึงขอบเขตของการวิจัย วิธีการที่ใช้ในการทดลอง แต่ไม่จำเป็นต้องอธิบายวิธีการที่เป็นแบบฉบับซึ่งเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไป

- ผลการวิจัย ควรเขียนให้กระชับและเป็นขั้นตอนที่เหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ควรเสนอในรูปของตาราง กราฟ หรือรูปภาพ

- **กราฟ รูปภาพและตาราง ให้เขียนคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด**

- วิจารณ์ผล ควรประกอบด้วยหลักการที่แสดงออกมาจากผลการทดลองที่อาจสนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน ควรเน้นถึงปัญหาหรือโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่วิจัยตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต และแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

- สรุปผล อาจรวมกับวิจารณ์ผล โดยสรุปสาระสำคัญของเนื้อหาเพียงสั้น ๆ

- คำขอบคุณ/กิตติกรรมประกาศ อาจมีหรือไม่มีก็ได้

- เอกสารอ้างอิง: วิธีเขียนดูตามตัวอย่าง 2.9

2.8 การตั้งค่าขอบกระดาษ ขอบบน (top) 3.0 ซม. ขอบล่าง (bottom) 2 ซม. ขอบซ้าย (left) 3.0 ซม. ขอบขวา (right) 2.5 ซม.

2.9 เอกสารอ้างอิง ซึ่งได้อ้างอิงในเนื้อเรื่องและบรรณานุกรม ให้เขียนเป็น**ภาษาอังกฤษทั้งหมด** ดังนี้

2.9.1 **การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง** ใช้ระบบ ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษ และตามด้วยปี ค.ศ. เช่น Chitmanat (2010) รายงานว่า.....หรือ (Thomas and James, 1999) ในกรณีที่มีผู้วิจัยตั้งแต่สามคนขึ้นไปให้ใช้ *et al.* ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบรรณานุกรมให้ใส่ชื่อหมดทุกคน

- **การอ้างอิงเอกสารที่อ้างอิงถึงในเอกสารอื่น** ระบุนามผู้แต่งและปีพิมพ์ของเอกสารแรก ตามด้วย “cited in” และนามผู้แต่งและปีพิมพ์ของเอกสารอันดับรอง เช่น (Choi *et al*., 2004 cited in Kaewipitoon *et al*., 2008)

- **ระบบออนไลน์** เช่น (Singh, 2002: online)

2.9.2 **การอ้างอิงในบรรณานุกรม**

- ไม่ต้องใส่เลขที่ หากเป็นเอกสารภาษาไทยให้พิมพ์คำว่า [in Thai] ต่อท้าย

Peerapornpisal, Y. 2008. Edible freshwater Macroalgae in Northern Thailand. Journal of Fisheries Technology Research (2)178 – 189. [in Thai]

- เรียงลำดับตัวอักษรและสระ ตามด้วยจำนวนผู้วิจัย/ผู้เขียน กรณีเป็นคนเดียวกันให้เรียงตามปี

- วารสาร (Journal) ควรเรียงลำดับดังนี้ ชื่อ-สกุล ผู้เขียน. ปี. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร. ปีที่.(ฉบับที่):หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

- ตำรา (text books) หรือหนังสือที่ออกไม่เป็นวาระ ควรเรียงลำดับดังนี้ ชื่อ-สกุล ผู้เขียน. ปี. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์หรือหน่วยงานที่พิมพ์. เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้า.

- เอกสารวิชาการอื่น ๆ ชื่อ-สกุล ผู้เขียน. ปี. ชื่อหนังสือหรือชื่อเรื่อง. ประเภทของเอกสาร. หน่วยงานหรือสถาบันที่จัดพิมพ์. เมืองที่พิมพ์. หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

- ปัญหาพิเศษ/วิทยานิพนธ์ ชื่อ-สกุล ผู้เขียน. ปี. ชื่อเรื่อง. ปัญหาพิเศษ/วิทยานิพนธ์ (ตรี, โท, เอก) ชื่อมหาวิทยาลัย เมืองที่มหาวิทยาลัยตั้งอยู่. จำนวนหน้า.

- เอกสารที่อ้างถึงในเอกสารอื่น ให้ระบุข้อมูลของเอกสารทั้ง 2 รายการ โดยระบุข้อมูลของเอกสารอันดับแรก ตามด้วยคำว่า “cited in” แล้วระบุข้อมูลของเอกสารอันดับรอง เช่น

Wallis, O.A. 1997. Introduction to Aquaculture. Berfley, Calif.: Adam Osborne&Assoc.

198 p. cited in Morris, M. 1991. Aquaculture in Asian. White Plains, NY: Lndustry Publications. 144 p.

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ชื่อผู้รับผิดชอบหลัก. ชื่อแฟ้มข้อมูล. [Online] ปีที่จัดทำ (ถ้ามี). แหล่งที่มา: ชื่อของแหล่งที่มา [ปี, วัน เดือน ที่เข้าถึงข้อมูล]. เช่น Bangkokhealth.com. Omega-3 in freshwater fish. [Online] Available from http://www.oknation.net/blog/print.php?id=278133 [2011, February 28]

2.10 **ต้นฉบับที่ไม่ได้จัดเตรียมตามคำแนะนำจะถูกส่งคืนกลับเพื่อให้แก้ไขทันที**

3. งานเขียนที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการกลั่นกรองและประเมินคุณภาพจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิ

4. งานเขียนที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ต้องไม่อยู่ในระหว่างการเสนอเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น หรือตีพิมพ์ที่ใดมาก่อนแล้ว

Guide for Authors

The Journal of Fisheries Technology Research (J. Fish. Tech. Res.) Welcomes the submission of manuscripts that meet the general criteria of significance and scientific excellence.

Preparation and Submission of Manuscripts

Authors submitting manuscripts for publication must follow the following guidelines.

1. Manuscript texts must be written using high-quality language in Microsoft Word. The cover letter and two copies of manuscript with CD will be sent to the editorial office, The Journal of Fisheries Technology Research, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai, 50290 THAILAND

1.1 The Title should be a brief phrase describing the contents of the paper. The Title Page should include the author(s)'s full names and affiliations, the name of the corresponding author along with phone, fax and e-mail information. Present address of authors should appear as a footnote.

1.2 Abstracts should not exceed than 250 words. The Abstract should be informative and completely self-explanatory, briefly state the scope of the experiments, indicate significant data, and point out major findings and conclusions. No literature should be cited. About 5 keywords should also be provided.

1.3 Manuscript texts should not exceed than 10 pages including abstract, figures, and tables.

2. Format

2.1 Cordia New font must be applied.

18 pt Cordia New Bold fonts must be used for title and set in the middle of the page.

14 pt Cordia New Bold fonts must be used for authors and set in the middle of the page.

16 pt Cordia New Bold fonts must be used for all headings including Abstract, Introduction, Materials and Methods, etc.

15 pt Cordia New fonts should be used throughout manuscript and all pages numbered consecutively.

12 pt Cordia New Bold fonts must be used for footnote.

2.2 Manuscript texts should be prepared single column, with margins (right = 2.5 cm; left = 3.0 cm; top = 3.0 cm; bottom = 2 cm).

2.3 The Introduction should provide a clear statement of the problem, the relevant literature on the subject, and the proposed approach or solution. It should be understandable to colleagues from a broad range of scientific disciplines.

2.4 Materials and Methods should be complete enough to allow experiments to be reproduced. However, only new procedures should be described in detail; previously published procedures should be cited, and important modifications of published procedures should be mentioned briefly. Capitalize trade names and include the manufacturer's name and address. Subheadings should be used. Methods in general use need not be described in detail.

2.5 Results should be presented with clarity and precision. The results should be written in the past tense when describing findings. Results should be explained, but largely without referring to the literature. Discussion, speculation and detailed interpretation of data should not be included in the results but should be put into the discussion section.

2.6 The Discussion should interpret the findings in view of the results obtained in this and in past studies on this topic. State the conclusions in a few sentences at the end of the paper.

2.7 Acknowledgment is optional and should be as brief as possible.

2.8 Tables, figures, and references must be written in English.

2.9 Citations of published literature in the text and at the end of the manuscript must be written in English.

2.9.1 **Citations in the text** should be given in the form of author and year in parentheses; (James *et al.*, 2011), or, if the name forms part of a sentence, it should be followed by the year in parenthesis; Tomas and James (2010).

Citing two or more documents by multiple authors; List authors' names by alphabetical order, followed by year of publication, link each document with ";"(Keiser and Utzinger, 2005; McCarthy and Moore, 2000; Nawa, *et al.*, 2005)

Citing documents cited in other documents; Put author's name and year of original document's publication, followed by "cited in" and secondary document's author's name and year of publication; (Choi *et al*., 2004 cited in Kaewipitoon *et al*., 2008) Online materials; (Yu and Mott, 1994: online)

2.9.2 **Citation in reference list;**

All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa. The references section at the end of the manuscript should list all. For papers printed in a language other than English, indicate the language in parentheses at the end of that reference. The following are examples of reference writing.

Reference to a journal article:

Khuantrairong, T., and Traichaiyaporn, S. 2010. Efficiency of carotenoid and nutritional values of an alga Kai (*Cladophora* sp.) for economic utilization. J. Fish. Tech. Res. 4: 54 – 64. [in Thai]

Reference to article or abstract in conference proceedings:

Cliche, G., Hébert, D., and Bourgeois, M. 2007. Evaluation of different parameters to optimize the collection strategy of the sea scallop (*Placopecten magellanicus*) in commercial operations. Proceedings of the 16th International Scallop Aquaculture Workshop. Canada, May 11 – 18, 2007. 24 – 28.

Reference to a book:

Boyd, C.E., and Tucker, C.S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts. USA. 700 p.

Reference to an edited book:

Shotts, E.B. 1994. Flow chart for the presumptive identification of selected bacteria from fish. In: Bacterial Diseases of Fish. 4th ed., edited by Thoesen, J.C. Chapman & Hall, London. pp. 131 -135 .

Reference to an electronic data source):

Yi, Y., Yang, Z., and Zhang, S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution [Online]. Available from http://www.sciencedirect.com/science/article/S029911100337X[2011, December 12].

2.10 **Manuscript must be followed the guidelines of manuscript preparation, otherwise they will be sent back or even rejected.**

3. **All manuscripts** considered for publication will be peer-reviewed by qualified editors and independent referees.

4. **The submitted manuscripts** are not already published or are not currently under consideration for publication elsewhere. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceedings, may be accepted if they contain additional material not previously published.

ใบสมัครสมาชิกวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

(ใช้เอกสารสำเนาได้)

****

ข้อมูลสมาชิก ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว.....

ตำแหน่งทางวิชาการ/บริหาร.....

- ○ ขอสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
- ○ ขอต่ออายุสมาชิกวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

ตั้งแต่ ปีที่ ..... ฉบับที่ ..... พ.ศ. ..... ถึง

ปีที่ ..... ฉบับที่ ..... พ.ศ. .....

พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้ชำระค่าสมาชิกวารสาร ด้วย

- ○ เงินสด
- ○ ตั๋วแลกเงินไปรษณีย์ เลขที่ ..... จำนวนเงิน ..... บาท
- ○ ธนาณัติ เลขที่ ..... จำนวนเงิน ..... บาท
- ○ ธนาคารกรุงไทย สาขาแม่โจ้ เลขที่บัญชี 375-0-06600-0

ชื่อบัญชี “คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ” จำนวนเงิน ..... บาท

<u>การออกใบเสร็จรับเงิน ในนาม</u>

- ○ ข้าพเจ้า
- ○ หน่วยงานราชการ/นิติบุคคล ชื่อ .....

ที่อยู่ .....

.....

โทรศัพท์ ..... โทรสาร ..... E-mail ……

<u>การจัดส่งวารสารในนาม</u> .....

ที่อยู่ .....

.....

โทรศัพท์ ..... โทรสาร ..... E-mail ……

ลงชื่อ ..... ผู้สมัคร

(.....)

...../...../.....

อัตราค่าสมาชิก 1 ปี (2 ฉบับ) เป็นจำนวนเงิน 240.00 บาท

การชำระค่าสมาชิก

- ธนาณัติสั่งจ่าย คุณน้ำเพชร ประกอบศิลป์ ปณ. แม่โจ้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
- โอนเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทยสาขาแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ เลขที่ 375-0-06600-0 ชื่อบัญชี “**คณะเทคโนโลยีการประมงฯ** ในกรณีโอนเงิน ให้ส่งสำเนาใบโอนมาที่ เบอร์โทรสาร 0 5387 5103 หรือแนบมาพร้อมใบสมัครสมาชิก/ต่ออายุสมาชิก

ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ

อนุสนธิตามประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๔ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘ ได้แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ไปแล้ว นั้น

เพื่อให้การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสำหรับลงพิมพ์ในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงเป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงให้ยกเลิกประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๔ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘ และแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ดังต่อไปนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
๒. ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต
๓. ศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล
๔. ศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี จุลละศร
๕. ศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา อังสุภานิช
๖. ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ลำยอง
๗. ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร
๘. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน
๙. รองศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร เฉลิมวัฒน์
๑๐. รองศาสตราจารย์จำเนียร บุญมาก
๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.จารุมาศ เมฆสัมพันธ์
๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ชโลบล วงศ์สวัสดิ์
๑๓. รองศาสตราจารย์ณิภูฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์
๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร.ธำรงค์ อมรสกุล
๑๕. รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิษฐา ทรรพนันทน์ ใจดี
๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์
๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย

๑๘. รองศาสตราจารย์...

๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต งามเสน่ห์
๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์
๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธุ์ทิน
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล
๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพร พรหมขุนทอง
๒๖. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก
๒๗. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ
๒๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ชูโชติ
๒๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภมิตร เมฆฉาย
๓๐. รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ดุลจินดาชบาพร
๓๑. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์
๓๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครศร ศรีกุลนาถ
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพงษ์ สุขเกื้อ
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชล ผลารักษ์
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยง รุจจนเวท
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวุฒิ เลิศสุทธิชวาล

๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์...

๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ซ่วนยุก

๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์

๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ

๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ

๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ทวีกิจการ

๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ เหล่าดี

๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน

๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.รัชต์ ขัตติยะ

๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล

๕๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วรวัฒนเมธีกุล

๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ เจ๊ะโส๊ะ

๕๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิจ

๖๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล

๖๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ วุฒิสุทธิเมธาวี

๖๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา เดวิดสัน

๖๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถาพร ดิเรกบุษราคม

๖๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ เสาวกูล

๖๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ จันทร์ดำ

๖๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์

๖๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์

๖๘. ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา

๖๙. ดร.ทัตพร คุณประดิษฐ์

๗๐. ดร.สุดาพร ตงศิริ

๗๑. ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์

ประกาศ ณ วันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

(J. Fish. Tech. Res.)

ISSN 1905-7393

Honorable Consultants:

Maejo University President

Maejo University Vice President for Research

Dean of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources

Editor-in Chief: Asst. Prof. Dr. Prachuab Chaibu Maejo University

Editorial Board:

Prof. Dr. Piamsak Menasveta	Chulalongkorn University
Prof. Dr. Tuanthong Jutagate	Ubonratchatani university
Assoc. Prof. Dr. Vipoosit Manthachitra	Burapha University
Assoc. Prof. Dr. Kriangsak Meng-umphan	Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Niwooti Wangchai	Maejo University
Asst. Prof. Dr. Samnao Saowakoon	Rajamangala University of Technology Isan
Asst.Prof.Dr. Pongsak Luadee	Prince of Songkla University
Asst. Prof. Dr. Chayakorn Pumas	Chiangmai University

Editorial Secretary: Asst. Prof. Dr. Chanagun Chitmanat Maejo University

Journal of Fisheries Technology Research is a publication of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University and is intended to make available the results of technical work in the fisheries, aquaculture, aquatic resources and related biological sciences. It is published twice a year. Contact with the Journal should be addressed

TO……The Editor,

Journal of Fisheries Technology Research, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai 50290, Thailand

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

E-mail: jfishtech.mju@gmail.com

Web site: http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Journal_FT

ISSN 1905-7393

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 12 เล่มที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2561
Volume 12 Number 1 January - June 2018

สารบัญวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2561

สารบัญ

บรรณาธิการ

บทความวิจัย หน้า

ผลของอาหารเสริมวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาช่อนวัยอ่อน 1
ธัชพล การะเกตุ เบญจพร ชมคำ และสาธร โปร่งเกษม

ผลของสีน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะพงขาววัยรุ่นที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบอควาโปนิกส์ 11
วิญญู บุญประเสริฐ ประจวบ ฉายบุ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน จงกล พรมยะ และชนกันต์ จิตมนัส

อิทธิพลของการจัดการช่วงเวลาได้รับแสงต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของลูกปลาบู่ทรายวัยรุ่น 23
อิฐสะราม แสนสุภา จักรพันธ์ ฐานิจสรณ์ เปรมดา ทิพย์เดโช และเกรียงไกร สีตะพันธุ์

ผลการใช้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทอง 35
บรรเจิด สอนสุภาพ

ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการเจริญเติบโตในการเลี้ยงหอยเซอรี่ด้วยหญ้ามาเลเซียในระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด 49
กฤติมา เสาวกูล และสำเนาว์ เสาวกูล

ผลของความหนาแน่นของปลาต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอรี่ 60
แจ่มจันทร์ เพชรศิริ ทวีเดช ไชยนาพงษ์ และอวยชัย บุญญานุพงศ์

การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี 71
เถลิงเกียรติ สมนึก ณัฏฐวรรณ สมนึก สำเนาว์ เสาวกูล และกฤติมา เสาวกูล

ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของไส้เดือนน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่ 82
สิริฉัตร สุนทรวิภาต และประจวบ ฉายบุ

การประเมินลักษณะทางสัณฐานและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของปลาเสือตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus (Roberts & Kottelat, 1994)*) กับชนิดที่อยู่ในสกุล *Datnioides Bleeker, 1853* โดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี 93
สุริยา อุดด้วง และธนาทิพย์ แหลมคม

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยทากบก (หอยหอม (*Cyclophorus* spp.) และหอยเดื่อ (Hemiplecta distincta)) บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย 105
ฐิติมา ช่องตะคุ สยาม อรุณศรีมรกต นิวุฒิ หวังชัย และกฤษนัยน์ เจริญจิตร