รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์”

โดย วารินทร์ ธนาสมหวัง และคณะ

กุมภาพันธ์ 2559

สัญญาเลขที่ POP 5605010490

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

“ต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์”

ผู้ร่วมโครงการ

วารินทร์ ธนาสมหวัง
ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์
สุภาพ ไพรพนาพงค์
อาคม สิงหบุญ
โกวิทย์ เก้าเอี้ยน
วิทยา รัตนะ
ฉันทนา แก้วตาปี
ธันว์ จิตตนูนท์
โสมลดา ประเสริฐสม
เรณู ยาชิโร
ธวัช ศรีวีระชัย
ไวยพจน์ เครือเสน่ห์
พิชญา ชัยนาค
ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย
วรรเพ็ญ คำมี
พัชรี นวลศรีทอง
นิพนธ์ เสนอินทร์

สนับสนุนโดยสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของคณะผู้วิจัย สวก. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “การผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์” ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) เป็นจำนวนเงิน 28,051,275 บาท (ยี่สิบแปดล้านห้าหมื่นหนึ่งพันสองร้อยเจ็ดสิบห้าบาทถ้วน) ระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 18 สิงหาคม 2553 ถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2558 และขยายระยะเวลาต่ออีก 6 เดือน จนถึงวันที่ 17 เดือนกุมภาพันธ์ 2559 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ สวก. ผู้ให้ทุน ผู้ประสานโครงการและเจ้าหน้าที่ของ สวก. ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ศ. ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร รศ. ดร.ชลอ ลิ้มสุวรรณ นางอัญชลี อุไรกุล และดร.ประพันธ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งประเมินโครงการ ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย และสนับสนุนการดำเนินงานด้วยดีตลอดระยะเวลาของโครงการ

ผู้ร่วมโครงการทุกท่านขอขอบคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินโครงการจนสำเร็จลุล่วง

ดร. วารินทร์ ธนาสมหวัง
หัวหน้าโครงการ

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	1
ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	8
งานวิจัย	11
ผลของการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดต่อการวางไข่ของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)	13
ผลของการใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)	41
ผลของการคัดเลือกพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)	61
การตรวจหาเชื้อ Nervous Necrosis Virus ด้วยเทคนิค one-step RT-PCR เพื่อสนับสนุนการผลิตปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802) ปลาหมอทะเล *Epinephelus lanceolatus* (Bloch, 1790) และปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)	85
ผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ต่ออัตรารอดตายและต้นทุน	98
ผลของผลิตภัณฑ์กรดไขมันและสาหร่ายขาวต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตายและความทนทานต่อความเครียดของลูกปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)	125
ผลของอัตราการให้อากาศต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) วัยอ่อน	145
รูปแบบการให้อากาศต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ช่วงอายุ 14-30 วัน	161
ผลของความเข้มแสงต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ช่วงอายุ 1-14 วัน	171
กิจกรรมการจัดหาพ่อแม่พันธุ์ การผลิตลูกพันธุ์ และจำหน่ายพันธุ์ปลากะรัง	181
กิจกรรมที่ร่วมดำเนินการกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)	187

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อโครงการ ต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์

หัวหน้าโครงการ หน่วยงาน ที่อยู่ และ โทรศัพท์/โทรสาร/ e-mail address

ดร. วารินทร์ ธนาสมหวัง
ชั้น 6 อาคารจุฬาภรณ์ กรมประมง เกษตรกลาง
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900
โทรศัพท์ 02 940 6527 โทรสาร 02 562 0571
e-mail address: varin_tana@hotmail.com

ความเป็นมา และความสำคัญของโครงการ

ในปี 2539 ปลากะรังที่จับได้จากธรรมชาติมีปริมาณ 9,326 ตัน ปริมาณผลผลิตปลากะรังที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมีเพียง 774 ตัน เท่านั้น แต่ในปี 2556 จับปลากะรังจากธรรมชาติได้เพียง 4,045 ตัน และมีผลผลิตของปลากะรังที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 2,495 ตัน จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงปลากะรังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น ความสำคัญและความก้าวหน้าด้านการวิจัยการผลิตพันธุ์ปลาในกลุ่มปลากะรังซึ่งอยู่ในวงศ์ Serranidae ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องมากกว่า 30 ปี ทั้งในประเทศญี่ปุ่น จีน เกาหลี สิงคโปร์ และอีกหลายประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย ปลากะรังที่มีการศึกษาวิจัยเพื่อการเพาะเลี้ยงมีหลากหลายชนิดมากขึ้น ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีพ่อแม่พันธุ์ในประเทศนั้นๆ และเมื่อผลผลิตของลูกปลาจากธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง กรมประมงโดยกองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งได้ศึกษาวิจัยการเพาะพันธุ์ปลากะรังตลอดมา จนกระทั่งปี 2538-2541 สามารถเพาะพันธุ์ปลากะรังดอกดำ และปลากะรังดอกแดงได้จำนวนมาก ทำให้มีลูกพันธุ์เพียงพอที่จะนำมาทดลองวิจัยและจำหน่ายให้เกษตรกร แต่ลูกพันธุ์ปลากะรังทั้งสองนี้เป็นชนิดที่มีราคาไม่สูงนัก เกษตรกรผู้เลี้ยงจึงยังมีความต้องการลูกพันธุ์ปลากะรังชนิดอื่นที่มีมูลค่าสูงนำไปเลี้ยงอีกเป็นจำนวนมากตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

ปลากะรังเสือ หรือปลากะรังลายหินอ่อน มีชื่อสามัญว่า tiger grouper, brown marbled grouper หรือ flower cod ชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ขนาดที่นิยมบริโภคมีน้ำหนัก 600-1,000 กรัม ราคา 400-500 บาท/กิโลกรัม

ปลาหมอทะเล มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Epinephelus lanceolatus* เป็นปลาในวงศ์ปลากะรังที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีความยาวเต็มที่ได้ถึง 2.5 เมตร มีน้ำหนักถึง 400 กิโลกรัม ปลาขนาด 1,000-1,200 กรัม ราคากิโลกรัม 500-600 บาท เป็นปลาที่เติบโตเร็วเหมาะกับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์

ปลากะรังจุดฟ้า หรือปลากุดสลาด มีชื่อสามัญ blue-spotted coral trout ชื่อวิทยาศาสตร์ *Plectropomus leopardus* ปลาขนาด 800-1,200 กรัม ราคากิโลกรัม 800-1,200 บาท

ปลาทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้นเป็นปลาที่มีราคาสูง มีเนื้อขาว รสชาติดี เป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ กรมประมงโดยกองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ปลากะรังทั้ง 3 ชนิด แต่การผลิตยังไม่ต่อเนื่อง ผลผลิตไม่คงที่ มีการตายระหว่างอนุบาลมากในบางครั้ง จึงจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อการผลิตลูกพันธุ์ได้อย่างยั่งยืนมั่นคงต่อไปในอนาคต กรมประมงจึงได้เสนอโครงการ **“ต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์”** ขอรับการสบับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก) และได้รับการสนับสนับสนุนเป็นเป็นเงินทั้งสิ้น **28,051,275 บาท** ระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 18 สิงหาคม 2553 ถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2558 และขยายระยะเวลาต่ออีก 6 เดือน

จนถึงวันที่ 17 เดือนกุมภาพันธ์ 2559 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตพันธุ์ปลากะรังมูลค่าสูงทั้ง 3 ชนิดนี้ ตั้งแต่การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์ การเลี้ยงขุนพ่อแม่พันธุ์ การเพาะพันธุ์ให้ได้ลูกพันธุ์จำนวนมากขึ้น และอนุบาลลูกปลากะรังให้มีอัตรารอดตายสูงขึ้น เพื่อเป็นต้นแบบนำไปสู่กระบวนการผลิตที่เป็นเชิงพาณิชย์ต่อไป ในที่นี้ขอกำหนดคำจำกัดความของคำว่า “ต้นแบบ” หมายความว่า การปรับปรุงพัฒนาและประยุกต์เทคนิควิธีเดิมเพื่อได้เทคนิควิธีที่ดีขึ้น โดยได้ลูกปลาที่มีอัตรารอดตายสูงขึ้น นอกจากนี้ โครงการจะต้องผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูง 3 ชนิด จำหน่ายให้แก่เกษตรกร และส่งเงินรายได้เป็นจำนวนทั้งสิ้น **21,840,000 บาท** เพื่อขยายปริมาณการเลี้ยงซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ในการประกอบอาชีพให้แก่เกษตรกร ลดความเสี่ยงจากการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดเดียวเป็นอาชีพ ลดการนำเข้าลูกพันธุ์จากต่างประเทศ และลดการจับลูกปลาวัยอ่อนจากธรรมชาติ

ผลสรุปจากโครงการ

กิจกรรมหลักในโครงการฯประกอบด้วยการศึกษาวิจัย การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ การผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังเสือ ปลากะรังจุดฟ้า และปลาหมอทะเล จำหน่ายให้แก่เกษตรกรเพื่อขยายผลสู่การเลี้ยง

งานวิจัย

การศึกษาวิจัยมี 9 เรื่อง เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาองค์ความรู้เดิมเพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ที่สมบูรณ์แบบ โดยมีการเปลี่ยนแปลงชื่อเรื่องให้เหมาะสม และเปลี่ยนแปลงเรื่องแทนเรื่องที่มีองค์ความรู้ซ้ำๆ ตลอดจนเพื่อแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในดำเนินการตามคำแนะนำของคณะผู้ประเมินโครงการ งานวิจัย 9 เรื่อง ได้แก่

1. ผลของการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดต่อการวางไข่ของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)

2. ผลของการใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)

3. ผลของการคัดเลือกพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) (แทนผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังจุดฟ้าและปลาหมอทะเล)

4. การตรวจหาเชื้อ Nervous Necrosis Virus ด้วยเทคนิค one-step RT-PCR เพื่อสนับสนุนการผลิตปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802) ปลาหมอทะเล *Epinephelus lanceolatus* (Bloch, 1790) และปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

5. ผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ต่ออัตรารอดตายและต้นทุนการผลิต

6. ผลของผลิตภัณฑ์การผลิตกรดไขมันและสาหร่ายขาวต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อความเครียดของลูกปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

7. ผลของอัตราการให้อากาศต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) วัยอ่อน

8. รูปแบบการให้อากาศต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775*)* ช่วงอายุ 14-30 วัน

9. ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ช่วงอายุ 1-14 วัน

การศึกษาเพื่อหาวิธีการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าให้สามารถผสมพันธุ์และวางไข่ในระบบน้ำหมุนเวียน เพื่อลดความเสี่ยงในการติดเชื้อโดยเฉพาะ viral nervous necrosis (VNN) ซึ่งเป็นโรคที่สร้างความเสียหายให้กับการเลี้ยงปลาทะเลหลายชนิดทั่วโลก เนื่องจากปลากะรังจุดฟ้ามีราคาแพง และใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์หลายปี จึงต้องป้องกันไม่ให้เชื้อดังกล่าวเข้าสู่ระบบ ระบบน้ำหมุนเวียนใช้หลักการการทำให้เกิดความสมดุลระหว่างของเสียที่เกิดขึ้นและการบำบัดของเสียของแบคทีเรีย และใช้สาหร่ายในการดูดซับ nitrate การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียนจำนวน 3 บ่อ โดยมีน้ำไหลหมุนเวียนในอัตรา 11.7 ลิตร/นาที ส่วนการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ในระบบน้ำไหลผ่านใช้บ่อคอนกรีตขนาดเดียวกันจำนวน 3 บ่อ โดยใช้น้ำทะเลสด หรือน้ำทะเลจากบ่อเก็บน้ำขนาด 100 ไร่ ให้ไหลผ่านบ่อเลี้ยงในอัตรา 11.7 ลิตร/นาที ผลการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ทั้ง 2 ระบบ ปรากฏว่า ในปีที่ 1 ปลาไม่วางไข่ทั้ง 2 ระบบ ปีที่ 2 แม่พันธุ์ปลาในบ่อเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนวางไข่ 2 บ่อ จำนวนทั้งสิ้น 187,490 ฟอง ส่วนแม่พันธุ์ปลาในบ่อเลี้ยงระบบน้ำไหลผ่านวางไข่ 1 บ่อ จำนวน 36,700 ฟอง แต่ไข่จากทั้ง 2 ระบบ ไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อ จึงไม่ฟักออกเป็นตัว ปีที่ 3 แม่พันธุ์ปลาเฉพาะในบ่อเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนเท่านั้นที่วางไข่ จำนวนทั้งสิ้น 2,816,215 ฟอง (จากทั้ง 3 บ่อ) แต่ไข่ทั้งหมดไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อเช่นเดียวกับปีที่ผ่านมา จึงมีการฝังฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ใต้ผิวหนังบริเวณด้านหลังลำตัวปลาเพศผู้เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อเมื่อกลางปีที่ 3 เมื่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียน 2 บ่อ วางไข่ในปีที่ 4 จำนวน 1,959,999 ฟอง ไข่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์เป็นไข่ดี จำนวน 1,364,999 ฟอง (69.6%) ไข่เสียจำนวน 595,000 ฟอง (30.4%) ไข่ฟักออกเป็นตัวจำนวน 754,800 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 55.3% ส่วนพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำไหลผ่านไม่ผสมพันธุ์วางไข่ ดังนั้น การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการผสมพันธุ์วางไข่ในระยะเวลาที่เร็วกว่า ปริมาณไข่ และจำนวนครั้ง หรือวันที่วางไข่มากกว่าเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่าน

ปลากะรังหลายชนิดมีการแปลงเพศจากเพศเมียไปเป็นเพศผู้ ขณะที่ปลาเพศเมียมีไข่มักมีปัญหาปลาเพศผู้ยังไม่พร้อมเนื่องจากน้ำเชื้อไม่สมบูรณ์ การศึกษาเพื่อใช้ฮอร์โมน 17 α methyltestosterone กระตุ้นปลากะรังจุดฟ้าขนาด 3.0-3.5 กิโลกรัม ให้เจริญพันธุ์และมีน้ำเชื้อเร็วขึ้นพบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมนที่ผสมในอาหารแล้วทำให้ปลากะรังจุดฟ้าขนาด 3.0-3.5 กิโลกรัม สมบูรณ์พันธุ์และน้ำเชื้อคุณภาพดีอยู่ที่ 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม โดยให้ปลากินอาหารผสมฮอร์โมน วันเว้นวัน เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลากะรังเสือจากธรรมชาติที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตปลากะรังเสือจำนวน 12 ครอบครัว โดยใช้เทคนิคเครื่องหมายพันธุกรรม microsatellite ทำให้สามารถตรวจวิเคราะห์พันธุกรรม (microsatellite DNA) ได้ที่จำนวนหลายตำแหน่ง มีความหลากหลายของจำนวน allele สูง ผลการศึกษาพบว่ามี primer polymorphic bands อยู่ระหว่าง 25-56% ขนาดของแถบ DNA อยู่ระหว่าง 100-255 คู่เบส และพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ตัวที่ 6 มีรูปแบบของแถบ DNA ที่คล้ายคลึงกัน อาจมีความเกี่ยวข้องกันทางเครือญาติ เนื่องจากอัลลิลที่พบอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในหลายคู่ primer ปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 15-40 วัน มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักโดยลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ตัวที่ 1 และ 4 ให้ลูกพันธุ์ปลามีการเจริญเติบโตดี ส่วนลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน และลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 และตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำได้ดีกว่าลูกปลาจากพ่อแม่พันธุ์คู่ผสมอื่นๆ ส่วนผลการอนุบาลลูกปลากะรังเสือตั้งแต่อายุ 41-80 วัน ปรากฏว่า ลูกพันธุ์ปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 มีการเจริญเติบโตดี ลูกพันธุ์ปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4, 5 และ 6 มีอัตรารอดตายสูง และลูกพันธุ์ปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ ดังนั้น ในการจัดการพ่อแม่พันธุ์

และการสร้างพ่อแม่พันธุ์ทดแทนที่ถูกต้องควรคำนึงถึงหลักพันธุศาสตร์ กล่าวคือ ใช้พ่อแม่พันธุ์หลายคู่ เก็บรวบรวมลูกพันธุ์ปลาจากหลายรุ่นที่ทำการเพาะพันธุ์เพื่อเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ ระวังไม่ให้เกิดการผสมเลือดชิด หากพบว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมมีแนวโน้มลดลงมากควรนำพ่อแม่พันธุ์จากประชากรอื่นมาผสม โดยประชากรดังกล่าวต้องมีค่าเฉลี่ยทางพันธุกรรมไม่ด้อยกว่าประชากรเดิม

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจหาเชื้อไวรัสก่อโรค viral nervous necrosis (VNN) ด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) เพื่อสนับสนุนการผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า ปลากะรังเสือ และปลาหมอทะเลให้ปลอดเชื้อ nervous necrosis virus (NNV) ตลอดจนให้บริการเกษตรกรในการตรวจวินิจฉัยโรคที่เกิดจาก NNV ไวรัสชนิดนี้มีการแพร่เชื้อในแนวดิ่งจากพ่อแม่สู่ลูก การป้องกันโรคจึงต้องใช้พ่อแม่พันธุ์ปลาที่ไม่เป็นพาหะของโรค การคัดเลือกลูกปลาที่ปราศจากเชื้อไวรัส จึงควรตรวจสอบสุขภาพปลาและตรวจหาเชื้อ NNV ก่อนนำไปเลี้ยง การประยุกต์ใช้เทคนิค one step reverse transcription polymerase chain reaction (one step RT-PCR) ในการตรวจหาเชื้อ NNV ในระบบการผลิตลูกพันธุ์ปลากะรัง โดยมีความไว (sensitivity) ในการตรวจปริมาณสารพันธุกรรม (RNA) ต่ำสุด 100 femtogram (fg) คิดเป็นปริมาณเชื้อต่ำสุด 130 copies เมื่อนำ one step RT-PCR ไปใช้ในการตรวจหาเชื้อก่อโรค VNN ในระบบการผลิตลูกพันธุ์ปลา 3 ชนิด โดยใช้ตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ก่อนการผสมพันธุ์วางไข่ ไข่ปลา ลูกปลาอายุ 10 วัน และลูกปลาขนาด 1 นิ้ว ผลการตรวจไม่พบเชื้อ NNV ในการผลิตปลากะรังทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้ สามารถคัดเลือกปลาที่ปลอดเชื้อไวรัสเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกปลาปลอดเชื้อในรุ่นต่อไปได้

ความหนาแน่นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และต้นทุนของปลากะรังที่เลี้ยงในแต่ละช่วงอายุ เนื่องจากปลาแต่ละช่วงอายุมีธรรมชาติแตกต่างกัน การอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1 วัน ขนาดความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.54 มิลลิเมตร ที่ความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร เป็นระยะเวลา 12 วัน ปรากฏว่า ที่ความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด โดยลูกปลามีความยาวเหยียดเฉลี่ย 7.04 มิลลิเมตร อัตรารอดตายเฉลี่ย 19.73% ต้นทุนการอนุบาล 1.31 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1.50 บาท/ตัว เมื่ออนุบาลปลากะรังเสืออายุ 13 วัน ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 6.52 มิลลิเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.03 กรัม ที่ระดับความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร เป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่า ความหนาแน่นที่ 6 ตัว/ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด โดยลูกปลามีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 0.45 กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.02 กรัม/วัน อัตรารอดตายเฉลี่ย 80.40% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 3.21 ต้นทุนการอนุบาล 11.24 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 12.92 บาท/ตัว ส่วนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41 วัน ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.52 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.42 กรัม ที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0 และ 1.5 ตัว/ลิตร เป็นระยะเวลา 40 วัน ปรากฏว่า ที่ความหนาแน่น 1.5 ตัว/ลิตร ให้ผลดีที่สุด โดยลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 10.43 กรัม ความยาวเฉลี่ย 7.95 เซนติเมตร อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.47กรัม/วัน อัตรารอดตายเฉลี่ย 86.38% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 3.11 ต้นทุนการอนุบาล 99.29 บาท/ตัว จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 114.18 บาท/ตัว

กรดไขมัน n-3 HUFA (highly unsaturated fatty acid) ชนิด eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) มีความสำคัญต่อโภชนาการลูกปลาทะเล โดยเป็นองค์ประกอบสำคัญของเซลล์เนื้อเยื่อ (cell membranes) ในส่วนของสมองและส่วนที่ใช้ในการมองเห็นหรือรับภาพ (retina) โดยเฉพาะกรดไขมันชนิด DHA มีความสำคัญต่อพัฒนาการ การสะสมเม็ดสี (pigmentation) และความต้านทานโรค การอนุบาลลูกปลากะรังเสือที่มีความยาวเฉลี่ย 0.54 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.013 กรัม ด้วยอาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์กรดไขมัน 4 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ A, B, C ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร และสาหร่ายขาว (*Schizochytrium limacinum*) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลามีการเจริญเติบโตทั้งความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ลูกปลาในชุดที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ A มี

อัตรารอดตายสูงสุด (68.40%) ซึ่งแตกต่างกับลูกปลาชุดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) นอกจากนี้ ลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A มีความทนทานต่อความเครียดในน้ำจืด และการสัมผัสกับอากาศได้ดีที่สุดโดยมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 96.66% และ 100% ตามลำดับ แต่ลูกปลาในทุกชุดมีความทนทานต่อความเครียดในฟอร์มาลินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันรวมและองค์ประกอบกรดไขมันทั้งในผลิตภัณฑ์ และในอาร์ทีเมียพบว่าผลิตภัณฑ์ A มีปริมาณสูงที่สุด การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ A โดยแช่อาร์ทีเมียในผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร มีความเหมาะสมมากที่สุด และระยะเวลาที่เหมาะสมในการเสริมกรดไขมันอยู่ที่ 6 ชั่วโมง

ในช่วง 1 เดือนแรกของการอนุบาล ยังมีปัญหาลูกปลามักตายลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลน้ำไม่เหมาะสม ทำให้ลูกปลาได้รับการกระทบจากการกระแทกกับฟองอากาศ อีกทั้งการเคลื่อนที่ของมวลน้ำยังส่งผลต่อการกินอาหารของลูกปลา การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกอนุบาลลูกปลาอายุ 1-12 วัน ในอัตราการให้อากาศ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ) 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที ช่วงที่ 2 ลูกปลาอายุ 13-30 วัน ในอัตราการให้อากาศ 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที ความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละช่วงการทดลอง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$) แต่การทดลองช่วงที่ 1 ลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อากาศในอัตรา 200 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุด (4.97%) แตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การทดลองช่วงที่ 2 ลูกปลาที่ให้อากาศในอัตรา 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ยอยู่ที่ 58.50 และ 60.67% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองที่ให้อากาศในอัตรา 200 และ 400 มิลลิลิตร/นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าอัตราการให้อากาศที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลปลากะรังเสือในช่วงอายุ 1-12 วัน และอายุ 13-30 วัน อยู่ที่ 200 มิลลิลิตร/นาที และ 600-800 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ

ส่วนการศึกษารูปแบบการให้อากาศที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน โดยการให้อากาศ 3 รูปแบบ การให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย การให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย และการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาที่ให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย มีน้ำหนักเฉลี่ย 65.84 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่าที่ให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย และให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 83.04, 78.64 และ 45.17% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากกระแสน้ำพัดพาลูกปลาไปทางเดียวกันทำให้เกิดการรวมกลุ่มและกระแสน้ำจะพัดพาอาหารมาในทิศทางตรงกันข้ามช่วยให้ลูกปลาจับกินได้ง่าย

แสงมีอิทธิพลต่อพัฒนาการและพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปลาวัยอ่อน โดยความเข้มแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและ/หรืออัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อน การศึกษาจากการให้แสงธรรมชาติ (1,612-6,551 lux ประมาณ 10 ชั่วโมง/วัน) ความเข้มแสง 800 และ 1,600 lux ระหว่างอนุบาลลูกปลากะรังเสือช่วงอายุ 1-14 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 1,600 lux มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.14±0.05 มิลลิกรัม มากกว่าลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 800 lux และด้วยการให้แสงธรรมชาติ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) นอกจากนี้ ลูกปลาที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 1,600 lux มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด 30.92% รองลงมาได้แก่ ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 800 lux (23.53%) และด้วยการให้แสงธรรมชาติ (16.28%) ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังนั้น ความเข้มแสง 1,600 lux มีความเหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 1-14 วัน เนื่องจากมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักมากกว่า และมีอัตรารอดตายสูงกว่าที่ 800 lux และให้แสงตามธรรมชาติ

องค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมและข้อมูลที่ได้จากผลงานวิจัยในโครงการฯนี้ ทำให้ได้ต้นแบบการผลิตปลากะรังมูลค่าสูง 3 ชนิด ตั้งแต่การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ให้สมบูรณ์เพศพร้อมเพาะพันธุ์ การเพาะพันธุ์ปลาแต่ละชนิด และการอนุบาลลูกปลาแรกฟักถึงขนาด 2.5 เซนติเมตร และการอนุบาลลูกปลาขนาด 2.5 เซนติเมตร ถึงขนาด 5.5 เซนติเมตร ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยจะได้จัดทำคู่มือการเพาะพันธุ์และอนุบาลปลากะรังเสือ ปลากะรังจุดฟ้า และปลาหมอทะเล โดยคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพในการลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อก่อโรคในกระบวนการผลิตลูกพันธุ์ เพื่อเผยแพร่สู่การนำไปประโยชน์ต่อไป

การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ปลากะรัง การผลิตและจำหน่ายพันธุ์ปลากะรัง

ในการดำเนินโครงการฯ โครงการต้องจัดหาพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูง 3 ชนิด ได้แก่ ปลากะรังเสือ ปลาหมอทะเล และปลากะรังจุดฟ้า จำหน่ายให้แก่เกษตรกร โดยส่งคืนเงินรายได้จากการจำหน่ายลูกพันธุ์ปลาเป็นจำนวนทั้งสิ้น **21,840,000 บาท**

การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 3 ชนิด เพื่อผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่าย ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในปีที่ 1 และ 2 จำนวน 155 ตัว แต่การผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่ายใน 2 ปีแรก ไม่ได้เป็นไปตามเป้าหมาย ในปีต่อๆมาโครงการฯจึงได้ขออนุมัติ สวก. ซื้อพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 3 ชนิด เพิ่มเติมอีกจำนวน 369 ตัว เพื่อเสริมการผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่าย และใช้ในการวิจัยที่ค้างอยู่ โดยเฉพาะปลากะรังจุดฟ้าพ่อแม่พันธุ์ชุดที่ผลิตใช้มากว่า 3 ปี จึงควรเปลี่ยนชุด ประกอบกับปลาพ่อพันธุ์มีไม่เพียงพอและที่มีอยู่มีน้ำเชื้อน้อยมาก ตลอดจนพ่อแม่พันธุ์บางส่วนตายเนื่องจากการติดเชื้อ

โครงการฯได้ผลิตพันธุ์ปลาขนาดต่างๆจำนวน 377,221ตัว เพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกร และมีเงินรายได้จากการจำหน่ายลูกพันธุ์ปลาเป็นจำนวนทั้งสิ้น 18,303,210 บาท และอีกจำนวน 380 ตัว ซึ่งเป็นปลาขนาดวัยรุ่นและขนาดตลาด ใช้ในกิจกรรมร่วมกับ สวก. คิดเป็นเงิน 262,000 บาท รวมจำนวนปลากะรังที่ผลิตทั้งสิ้น **377,601 ตัว** คิดเป็นเงินรายได้ทั้งสิ้น **18,565,210 บาท**

ลูกปลากะรังที่เกษตรกรซื้อไปเลี้ยง คาดว่าเมื่อเลี้ยงปลาถึงขนาดตลาดจะมีมูลค่ารวมประมาณ **87,156,366.50 บาท**

การดำเนินกิจกรรมร่วมกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

กิจกรรมที่ 1 เมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2555 โครงการฯร่วมกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สวก. จัดกิจกรรม “สวก. ร่วมพลิกฟื้น คืนรอยยิ้มสู่อันดามัน” โดยปล่อยพันธุ์ปลากะรังที่เพาะได้จากโครงการต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์จากทั้ง 3 ศูนย์ฯ ในทะเลบริเวณหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต

กิจกรรมที่ 2 เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2557 ทางโครงการฯ ยังได้ร่วมกับ สวก. และภาคเอกชนด้านการท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ต ดำเนินการส่งเสริมการบริโภคปลากะรังทั้ง 3 ชนิด แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ซึ่งมีชาวต่างชาติที่มาท่องเที่ยวเฉพาะที่จังหวัดภูเก็ตปีละประมาณ 10 ล้านคน เพื่อเป็นการขยายตลาดภายในประเทศแทนที่จะหวังพึ่งตลาดส่งออกเพียงอย่างเดียว โดยมีการจัดงานเสวนา เรื่อง “ปลากะรังจุดฟ้า อาชีพทางเลือกใหม่ของคนภูเก็ต: การเพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพและการตลาดที่ยั่งยืน” ณ ห้องประชุมพระพิทักษ์แกรนด์บอลรูม โรงแรมเมโทรโพลภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

กิจกรรมที่ 3 เมื่อวันที่ 5-8 มิถุนายน 2557 ทางโครงการได้เข้าร่วมกิจกรรมที่ สวก. จัดกิจกรรมสื่อมวลชนสัญจร ณ จังหวัดภูเก็ตและพังงา เพื่อประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยที่ สวก. ให้ทุนสนับสนุน ซึ่งรวมทั้ง “โครงการต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์”

กิจกรรมที่ 4 เมื่อวันที่ 28-29 มิถุนายน 2557 ทางโครงการเข้าร่วมงานที่ สวก. กรมประมง และภาคเอกชนด้านการท่องเที่ยวร่วมกันจัดงานการแข่งขันชิงถ้วยพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในการประดิษฐ์อาหาร “สุดยอดเมนูจุดฟ้าอันดามัน” ณ แกรนด์ฮอลล์ ชั้น 1 โฮมเวิร์คภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

ข้อเสนอแนะ

1. ส่งเสริมให้เกษตรกรมีอาชีพทางเลือกใหม่ในการเลี้ยงปลากะรังที่มีราคาสูงในโครงการฯ เพื่อเพิ่มความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยง ลดความเสี่ยงในการลงทุน และควรศึกษาการตลาดปลากะรังแต่ละชนิด ตลอดจนแนวโน้มในอนาคตเพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิต

2. จัดการอบรมเกษตรกร เจ้าหน้าที่ บุคลากรที่รับผิดชอบเกี่ยวข้องให้รู้เทคนิค การจัดการฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาทะเลที่ได้มาตรฐาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3. คัดเลือกปลากะรังที่ปลอดเชื้อ NNV โดยวิธี RT-PCR เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกปลาปลอดเชื้อในรุ่นต่อๆไป เพื่อลดความเสี่ยงของโรคระบาด ซึ่งจะทำให้การผลิตเชิงพาณิชย์เป็นไปได้ยาก

4. ศึกษาวิจัยด้านพันธุกรรมโดยเฉพาะการคัดเลือกพันธุ์ดีของปลากะรังแต่ละชนิดเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน พร้อมสร้างพันธุ์ที่ต้านทานโรคต่างๆที่ทำให้ปลาที่เลี้ยงตายจำนวนมาก รวมถึงทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เป็นต้น และพ่อแม่พันธุ์ที่ให้น้ำเชื้อและไข่สมบูรณ์จำนวนมาก (high fecundity)

5. พัฒนาระบบการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังแต่ละชนิดอย่างต่อเนื่อง คิดค้นนวัตกรรมใหม่ที่ประสิทธิภาพเหนือกว่ามาใช้ เช่น เครื่องเติมอากาศอัตโนมัติ ในระบบให้ได้รับการสนับสนุนเรื่องทุนวิจัยการจัดตั้งฟาร์มตัวอย่างในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ การอนุบาลลูกปลาวัยอ่อน การเลี้ยงปลาวัยรุ่น ตลอดจนการเลี้ยงถึงขนาดตลาด สำหรับปลาสำคัญทางเศรษฐกิจแต่ละชนิด

ความเป็นมา และความสำคัญของโครงการ

ในปี 2539 ปลากะรังที่จับได้จากธรรมชาติมีปริมาณทั้งสิ้น 9,326 ตัน แต่ปริมาณผลผลิตปลากะรังที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมีเพียง 774 ตัน เท่านั้น (ข้อมูลสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2539) ซึ่งแตกต่างจากปี 2556 อย่างชัดเจน โดยในปี 2556 สามารถจับปลากะรังจากธรรมชาติได้เพียง 4,045 ตัน และมีผลผลิตของปลากะรังที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 2,495 ตัน (ข้อมูลสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2556) จากข้อมูลดังกล่าวนี้เห็นได้ชัดว่าการเพาะเลี้ยงปลากะรังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศมีความต้องการในการบริโภคเพิ่มขึ้น ซึ่งประเทศจีนและฮ่องกงเป็นประเทศที่มีการนำเข้าปลากะรังมีชีวิตมากที่สุด โดยในปี 2545 ฮ่องกงนำเข้าปลากะรังมีชีวิตทั้งหมด 6,555 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,500 ล้านบาท และประเทศจีนมีการนำเข้าปลากะรังประมาณ 25-30% ของฮ่องกง ซึ่งประเทศผู้ส่งออกปลากะรังให้แก่ประเทศจีนและฮ่องกง ได้แก่ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย ไทย เวียดนาม และออสเตรเลีย เป็นต้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะเป็นประเทศที่มีปริมาณการส่งออกปลากะรังให้แก่ประเทศจีนและฮ่องกงมากที่สุด แต่เมื่อคิดเป็นมูลค่าของการส่งออกพบว่ามีมูลค่าไม่มากนัก เนื่องจากปลากะรังที่ส่งออกจากประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นปลากะรังดอกดำ และกะรังดอกแดง (*Epinephelus* spp.) ซึ่งเป็นปลาที่มีราคาไม่สูงนัก อีกทั้งในปัจจุบันราคายังลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2550 (130-180 บาท/กิโลกรัม) เป็นต้นมา โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปลากะรังที่ส่งออกของประเทศอื่นๆที่เป็นชนิดมีมูลค่าสูง ได้แก่ ปลากะรังหงส์ (*Cromileptes altivelis*) แต่เป็นปลาโตช้า และปลากะรังจุดฟ้า (*Plectopomus* spp.) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้มูลค่าในการส่งออกปลากะรังของประเทศอื่นๆ สูงกว่าปลากะรัง (*Epinephelus* spp.) ที่ส่งออกจากประเทศไทย

ความสำคัญและความก้าวหน้าด้านการวิจัยการผลิตพันธุ์ปลาในกลุ่มปลากะรังซึ่งอยู่ในวงศ์ Serranidae ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องมากกว่า 30 ปี ทั้งในประเทศญี่ปุ่น จีน เกาหลี สิงคโปร์ และอีกหลายประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย ปลากะรังที่มีการศึกษาวิจัยเพื่อการเพาะเลี้ยงมีหลากหลายชนิดมากขึ้น ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีพ่อแม่พันธุ์ในประเทศนั้นๆ และเมื่อผลผลิตของลูกปลาจากธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง กรมประมงโดยกองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งได้ศึกษาวิจัยการเพาะพันธุ์ปลากะรังตลอดมา จนกระทั่งปี 2538-2541 สามารถเพาะพันธุ์ปลากะรังดอกดำ และปลากะรังดอกแดงได้จำนวนมาก ทำให้มีลูกพันธุ์เพียงพอที่จะนำมาทดลองวิจัยและจำหน่ายให้เกษตรกร แต่ลูกพันธุ์ปลากะรังทั้งสองนี้เป็นชนิดที่มีราคาไม่สูงนัก เกษตรกรผู้เลี้ยงจึงยังมีความต้องการลูกพันธุ์ปลากะรังชนิดอื่นที่มีมูลค่าสูงนำไปเลี้ยงอีกเป็นจำนวนมากตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

ปลากะรังเสือ หรือกะรังลายหินอ่อน มีชื่อสามัญ tiger grouper, brown marbled grouper หรือ flower cod ชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) เนื้อขาวนิ่ม ขนาดที่นิยมบริโภคมีน้ำหนัก 600-1,000 กรัม ราคาประมาณ 350-450 บาท/กิโลกรัม ในธรรมชาติอาศัยอยู่ตามบริเวณกองหินในเขตชายฝั่งทะเลอันดามัน ขนาดโตเต็มที่ประมาณ 120 เซนติเมตร ปลาที่สมบูรณ์เพศความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร

ปลาหมอทะเล ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Epinephelus lanceolatus* มีหัวค่อนข้างโต ปากกว้าง ตาเล็ก ครีบหลังมีก้านครีบแข็งอยู่ตอนหน้าตามด้วยก้านครีบแข็งและต่อด้วยครีบอ่อนเช่นเดียวกัน ครีบหางค่อนข้างใหญ่เป็นรูปกลมมน ลำตัวสีเทาอมดำ เมื่อยังเล็กตามลำตัวมีลายสีเหลืองสลับทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณครีบต่างๆ ปลาหมอทะเลเป็นปลาในวงศ์ปลากะรังที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีความยาวเต็มที่ได้ถึง 2.5 เมตร มีน้ำหนักถึง 400 กิโลกรัม เป็นปลากินเนื้อ มีพฤติกรรมกินอาหารโดยการฮุบกลืนเข้าไปทั้งตัว ออกหากินในเวลากลางคืน นิสัยหวงถิ่น ในธรรมชาติมักอาศัยอยู่ตามซากโป๊ะ หรือกองหินใต้น้ำ โดยว่ายน้ำไปมาอย่างเชื่องช้า หรือลอยตัวอยู่นิ่งๆ พบอยู่ในระดับความลึกตั้งแต่ 4-100 เมตร ในทะเลเขตอบอุ่นในแถบอินโด-แปซิฟิกทั่วไป รวมถึงออสเตรเลีย

ทางตอนเหนือ จนถึงอ่าวเปอร์เซีย ส่วนในประเทศไทยพบในบริเวณจังหวัดระนอง ภูเก็ต สงขลา จันทบุรี ตราด ชลบุรี ปลาขนาด 1,000-1,200 กรัม ราคาขาย 500-600 บาท/กิโลกรัม เป็นปลาที่เติบโตเร็วเหมาะกับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์

ปลากะรังจุดฟ้า หรือปลากุดสลาด มีชื่อสามัญ blue-spotted coral trout ชื่อวิทยาศาสตร์ *Plectropomus leopardus* เป็นปลาที่มีเนื้อสีขาว รสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภค มีราคาแพง ปลาขนาด 800-1,200 กรัม ราคาขาย 800-1,200 บาท/กิโลกรัม ในธรรมชาติปลาชนิดนี้จะอาศัยอยู่แนวปะการังในเขตชายฝั่งทะเลอันดามัน และฝั่งตะวันออกติดประเทศกัมพูชาที่มีความลึกตั้งแต่ 3 เมตร ถึง 100 เมตร

ปลาทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้นเป็นปลากะรังที่มีราคาสูง มีเนื้อขาว รสชาติดี เป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ กรมประมงโดยกองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ปลากะรังทั้ง 3 ชนิด มีงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยเพิ่มอัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อนในระดับหนึ่ง แต่การผลิตยังไม่ต่อเนื่อง ผลผลิตไม่คงที่ มีการตายระหว่างอนุบาลมากในบางครั้ง จึงจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อการผลิตลูกพันธุ์ได้อย่างยั่งยืนมั่นคงต่อไปในอนาคต ซึ่งยังมีแง่มุมที่ต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมอีก กรมประมงจึงได้เสนอโครงการ **“ต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์”** ขอรับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก) และได้รับการสนับสนับสนุนเป็นเป็นเงินทั้งสิ้น 28,051,275 บาท (ยี่สิบแปดล้านห้าหมื่นหนึ่งพันสองร้อยเจ็ดสิบห้าบาทถ้วน) ระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 18 สิงหาคม 2553 ถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2558 และขยายระยะเวลาต่ออีก 6 เดือน จนถึงวันที่ 17 เดือนกุมภาพันธ์ 2559 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตพันธุ์ปลากะรังมูลค่าสูงทั้ง 3 ชนิดนี้ ตั้งแต่การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์ การเลี้ยงขุนพ่อแม่พันธุ์ การเพาะพันธุ์ให้ได้ลูกพันธุ์จำนวนมากขึ้น และอนุบาลลูกปลากะรังมีอัตรารอดตายสูงขึ้น เพื่อเป็นต้นแบบนำไปสู่กระบวนการผลิตที่เป็นเชิงพาณิชย์ต่อไป ในที่นี้ขอกำหนดคำจำกัดความของคำว่า “ต้นแบบ” หมายความว่า การปรับปรุงพัฒนาและประยุกต์เทคนิควิธีเดิมเพื่อได้เทคนิควิธีที่ดีขึ้น โดยได้ลูกปลาที่มีอัตรารอดตายสูงขึ้น นอกจากนี้ โครงการจะต้องผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูง 3 ชนิด จำหน่ายให้แก่เกษตรกร และส่งเงินรายได้เป็นจำนวนทั้งสิ้น **21,840,000 บาท** เพื่อขยายปริมาณการเลี้ยง ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ในการประกอบอาชีพให้แก่เกษตรกร ลดความเสี่ยงจากการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดเดียวเป็นอาชีพ ลดการนำเข้าลูกพันธุ์จากต่างประเทศ และลดการจับลูกปลาวัยอ่อนจากธรรมชาติเพื่อสร้างความสมดุลในธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ

ในอนาคตหากตลาดมีความต้องการบริโภคปลากะรังเพิ่มมากขึ้น ความต้องการลูกพันธุ์ปลาเพื่อขยายผลสู่การเลี้ยงย่อมเพิ่มมากขึ้น การผลิตลูกพันธุ์ปลาทั้ง 3 ชนิด จะต้องขยายไปสู่ภาคเอกชน/เกษตรกร ซึ่งเป็นเป้าประสงค์หลักของโครงการ และโครงการฯ มีความพร้อมในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ซึ่งเป็นต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าเหล่านี้ไปยังภาคเอกชน/เกษตรกรที่สนใจต่อไป

งานวิจัย

ผลของการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดต่อการวางไข่ของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)

ธวัช ศรีวีระชัย[1] ไวยพจน์ เครือเสน่ห์[1] จิรานุวัฒน์ ชูเพชร[2] และวารินทร์ ธนาสมหวัง[3]
[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต [2]สำนักงานประมงจังหวัดพังงา [3]กองผู้เชี่ยวชาญ กรมประมง

บทคัดย่อ

การทดลองเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในบ่อคอนกรีตกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 เมตร ลึก 2 เมตร ในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด ระบบละ 3 บ่อ โดยในแต่ละบ่อใส่ปลาเพศผู้ 2 ตัว และปลาเพศเมีย 4 ตัว อาหารที่ให้ ได้แก่ ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) และหมึก (*Loligo* sp.) เสริมด้วยวิตามินอี 100 IU สลับกับวิตามินซี 100 มิลลิกรัม บรรจุในแคปซูลใส่ในท้องปลาเหยื่อหรือหมึก โดยให้กินจนอิ่มวันเว้นวัน และเสริมด้วยสาหร่ายสไปรูไรนา และเพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) สัปดาห์ละครั้ง ระหว่างการเลี้ยงมีการฝังฮอร์โมน (17α-methyltestosterone) ใต้ผิวหนังบริเวณด้านหลังลำตัวของปลาเพศผู้เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อ การทดลองดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม 2554–กรกฎาคม 2557

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด พบว่าปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ย 0.0192±0.0145 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.0198±0.0083 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนียรวมมีค่าเฉลี่ย 0.1153±0.0832 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.1092±0.0664 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อุณหภูมิน้ำ และความเป็นกรดด่างในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าในระบบน้ำไหลผ่านตลอด โดยอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย 27.5±0.9 องศาเซลเซียส และ 29.4±1.3 9 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่างมีค่าเฉลี่ย 7.8±0.0 และ 7.9±0.2 ส่วนคุณภาพน้ำอื่นๆในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในระบบน้ำไหลผ่านตลอด โดยความเค็มมีค่าเฉลี่ย 32.5±2.3 และ 29.5±2.8 ส่วนในพัน ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 105.2±9.2 และ 102.6±11.5 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.4±0.3 และ 6.1±0.4 มิลลิกรัม/ลิตร และไนเตรทมีค่าเฉลี่ย 19.7686±10.298 และ 0.1915±0.0839 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ปริมาณแบคทีเรียรวมในระบบน้ำหมุนเวียนช่วงแรกของการเลี้ยงมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1,000 CFU/มิลลิลิตร เมื่อระบบน้ำหมุนเวียนเกิดความสมดุล ปริมาณแบคทีเรียรวมจึงไม่เกินค่ามาตรฐานหรือสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อยในบางครั้ง ส่วนปริมาณ *Vibrio* spp. มีความเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ไม่มาก และส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน 100 CFU/มิลลิลิตร ในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปริมาณแบคทีเรียรวม และปริมาณ *Vibrio* spp. ส่วนใหญ่มีปริมาณค่อนข้างสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ในปีที่ 1 ของการเลี้ยง ปลาไม่วางไข่ทั้ง 2 ระบบ ปีที่ 2 แม่พันธุ์ปลาในบ่อเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนวางไข่ 2 บ่อ จำนวนทั้งสิ้น 187,490 ฟอง ส่วนแม่พันธุ์ปลาในบ่อเลี้ยงระบบน้ำไหลผ่านตลอดวางไข่ 1 บ่อ จำนวน 36,700 ฟอง แต่ไข่จากทั้ง 2 ระบบ ไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อ จึงไม่ฟักออกเป็นตัว ปีที่ 3 แม่พันธุ์ปลาเฉพาะในบ่อเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนเท่านั้นที่วางไข่ จำนวนทั้งสิ้น 2,816,215 ฟอง (จากทั้ง 3 บ่อ) แต่ไข่ทั้งหมดไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อเช่นเดียวกับปีที่ผ่านมา จึงมีการฝังฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ใต้ผิวหนังบริเวณด้านหลังลำตัวปลาเพศผู้เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อเมื่อกลางปีที่ 3 เมื่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียน 2 บ่อ วางไข่ในปีที่ 4 จำนวน 1,959,999 ฟอง ไข่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์เป็นไข่ดีจำนวน 1,364,999 ฟอง (69.6%) ไข่เสีย จำนวน 595,000 ฟอง (30.4%) ไข่ฟักออกเป็นตัวจำนวน 754,800 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 55.3% ส่วนพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำไหลผ่านตลอดไม่ผสมพันธุ์วางไข่ จากผลการศึกษาสรุปได้

ว่า การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการผสมพันธุ์วางไข่ในระยะเวลาที่เร็วกว่า ปริมาณไข่ และจำนวนครั้ง หรือวันที่วางไข่มากกว่าเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอด

คำสำคัญ: ระบบน้ำหมุนเวียน ระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปลากะรังจุดฟ้า การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ การผสมพันธุ์วางไข่

Effects of Water Recycling and Water Flow-Through Systems on Spawning of Blue Spotted Grouper *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)

Tawat Sriveerachai[1] Vaiyapoch Kruesanae[1] Jiranuwat Chupetch[2] and Varin Tanasomwang[3]
[1]Phuket Coastal Fisheries Research and Development Center
[2]Phang-nga Fisheries Office [3]Expert Division, Department of Fisheries

Abstract

Rearing of blue spotted grouper broodstocks in water recycling and water flow-through systems was performed in 3 round concrete tanks (diameter 3.6 m, depth 2.0 m) for each system. Two males and 4 females were stocked in each tank. The fish were fed to satiation every other day with *Sardinella* sp. and *Loligo* sp. whose bellies were put in capsules of vitamin E 100 IU alternate with vitamin C 100 mg. Supplement feeds of spirulina and *Perinereis quatrefagesi* were given once a week. Male broodstocks were implanted with 17α-methyltestosterone subcutaneously at the back of fish body to inducing sperm formation. The experiment was carried out from January 2011–July 2014.

Analysis of water quality in both water recycling and water flow-through culture systems revealed that average nitrite were 0.0192±0.0145 mg/l and 0.0198±0.0083 mg/l, average total ammonia were 0.1153±0.0832 mg/l and 0.1092±0.0664 mg/l which were not significantly different ($p>0.05$). However, water temperature (27.5±0.9°C) and pH (7.8±0.0) in recycling system were lower than those in water flow-through system, 29.4±1.3°C and 7.9±0.2 respectively. While other parameters of water qualities in the water recycling system were higher as compared with those in water flow-through system, i.e. salinity 32.5±2.3 and 29.5±2.8 ppt, alkalinity 105.2±9.2 and 102.6±11.5 mg/l, DO 6.4±0.3 and 6.1±0.4 mg/l, and nitrate 19.7686±10.298 and 0.1915±0.0839 mg/l, respectively. Total bacteria numbers in water recycling system at the initial phase were higher than standard level 1,000 CFU/ml. However, when the system was balance, numbers of total bacteria were mostly fluctuated at lower level than standard, while the abundances of *Vibrio* spp. were mostly fluctuated at lower level than standard 100 CFU/ml. Total bacteria and *Vibrio* numbers in water flow-through system fluctuated and mostly higher than standard.

In the 1st year of rearing, no spawning of broodstocks was observed in both systems. In the 2nd year, 2 and 1 tanks of broodstocks in water recycling and water flow-through systems laid 187,490 eggs and 36,700 eggs, respectively, but the eggs were not fertilized. In the 3rd year, spawning was observed in the water recycling system with a total of 2,816,215 eggs but all eggs were not fertilized. In middle of the 3th year, the male broodstocks were subcutaneously implanted with 17α-methyltestosterone at the back of fish body to induce sperm formation. This resulted in spawing in the 2 broodstocks tanks in water recycling system which gave 1,959,999 eggs comprising of 1,364,999 viable eggs (69.6%) and 595,000 unfertilized eggs (30.4%) with 754,800

newly hatched larvae (hatching rate of 55.3%) in the 4th year. Broodstocks in water flow-through system did not spawn. In conclusion, environment in water recycling system was more suitable for rearing of blue spotted grouper broodstocks since they spawned faster and gave more eggs than those in water flow-through system.

Key words: water recycling system, water flow-through system, blue spotted grouper, *Plectropomus leopardus,* spawning

คำนำ

ปลากะรังจุดฟ้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802) เป็นปลาที่มีราคาแพงเมื่อเทียบกับปลาหลายชนิดในกลุ่มเดียวกัน เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศที่มีคนจีนอาศัยอยู่ เนื่องจากเนื้อสีขาวรสชาติดี แต่ปริมาณที่จับได้จากธรรมชาติมีน้อยมาก จึงมีความพยายามในการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้ในเชิงพาณิชย์เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด อย่างไรก็ตาม การที่จะพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลากะรังจุดฟ้าไปสู่ระดับเชิงพาณิชย์ได้นั้น งานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์เพื่อให้ได้ลูกพันธุ์ที่มีขนาดเหมาะสมและมีปริมาณเพียงพอที่จะขยายผลไปสู่การเลี้ยงเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรก ซึ่งในกระบวนการต้องอาศัยพ่อแม่พันธุ์ที่มีความสมบูรณ์ โดยการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาที่ได้จากธรรมชาติให้สามารถผสมพันธุ์วางไข่ในที่ล้อมขัง ปลาในกลุ่มกะรังโดยเฉพาะปลากะรังจุดฟ้าเป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่ในน้ำใสสะอาด ดังนั้น ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์จึงต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพเหมาะสม ใสสะอาด และปราศจากเชื้อก่อโรค ในอดีตที่ผ่านมา หน่วยงานของกรมประมงที่ตั้งอยู่ทางฝั่งทะเลอันดามันมักเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำไหลผ่านซึ่งต้องใช้น้ำในปริมาณมาก และเป็นน้ำจากทะเลโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัด เนื่องจากบ่อคอนกรีตที่ใช้สำหรับบำบัดน้ำมีจำกัด เป็นเหตุให้มีความเสี่ยงสูงในการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคเข้ามาในระบบ เพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาระบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดและฆ่าเชื้อในครั้งแรก แล้วหมุนเวียนใช้อย่างต่อเนื่อง โดยการบำบัดเศษอาหารที่ปลากินไม่หมด ของเสียจากการขับถ่าย ตลอดจนสารอินทรีย์และอนินทรีย์ทั้งหลายภายในระบบ ส่งผลให้คุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) และสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3-N) ไนไตรท์ (NO_2-N) ไนเตรท (NO_3-N) สารประกอบฟอสฟอรัส เช่น ฟอสเฟต (PO_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ ค่อนข้างเสถียร นอกจากนี้ ระบบดังกล่าวยังสามารถรักษาระดับความเค็มของน้ำไม่ให้เปลี่ยนแปลงมาก และลดความเสี่ยงการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในพ่อแม่พันธุ์ ซึ่งช่วยลดความเสียหายหรือสูญเสียได้อย่างมาก เนื่องจากปลากะรังมีราคาแพง และใช้ระยะเวลานานในการเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ ในระบบน้ำหมุนเวียนประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชนิด เช่น โปรตีนสกิมเมอร์ (protein skimmer) หรืออุปกรณ์แยกตะกอน อุปกรณ์ให้แสงอุตร้าไวโอเลต (UV) และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบกรองแบบชีวภาพ (biological filtration)

โปรตีนสกิมเมอร์เป็นอุปกรณ์แยกตะกอน โดยวิธีการรวบรวมตะกอนในน้ำให้ติดขึ้นไปกับฟองอากาศแล้วเก็บออกจากบ่อ เป็นเทคโนโลยีเพื่อการบำบัดน้ำที่ได้นำมาเพิ่มเติมเข้าสู่ระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อใช้ในการกำจัดสารที่ละลายได้ (dissolved solids) และสารแขวนลอย (suspended solids) โดยตรง อุปกรณ์ให้แสงอุตร้าไวโอเลตโดยใช้แสงอุตร้าไวโอเลตเพื่อฆ่าเชื้อโรค พยาธิ ตัวเบียฬ และกำจัดสารพิษต่างๆ ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคในปลา ส่วนระบบกรองแบบชีวภาพเป็นระบบที่ใช้สิ่งมีชีวิตช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ได้แก่ สาหร่ายชนิดต่างๆ โดยสาหร่ายจะช่วยดูดซับธาตุอาหารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต และการใช้อวนตาถี่ ตาห่าง ไบโอบอล (bioball) และเศษวัสดุที่มีรูพรุน เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียที่ช่วยในการบำบัดน้ำหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำต่างๆ โดยเฉพาะแอมโมเนีย และไนไตรท์ ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและเหมาะสมแก่การเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนประกอบต่างๆเหล่านี้ทำให้น้ำมีคุณภาพดี สะอาดปราศจากเชื้อโรคและพาราสิต สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำและความสมบูรณ์ของพ่อแม่พันธุ์ปลาโดยประเมินจากการผสมพันธุ์และวางไข่ ปริมาณไข่ ตลอดจนอัตราการฟักของไข่ปลา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ รวมถึงปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) และแบคทีเรียวิบริโอ (*Vibrio* spp.) ในบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด

2. เพื่อเปรียบเทียบความสมบูรณ์ของพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 2 ระบบ โดยประเมินจากจำนวนครั้งของการผสมพันธุ์และวางไข่ ปริมาณไข่ และอัตราการฟักของไข่

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าให้ผสมพันธุ์และวางไข่ในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม 2554–กรกฎาคม 2557

การเตรียมน้ำทะเล และเตรียมบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน

การเตรียมน้ำทะเลโดยนำน้ำทะเลความเค็มประมาณ 30-32 ส่วนในพัน (ppt) มาไว้ในบ่อพัก แล้วใส่แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($Ca(OCl)_2$) ความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน (ppm) เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ และให้อากาศตลอดเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ หรือจนกว่าคลอรีนสลายตัวหมด

การเตรียมบ่อเลี้ยงโดยใช้บ่อคอนกรีตกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 เมตร ลึก 2 เมตร จำนวน 4 บ่อ เพื่อใช้เป็นบ่อเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียน 3 บ่อ (บ่อที่ 1, 2 และ 3) และเป็นบ่อบำบัดน้ำ 1 บ่อ (บ่อที่ 4) ภายในบ่อเลี้ยงขึงกระชังขนาด 3x3x1.5 เมตร เพื่อให้ปลาที่เลี้ยงอยู่ในกระชัง โดยมีอวนปิดครอบปากบ่อและกระชังเพื่อป้องกันปลากระโดดออกนอกบ่อ

การติดตั้งระบบบำบัดน้ำหมุนเวียนในบ่อบำบัด ประกอบด้วยโปรตีนสกิมเมอร์ ยูวี และระบบการกรองแบบชีวภาพ โดยใส่สาหร่ายทะเล อวนโพลีเอสเตอร์ ไบโอบอล ถังปะการังกรองน้ำ และปลาพยาบาล bluestreak cleanner wrasse (*Labroides dimidiatus*) รวมทั้งติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซ้นต์ให้แสงสว่างเพื่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และความสะดวกในการปฏิบัติงาน เติมน้ำทะเลที่เตรียมไว้จากตอนต้นเข้าสู่บ่อระบบบำบัดน้ำ และบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียน 3 บ่อ โดยมีน้ำไหลหมุนเวียนในอัตรา 11.7 ลิตร/นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ทุกวัน ทดสอบและปรับสภาพน้ำให้คงที่และสมดุล โดยปล่อยให้น้ำหมุนเวียนตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 25-30 วัน เพื่อให้แบคทีเรียในบ่อบำบัดเกิดขึ้น ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกวัน ปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวัสดุปูนโซเดียมไบคาร์บอเนต น้ำปูนใส เมื่อคุณภาพน้ำในบ่อเหมาะสมจึงปล่อยปลาเข้าสู่ระบบการเลี้ยง

การเตรียมน้ำทะเล และเตรียมบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอด

บ่อที่ใช้เลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดเป็นบ่อคอนกรีตขนาดเดียวกันบ่อที่ 5, 6, 7 โดยใช้น้ำทะเลสดที่สูบมาจากบ่อเก็บน้ำขนาด 100 ไร่ ปล่อยให้น้ำไหลผ่านบ่อเลี้ยงในอัตรา 11.7 ลิตร/นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ทุกวัน ภายในบ่อเลี้ยงขึงกระชังขนาด 3x3x1.5 เมตร เพื่อให้ปลาที่เลี้ยงอยู่ในกระชัง โดยมีอวนปิดครอบปากบ่อและกระชังเพื่อป้องกันปลากระโดดออกนอกบ่อ

การเตรียมพันธุ์ปลา

พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นปลา 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นปลาที่ซื้อจากฟาร์มเอกชน

ในจังหวัดภูเก็ต ขนาดประมาณ 2.3-4.8 กิโลกรัม กลุ่มที่ 2 เป็นปลาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งตราด ขนาดประมาณ 1.5-2.4 กิโลกรัม

ก่อนปล่อยปลาลงในบ่อทดลอง นำพ่อแม่พันธุ์ปลาจากกระชังขึ้นมาแช่ในน้ำจืดเป็นระยะเวลา 3 นาที ก่อนปล่อยลงในบ่อที่มีน้ำซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแล้วและให้อากาศตลอดเวลา ให้อาหาร เปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% ทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้น จึงนำปลาแช่ในน้ำจืดเป็นระยะเวลา 5 นาที อีกครั้งหนึ่งก่อนปล่อยปลาลงในบ่อทดลอง

การตรวจสอบเพศปลาโดยการใช้วิธีสวนช่องเพศ (gonopore) ด้วยสายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เพื่อดูดไข่หรือน้ำเชื้อออกมาตรวจสอบ ปลาจากฟาร์มเอกชนไม่พบไข่ จึงจัดกลุ่มเป็นเพศผู้ ส่วนปลาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งตราด พบว่ามีไข่ขนาดเล็กเม็ดสีขาวใสคล้ายเม็ดสาคู จึงจัดกลุ่มเป็นเพศเมีย

การสุ่มคัดปลาจากทั้ง 2 กลุ่ม ลงในบ่อทดลอง โดยสุ่มปลาเพศผู้จากกลุ่มที่ 1 บ่อละ 2 ตัว และสุ่มปลาเพศเมียจากกลุ่มที่ 2 บ่อละ 4 ตัว ปล่อยรวมกันเป็น 6 ตัวต่อกระชังในบ่อ ทั้ง 2 ระบบการเลี้ยง เมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2554 (ตารางผนวกที่ 1, 2)

การแก้ปัญหาพยาธิภายนอก

หลังจากปล่อยปลาลงเลี้ยงในบ่อได้ประมาณ 1 เดือน เริ่มมีพยาธิภายนอกจำพวกเห็บ (*Caligus* spp.) เกาะที่ตัวปลา ต้องนำปลาขึ้นมาแช่น้ำจืดประมาณ 3-5 นาที เพื่อกำจัดพยาธิ และแช่ยาเหลือง (Acriflavin) เพื่อรักษาแผลที่อาจเกิดขึ้น แล้วจึงปล่อยปลากลับบ่อเดิม ดำเนินการเช่นนี้จนถึงเดือนมิถุนายน 2554 จึงมีการนำปลาพยาบาล ปล่อยลงเลี้ยงรวมกันในบ่อเลี้ยงปลาบ่อละ 20 ตัวเพื่อให้กำจัดพยาธิภายนอก หลังจากนั้นไม่ต้องนำพ่อแม่พันธุ์ปลาขึ้นมาแช่น้ำจืดอีก

การเตรียมอาหาร อาหารเสริม และการให้อาหาร

อาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาเป็นอาหารสด คือปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) โดยใช้วิตามินอี 100 IU สลับกับวิตามินซี 100 มิลลิกรัม บรรจุในแคปซูลใส่ในท้องปลาเหยื่อ 1 เม็ดต่อ 1 ตัวปลาเหยื่อ ให้ปลากินอาหารจนอิ่มวันเว้นวัน และใน 1 สัปดาห์ให้หมึก (*Loligo* sp.) 1 ครั้ง เสริมด้วยสาหร่ายสไปรูไรนา และเพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) โดยการใส่ในท้องหมึกหรือปลาเหยื่อให้ปลากิน

การตรวจสอบการวางไข่ เก็บไข่ และการฟักไข่

พ่อแม่พันธุ์ปลาผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยมีการตรวจสอบการวางไข่ของปลาทุกบ่อทุกวันในตอนเช้าโดยใช้แก้วตักน้ำในบ่อพ่อแม่พันธุ์ขึ้นมาตรวจสอบไข่ที่ลอยอยู่ในน้ำ เมื่อพบปลาวางไข่ ใช้ท่อเก็บไข่ปลาแบบ air-water lift ที่ปลายท่อสวมผ้ากรองร่วมกับสวิงตาละเอียด ขนาดช่องตา 0.3 มิลลิเมตร ช้อนเก็บรวบรวมไข่ปลานำไปใส่ถังขนาด 200 ลิตร ที่มีฟองอากาศเบาๆตลอดเวลา สุ่มนับจำนวนไข่ปลาทั้งหมด กวนน้ำวนเพื่อแยกไข่เสียออกจากไข่ดี นับจำนวนไข่ดี จากนั้นนำไปฟักในถังฟักไข่ต่อไป บันทึกวันเดือนปีที่ปลาวางไข่ ข้างขึ้นข้างแรม จำนวนไข่ทั้งหมด ไข่ดี ไข่เสีย และคำนวณร้อยละของการฟักเป็นตัว

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงและการจัดการในบ่อเลี้ยงปลา

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง โดยตรวจวัดความเค็มด้วยเครื่องวัดความเค็มแบบหักเหแสงยี่ห้อ Atago S/Mill-E ความเป็นกรดด่างด้วย pH meter ยี่ห้อ Sartorius pp-20 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำและอุณหภูมิน้ำด้วย WTW Oxi 330i วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวมโดยวิธี modified idophenol (Sasaki

and Sawada, 1980) ปริมาณไนไตรท์โดยวิธี diazotization (Bendschneider and Robinson, 1952) และปริมาณไนเตรทโดยนำตัวอย่างน้ำผ่าน cadmium reduction column (APHA, AWWA, and WPCP, 1986) และความเป็นด่างโดยวิธี potentionmeter titration to pre-selection pH (APHA, AWWA, and WPCP, 1986) ทุกสัปดาห์ๆ ละครั้ง

การดูดตะกอนพื้นบ่อดำเนินการทุก 2 สัปดาห์ หรือเมื่อสังเกตพบตะกอนในบ่อเลี้ยงปลามีมาก เติมน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อลงในบ่อปลาระบบน้ำหมุนเวียน เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่ขาดหายไประหว่างการดูดตะกอน การระเหยและไหลออกทางโปรตีนสกิมเมอร์ เติมปูนโซเดียมไบคาร์บอร์เนตในบ่อบำบัดเพื่อเพิ่มความเป็นด่าง เมื่อพบว่าความเป็นด่างลดต่ำกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร โดยละลายปูนโซเดียมไบคาร์บอร์เนต 500–1500 กรัม (ขึ้นอยู่กับความเป็นด่างในบ่อเลี้ยงปลานั้น) ในน้ำทะเลในถังขนาด 20 ลิตร แล้วใช้ท่อยางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ดูดลักสารละลายปูนลงในบ่อเลี้ยงปลาจนหมด ส่วนในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดใช้วิธีดูดตะกอนออกเช่นเดียวกัน น้ำที่ขาดหายไปจะถูกเติมด้วยน้ำใหม่ที่ไหลเข้ามาตลอดเวลา

บ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีการปรับเปลี่ยนวิธีการบำบัดน้ำเพื่อให้คุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาเป็นช่วงๆ โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม 2554 ถึงวันที่ 14 มิถุนายน 2554 ไม่มีสาหร่ายในบ่อบำบัด

ช่วงที่ 2 ระหว่างวันที่ 14 มิถุนายน 2554 ถึงวันที่ 9 กรกฎาคม 2555 ใส่สาหร่ายในบ่อบำบัด

ช่วงที่ 3 ระหว่างวันที่ 9 กรกฎาคม 2555 ถึงวันที่ 8 กรกฎาคม 2556 ใส่สาหร่าย และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 10% ทุกสัปดาห์

ช่วงที่ 4 ระหว่างวันที่ 15 กรกฎาคม 2556 ถึงวันที่ 22 กรกฎาคม 2557 ล้างบ่อบำบัด เปลี่ยนถ่ายน้ำใหม่ และใส่สาหร่ายเพิ่ม

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียรวม และปริมาณ vibrio รวม

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียโดยการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 6 บ่อ ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacterial counts) และปริมาณ *Vibrio* spp. (vibrio counts) โดย spread-plate technique ตามวิธีของ Prescott (2002) ดังนี้

การนับจำนวนโคโลนี (CFU/มิลลิลิตร)

ที่ความเข้มข้น 10^0

$$\text{จำนวนแบคทีเรีย/มิลลิลิตร ของตัวอย่าง} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรีย}}{0.1}$$

ที่ความเข้มข้น 10^{-1}

$$\text{จำนวนแบคทีเรีย/มิลลิลิตร ของตัวอย่าง} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรีย}}{0.01}$$

ที่ความเข้มข้น 10^{-2}

$$\text{จำนวนแบคทีเรีย/มิลลิลิตร ของตัวอย่าง} \quad \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรีย}}{0.001}$$

การเตรียมและการฝังฮอร์โมนเพศผู้ (17α-methyltestosterone) เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อ

พ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดเป็นระยะเวลา 1 ถึง 2 ปี 6 เดือน ปลาสามารถวางไข่ได้ แต่เนื่องจากปลาเพศผู้ไม่มีน้ำเชื้อทำให้ไข่ปลาไม่ได้รับการผสม และไม่ฟักออกเป็นตัว จึงได้ฝังฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ใต้ผิวหนังบริเวณด้านหลังลำตัวปลาเพศผู้ทุกตัว

เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อเมื่อ วันที่ 8 กรกฎาคม 2556 วิธีการเตรียมเม็ดฮอร์โมนด้วยการชั่งฮอร์โมน 30 มิลลิกรัม ละลายในแอลกอฮอร์ 0.3 มิลลิลิตร เติมน้ำมันละหุ่ง 0.7 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ใส่ในหลอดซีลาสติค 1 มิลลิลิตร ใช้กับปลา 60 กิโลกรัม ใช้เข็มบรรจุหลอดซีลาสติก บรรจุฮอร์โมนความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ฉีดฝังที่บริเวณกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังด้านหลังของตัวปลา ตามวิธีการของปริศนา และคณะ (2556)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลน้ำหนัก ความยาว และความกว้างลำตัวของปลาแต่ละบ่อ ไปวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปลาเพศเดียวกันในระบบน้ำหมุนเวียนกับระบบน้ำไหลผ่านตลอด และเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในระบบน้ำหมุนเวียนกับระบบน้ำไหลผ่านตลอดด้วยวิธี independent sample T-test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษา

ขนาดของพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า

เมื่อเริ่มการทดลอง ปลากะรังจุดฟ้าเพศผู้ในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.0±1.0 กิโลกรัม มากกว่าเพศผู้ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 3.0±0.3 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับปลากะรังจุดฟ้าเพศเมียในระบบน้ำหมุนเวียน ที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2.0 ± 0.2 กก. มากกว่าเพศเมียในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 1.8 ± 0.3 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่ความยาวเฉลี่ยของปลาเพศผู้ (56.2±3.3 เซนติเมตร, 53.9±1.7 เซนติเมตร) และความกว้างลำตัวเฉลี่ยของปลาเพศผู้ (15.3±1.7 เซนติเมตร, 15.0±1.9 เซนติเมตร) และความยาวเฉลี่ยของปลาเพศเมีย (46.4±2.2 เซนติเมตร, 45.8±2.3 เซนติเมตร) และความกว้างลำตัวเฉลี่ยของปลาเพศเมีย (13.5±0.8 เซนติเมตร, 14.0±1.1 เซนติเมตร) ของพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้งสองระบบ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ขนาดของพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในบ่อที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด เมื่อเริ่มการทดลอง

ค่าเฉลี่ย	เพศ	ความยาว (เซนติเมตร)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
ระบบน้ำหมุนเวียน (บ่อ 1, 2, 3)	ผู้	56.2 ± 3.3^{c}	15.3 ± 1.7^{d}	4.0 ± 1.0^{a}
ระบบน้ำไหลผ่านตลอด (บ่อ 5, 6 ,7)	ผู้	53.9 ± 1.7^{c}	15.0 ± 1.9^{d}	3.0 ± 0.3^{b}
ระบบน้ำหมุนเวียน (บ่อ 1, 2, 3)	เมีย	46.4 ± 2.2^{C}	13.5 ± 0.8^{D}	2.0 ± 0.2^{A}
ระบบน้ำไหลผ่านตลอด (บ่อ 5, 6, 7)	เมีย	45.8 ± 2.3^{C}	14.0 ± 1.1^{D}	1.8 ± 0.3^{B}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ปรากฏด้านบนตัวเลขที่เหมือนกันในปลาเพศเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลากะรังจุดฟ้าทั้งในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดตั้งแต่เริ่มเลี้ยงจนถึงสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ย 0.0192±0.0145 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.0198±0.0083 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนียรวมมีค่าเฉลี่ย 0.1153±0.0832 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.1092±0.0664 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อุณหภูมิน้ำ และความเป็นกรดด่างในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าในระบบน้ำไหลผ่านตลอด โดยอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย 27.5±0.9 องศาเซลเซียส และ 29.4±1.3 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่างมีค่าเฉลี่ย 7.8±0.0 และ 7.9±0.2 ส่วนคุณภาพน้ำอื่นๆในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในระบบน้ำไหลผ่านตลอด เนื่องจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดสูบมาจากบ่อเก็บน้ำทะเลโดยตรง คุณภาพน้ำจึงผันแปรตามสภาพน้ำทะเลที่สูบขึ้นมา โดยความเค็มมีค่าเฉลี่ย 32.5±2.3 และ 29.5±2.8 ส่วนในพัน ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 105.2±9.2 และ 102.6±11.5 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.4±0.3 และ 6.1±0.4 มิลลิกรัม/ลิตร และไนเตรทมีค่าเฉลี่ย 19.7686±10.298 และ 0.1915±0.0839 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 (ภาพผนวกที่ 1)

ปริมาณไนเตรทในบ่อระบบน้ำหมุนเวียนช่วงแรกของการเลี้ยงอยู่ในช่วง 1.1307–1.5789 มิลลิกรัม/ลิตร (22 มีนาคม-10 พฤษภาคม 54) แล้วเพิ่มขึ้นมากในช่วงหลัง 23.1901–32.8092 มิลลิกรัม/ลิตร (4 ตุลาคม–17 เมษายน 55) และมีค่าสูงกว่าในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดค่อนข้างมาก ค่าความเป็นด่างทั้งในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดส่วนมากมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 100 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด

พารามิเตอร์	บ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน		บ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอด	
	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	27.5±0.9[a]	25.0-31.0	29.4±1.3 [b]	26.0-32.0
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	32.5±2.3[a]	27.0-38.0	29.5±2.8 [b]	19.0-35.0
ความเป็นกรดด่าง	7.8±0.1 [a]	7.3-8.1	7.9±0.2[b]	7.3-8.4
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	105.2±9.2 [a]	77.2-120.8	102.6±11.5 [b]	72.2-125.0
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	6.4±0.3 [a]	5.3-8.1	6.1±0.4 [b]	5.2-8.7
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.1153±0.0832[a]	0.0125-0.6772	0.1092±0.0664[a]	0.0111-0.4715
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0192±0.0145[a]	0.0027-0.0845	0.0198±0.0083[a]	0.0026-0.0488
ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)	19.7686±10.298[a]	1.1307-46.038	0.1915±0.0839 [b]	0.0304-0.5776

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ปรากฏด้านบนตัวเลขที่เหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เนื่องจากบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีการปรับเปลี่ยนวิธีการบำบัดน้ำเพื่อให้คุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาเป็นช่วงๆ โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม 2554 ถึงวันที่ 14 มิถุนายน 2554 ไม่มีสาหร่ายในบ่อบำบัด ช่วงที่ 2 ระหว่างวันที่ 14 มิถุนายน 2554 ถึงวันที่ 9 กรกฎาคม 2555 ใส่สาหร่ายในบ่อบำบัด ช่วงที่ 3 ระหว่างวันที่ 9

กรกฎาคม 2555 ถึงวันที่ 8 กรกฎาคม 2556 ใส่สาหร่าย และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 10% ทุกสัปดาห์ และช่วงที่ 4 ระหว่างวันที่ 15 กรกฎาคม 2556 ถึงวันที่ 22 กรกฎาคม 2557 ล้างบ่อบำบัด เปลี่ยนถ่ายน้ำใหม่ และใส่สาหร่ายเพิ่ม ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เหมาะสมมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนในแต่ละช่วงการปรับเปลี่ยนวิธีการบำบัดน้ำ

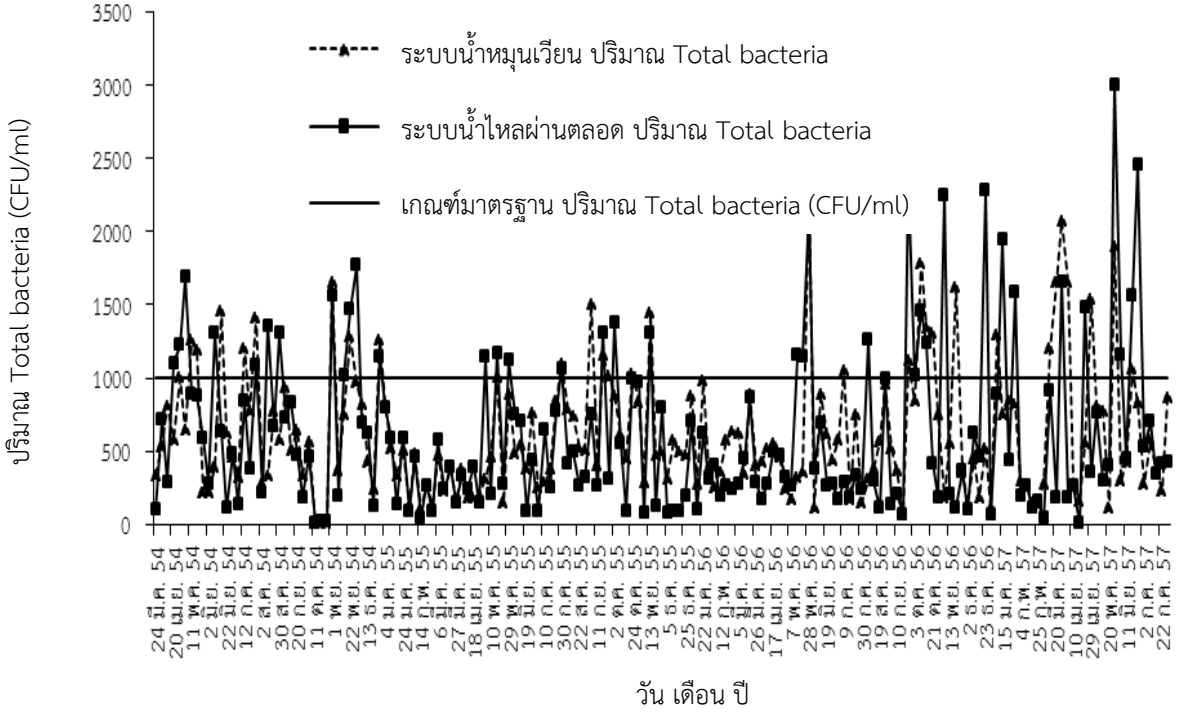
พารามิเตอร์	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	ช่วงที่ 4
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	27.6±0.7^{ab}	27.1±0.8^{b}	27.9±0.7^{a}	27.5±1.2^{b}
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	33.1±1.8^{a}	31.1±2.0^{b}	33.0±2.5^{a}	33.2±2.0^{a}
ความเป็นกรดด่าง	7.8±0.1^{ab}	7.9±0.1^{a}	7.8±0.1^{b}	7.8±0.2^{b}
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	86.3±8.6^{c}	102.4±6.8^{b}	107.9±7.2^{a}	110.2±5.9^{a}
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	6.0±0.3^{b}	6.5±0.4^{a}	6.5±0.3^{a}	6.5±0.3^{a}
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0759±0.0680^{b}	0.1573±0.1139^{a}	0.0935±0.0549^{b}	0.1026±0.0480^{b}
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0288±0.0134^{ab}	0.0265±0.0168^{a}	0.0189±0.0121^{b}	0.0095±0.0060^{c}
ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)	1.3597±0.1585^{d}	29.4429±5.2827^{a}	20.46±10.81^{b}	14.578±4.878^{c}

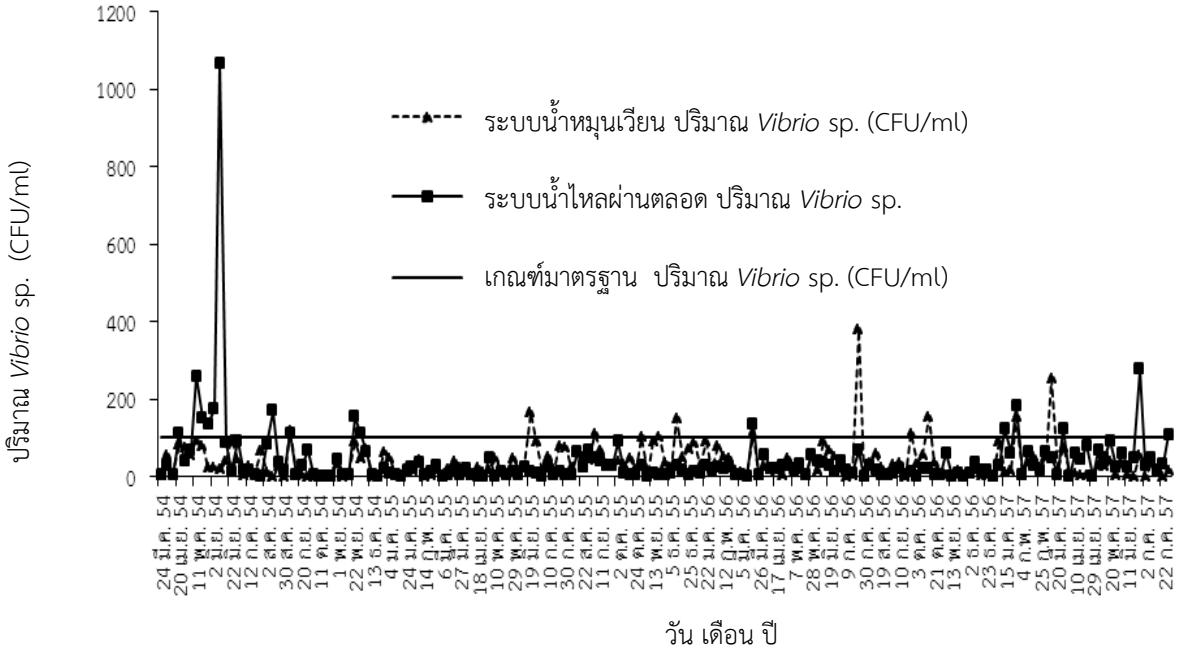
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันที่ปรากฏด้านบนตัวเลขในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ปริมาณแบคทีเรียรวม และปริมาณ *Vibrio* spp. ในบ่อเลี้ยงปลา

ในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน ปริมาณแบคทีเรียรวมในช่วงแรกของการเลี้ยงมีปริมาณค่อนข้างสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (1,000 CFU/มิลลิลิตร) เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ระบบน้ำหมุนเวียนเกิดความสมดุล ปริมาณแบคทีเรียรวมไม่เกินค่ามาตรฐานหรือบางครั้งสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ส่วนปริมาณ *Vibrio* spp. มีความเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ไม่มาก และส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด (100 CFU/มิลลิลิตร)

ในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปริมาณแบคทีเรียรวม และปริมาณ *Vibrio* spp. มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ ไม่สม่ำเสมอ ส่วนใหญ่มีปริมาณค่อนข้างสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาสูบมาจากบ่อเก็บน้ำทะเลโดยตรง ปริมาณแบคทีเรียรวม และปริมาณ *Vibrio* spp. จึงผันแปรตามสภาพน้ำทะเลที่สูบขึ้นมาใช้ อย่างไรก็ตาม ปลาที่เลี้ยงในบ่อไม่แสดงอาการผิดปรกติ (ภาพที่ 1)





ภาพที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* spp. ในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดและค่ามาตรฐาน

การวางไข่ของพ่อแม่พันธุ์ปลา และจำนวนไข่ที่วางแต่ละครั้ง

ปีที่ 1 ของการเริ่มเลี้ยงปลาทั้ง 2 ระบบในเดือนมีนาคม 2554 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 (ปลาเพศผู้ในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.0±1.0 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 3.0±0.3 กิโลกรัม ปลาเพศเมียในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2.0±0.2 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 1.8±0.3 กิโลกรัม) พ่อแม่พันธุ์ปลายังไม่วางไข่

ปีที่ 2 (ปลาเพศผู้ในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.0±0.6 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 3.1±0.4 กิโลกรัม ปลาเพศเมียในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.0±0.4 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 2.6±0.4 กิโลกรัม) แม่พันธุ์ปลาที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำหมุนเวียนเริ่มวางไข่ 2 บ่อ จำนวนทั้งสิ้น 187,490 ฟอง ส่วนแม่พันธุ์ปลาในบ่อระบบน้ำไหลผ่านวางไข่ 1 บ่อ จำนวน 36,700 ฟอง โดยปลาเริ่มวางไข่ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2555 ถึงธันวาคม 2555 แต่ไข่ทั้งหมดไม่ได้รับการผสมจากน้ำเชื้อจึงไม่ฟักออกเป็นตัว

ปีที่ 3 (ปลาเพศผู้ในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.8±0.5 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 4.2±0.7 กิโลกรัม ปลาเพศเมียในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.1±0.4 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 3.4±0.5 กิโลกรัม) แม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียน 3 บ่อ เท่านั้นที่วางไข่ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2556 ถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 2,816,215 ฟอง แต่ไข่ทั้งหมดไม่ได้รับการผสมจากน้ำเชื้อจึงไม่ฟักออกเป็นตัวเช่นเดียวกับปีที่ผ่านมา จึงมีการฝังฮอร์โมน 17α-methyltestosterone บริเวณกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังด้านหลังของตัวปลา ในกลางปีที่ 3 ในปลาเพศผู้เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อ

ปีที่ 4 (ปลาเพศผู้ในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 4.5±0.5 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 4.3±0.7 กิโลกรัม ปลาเพศเมียในระบบน้ำหมุนเวียนมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.6±0.6 กิโลกรัม ในระบบน้ำไหลผ่านตลอด 3.6±0.7 กิโลกรัม) พ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียนจำนวน 2 บ่อ เท่านั้นที่มีการผสมพันธุ์และวางไข่ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2557 ถึงเดือนกรกฎาคม 2557 จำนวน 1,959,999 ฟอง เป็นไข่ดี 1,364,999 ฟอง (69.6%) ไข่เสีย 595,000 ฟอง (30.4%) ฟักออกเป็นตัว 754,800 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 55.3% ส่วนพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำไหลผ่านตลอดไม่วางไข่ (วันที่ปลาวางไข่ ข้างขึ้นข้างแรม และจำนวนไข่ ดังแสดงในตารางที่ 4 ตารางผนวกที่ 3, 4 และ5

ตารางที่ 4 การวางไข่ของปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด

ปีที่	ช่วงเวลา (เดือน ปี)	ระบบน้ำหมุนเวียน	ระบบน้ำไหลผ่านตลอด	จำนวนไข่รวม (ฟอง)
1	มีนาคม 54-กุมภาพันธ์ 55	ไม่วางไข่	ไม่วางไข่	-
2	มีนาคม 55–ธันวาคม 55	วางไข่ 2 บ่อ 187,490 ฟอง	วางไข่ 1 บ่อ 36,700 ฟอง	224,190
3	กุมภาพันธ์ 56–ตุลาคม 56	วางไข่ 3 บ่อ 2,816,215 ฟอง	ไม่วางไข่	2,816,215
4	กุมภาพันธ์ 57–กรกฎาคม 57	วางไข่ 2 บ่อ 1,959,999 ฟอง	ไม่วางไข่	1,959,999

หมายเหตุ ปีที่ 2 และ 3 ไข่ไม่ฟักออกเป็นตัว ทั้ง 2 ระบบ
กลางปีที่ 3 ฝังฮอร์โมน MT ตัวผู้ ทั้ง 2 ระบบ
ปีที่ 3 และ 4 ระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปลาไม่วางไข่
ปีที่ 4 ระบบน้ำหมุนเวียน ไข่ได้รับการผสม 1,364,999 ฟอง หรือ 69.6% ของจำนวนไข่ที่วาง ไข่ฟักออกเป็นตัว 754,800 ฟอง หรือมีอัตราการฟัก 55.3%

ปริมาณอาหารที่ปลากิน

ปลากะรังจุดฟ้ากินอาหารสด 2 ชนิด คือปลาหลังเขียว และหมึก ในทั้ง 2 ระบบ ปริมาณอาหารที่ปลากินในแต่ละบ่อ ระหว่างระบบน้ำหมุนเวียนกับระบบน้ำไหลผ่านตลอดมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนกินหมึก 24.2-24.9% (เฉลี่ย 24.6%) ปลาหลังเขียว 75.1-75.8% (เฉลี่ย 75.4%) ส่วนปลาที่เลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอดกินหมึก 26.3-27.7%เฉลี่ย 26.9%) ปลาหลังเขียว 72.3-73.7% (เฉลี่ย 73.1%) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 4 และ 5

ในช่วงแรกของการเลี้ยงตั้งแต่เดือนมีนาคม–มิถุนายน 2554 ปลากินอาหารได้ปริมาณน้อย ต่อมาในช่วงหลังตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2554 เป็นต้นมาปลากินอาหารได้มากขึ้น

สรุปและวิจารณ์ผล

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลากะรังจุดฟ้าทั้งระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดทุกตัวชี้วัดมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (กรมประมง, 2551; นิคม และคณะ, 2554) เว้นแต่ปริมาณไนเตรทในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่มีค่าสูงกว่าในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำระบบน้ำหมุนเวียนที่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ดังรายงานของลักขณา (2554) ที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยความหนาแน่นสูงในระบบน้ำหมุนเวียน ปริมาณไนเตรทในระบบอยู่ที่ 12.08 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวิเคราะห์ได้ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 100 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมประมง, 2551) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนเตรทที่สูงมากในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนไม่น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการวางไข่ของปลากะรังจุดฟ้า แต่อาจจะมีผลต่อคุณภาพของไข่ และน้ำเชื้อ ซึ่งจะต้องมีการศึกษาต่อไป เพราะแม่ปลาในระบบน้ำหมุนเวียนสามารถวางไข่ได้ทั้ง 3 บ่อ ในขณะที่ปลาที่เลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอดที่มีปริมาณไนเตรทน้อยกว่า แต่แม่ปลาวางไข่เพียงครั้งเดียว 1 บ่อและไม่วางไข่ 2 บ่อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดมีความผันแปรของคุณภาพน้ำในช่วงค่อนข้างกว้าง ทำให้พ่อแม่ปลาต้องปรับตัวอยู่เสมอ ต่างจากคุณภาพน้ำในบ่อระบบน้ำหมุนเวียนที่ค่อนข้างคงที่ เช่น ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิน้ำ เป็นต้น ส่วนค่าความเป็นด่างทั้ง 2 ระบบ ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไม่มากนัก ซึ่งอาจมีสาเหตุจากน้ำที่นำมาใช้เลี้ยงปลาทั้ง 2 ระบบไม่ได้มาจากทะเลโดยตรง แต่เป็นน้ำที่พักไว้ในบ่อเก็บน้ำขนาด 100 ไร่ ระยะหนึ่ง ทำให้ค่าความเป็นด่างไม่สูงเท่าน้ำจากทะเลโดยตรง นอกจากนี้ อาจเกิดจากการหายใจของสัตว์น้ำและแบคทีเรีย และกระบวนการไนตริฟิเคชันในการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบน้ำหมุนเวียน ที่ส่งผลให้ความเป็นด่างลดลง (กรมประมง, 2551) จึงมีการเติมปูนโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อเพิ่มความเป็นด่างในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนเป็นระยะๆตลอดการเลี้ยง และเนื่องจากในระยะแรกของการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เพียงเติมน้ำทดแทนส่วนที่ระเหยไป ทำให้ค่าความเค็มในระบบน้ำหมุนเวียนค่อนข้างสูง (เฉลี่ย 32.3±2.3 ส่วนในพัน) ส่วนความเค็มในระบบน้ำไหลผ่านตลอดขึ้นอยู่กับสภาพน้ำจากบ่อเก็บน้ำ 100 ไร่ บางครั้งฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้ความเค็มลดลง (เฉลี่ย 29.4±2.9 ส่วนในพัน) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลาในระบบน้ำไหลผ่านตลอดยังไม่วางไข่ในช่วงแรกของการเลี้ยง จากการศึกษาการเพาะพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าของธวัช และคณะ (2547) พบว่า ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพัน ไข่ปลากะรังจุดฟ้าที่ได้รับการผสมจะฟักเป็นตัวได้ดีกว่าที่ความเค็ม 25 และ 35 ส่วนในพัน แต่ไข่ไม่ฟักเป็นตัวที่ความเค็ม 20 ส่วนในพัน คุณภาพน้ำอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เว้นแต่อุณหภูมิน้ำในระบบน้ำไหลผ่านตลอด (เฉลี่ย 29.3±1.3 องศาเซลเซียส) สูงกว่าระบบน้ำหมุนเวียน (เฉลี่ย 27.4± 0.9 องศาเซลเซียส) แต่ปริมาณไนเตรทในระบบน้ำหมุนเวียน (เฉลี่ย 20.4760±10.461 มิลลิกรัม/ลิตร) สูงกว่าระบบน้ำไหลผ่านตลอด

(เฉลี่ย 0.1971±0.0843 มิลลิกรัม/ลิตร) อย่างไรก็ตาม เมื่อเลี้ยงปลาได้ประมาณปีครึ่ง พบว่าปริมาณไนเตรทยังคงเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงได้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณสัปดาห์ละ 20% และเพิ่มเป็นสัปดาห์ละ 30% ในเวลาต่อมา ทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงจาก 29.443±5.283 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 20.46±10.81 มิลลิกรัม/ลิตร และ 15.348±5.059 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

การจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงที่1 ไม่มีสาหร่ายในบ่อบำบัด ช่วงที่ 2 มีสาหร่ายในบ่อบำบัด ช่วงที่ 3 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 20-30% ทุกสัปดาห์ และช่วงที่ 4 ล้างบ่อบำบัดและใส่สาหร่ายใหม่ จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแต่ละช่วง พบว่า ความเป็นกรด-ด่างทั้ง 4 ช่วง ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.8-7.9 เช่นเดียวกับอุณหภูมิน้ำที่อยู่ระหว่าง 27.1-27.9 องศาเซลเซียส และความเค็มอยู่ระหว่าง 31.3-33.2 ส่วนในพัน แต่เมื่อมีการใส่สาหร่ายในบ่อบำบัด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 20-30% และล้างบ่อบำบัดใส่สาหร่ายใหม่ในช่วงที่ 2, 3 และ 4 ทำให้ปริมาณไนไตร์ท ไนเตรท และแอมโมเนียรวมลดลง ออกซิเจนละลายน้ำและความเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้น

ปลากะรังจุดฟ้าที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งมีการนำน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาผ่านกระบวนการกรองเอาสารแขวนลอยขนาดใหญ่ออกด้วยผ้าใยแก้วและเศษปะการัง ผ่านโปรตีนสกิมเมอร์เพื่อแยกสารแขวนลอยเล็กๆออกจากระบบ แล้วจึงผ่านเครื่องยูวีและบำบัดน้ำทางชีวะด้วยสาหร่าย เศษอวน ไบโอบอล ก่อนนำกลับไปใช้เลี้ยงปลาอีกครั้งหนึ่ง โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ นอกจากเติมน้ำที่ขาดหายไปเนื่องจากการระเหย น้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนจึงใสมาก ปลาเริ่มวางไข่เมื่อเลี้ยงไปได้เป็นระยะเวลา 1 ปี จำนวน 2 บ่อ บ่อที่ 3 วางไข่เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 2 ปี 7 เดือน แต่ไข่ปลาไม่ได้รับการผสมจึงไม่ฟักออกเป็นตัว ทั้งนี้สาเหตุน่าจะเกิดจากปลาเพศผู้ยังไม่สมบูรณ์พันธุ์ จึงไม่มีน้ำเชื้อหรือมีน้ำเชื้อไม่สมบูรณ์ ทำให้ไข่ไม่ได้รับการผสม การที่ปลาในระบบน้ำหมุนเวียนสามารถวางไข่ได้โดยไม่ต้องฉีดฮอร์โมนกระตุ้นการวางไข่ เป็นเพราะแม่ปลาสมบูรณ์และมีขนาดน้ำหนักมากกว่าพ่อแม่ปลาในระบบน้ำไหลผ่านตลอด คุณภาพน้ำค่อนข้างนิ่ง เช่นเดียวกับที่ธวัช และคณะ (2547) พบว่าพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802*)* ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน สามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้เองตามธรรมชาติตลอดทั้งปี ส่วนการเลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอด แม่ปลาสามารถวางไข่ได้ตามฤดูกาลหรือต้องมีการฉีดฮอร์โมนกระตุ้นเพื่อเร่งให้มีการวางไข่ ขณะที่สุจินต์ (2554) รายงานว่าปลากะพงขาวในบ่อที่นำน้ำจากการฟักไข่ปล่อยใส่ในบ่อพ่อแม่พันธุ์ทำให้ปลาวางไข่ได้เอง ส่วนปลาที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำทะเลสดไหลผ่านตลอดโดยไม่มีระบบกรองและบำบัดน้ำ น้ำในบ่อเลี้ยงปลาค่อนข้างใส แต่มีตะกอนและสิ่งแขวนลอยที่มากับน้ำเกาะติดอวนกระชังและพื้นบ่อค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม ปลาเริ่มวางไข่เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 ปี 9 เดือน จำนวน 1 บ่อ จากที่เลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอดจำนวน 3 บ่อ แต่ไข่ปลาไม่ได้รับการผสม ทำให้ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวเช่นเดียวกับพ่อแม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียน ทั้งนี้สาเหตุน่าจะเกิดจากปลาเพศผู้ยังไม่สมบูรณ์พันธุ์ ไม่มีน้ำเชื้อ และมีขนาดน้ำหนักน้อยกว่าปลาในระบบน้ำหมุนเวียน จากผลการทดลองพบว่า ระบบน้ำหมุนเวียนมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการผสมพันธุ์วางไข่ของปลากะรังจุดฟ้าได้ดีกว่าระบบน้ำไหลผ่าน พ่อแม่พันธุ์ปลาที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนสามารถวางไข่ภายในระยะเวลาการเลี้ยงที่เร็วกว่า ปริมาณไข่และจำนวนครั้งหรือวันที่วางไข่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพ่อแม่พันธุ์ปลาที่เลี้ยงในระบบน้ำไหลผ่านตลอด ซึ่งปลาวางไข่เพียงบ่อเดียวและเพียงวันเดียว เนื่องจากช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนเป็นฤดูวางไข่ของปลากะรังจุดฟ้า (http://th.wikipedia.org/wiki/ปลากะรังจุดฟ้า) นอกจากนั้นยังพบว่าในปี 2556 แม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนมีความถี่ในการวางไข่และปริมาณไข่ที่วางมากกว่าในปี 2555 ทั้งนี้เนื่องจากในปี 2556 แม่พันธุ์ปลาสมบูรณ์มีขนาดโตขึ้นมีผลทำให้ผลิตไข่ได้มากขึ้น จึงมีการกระตุ้นให้ปลาเพศผู้สร้างน้ำเชื้อ โดยการฝังฮอร์โมน testosterone เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2556 หลังการฝังฮอร์โมนในปลากะรังจุดฟ้าเพศผู้ประมาณ 108 วัน (24 ตุลาคม 2556) พบปลากะรัง

เพศผู้ในระบบน้ำหมุนเวียน มีน้ำเชื้อ 1 ตัว (16.7%) ปลากะรังเพศเมียมีไข่ 5 ตัว (41.7%) ส่วนในระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปลากะรังเพศผู้มีน้ำเชื้อ3 ตัว (50.0%) ปลากะรังเพศเมียมีไข่ 4 ตัว (33.3%) การฝังฮอร์โมนในปลาเพศผู้ทั้งสองระบบการเลี้ยงช่วยกระตุ้นให้ปลาเพศผู้สร้างน้ำเชื้อขึ้นบ้างเล็กน้อยในช่วง 3 เดือนแรก แต่ยังไม่เพียงพอต่อการปล่อยออกมาผสมกับไข่ ทำให้ไข่ปลาไม่สามารถฟักออกเป็นตัว อย่างไรก็ตาม หลังการฝังฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 7 เดือน ในเดือนกุมภาพันธ์ 2557 ปลาผสมพันธุ์วางไข่และไข่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อโดยในช่วงระยะเวลา 6 เดือน แม่พันธุ์ปลาในระบบน้ำหมุนเวียนวางไข่มากถึง 1,959,999 ฟอง และไข่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อของปลาเพศผู้ ไข่ปลาที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อฟักออกเป็นตัว และนำไปอนุบาลต่อไปได้ (ตารางที่ 4, ตารางผนวกที่ 3, 4 และ 5)

บ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาด้วยยูวีตั้งแต่เริ่มต้นการเลี้ยง ทำให้ปริมาณ *Vibrio* spp. ในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดในระยะ 9-10 เดือนแรกของการเลี้ยง ปริมาณ *Vibrio* spp. มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงค่อนข้างกว้าง ตรวจนับได้ตั้งแต่ 0.0–1,066.7 CFU/มิลลิลิตร แต่ในช่วงการเลี้ยงหลังจาก 11 เดือน เป็นต้นไป มีการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อในน้ำด้วยยูวีเพิ่มเติมในเดือนมีนาคม 2555 ทำให้ปริมาณแบคทีเรียรวม และปริมาณ *Vibrio* spp. ในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่านตลอดส่วนใหญ่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 2 ระบบจึงควรติดตั้งระบบฆ่าเชื้อน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาด้วยยูวี เพื่อควบคุมปริมาณแบคทีเรีย และปริมาณ *Vibrio* spp.

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 233 หน้า.

ธวัช ศรีวีระชัย ชัชวาล วุฒิเมธี และจุฑารัตน์ ศิริสมบัติ. 2547. การเพาะปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus Leopardus* โดยการให้ฮอร์โมนเพศผู้และให้แม่ปลาวางไข่ตามธรรมชาติในบ่อระบบปิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2547. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดตราด, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 22 หน้า.

นิคม ละอองศิริวงศ์, คมน์ ศิลปาจารย์ และลักขณา ละอองศิริวงศ์. 2554. แอมโมเนียกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วารสารการประมง. 64(5): 441-445.

ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย, ธวัช ศรีวีระชัย และวิทยา รัตนะ. 2556. ผลของการใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า (*Plectropomus leopardus* Lacepede, 1802). เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2556. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 26 หน้า.

ลักขณา ละอองศิริวงศ์. 2554. การเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยความหนาแน่นสูงเชิงพานิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียน. *ใน* คู่มือ การพัฒนาเทคโนโลยีระบบน้ำหมุนเวียน. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. หน้า 29-33.

สุจินต์ มณีวงศ์. 2554. บันทึกเรื่องเล่า เมื่อครั้งทำงานเป็นนักวิชาการประมง. *ใน* หนังสือครบรอบ 30 ปี การก่อตั้งสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 10 กันยายน 2554. หน้า 65-69.

APHA, AWWA and WPCF. 1986. Standard method for the examination of water and wastewater. 16th edition. American Public Health Publisher. New York. 1,268 pp.

Bendschneider, K. and J. R. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in seawater. *J. Mar. Res.*11: 87-96.

http://th.wikipedia.org/wiki/ปลากะรังจุดฟ้า.

Prescott, L. M. and J. P. Harley, 2002. Laboratory Exercises in Microbiology. 1st Edn., McGraw Hill Publ., New York, USA., ISBN: 978-0-471-42082-8.

Sasaki, K. and Y. Sawada. 1980. Determination of ammonia in estuary. *Bulletin of Japanese Society of Science and Fisheries*. 46: 319-321.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 พ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำหมุนเวียน

ตัวที่	หมายเลขไมโครชิป	เพศ	ความยาว (เซนติเมตร)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	บ่อที่
1	114938562	ผู้	60.0	17.0	3.5	1
2	122917765	ผู้	51.0	12.0	2.3	1
	เฉลี่ยเพศผู้		55.5	14.5	2.9	
3	115311224	เมีย	45.0	13.5	1.9	1
4	115322395	เมีย	45.0	12.5	1.9	1
5	122719124	เมีย	48.0	14.0	2.3	1
6	114673355	เมีย	47.2	15.5	2.2	1
	เฉลี่ยเพศเมีย		46.3	13.9	2.1	
7	123221457	ผู้	59.0	16.0	4.8	2
8	115315354	ผู้	54.0	15.0	3.9	2
	เฉลี่ยเพศผู้		56.5	15.5	4.4	
9	122877266	เมีย	46.0	14.0	2.1	2
10	122762655	เมีย	51.0	14.0	2.3	2
11	123219655	เมีย	43.0	13.0	1.7	2
12	126912124	เมีย	44.0	12.5	1.8	2
	เฉลี่ยเพศเมีย		46.0	13.4	2.0	
13	122922254	ผู้	56.0	16.0	4.8	3
14	115225523	ผู้	57.0	15.5	4.5	3
	เฉลี่ยเพศผู้		56.5	15.8	4.7	
15	115312731	เมีย	45.0	13.5	1.8	3
16	122909143	เมีย	47.0	13.0	2.0	3
17	122646470	เมีย	49.0	14.0	2.1	3
18	122923791	เมีย	47.0	13.0	1.9	3
	เฉลี่ยเพศเมีย		47.0	13.4	2.0	

ตารางผนวกที่ 2 พ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำไหลผ่านตลอด

ตัวที่	หมายเลขไมโครชิป	เพศ	ความยาว (เซนติเมตร)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	บ่อที่
1	115229466	ผู้	52.0	14.5	2.8	5
2	122914727	ผู้	57.0	13.0	2.8	5
	เฉลี่ยเพศผู้		54.5	13.8	2.8	
3	115155666	เมีย	47.0	14.5	2.0	5
4	126912313	เมีย	48.5	16.5	2.4	5
5	114836543	เมีย	44.0	14.0	1.7	5
6	115321097	เมีย	46.0	14.0	1.8	5
	เฉลี่ยเพศเมีย		46.4	14.8	2.0	
7	115327253	ผู้	54.0	14.5	3.4	6
8	115314453	ผู้	53.0	15.0	2.9	6
	เฉลี่ยเพศผู้		53.5	14.5	3.2	
9	115259791	เมีย	46.0	13.5	1.9	6
10	115309680	เมีย	49.0	14.0	1.7	6
11	115326240	เมีย	48.0	14.0	1.6	6
12	114751291	เมีย	44.5	14.5	1.7	6
	เฉลี่ยเพศเมีย		46.9	14.0	1.7	
13	114811753	ผู้	53.5	18.5	3.1	7
14	122921683	ผู้	54.0	14.0	2.7	7
	เฉลี่ยเพศผู้		53.8	16.3	2.9	
15	114812545	เมีย	41.5	13.5	1.5	7
16	114758556	เมีย	42.5	12.5	1.5	7
17	115232492	เมีย	47.0	12.5	1.7	7
18	126866680	เมีย	45.0	14.5	1.9	7
	เฉลี่ยเพศเมีย		44.0	13.3	1.7	

ตารางผนวกที่ 3 การวางไข่และจำนวนไข่ของปลากะรังจุดฟ้าที่วางแต่ละครั้งในระบบน้ำหมุนเวียน และระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปี 2555

วัน เดือน ปี	ข้างขึ้นข้างแรม	บ่อที่	ไข่ทั้งหมด (ฟอง)	ไข่เสีย (ฟอง)
18 มีนาคม 2555	แรม 11 ค่ำ	2	30,000	30,000
20 มีนาคม 2555	แรม 13 ค่ำ	2	42,000	42,000
21 มีนาคม 2555	แรม 14 ค่ำ	1	1,000	1,000
22 มีนาคม 2555	แรม 15 ค่ำ	1	532	532
	แรม 15 ค่ำ	2	576	576
3 เมษายน 2555	ขึ้น 12 ค่ำ	2	620	620
28 มิถุนายน 2555	ขึ้น 10 ค่ำ	2	762	762
30 กันยายน 2555	ขึ้น 15 ค่ำ	1	112,000	112,000
25 ธันวาคม 2555	ขึ้น 12 ค่ำ	5	36,700	36,700
จำนวนไข่ปลาจากระบบน้ำหมุนเวียน			187,490 ฟอง	
จำนวนไข่ปลาจากระบบน้ำไหลผ่านตลอด			36,700 ฟอง	
จำนวนไข่ทั้งหมดในปี 2555			224,190 ฟอง	

ตารางผนวกที่ 4 การวางไข่และจำนวนไข่ของปลากะรังจุดฟ้าที่วางแต่ละครั้งในระบบน้ำหมุนเวียน และระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปี 2556

วัน เดือน ปี	ข้างขึ้นข้างแรม	บ่อที่	ไข่ทั้งหมด (ฟอง)	ไข่เสีย (ฟอง)
12 กุมภาพันธ์ 2556	ขึ้น 2 ค่ำ	2	66,015	66,015
16 กุมภาพันธ์ 2556	ขึ้น 6 ค่ำ	2	121,750	121,750
20 กุมภาพันธ์ 2556	ขึ้น 10 ค่ำ	2	162,000	162,000
22 กุมภาพันธ์ 2556	ขึ้น 12 ค่ำ	1	120,000	120,000
	ขึ้น 12 ค่ำ	2	75,000	75,000
28 กุมภาพันธ์ 2556	แรม 3 ค่ำ	1	170,500	170,500
7 มีนาคม 2556	แรม 10 ค่ำ	2	102,250	102,250
10 มีนาคม 2556	แรม 13 ค่ำ	2	201,500	201,500
16 มีนาคม 2556	ขึ้น 5 ค่ำ	2	106,250	106,250
18 มีนาคม 2556	ขึ้น 7 ค่ำ	2	25,250	25,250
26 มีนาคม 2556	ขึ้น 9 ค่ำ	2	127,000	127,000
7 เมษายน 2556	แรม 12 ค่ำ	1	129,500	129,500
8 เมษายน 2556	แรม 13 ค่ำ	2	113,250	113,250
9 เมษายน 2556	แรม 14 ค่ำ	1	71,000	71,000
21 เมษายน 2556	ขึ้น 11 ค่ำ	2	68,000	68,000
20 พฤษภาคม 2556	ขึ้น 11 ค่ำ	2	43,200	43,200
13 มิถุนายน 2556	แรม 5 ค่ำ	1	210,000	210,000
4 กรกฎาคม 2556	แรม 10 ค่ำ	1	217,500	217,500

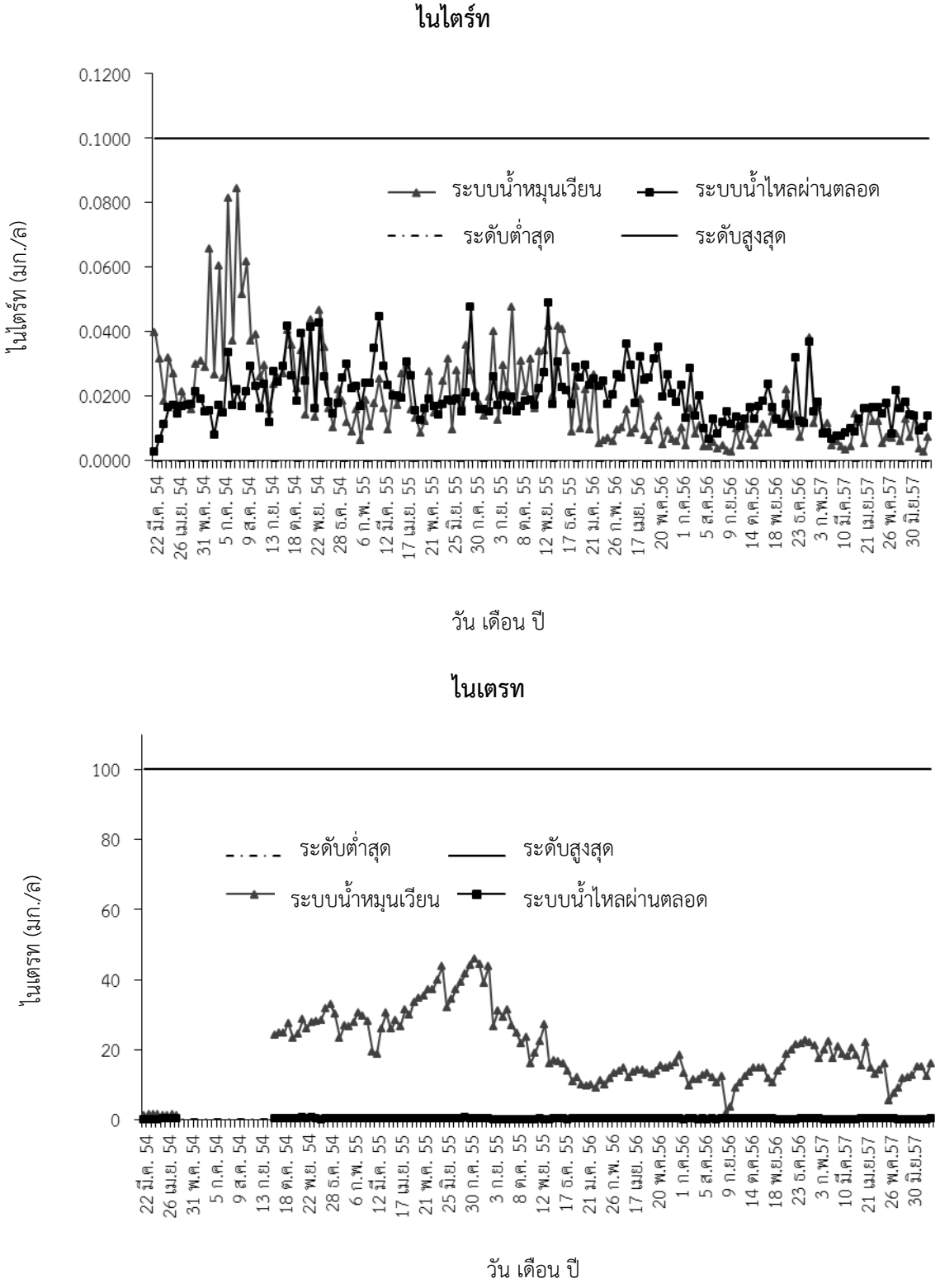
ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	ข้างขึ้นข้างแรม	บ่อที่	ไข่ทั้งหมด (ฟอง)	ไข่เสีย (ฟอง)
16 กรกฎาคม 2556	ขึ้น 9 ค่ำ	1	145,000	145,000
22 กรกฎาคม 2556	ขึ้น 15 ค่ำ	1	90,625	90,625
23 กรกฎาคม 2556	แรม 1 ค่ำ	1	66,250	66,250
27 กรกฎาคม 2556	แรม 5 ค่ำ	1	55,625	55,625
30 กรกฎาคม 2556	แรม 8 ค่ำ	1	41,250	41,250
11 กันยายน 2556	ขึ้น 7 ค่ำ	2	217,500	217,500
15 ตุลาคม 2556	ขึ้น 11 ค่ำ	3	70,000	70,000
จำนวนไข่ปลาจากระบบน้ำหมุนเวียนทั้งหมดในปี 2556			2,816,215 ฟอง	

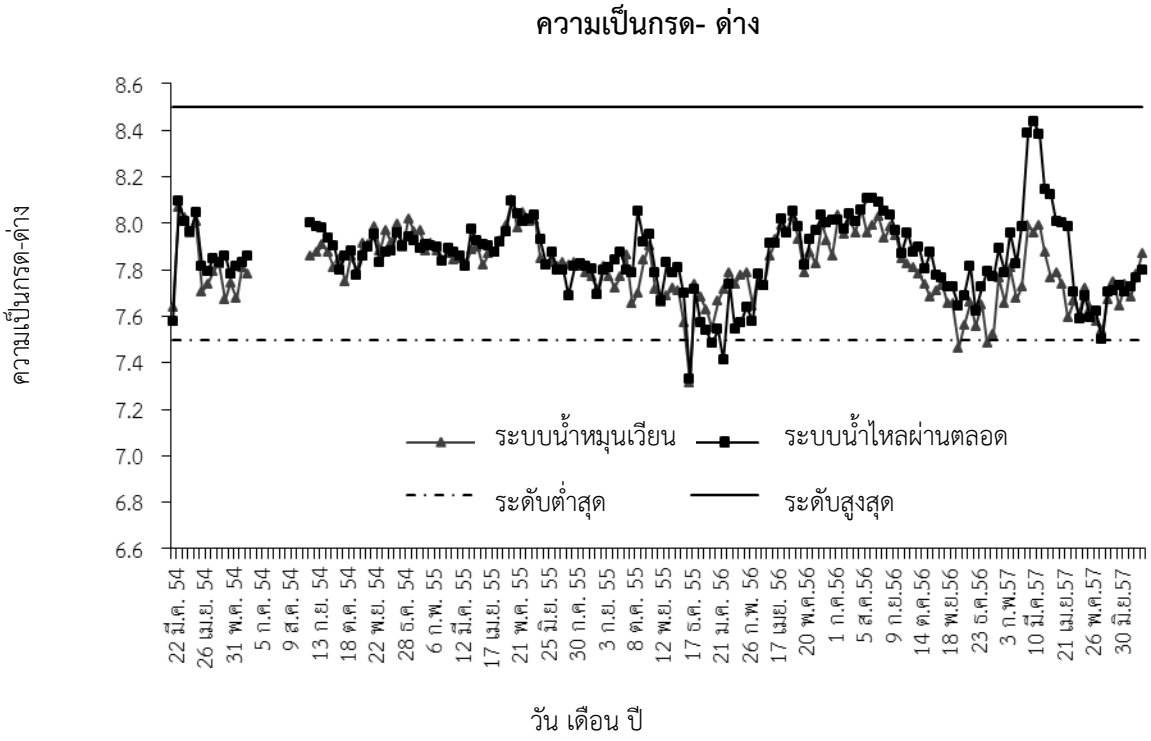
หมายเหตุ: บ่อที่ 1, 2, 3 เป็นบ่อเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียน บ่อที่ 5, 6, 7 เป็นบ่อเลี้ยงปลาในระบบน้ำไหลผ่านตลอด ไข่ปลาจากทุกบ่อไม่ได้รับการผสมจากน้ำเชื้อ ทำให้ไข่ไม่ฟักออกเป็นตัว

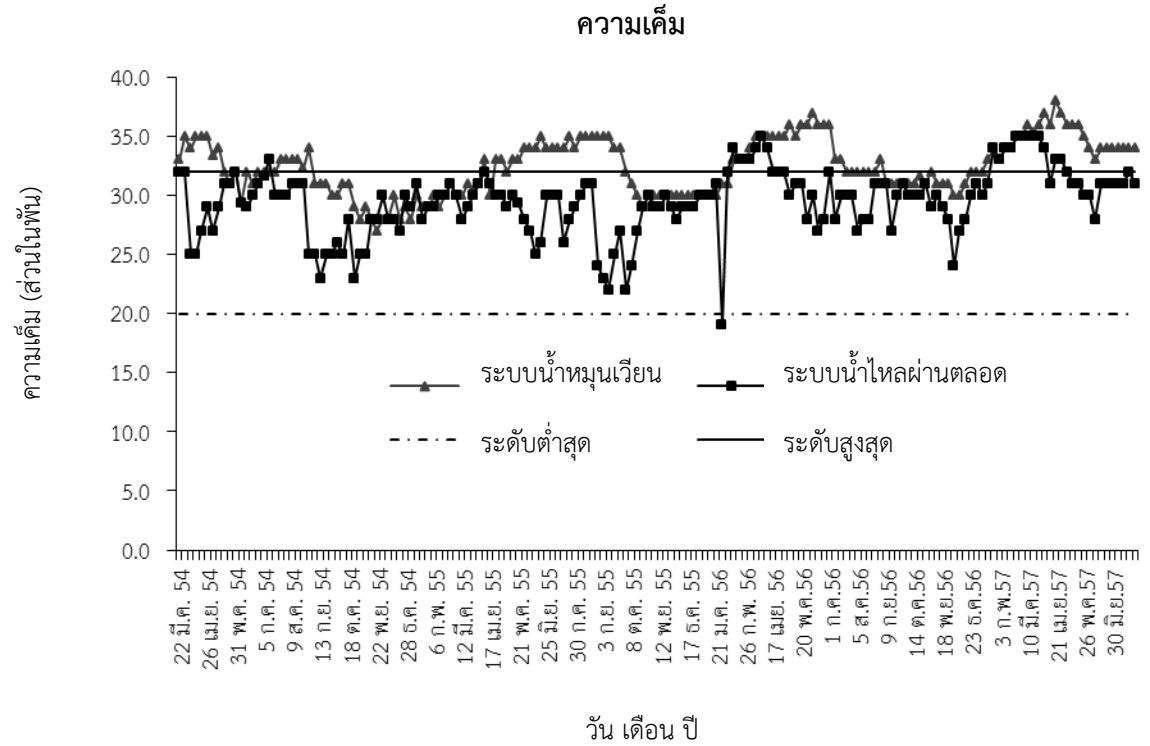
ตารางผนวกที่ 5 การวางไข่และจำนวนไข่ของปลากะรังจุดฟ้าที่วางแต่ละครั้งในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด ปี 2557

วัน เดือน ปี	ข้างขึ้นข้างแรม	บ่อที่	ไข่ทั้งหมด (ฟอง)	ไข่ดี (ฟอง)	ไข่ดี (%)	ไข่เสีย (ฟอง)	ไข่เสีย (%)	ฟัก (ตัว)	อัตราฟัก (%)
4 กุมภาพันธ์ 2557	ขึ้น 5 ค่ำ	1	180,000	110,000	61.1	70,000	38.9	80,000	72.7
4 กุมภาพันธ์ 2557	ขึ้น 5 ค่ำ	2	95,000	0	0	95,000	100	0	0
12 กุมภาพันธ์ 2557	ขึ้น 13 ค่ำ	1	128,000	115,000	89.8	13,000	10.2	90,000	78.3
20 กุมภาพันธ์ 2557	แรม 6 ค่ำ	1	60,000	45,000	75.0	15,000	25.0	40,000	88.9
24 กุมภาพันธ์ 2557	แรม 10 ค่ำ	1	300,000	270,000	90.0	30,000	10.0	170,000	63.0
2 มีนาคม 2557	ขึ้น 2 ค่ำ	1	190,000	110,000	57.9	80,000	42.1	100,000	90.9
11 มีนาคม 2557	ขึ้น 11 ค่ำ	1	71,428	42,857	60.0	28,571	40.0	0	0
2 เมษายน 2557	ขึ้น 3 ค่ำ	1	180,000	150,000	83.3	30,000	16.7	120,000	80.0
7 เมษายน 2557	ขึ้น 9 ค่ำ	1	40,000	25,000	62.5	15,000	37.5	0	0
8 เมษายน 2557	ขึ้น 10 ค่ำ	1	170,000	128,000	75.3	42,000	24.7	128,000	100.0
10 เมษายน 2557	ขึ้น 11 ค่ำ	1	40,000	21,000	52.5	19,000	47.5	0	0
25 เมษายน 2557	แรม 11 ค่ำ	1	88,571	2,142	2.4	86,429	97.6	0	0
30 พฤษภาคม2557	ขึ้น 2 ค่ำ	1	130,000	100,000	76.9	30,000	23.1	22,000	22.0
4 มิถุนายน 2557	ขึ้น 7 ค่ำ	1	280,000	240,000	85.7	40,000	14.3	0	0
22 กรกฎาคม 2557	แรม 11 ค่ำ	1	7,000	6,000	85.7	1,000	14.3	4,800	80.0
จำนวนไข่ปลาจากระบบน้ำหมุนเวียนทั้งหมดในปี 2557			1,959,999	1,364,999	69.6	595,000	30.4	754,800	55.3

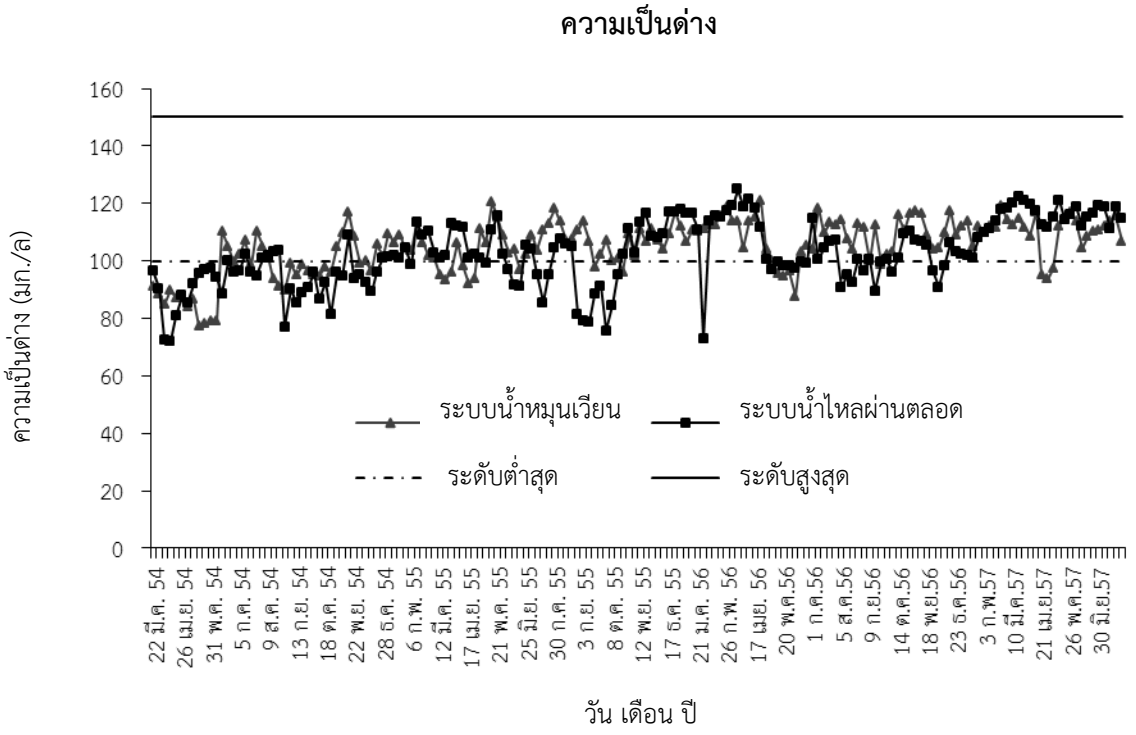


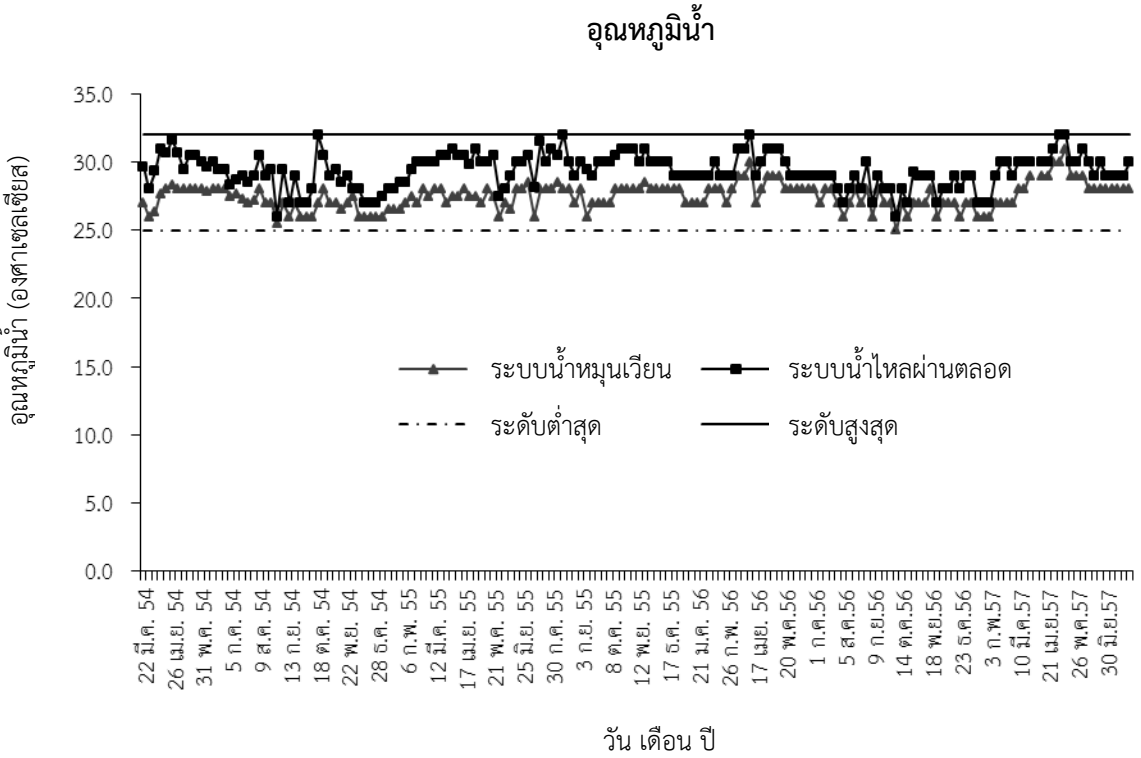
ภาพผนวกที่ 1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดกับค่ามาตรฐานสูงสุดต่ำสุด



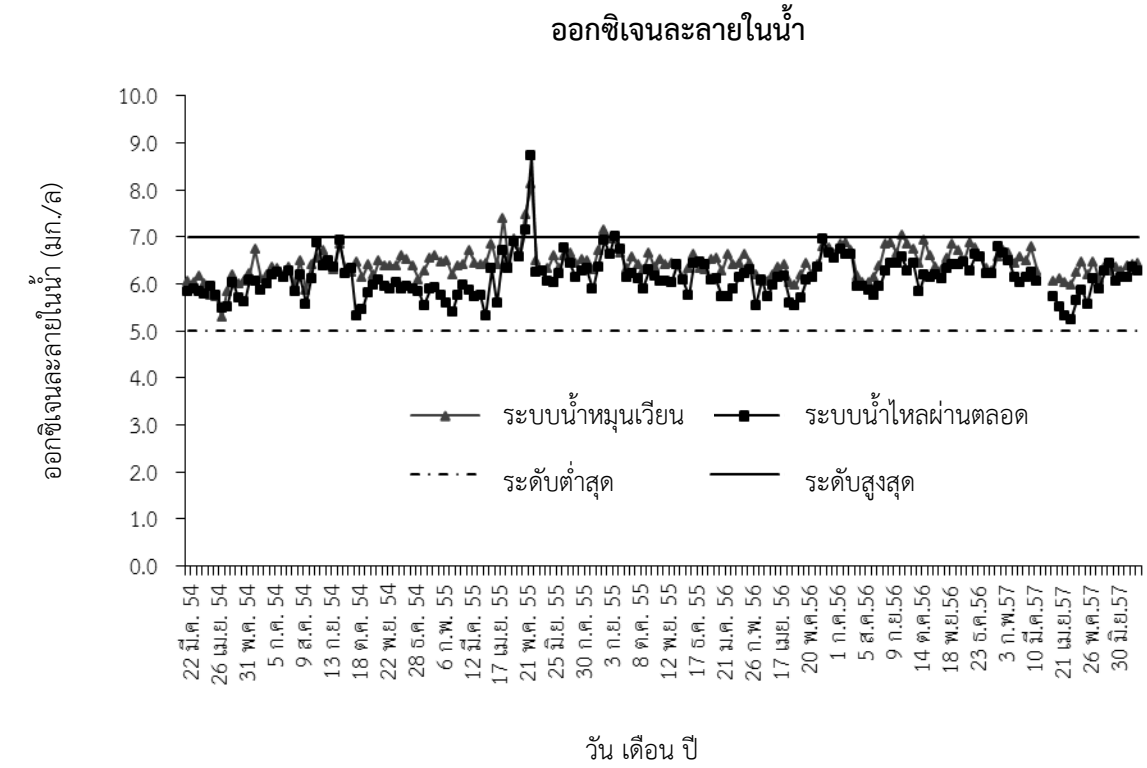


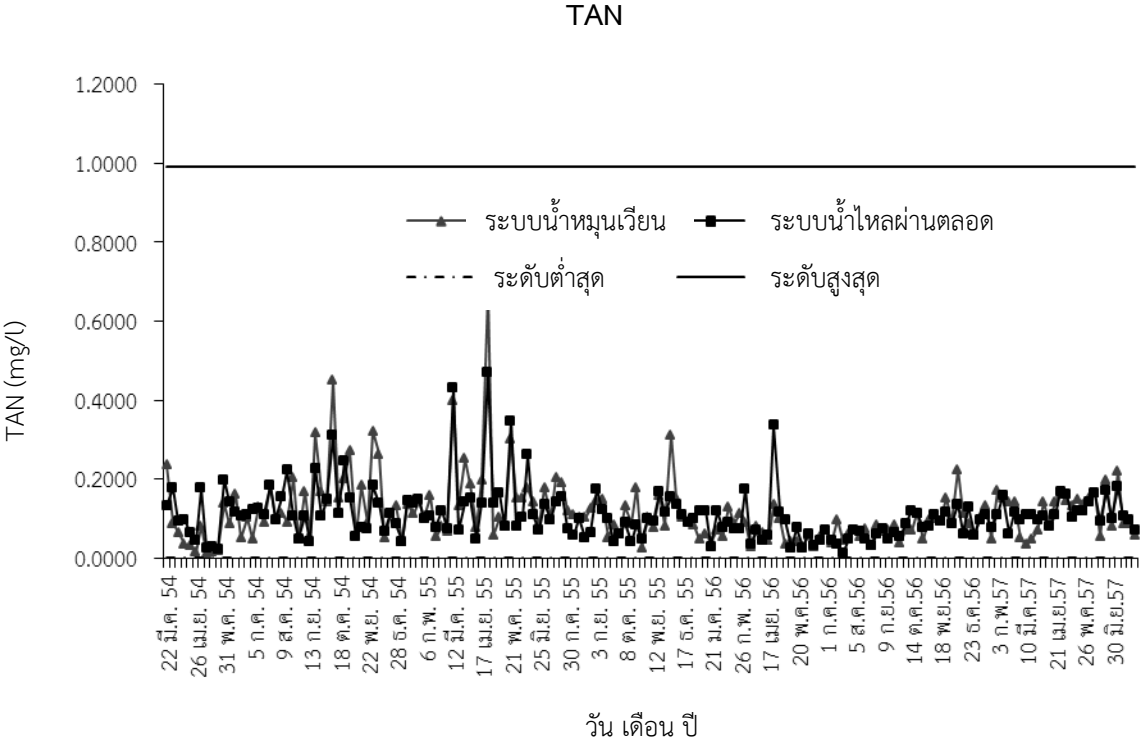
ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ) เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดกับค่ามาตรฐานสูงสุดต่ำสุด



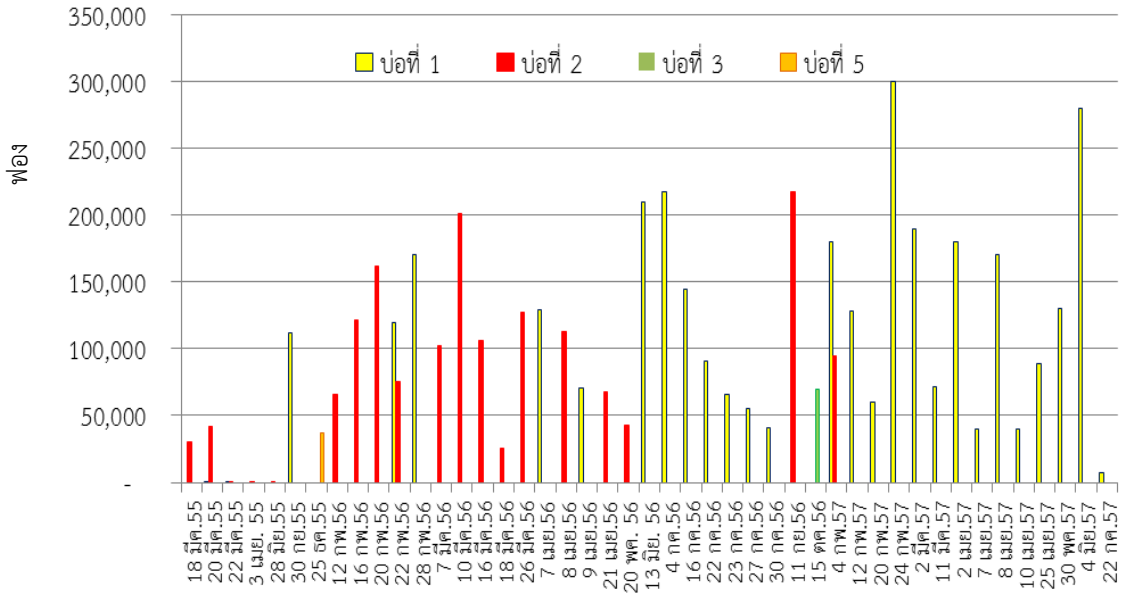


ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ) เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดกับค่ามาตรฐานสูงสุดต่ำสุด

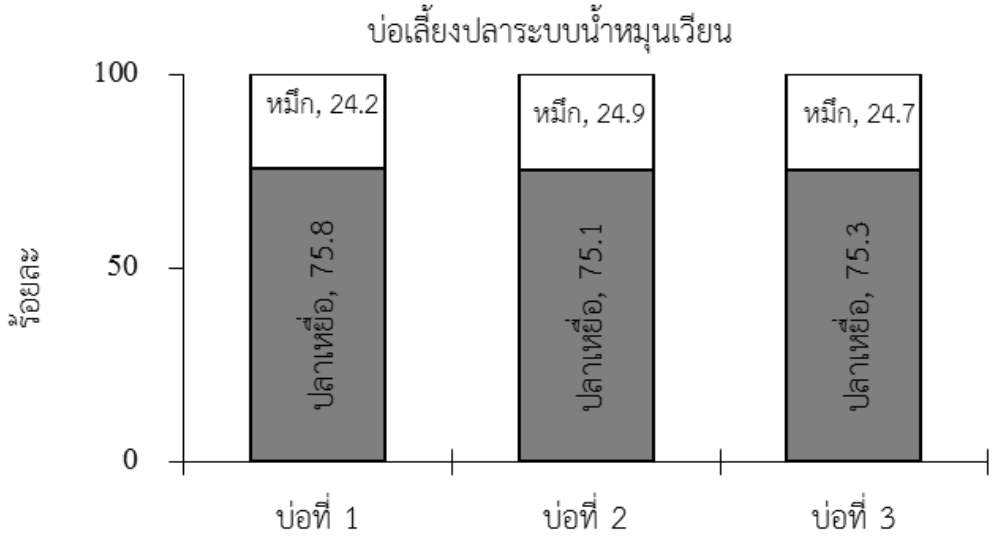




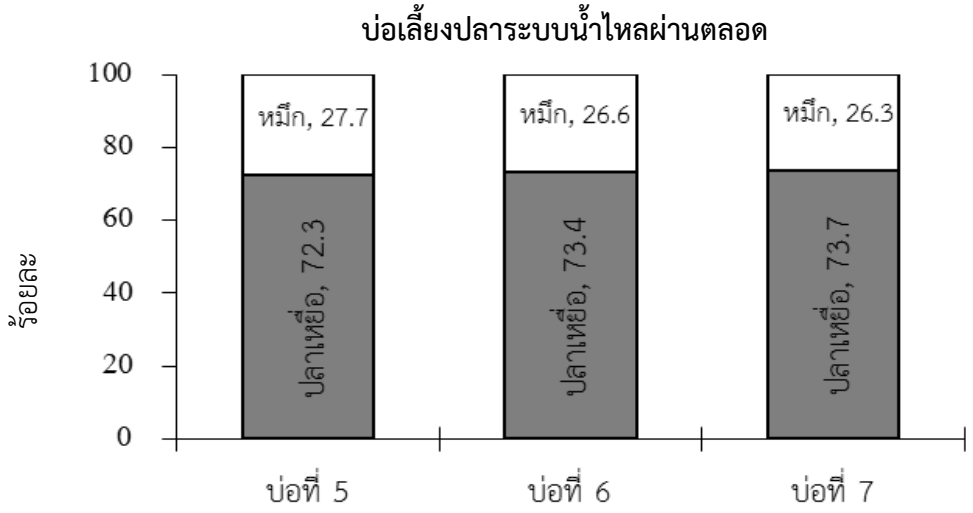
ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ) เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอดกับค่ามาตรฐานสูงสุดต่ำสุด



ภาพผนวกที่ 2 วันที่ปลาวางไข่และจำนวนไข่ปลากะรังจุดฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียนและระบบน้ำไหลผ่านตลอด



ภาพผนวกที่ 3 ร้อยละของปริมาณอาหารที่ปลากะรังจุดฟ้ากิน (ระบบน้ำหมุนเวียน)



ภาพผนวกที่ 4 ร้อยละของปริมาณอาหารที่ปลากะรังจุดฟ้ากิน (ระบบน้ำไหลผ่านตลอด)

ผลของการใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)

ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย ธวัช ศรีวีระชัย และวิทยา รัตนะ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆละ 5 ซ้ำๆละ 1 ตัว ให้ปลาทดลองเพศผู้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2.5, 5 และ 10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม วันเว้นวัน ปริมาณ 3-5% ของน้ำหนักตัวปลาเป็นระยะเวลา 6 เดือน เมื่อเริ่มต้นการทดลองปลามีน้ำหนัก 3.0-3.5 กิโลกรัม การตรวจสอบความสมบูรณ์พันธุ์ดำเนินการเดือนละครั้ง โดยตัดสินจากการมีน้ำเชื้อของปลาทดลอง จากนั้นนำพ่อพันธุ์ปลาตัวที่มีน้ำเชื้อมาปล่อยรวมกับแม่พันธุ์ปลาที่สมบูรณ์ในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียนในอัตราส่วนปลาตัวผู้ 1 ตัว/ตัวเมีย 4 ตัว ใน 1 บ่อ เป็นระยะเวลา 5 เดือน เพื่อศึกษาการปฏิสนธิและการฟักเป็นตัวของลูกปลา ผลปรากฏว่าปลาในชุดการทดลองที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมนตรวจพบน้ำเชื้อชุดการทดลองละ 20% ในเดือนที่ 3, 5 และ 6 แต่ชุดการทดลองที่ไม่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน (control) ไม่พบน้ำเชื้อ การตรวจสอบคุณภาพของน้ำเชื้อปลาตัวที่สมบูรณ์พันธุ์พบเซลล์สเปิร์มคลื่อนที่เฉลี่ย 81.67±11.55, 41.67±14.43 และ 26.67±2.89% การมีชีวิตของเซลล์สเปิร์มมีค่าเฉลี่ย 84.83±1.53, 61.67±1.53 และ 47.33±10.69% และความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์มเฉลี่ย $3.15\times10^{8}\pm1.17\times10^{8}$, $0.53\times10^{8}\pm0.39\times10^{8}$ และ $0.57\times10^{8}\pm0.35\times10^{8}$ เซลล์/มิลลิลิตร อัตราการปฏิสนธิอยู่ที่ 79.93, 74.45 และ 70.64% และอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาอยู่ที่ 78.28, 72.91 และ 53.37% ตามลำดับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ใช้ ดังนั้น ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมน MT ที่ผสมในอาหารแล้วทำให้ปลากะรังจุดฟ้าสมบูรณ์พันธุ์และน้ำเชื้อมีคุณภาพดี คือ 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

คำสำคัญ : ปลากะรังจุดฟ้า ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ความสมบูรณ์พันธุ์ คุณภาพน้ำเชื้อ

Effect of 17α-methyltestosterone on Maturation and Sperm Quality of Blue-Spotted Grouper, *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802)

Pritsana Klingsukklai, Tawat Sriveerachai and Wittaya Rattana
Phuket Coastal Fisheries Research and Development Center

Abstract

This study was to evaluate the effect of 17α-methyltestosterone (MT) on maturation and sperm quality of male blue-spotted grouper. The control fish were given feed without hormone while fish in other treatments were given diet with 2.5, 5 and 10 mg-MT/kg of feed, respectively with 5 replictions (1 fish/replication). The experimental fish were fed 3-5% of body weight every other day for 6 months. Initial body weight of fish ranged from 3.0-3.5 kg. Maturation of males was examined once a month. Matured males (with running milt) were in breeding pond with a water recycling system together with female brooders at a ratio of 1 : 4 (male : female) for 5 months to study fertilization rates and hatching rates of eggs. The results showed that each MT-treated group had 20% of matured male at 3rd, 5th and 6th month while none of the fish in the control group matured. Examinations of sperm quality of the group received 2.5, 5 and 10 mg-MT/kg-feed showed that motility was 81.67±11.55, 41.67±14.43 and 26.67±2.89%, viability was 84.83±1.53, 61.67±1.53 and 47.33±10.69% and sperm concentrations were $3.15\times10^{8}\pm1.17\times10^{8}$, $0.53\times10^{8}\pm0.39\times10^{8}$ and $0.57\times10^{8}\pm0.35\times10^{8}$ cells/ml, respectively. Fertilization rates were 79.93, 74.45 and 70.64% and hatching rates were 78.28, 72.91 and 53.37%, respectively. This indicated that the optimum concentration of 17α-methyltestosterone for induction of maturation and sperm quality of blue-spotted coral trout grouper was 2.5 mg-MT/kg of feed.

Key Words : blue-spotted coral trout grouper, 17α-methyltestosterone, maturation, sperm quality

คำนำ

ปลากะรังจุดฟ้าหรือปลากุดสลาด ที่ชนิดที่นิยมเพาะเลี้ยงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า leopard coral grouper หรือ blue-spotted grouper เป็นปลาในครอบครัว seranidae จัดอยู่ในกลุ่มปลาที่มีลักษณะการแสดงเพศเป็นแบบ protogynous hermaphrodite ขนาดสมบูรณ์เพศอายุประมาณ 3 ปี น้ำหนักตัวประมาณ 3 กิโลกรัม จะเป็นเพศเมียทั้งหมด เมื่อปลาเจริญเติบโตมีน้ำหนักตัวประมาณ 7 กิโลกรัม จะมีปลาบางตัวเปลี่ยนเป็นเพศผู้ ด้วยเหตุนี้ การเพาะพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า จึงมักพบอุปสรรคที่สำคัญคือ ปัญหาการขาดปลาเพศผู้ที่มีน้ำเชื้อคุณภาพดี สำหรับนำมาผสมกับไข่ของปลาเพศเมีย เพื่อเพิ่มอัตราการปฏิสนธิและอัตราฟักเป็นตัว เรณู และคณะ (2536) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อจากอวัยวะสืบพันธุ์ของปลากะรังดอกดำ (*Epinephelus malabaricus)* อายุตั้งแต่ 10-48 เดือน เริ่มเห็นรังไข่เมื่อปลากะรังอายุ 15 เดือน พบปลามีอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้สมบูรณ์ครั้งแรกตั้งแต่อายุ 34 เดือน จากผลการศึกษาเนื้อเยื่อแสดงว่า ปลาอายุ 10-33 เดือน เป็นเพศเมียทั้งสิ้น ปลาอายุ 34-50 เดือน เป็นปลาเพศเมีย 89.5% อยู่ในระยะกำลังเปลี่ยนเพศ 3.5% และเป็นปลาเพศผู้ 7.0% แสดงว่าปลากะรังในธรรมชาติส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเพศเป็นเพศผู้เมื่ออายุมากกว่า 5 ปี จากผลการศึกษาดังกล่าวชี้ชัดว่าปลาในครอบครัวนี้จะเป็นเพศผู้เมื่อมีอายุมากหรือมีขนาดใหญ่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอาหารที่ปลาได้รับ สภาพแวดล้อมหรือสังคมของกลุ่มประชากรปลาในขณะนั้น เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นในการเพาะพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้าจึงจำเป็นต้องมีการกระตุ้นให้ปลามีการเปลี่ยนเพศเป็นเพศผู้ หรือเร่งให้ปลาเพศผู้สร้างน้ำเชื้อในปริมาณมาก และต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เพื่อให้มีน้ำเชื้อที่มีคุณภาพ สามารถผสมกับไข่แล้วให้ลูกพันธุ์ที่แข็งแรง สามารถพัฒนาการเพาะพันธุ์ได้เร็วขึ้น

การใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) เพื่อแปลงเพศเป็นปลาเพศผู้ที่สมบูรณ์พันธุ์ และกระตุ้นให้ปลาสร้างน้ำเชื้อ สามารถทำได้หลายวิธี ที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไป คือ การใช้ฮอร์โมน MT ผสมในอาหารแล้วนำไปให้ปลากิน เช่น อดุลย์ (2547) ทดลองในปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*) ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.83±0.58 กิโลกรัม ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 20, 40 และ 80 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า กลุ่มปลาทดลองที่กินอาหารผสม MT ทุกระดับความเข้มข้น เริ่มพบน้ำเชื้อในระยะเวลา 5 เดือน Kuo *et al*. (1988) ทดลองในปลากะรังจุดน้ำเงินหรือ blue-spotted grouper (*E. fario*) ที่มีอายุต่ำกว่า 2 ปี ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT วันละ 1 มื้อ ทุกวัน ในอัตรา 0.5 และ 1 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัวปลา 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 5 เดือน ปลาสามารถเปลี่ยนเป็นเพศผู้ที่มีน้ำเชื้อ Yeh *et al*. (1988) รายงานว่าปลากะรัง *E. fario* อายุ 3 ปีกว่า สามารถเปลี่ยนเป็นเพศผู้ได้ 100% โดยการกินอาหารเม็ดผสมฮอร์โมน MT ในระดับ 26.90-117.97 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 102 วัน

การใช้ฮอร์โมน MT โดยการฉีด Tan-Fermin (1992) รายงานว่า ได้ทดลองฉีดฮอร์โมน MT ในปลากะรังชนิด *E. suillus* โดยฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (Intramuscularly) สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เมื่อปลาได้รับฮอร์โมนประมาณ 3-6 เดือน จึงเริ่มมีการสร้างน้ำเชื้อขึ้นมา

การฝังฮอร์โมน โดยบรรจุฮอร์โมน MT ไว้ในหลอดพลาสติกขนาดเล็ก (silastic tube) แล้วนำไปฝังในตัวปลา ธวัช และคณะ (2547) ทดลองฝังฮอร์โมนในปลากะรังจุดฟ้า (*Plectropomus leopardus)* โดยใช้ฮอร์โมน MT 0.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ฝังลงบริเวณกล้ามเนื้อด้านหลังขวาของส่วนหัว ตำแหน่งข้างๆครีบหลังอันที่ 2 (2^{nd} dorsal fin) ประมาณ 2.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัว แล้วนำไปปล่อยรวมกับแม่ปลา จำนวน 13 ตัว รวมทั้งหมด 16 ตัว ในกระชังขนาด 5×5×3 เมตร ในบ่อซีเมนต์ความจุ 200 ตัน จัดการระบบน้ำแบบปิดและนำน้ำมาใช้ใหม่ (close recycle water system) ให้ปลาสดเป็นอาหาร 68 วัน ต่อมา แม่ปลาสามารถวางไข่ โดยมีอัตราการปฏิสนธิ 70.1% อัตราการฟักไข่ 67.7% เช่นเดียวกันกับอดุลย์ และคณะ (2548) ได้ทดลองฝังฮอร์โมน

MT เพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อของปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides* Hamilton, 1822) โดยใช้ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 4 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.5 และ 1 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ฉีดฝังไว้ในกล้ามเนื้อปลาบริเวณใต้ครีบหลัง ตรวจสอบการสร้างน้ำเชื้อของปลาเดือนละครั้ง ผลปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 0.25 และ 0.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ปลาเริ่มมีน้ำเชื้อหลังจากการฝังฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 1 เดือน และสามารถสร้างน้ำเชื้อเป็นระยะเวลา 3 เดือน ติดต่อกัน ส่วนชุดการทดลองที่ฝังฮอร์โมนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม สามารถสร้างน้ำเชื้อเป็นระยะเวลา 4 เดือน ติดต่อกัน Chao and Lim (1991) บรรจุฮอร์โมน MT 2 มิลลิกรัม ในหลอดพลาสติกฝังในปลากะรังปากแม่น้ำ (*E. tauvina*) เป็นผลให้ปลาเพศเมียขนาด 3-4 กิโลกรัม เปลี่ยนเป็นเพศผู้หลังจากฝังฮอร์โมนไป 4 เดือน และให้น้ำเชื้อต่อไปอีก 4 เดือน Tridjoko (2002) รายงานในเอกสารเผยแพร่ของอินโดนีเซียจากการฝึกอบรมปลากะรังหน้างอน (*Cromileptes altivelis*) ใช้การฝังฮอร์โมน MT 0.75 มิลลิกรัม/น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ให้ผลดีที่สุดในการแปลงเพศเป็นตัวผู้ ภายใน 2-3 เดือน

นอกจากปัญหาเรื่องขาดแคลนปลาที่มีน้ำเชื้อแล้ว คุณภาพของน้ำเชื้อก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะบางครั้งเราสามารถหาปลาที่มีน้ำเชื้อได้ นำไปปล่อยรวมกับปลาที่มีไข่ หลังจากปลาปล่อยไข่ผสมกับน้ำเชื้อ ปรากฏว่า อัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลายังต่ำ สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง เนื่องมาจากปลามีน้ำเชื้อน้อย หรือความเข้มข้นของน้ำเชื้อต่ำ และน้ำเชื้อไม่แข็งแรง จึงมีความจำเป็นต้องหาทางเพิ่มปริมาณน้ำเชื้อโดยการใช้ฮอร์โมนเข้าช่วย (Cruz-Casallas *et al*., 2007)

ในการทดลองครั้งนี้ สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเพาะขยายพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า เพื่อกระตุ้นปลาเพศผู้ให้สมบูรณ์ ผลิตน้ำเชื้อที่มีคุณภาพและมีปริมาณเพียงพอ เป็นการย่นระยะเวลาในการรอพ่อพันธุ์ปลาที่มีน้ำเชื้อจากธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานานอาจเป็นปีหรือหลายปี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) ต่อการพัฒนาเชื้อปลากะรังจุดฟ้า
2. เพื่อประเมินคุณภาพของน้ำเชื้อปลากะรังจุดฟ้าที่ได้จากพ่อพันธุ์ปลาที่ให้กินฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้นต่างๆ
3. เพื่อศึกษาอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ปลาที่กระตุ้นให้มีน้ำเชื้อโดยให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้นต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

เนื่องจากปลากะรังจุดฟ้าเป็นปลาที่หายาก ราคาแพง ไม่สามารถหาปลาที่มีขนาดใหญ่ (3.0-3.5 กิโลกรัม) จำนวนมากได้ การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ปลาเพศผู้และใช้จำนวนตัวปลาแทนจำนวนซ้ำ จึงได้วางแผนการทดลองแบบ non-parametric ตามวิธีการของกัลยา (2546) ระยะเวลาการทดลองตั้งแต่ 14 มกราคม–14 กรกฎาคม 2554 แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ปลากินอาหารปกติ โดยไม่ผสมฮอร์โมน เป็นชุดควบคุม (control)
ชุดการทดลองที่ 2 ให้ปลากินอาหารผสมฮอร์โมน MT ปริมาณ 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 3 ให้ปลากินอาหารผสมฮอร์โมน MT ปริมาณ 5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 4 ให้ปลากินอาหารผสมฮอร์โมน MT ปริมาณ 10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมน 17α-methyltestosterone

การเตรียมพันธุ์ปลา

พันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ รวบรวมจากฟาร์มเอกชนโดยคัดพันธุ์ปลาที่มีลำตัวเรียวยาว ขนาดน้ำหนัก 3.0-3.5 กิโลกรัมต่อตัว จำนวนรวม 20 ตัว (ตรวจไม่พบน้ำเชื้อและไข่ปลา) โดยที่ปลาทดลองทุกตัวได้ฝังไมโครชิพ (microchip) เพื่อกำหนดหมายเลขรหัสของปลาแต่ละตัว สำหรับประโยชน์ในการเก็บข้อมูลการทดลอง ก่อนที่จะฝังไมโครชิพนั้น นำปลาไปทำให้สลบในน้ำที่มีสารละลาย quinaldine ความเข้มข้น 5-10 ส่วนในล้าน เมื่อปลาสลบดีแล้วจึงฝังไมโครชิพเข้าไปในตัวปลา โดยใช้อุปกรณ์ลักษณะเหมือนเข็มตอนไก่ แทงใต้เกล็ด โดยให้เข็มทำมุมประมาณ 30 องศากับตัวปลา บริเวณประมาณกึ่งกลางระหว่าง lateral line กับโคนครีบหลังอันแรก แล้วฉีดฝังไมโครชิพเข้าไป จดบันทึกเลขรหัสของปลาแต่ละตัวไว้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดพันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลองปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมน MT

ชุดการทดลองที่	ตัวที่	หมายเลขไมโครชิพ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความยาว (เซ็นติเมตร)
1	1	122922097a	3.0	49
	2	115323620a	3.0	54
	3	122656656a	3.2	58
	4	114566764a	3.3	58
	5	122924797a	3.4	56
2	1	122912354a	3.0	53
	2	122923291a	3.0	57
	3	115156685a	3.4	57
	4	122775163a**	3.1	57
	5	122656357a	3.4	62
3	1	115317130a	3.1	58
	2	115317283a	3.5	59
	3	122745170a**	3.3	59
	4	122912751a	3.4	54
	5	122921120a	3.0	52
4	1	115321094a	3.5	60
	2	115244553a**	3.5	55
	3	115311497a	3.4	56
	4	122762472a	3.4	55
	5	123173343a	3.0	56

การเตรียมกระชัง

กระชังสำหรับเลี้ยงปลาทดลองในทะเลเป็นกระชังอวนโพลีเอสเตอร์ขนาดตา 3 เซนติเมตร ขนาดกระชัง 3×3×1.5 เมตร จำนวน 2 กระชัง แต่ละกระชังใช้อวนตาขนาด 3 เซนติเมตร เย็บแบ่งครึ่งกระชังเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนคือ 1 ชุดการทดลอง ใส่ปลา 5 ตัว (5 ซ้ำ/1 ชุดการทดลอง) รวมเป็น 4 ชุดการทดลอง ปิดกระชังทดลองด้วยอวนตาขนาด 4 นิ้ว เพื่อป้องกันไม่ให้ปลาทดลองกระโดดออกนอกกระชัง

การเตรียมเม็ดฮอร์โมน

การเตรียมเม็ดฮอร์โมน ดำเนินการโดยชั่งฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) ปริมาณต่างๆกัน คือ 7.5, 15 และ 30 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) นำฮอร์โมนแต่ละความเข้มข้นมาละลายด้วย ethyl alcohol (ความเข้มข้น 99.8% v/v) จนได้ปริมาณของสารละลายรวม 6 มิลลิลิตร หลังจากฮอร์โมนละลายเข้ากันกับ ethyl alcohol ดีแล้ว จึงนำไปเปต (autopipette) ดูดสารละลายฮอร์โมนดังกล่าวปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปหยดลงบนเม็ดอาหารสำเร็จรูปแบบกลมที่ใช้เลี้ยงปลาทะเล (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4.5 มิลลิเมตร) ซึ่งวางอยู่ในถาดหลุมขนาดพอดีเม็ดอาหาร ดังนั้นในเม็ดอาหาร 1 เม็ด (ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า “เม็ดฮอร์โมน”) มีฮอร์โมนประมาณ 0.0625, 0.125 และ 0.250 มิลลิกรัม ตามลำดับ วางเม็ดฮอร์โมนไว้ในที่ร่มประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ ethyl alcohol ระเหยออกไปจนหมด จนกระทั่งมีสภาพแห้งสนิทดีแล้ว นำเม็ดฮอร์โมนเหล่านั้นใส่ในภาชนะที่มีฝาปิด และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส ส่วนปลาทดลองชุดควบคุมนั้น ใช้วิธีการเตรียมเม็ดฮอร์โมน เหมือนกับชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เพียงแต่ไม่ผสมฮอร์โมนลงไปใน ethyl alcohol สำหรับเม็ดฮอร์โมนที่เตรียมไว้ใช้ในแต่ละครั้งนั้น ใช้ให้หมดภายในระยะเวลาไม่เกิน 7 วัน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเสื่อมสลายตัวของฮอร์โมน

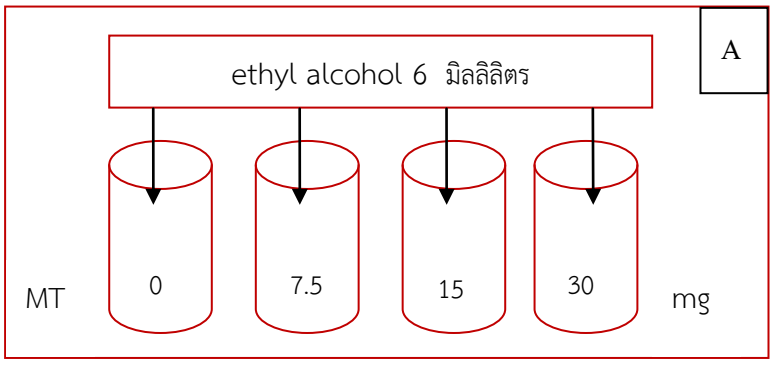
การเตรียมอาหารทดลอง

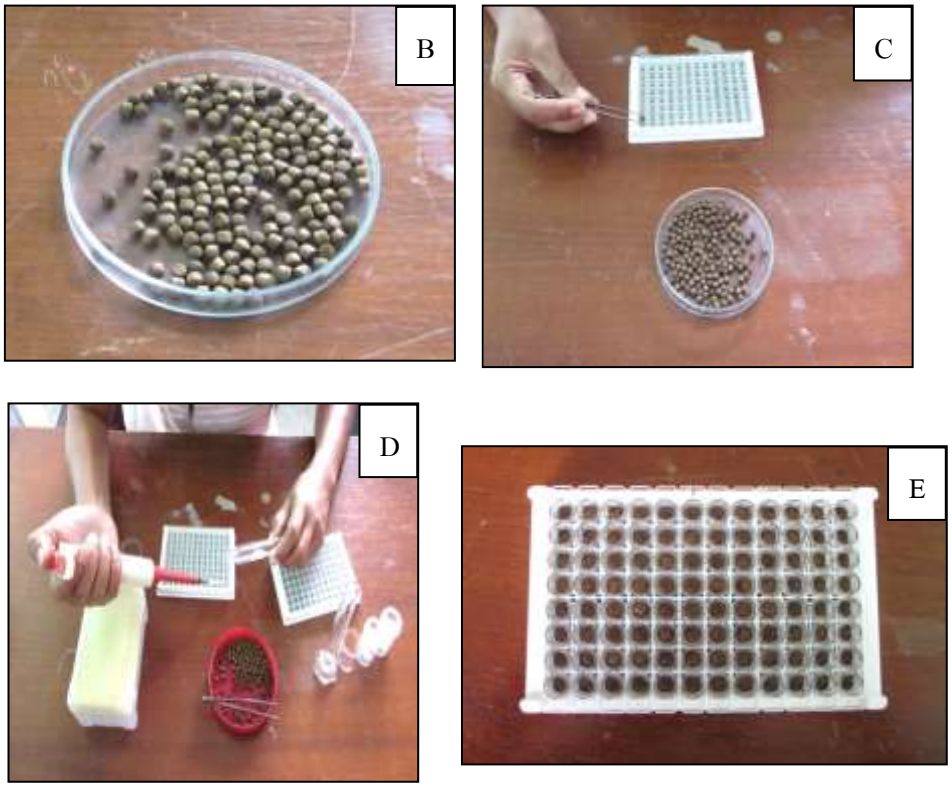
อาหารทดลองเตรียมโดยนำเม็ดฮอร์โมนไปฝังในตัวปลาเหยื่อ (ปลาข้างเหลือง 3 มื้อ สลับกับหมึก 1 มื้อ ใน 1 สัปดาห์) ที่ใช้เป็นอาหารของปลาทดลอง จำนวน 2 เม็ดต่อปลาเหยื่อ 1 ตัว ดังนั้น ปลาเหยื่อ 20 ตัว (น้ำหนักรวม 1 กิโลกรัม) จึงประกอบด้วยฮอร์โมนปริมาณรวม 0, 2.5, 5 และ 10 มิลลิกรัม ตามลำดับ แล้วนำไปให้ปลาทดลองกิน (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 ปริมาณฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) ในชุดการทดลองต่างๆ

ชุดการทดลอง	1	2	3	4
ความเข้มข้นของ MT (มิลลิกรัม) ในอาหาร 1 กิโลกรัม	0	2.5	5	10
ปริมาณ MT (มิลลิกรัม) ในสารละลาย ethyl alcohol 6 มิลลิลิตร	0	7.5	15	30
ปริมาณ MT (มิลลิกรัม) ใน 1 เม็ดฮอร์โมน	0	0.0625	0.125	0.25

หมายเหตุ: การเตรียมเม็ดฮอร์โมนดังกล่าวดัดแปลงจากวิธีการของอดุลย์ (2547)





ภาพที่ 1 การทำเม็ดฮอร์โมน MT ภาพ (A) การเตรียมสารละลายฮอร์โมน MT ใน ethyl alcohol ภาพ (B) เม็ดอาหารสำเร็จรูป เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4-5 มิลลิเมตร ภาพ (C) เรียงเม็ดอาหารลงในถาดหลุม ภาพ (D) ใช้ไปเปตอัตโนมัติ หยดสารละลายฮอร์โมน (จากขั้นตอน A) ลงบนเม็ดอาหาร ภาพ (E) เม็ดฮอร์โมนพร้อมใช้

การศึกษาอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา

การเตรียมบ่อพ่อแม่พันธุ์ปลา

การศึกษาอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ปลาที่กระตุ้นให้มีน้ำเชื้อโดยให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ระยะเวลาการทดลองตั้งแต่ 23 กรกฎาคม-23 ธันวาคม 2554

บ่อพ่อแม่พันธุ์ปลาเป็นบ่อคอนกรีตขนาดความจุ 18 ตัน จำนวน 5 บ่อ แบ่งเป็นบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลา 3 บ่อ (พ่อพันธุ์ปลาเฉพาะที่ตรวจพบน้ำเชื้อ) บ่อบำบัดน้ำ 1 บ่อ (ติดตั้งอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำหมุนเวียนประกอบด้วยโปรตีนสกิมเมอร์ ถังกรองน้ำ อวนโพลีเอสเตอร์ ซากปะการังและสาหร่ายทะเล) และอีก 1 บ่อ ใช้เป็นบ่อพักน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่

น้ำที่ใช้ในบ่อพ่อแม่พันธุ์ปลาเป็นน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เติมเข้าบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบ่อละ 16 ตัน หลังจากนั้นปรับการไหลเวียนของน้ำในบ่อพ่อแม่พันธุ์แต่ละบ่อ ให้มีน้ำไหลเวียนในอัตรา 34 ลิตร/นาที ตลอด 24 ชั่วโมงทุกวัน ปรับสภาพน้ำให้นิ่งและมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการเลี้ยงปลาทะเล หลังจากนั้นนำพ่อแม่พันธุ์ปลาเข้าสู่ระบบการเลี้ยง

การเตรียมกระชัง

กระชังที่ใช้ในการทดลองศึกษาอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา เป็นกระชังอวนโพลีเอสเตอร์ขนาดตา 3 เซนติเมตร ขนาด 3×3×1.5 เมตร กางในบ่อคอนกรีตขนาด 18 ตัน (ระบบปิดน้ำหมุนเวียน)

บ่อละ 1 กระชัง จำนวน 3 บ่อ (3 ชุดการทดลอง สำหรับปลาตัวผู้ที่สมบูรณ์พันธุ์มีน้ำเชื้อ) ปิดกระชังทดลองด้วยอวนตาขนาด 4 นิ้ว เพื่อป้องกันไม่ให้ปลาทดลองกระโดดออกนอกกระชัง

การเตรียมแม่พันธุ์ปลา

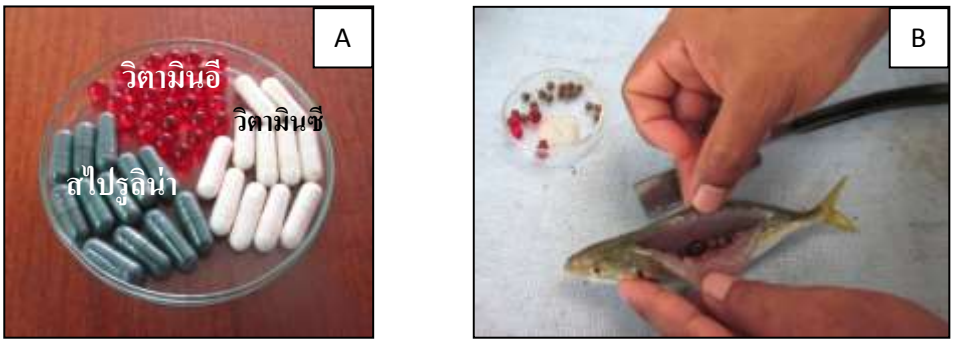
แม่พันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีขนาดน้ำหนัก 1.5-2.0 กิโลกรัม/ตัว (บำรุงแม่พันธุ์ก่อนล่วงหน้า 3 เดือน โดยให้อาหารตามสูตรที่ใช้กระตุ้นพ่อพันธุ์ปลาให้มีน้ำเชื้อ เพียงแต่ไม่ผสมฮอร์โมนลงไปในอาหาร) นำแม่พันธุ์ปลาจำนวน 4 ตัว ไปปล่อยรวมกับพ่อพันธุ์ปลาที่มีน้ำเชื้อชุดการทดลองละ 1 ตัว รวมทั้งหมด 5 ตัว (1 ชุดการทดลอง) ในกระชังที่กางในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียนข้างต้น โดยแม่ปลาทดลองทุกตัวได้ฝังไมโครชิพเพื่อกำหนดหมายเลขรหัสของปลาแต่ละตัว (เช่นเดียวกับการศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมน) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 รายละเอียดพันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลองอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา

บ่อที่	ตัวที่	หมายเลขไมโครชิพ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความยาว (เซ็นติเมตร)	เพศ
1	1	122775163a	3.1	57.0	ผู้
	2	114547797a	1.7	42.5	เมีย
	3	114546350a	1.5	45.0	เมีย
	4	127376492a	1.8	44.0	เมีย
	5	116921494a	1.7	43.0	เมีย
2	1	122745170a	3.3	59.0	ผู้
	2	115271443a	2.0	46.5	เมีย
	3	114752347a	1.8	44.0	เมีย
	4	122719166a	1.6	41.0	เมีย
	5	114547152a	1.6	46.5	เมีย
3	1	115244553a	3.5	55.0	ผู้
	2	116466392a	1.9	46.5	เมีย
	3	115272214a	2.0	48.5	เมีย
	4	114853221a	1.5	43.5	เมีย
	5	126915583a	2.0	45.5	เมีย

วิธีการทดลอง

ปลาทดลองกินอาหารที่ผสมฮอร์โมน 3-5% ของน้ำหนักตัวปลา วันเว้นวัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน อาหารที่ให้ปลาทดลองเป็นปลาข้างเหลืองสด 3 มื้อ สลับกับหมึก 1 มื้อ และอาหารที่ให้ต้องเสริมวิตามินอี 100 IU วิตามินซี 100 มิลลิกรัม และสาหร่าย สไปรูลิน่า 100 มิลลิกรัมสลับมื้อกัน/ปลาทดลอง 1 ตัว เพื่อเสริมความสมบูรณ์ของพ่อพันธุ์ปลา (ภาพที่ 2) หลังจากให้อาหารประมาณ 1 ชั่วโมง ใช้สวิงตักอาหารเหลือที่ก้นกระชังออก



ภาพที่ 2 การเตรียมอาหารทดลอง ภาพ (A) สารเสริมความสมบูรณ์ให้พ่อแม่พันธุ์ปลา ภาพ (B) นำเม็ดฮอร์โมน และสาร (A) ไปใส่ในตัวปลาเหยื่อ

การตรวจสอบความสมบูรณ์พันธุ์ (มีน้ำเชื้อ) ของปลาทดลอง

การตรวจสอบความสมบูรณ์พันธุ์ (มีน้ำเชื้อ) ของปลาทดลองดำเนินการทุกๆ 1 เดือน พร้อมกับเปลี่ยนกระชังชุดใหม่ เพื่อนำกระชังที่ใช้งานแล้วไปทำความสะอาดและซ่อมแซม เตรียมไว้สำหรับเปลี่ยนในเดือนถัดไป โดยก่อนตรวจสอบทุกครั้ง งดอาหารปลาทดลองล่วงหน้า 2 วัน

การตรวจสอบความสมบูรณ์พันธุ์ของปลาทดลอง ดำเนินการในช่วงข้างขึ้น 13-15 ค่ำ เวลา 09.30-11.30 นาฬิกา โดยนำปลาไปทำให้สลบในน้ำที่มีสารละลาย quinaldine ความเข้มข้น 5-10 ส่วนในล้าน เมื่อปลาสลบดีแล้ว นำปลามาวางบนพื้นราบใช้ผ้านิ่มๆปิดตัวปลา เปิดผ้าบริเวณช่องเพศ (genital pore) ใช้ normal saline solution (NSS) 0.9% ล้างบริเวณรอบๆช่องเพศ แล้วเช็ดให้แห้ง เพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์สเปิร์มเคลื่อนที่เมื่อสัมผัสกับน้ำทะเล รีดน้ำเชื้อโดยกดบริเวณท้องของปลาเบาๆจากส่วนหัวลงมาทางส่วนหาง หากปลาสมบูรณ์จะมีน้ำเชื้อสีขาวขุ่นไหลออกมาใช้ไปเปต (autopipette) ดูดน้ำเชื้อใส่ใน microcentifuge tube ขนาด 0.5 มิลลิลิตร เก็บรักษาสภาพน้ำเชื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

การประเมินคุณภาพของน้ำเชื้อปลาทดลอง

การประเมินจำนวนเซลล์สเปิร์มที่เคลื่อนที่ ทำได้โดยใช้ไปเปตอัตโนมัติดูดน้ำเชื้อไปหยดลงบนแผ่นสไลด์ 1 หยด (1 ไมโครลิตร) และหยดน้ำทะเล 1 หยด (20 ไมโครลิตร)ให้ห่างกันเล็กน้อย นำไปวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า ใช้เข็มเขี่ยน้ำเชื้อและน้ำทะเลให้ผสมกันประมาณ 5 วินาที แล้วดูจำนวนเซลล์สเปิร์มที่เคลื่อนที่ภายใน 10 วินาที โดยกำหนดเกณฑ์การเคลื่อนที่ของเซลล์สเปิร์ม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 หลักเกณฑ์การสังเกตจำนวนเซลล์สเปิร์มเคลื่อนที่ของปลากะรังจุดฟ้า

หลักเกณฑ์	ระดับการเคลื่อนที่	จำนวนเซลล์เคลื่อนที่ (%)
เกือบทุกตัวเคลื่อนที่	5	มากกว่า 95
ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ มีเพียงเล็กน้อยที่ไม่เคลื่อนที่	4	80-95
มีประมาณครึ่งหนึ่งเคลื่อนที่	3	30-79
มีเพียงเล็กน้อยที่เคลื่อนที่	2	5-29
ส่วนใหญ่ไม่เคลื่อนที่	1	น้อยกว่า 5
ไม่มีการเคลื่อนที่	0	0

หมายเหตุ: หลักเกณฑ์การสังเกตการเคลื่อนที่ของเซลล์สเปิร์มปรับมาจากวิธีการของ Trippel (2003)

การประเมินความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์ม (sperm concentration) ทำได้โดยเจือจางน้ำเชื้อด้วย normal saline solution (NSS) 0.9% ในอัตราส่วนน้ำเชื้อต่อ NSS เท่ากับ 1:500 หลังจากผสมให้เข้ากันแล้วใช้ไปเปตอัตโนมัติ ดูดน้ำเชื้อที่เจือจางแล้วหยดลงบนแผ่นสไลด์นับเม็ดเลือด (haemocytometer) นับจำนวนเซลล์ของสเปิร์ม ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า

การประเมินต์จำนวนเซลล์สเปิร์มมีชีวิต (viability) ตามวิธีการของเรณู และนิพนธ์ (2551) โดยวิธีการย้อมดูตัวเป็นตัวตาย (live-dead staining) ทำได้โดยการย้อมสี eosin-nigrosin โดยหยดสี eosin-nigrosin ลงบนแผ่นสไลด์ 1 หยด (5 ไมโครลิตร) แล้วหยดน้ำเชื้อ 1 ไมโครลิตร ลงข้างๆสีย้อม ใช้เข็มเขี่ยน้ำเชื้อกับสีย้อมให้เข้ากัน จากนั้นใช้แผ่นสไลด์อีกแผ่นหนึ่งเกลี่ยน้ำเชื้อให้กระจายบางๆ โดยปาดเพียงครั้งเดียว แล้วนำไปผ่านเปลวไฟประมาณ 1-2 ครั้ง ให้ส่วนผสมของน้ำเชื้อและสีแห้ง นำไปนับจำนวนเซลล์สเปิร์มตัวเป็นตัวตาย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า โดยสุ่มนับ 5 บริเวณๆละ 20 เซลล์ ให้คะแนนเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยมีหลักการคือสเปิร์มตัวที่ตายผนังเซลล์จะเสื่อมสภาพ สีสามารถซึมผ่านเข้าในเซลล์ได้ ทำให้สเปิร์มติดสีย้อมเป็นสีชมพูแดงหรือสีม่วง ส่วนสเปิร์มตัวที่มีชีวิตไม่ติดสีย้อมจึงมีสีขาว

การศึกษาอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา

การศึกษาอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา โดยนำพ่อพันธุ์ปลาที่มีน้ำเชื้อจากการให้กินฮอร์โมน MT มาแยกใส่ในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียน ตามระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน บ่อละ 1 ตัว และใส่แม่พันธุ์ปลาที่เตรียมไว้ข้างต้น 4 ตัว/บ่อ (ตารางที่ 3) ให้อาหารพ่อแม่พันธุ์ปลาเช่นเดียวกับสูตรอาหารบำรุงแม่พันธุ์ปลา

ปลากะรังจุดฟ้าวางไข่ในเวลากลางคืนระหว่างเวลา 18.00-21.00 น. ในช่วงข้างขึ้นหรือข้างแรม 13-15 ค่ำ เมื่อปลาวางไข่ เก็บรวบรวมไข่ปลาโดยการใช้ถุงผ้าชีฟอง สวมเข้ากับระบบ air water lift นำไข่ปลาที่รวบรวมได้มาใส่ถังขนาด 20 ลิตร นับจำนวนไข่ปลาทั้งหมด หลังจากนั้นแยกไข่เสียออก โดยวนน้ำในถังเบาๆพอน้ำหยุดหมุนจะเห็นไข่เสียซึ่งมีสีขาวขุ่นจมลงบริเวณตรงกลางก้นถัง ดูดไข่เสียและตะกอนทิ้ง นับจำนวนไข่ปลาที่ได้รับการปฏิสนธิบันทึกข้อมูล นำไข่ปลาที่ได้รับการปฏิสนธิมาฟักในถังขนาด 50 ลิตร ให้อากาศเบาๆ ไข่ปลาฟักเป็นตัวภายในเวลาประมาณ 18-21 ชั่วโมง หลังจากวางไข่ ภายใต้อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 30 ส่วนในพัน สุ่มนับจำนวนลูกปลาที่ฟักเป็นตัวเพื่อนำมาคำนวณอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัว

$$\text{อัตราการปฏิสนธิ} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่ปฏิสนธิ}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{อัตราการฟัก} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาวัยอ่อน}}{\text{จำนวนไข่ที่ปฏิสนธิทั้งหมด}} \times 100$$

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างการทดลองตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในกระชังทดลองทุกกระชัง 7 วัน/ครั้ง โดยวัดความเค็มของน้ำด้วยเครื่องมือวัดความเค็มแบบหักเหแสง (refracto-salinometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S/Milli-E อุณหภูมิวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วย pH meter ยี่ห้อ WTW รุ่น inoLab ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ด้วยเครื่องวัดออกซิเจนยี่ห้อ Oxy Guard รุ่น Handy Polaris ความเป็นด่างของน้ำวิเคราะห์โดยวิธี potentiometer titration to pre-selection pH (APHA, AWWA and WPCF, 1980) แอมโมเนียโดยวิธี modified indophenols blue method (Sasaki and Sawada, 1980) ไนไตรท์โดยวิธี

diazotization method (Strickland and Parsons, 1972) ไนเตรทโดยวิธี Cu-Cd reduction (Strickland and Parsons, 1972) และฟอตเฟตโดยวิธี ascorbic acid (Strickland and Parsons, 1972)

การวิเคราะห์ข้อมูล

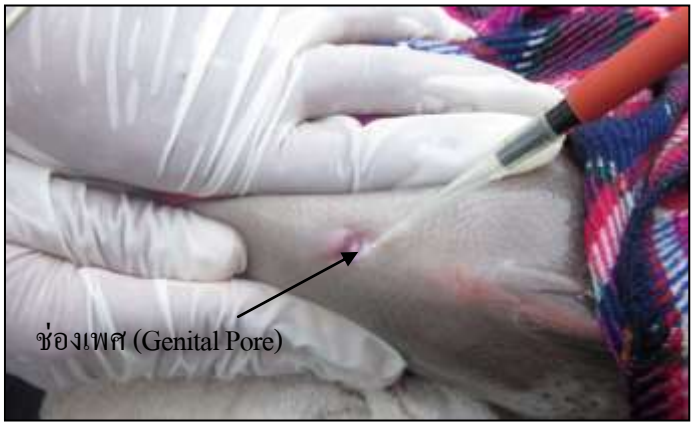
การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสถิติเชิงพรรณนา โดยตรวจสอบความสมบูรณ์พันธุ์ของปลา หากตรวจพบว่ามีน้ำเชื้อ ให้ถือว่าปลาตัวนั้นมีการแสดงเพศเป็นเพศผู้ (functional male) ที่สมบูรณ์พันธุ์ นำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณเป็นจำนวนปลาที่สมบูรณ์พันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง

คุณภาพน้ำเชื้อ อัตราการปฏิสนธิและการฟักเป็นตัวของลูกปลา โดยนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลองของปลาที่สมบูรณ์พันธุ์ จากการกินอาหารผสมฮอร์โมนที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ผลการศึกษา

ความสมบูรณ์พันธุ์ของปลากะรังจุดฟ้า (ตรวจพบน้ำเชื้อ)

การเริ่มต้นการทดลอง ตรวจสอบปลากะรังจุดฟ้าที่ใช้ในการทดลองทุกตัว ไม่พบปลาตัวใดมีไข่หรือน้ำเชื้อ เมื่อเลี้ยงปลาโดยให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้น 0 (control) 2.5, 5 และ 10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม (แต่ละเดือนปลาทุกชุดการทดลองกินอาหารในปริมาณใกล้เคียงกัน) เป็นระยะเวลา 6 เดือน ตรวจสอบน้ำเชื้อทุกเดือน ผลปรากฏว่า ปลาในชุดการทดลองที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ตรวจพบน้ำเชื้อในเดือนที่ 3 (เดือนที่ 4 ตรวจไม่พบน้ำเชื้อ) และตรวจพบน้ำเชื้ออีกครั้งในเดือนที่ 5 และ 6 (ภาพที่ 3) ทุกครั้งที่ตรวจสอบพบปลามีน้ำเชื้อชุดการทดลองละ 20% (เป็นปลาตัวเดิม**ตารางที่ 1) แต่ชุดควบคุม (control) ที่ให้ปลากินอาหารปกติโดยไม่ผสมฮอร์โมน ตลอดการทดลองตรวจไม่พบว่าปลามีน้ำเชื้อ

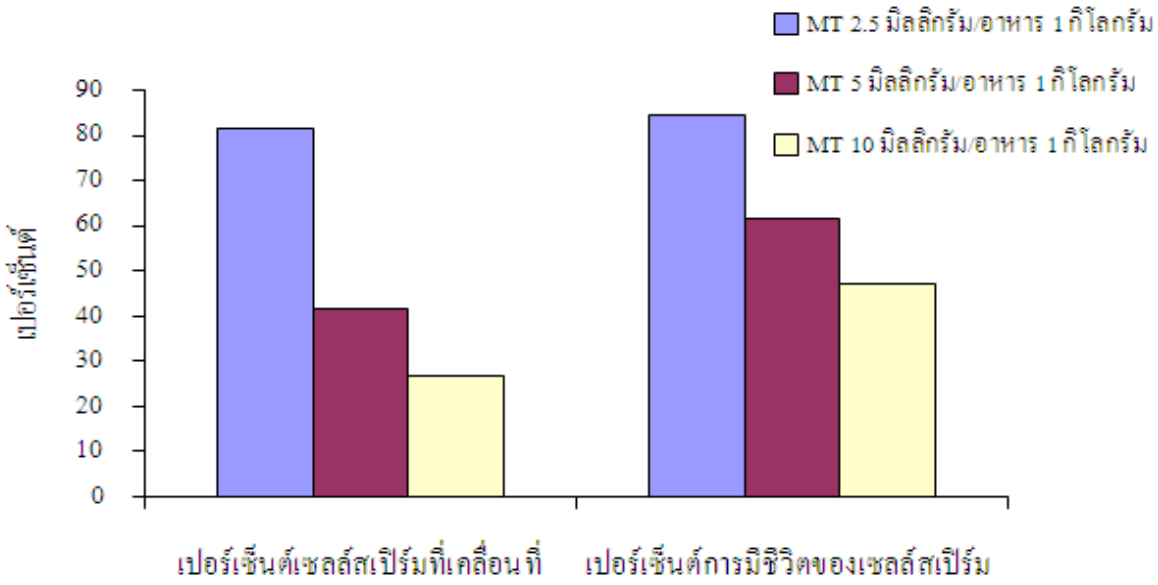


ภาพที่ 3 ปลากะรังจุดฟ้าที่สมบูรณ์พันธุ์ มีน้ำเชื้อ

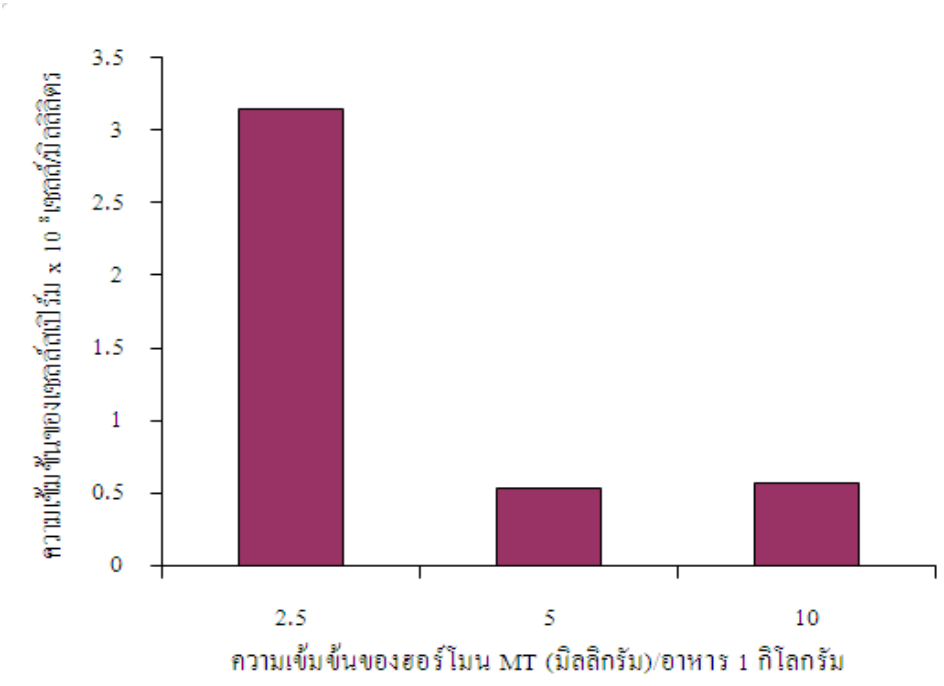
คุณภาพของน้ำเชื้อปลากะรังจุดฟ้า

ผลจากการเก็บน้ำเชื้อปลากะรังจุดฟ้า มาศึกษาจำนวนเซลล์สเปิร์ม (spermatozoa) ที่เคลื่อนที่ จำนวนเซลล์สเปิร์มมีชีวิต และความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์ม พบว่าชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีเซลล์สเปิร์มที่เคลื่อนที่เฉลี่ย 81.67±11.55 41.67±14.43 และ 26.67±2.89% ตามลำดับ เซลล์สเปิร์มมีชีวิตมีค่าเฉลี่ย 84.83±1.53 61.67±1.53 และ 47.33±10.69% ตามลำดับ และความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์มมีค่าเฉลี่ย $3.15\times10^{8}\pm1.17\times10^{8}$

$0.53\times10^{8}\pm0.39\times10^{8}$ และ $0.57\times10^{8}\pm0.35\times10^{8}$ เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง ปรากฏว่าปลาในชุดการทดลองที่ 2 (ความเข้มข้นของฮอร์โมน 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) มีการสร้างน้ำเชื้อที่สูงที่สุด (ภาพที่ 4 และ 5)



ภาพที่ 4 จำนวนเซลล์สเปิร์มที่เคลื่อนที่และเซลล์สเปิร์มมีชีวิตของปลากะรังจุดฟ้าที่ได้จากพ่อพันธุ์ปลาที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้นต่างๆ



ภาพที่ 5 ความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์มปลากะรังจุดฟ้าที่ได้จากพ่อพันธุ์ปลาที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้นต่างๆ

อัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา

หลังจากนำพ่อพันธุ์ปลาที่มีน้ำเชื้อจากการให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้น 2.5 5 และ10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มาปล่อยเลี้ยงรวมกับแม่พันธุ์ปลา ในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียนในอัตราส่วนปลาตัวผู้ 1 ตัวต่อปลาตัวเมีย 4 ตัว ใน 1 บ่อ ระยะเวลาเลี้ยงรวม 5 เดือน (23 กรกฎาคม 2554-23 ธันวาคม 2554) ปรากฏว่าปลาวางไข่ผสมพันธุ์หลังจากปล่อยเลี้ยง 102 105 และ 126 วัน มีอัตราการปฏิสนธิ 79.93 74.45 70.64% และการฟักเป็นตัวของลูกปลา 78.28 72.91 และ 53.37% ตามลำดับ โดยพ่อพันธุ์ปลาในชุดการทดลองที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาดีที่สุด (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การผสมพันธุ์วางไข่ อัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของปลากะรังจุดฟ้า

ความเข้มข้นของฮอร์โมน MT (มิลลิกรัม)/อาหาร 1 กิโลกรัม	วันที่ปลาวางไข่	จำนวนวันที่ปลาวางไข่ (วัน)	จำนวนไข่ทั้งหมด (ฟอง)	อัตราการปฏิสนธิ (%)	อัตราการฟัก (%)
2.5	5 พ.ย. 54 - 20 ธ.ค. 54	13	3,360	79.93	78.28
5	8 พ.ย. 54 - 20 ธ.ค. 54	6	848	74.45	72.91
10	29 พ.ย. 54 - 8 ธ.ค. 54	7	1,619	70.64	53.37

คุณภาพน้ำ

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมน 17α-methyltestosterone ผลปรากฏว่า ความเค็มมีค่าเฉลี่ย 32.23±0.04 ส่วนในพัน ความเป็นกรด-ด่าง 7.78±0.02 ความเป็นด่าง 111.25±0.45 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนีย 0.04±0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์ 0 มิลลิกรัม/ลิตร ไนเตรท 0.02±0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสเฟต 0.01±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ออกซิเจนละลายในน้ำ 5.80±0.01 มิลลิกรัม/ลิตร และอุณหภูมิ 30.75±0.01 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 3)

ระหว่างการทดลองอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาในบ่อพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า (ระบบปิดน้ำหมุนเวียน) ความเค็มของน้ำในบ่อเฉลี่ย 32.17±0.07 ส่วนในพัน ความเป็นกรด-ด่าง 7.95±0.01 ความเป็นด่าง 96.07±0.19 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนีย 0.18±0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์ 0.08±0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ไนเตรท 2.05±0.04มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสเฟต 1.23±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ออกซิเจนละลายในน้ำ 6.26±0.10 มิลลิกรัม/ลิตร และอุณหภูมิ 26.55±0.02 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 5)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองผลของการใช้ฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* โดยให้ปลาทดลองกินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลการทดลองปรากฏว่า กลุ่มปลาทดลองที่กินอาหารผสมฮอร์โมนทุกระดับความเข้มข้น คือ 2.5, 5 และ 10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีผลทำให้ปลากะรังจุดฟ้ามีความสมบูรณ์พันธุ์ สามารถตรวจพบน้ำเชื้อในเดือนที่ 3, 5 และ 6 สำหรับเดือนที่ 4 (14 เมษายน-13 พฤษภาคม 2554) ตรวจไม่พบน้ำเชื้อ เนื่องจากอุณหภูมิและความเค็มในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง คือ 25-33 องศาเซลเซียส และ 27-35 ส่วนในพัน แอมโมเนียมีค่าสูงถึง 1.25 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางผนวกที่ 4) แสดงถึงความไม่เหมาะสมของสภาพแวดล้อม ทำให้ปลาเครียดส่งผลต่อระบบควบคุมการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยการไปยับยั้งหรือ

ชะลอพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ปลา จึงไม่มีการสร้างน้ำเชื้อ (เพ็ญพรรณ, 2553: เกรียงศักดิ์, 2549) ในขณะที่ปลาในชุดควบคุมซึ่งกินอาหารปกติไม่ผสมฮอร์โมน ไม่มีความสมบูรณ์พันธุ์ ตลอดการทดลองไม่พบน้ำเชื้อ และเมื่อเปรียบเทียบปลาระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับฮอร์โมน ซึ่งตรวจพบจำนวนปลาที่มีน้ำเชื้อ 20% ในทุกชุดการทดลอง ให้ผลไม่แตกต่างกัน (เพื่อยืนยันผลการทดลองข้างต้น ได้ทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยให้ปลากะรังจุดฟ้าจำนวน 10 ตัว กินอาหารที่ผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม วันเว้นวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลปรากฏว่า ตรวจพบปลามีน้ำเชื้อจำนวน 20% (2 ตัว)ให้ผลตรงกับการทดลองข้างต้น) สอดคล้องกับ อดุลย์ (2547) ได้ทดลองแปลงเพศปลากะรังดอกแดง *E. coioides* ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.83±0.58 กิโลกรัม โดยให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 20, 40 และ 80 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ผลการทดลองปรากฏว่า ปลาที่กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ทุกระดับความเข้มข้น ตรวจพบน้ำเชื้อทุกชุดการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ปลาได้รับฮอร์โมน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ปลาในชุดควบคุม ซึ่งกินอาหารปกติไม่ผสมฮอร์โมนตลอดการทดลองไม่พบน้ำเชื้อ ผลจากการทดลองครั้งนี้พบว่าสามารถใช้ฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 2.5 ถึง 10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม กระตุ้นให้ปลากะรังจุดฟ้าขนาดน้ำหนัก 3.0-3.5 กิโลกรัม/ตัว มีความสมบูรณ์พันธุ์และสามารถสร้างน้ำเชื้อได้ สอดคล้องกับธวัช และคณะ (2547) พบว่า ฮอร์โมน MT มีส่วนสำคัญในการเร่งกระตุ้น ให้ปลากะรังจุดฟ้าเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้ หรือเสริมความสมบูรณ์ในปลาเพศผู้ โดยใช้ฮอร์โมน MT ผสมในอาหาร 1-3 มิลลิกรัม/น้ำหนักพ่อพันธุ์ปลา 1 กิโลกรัม ให้กินวันเว้นวัน ประมาณ 2-3 เดือน ก่อนการผสมพันธุ์ พ่อปลาจะสร้างน้ำเชื้อขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองในปลากะรังจุดน้ำเงิน หรือ blue-spotted grouper (*E. fario*)ที่มีอายุต่ำกว่า 2 ปี ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT วันละ 1 มื้อ ทุกวัน ในอัตรา 0.5 และ 1 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัวปลา 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 5 เดือน สามารถเปลี่ยนเป็นเพศผู้ที่มีน้ำเชื้อ ความเข้มข้น 8×10^7 เซลล์/มิลิลิตร (Kuo *et al*., 1988) การให้อาหารหลากหลายชนิดและอาหารที่มีโปรตีนสูง เช่นให้ปลาหมึกสดสลับกับปลาข้างเหลืองใส่สาหร่ายในท้องปลาเหยื่อ เพื่อให้ปลากะรังจุดฟ้าได้รับสารอาหารครบหมู่ รวมถึงการเสริมวิตามิน E และ C มีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้เกิดความสมบูรณ์เพศของพ่อพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้ามากขึ้น (ธวัช และคณะ, 2547)

ผลจากการทดลองครั้งนี้พบว่า มีปลาบางตัวซึ่งได้รับฮอร์โมนเช่นเดียวกันไม่สามารถสร้างน้ำเชื้อได้ อาจเนื่องมาจากช่วงระยะเวลาของการพัฒนาของอวัยวะเพศปลายังไม่เหมาะสม เพ็ญพรรณ (2553) รายงานว่านอกจากความเข้มข้นของฮอร์โมนและระยะเวลาในการให้ฮอร์โมนแล้ว ความสำเร็จของการกระตุ้นให้ปลาสมบูรณ์พันธุ์และมีน้ำเชื้อยังต้องพิจารณาถึงข้อมูลทางเนื้อเยื่อวิทยา เพื่อหาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ฮอร์โมนกระตุ้น โดยทั่วไปปลาที่อยู่ในระยะเวลาก่อนถึงการพัฒนาเพศ (sex differentiation) เป็นระยะที่ปลามีความไวต่อการกระตุ้นด้วยฮอร์โมน ปลาสามารถตอบสนองต่อการใช้ฮอร์โมนได้สูงมาก

การใช้ฮอร์โมน MT ในการแปลงเพศและกระตุ้นให้ปลาเพศผู้มีความสมบูรณ์พันธุ์ สามารถสร้างน้ำเชื้อได้นั้น มีข้อจำกัดในด้านความเข้มข้นของฮอร์โมนกับชนิดของปลา คือไม่ควรใช้ฮอร์โมนในปริมาณที่เข้มข้นมากเกินไปหรือใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เช่นในปลา rainbow trout สามารถเปลี่ยนเป็นเพศผู้ที่สมบูรณ์มีน้ำเชื้อได้ โดยให้ปลากินอาหารผสมฮอร์โมน MT ความเข้มข้นที่เหมาะสมเพียง 0.1-3 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และที่ความเข้มข้นสูงกว่า 10 มิลลิกรัม/อาหาร1 กิโลกรัม พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนเพศและยังทำให้ปลาเป็นหมันหรือเป็นกะเทยอีกด้วย (Yamazaki, 1983)

ผลจากการประเมินคุณภาพของน้ำเชื้อปลากะรังจุดฟ้า ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ปลาที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด คือ 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีจำนวนเซลล์สเปิร์มที่เคลื่อนที่ เซลล์สเปิร์มมีชีวิต และความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์มสูงที่สุด และเมื่อนำพ่อพันธุ์ปลาตัวที่มีน้ำเชื้อไปปล่อยรวมกับแม่พันธุ์ปลาที่สมบูรณ์พร้อมวางไข่ ในบ่อระบบปิดน้ำหมุนเวียน เป็นระยะเวลา 5 เดือน ปรากฏว่า

พ่อแม่พันธุ์ปลาทุกบ่อ สามารถวางไข่ผสมพันธุ์ได้ แต่จำนวนไข่ปลาที่ได้ในแต่ละครั้งมีปริมาณน้อย เนื่องจากแม่พันธุ์ปลาที่นำมาทดลองในครั้งนี้ มีอายุน้อยเพียง 2 ปี และมีขนาดเล็ก น้ำหนัก 1.5-2.0 กิโลกรัม/ตัว อีกทั้งยังเป็นการวางไข่ครั้งแรกของแม่พันธุ์ปลาอีกด้วย หากพ่อแม่พันธุ์ปลามีขนาดโตขึ้นคาดว่าไข่ปลาที่ได้จากการผสมพันธุ์น่าจะมีจำนวนมากขึ้น สำหรับบ่อที่ปล่อยพ่อพันธุ์ปลาที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ปลาสามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้ก่อน จำนวนวันที่ปลาวางไข่และจำนวนไข่ปลามีปริมาณมากกว่าบ่ออื่นๆ เช่นเดียวกันกับอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลา สอดคล้องกับ Rurangwa *et al*. (2004) ซึ่งพบว่าคุณภาพของเซลล์สเปิร์มที่มีการเคลื่อนที่สูง มักประสบผลสำเร็จในการปฏิสนธิ ผลจากการทดลอง จึงสรุปได้ว่าควรใช้ฮอร์โมน MT ผสมในอาหารที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อกระตุ้นให้ปลากะรังจุดฟ้า (*Plectropomus leopardus*) มีความสมบูรณ์พันธุ์ สามารถสร้างน้ำเชื้อที่มีคุณภาพดีได้

คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง มีความเหมาะสมในการเลี้ยงปลาทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง กรมควบคุมมลพิษ (2547) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งไว้ดังนี้ ความเค็มมีค่าเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติไม่เกินร้อยละ 10 ความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.0-8.5 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิไม่สูงกว่า 33 องศาเซลเซียส แต่มีบางช่วงที่คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงช่วงกว้างในรอบ 1 เดือน อุณหภูมิและความเค็ม มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 25-33 องศาเซลเซียส และ 27-35 ส่วนในพัน แอมโมเนียมีค่าสูงถึง 1.25 มิลลิกรัม/ลิตร ถึงแม้ว่าจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพปลาในขณะนั้น แต่ทำให้ปลาเครียด ส่งผลต่อระบบประสาทและต่อมใต้สมองของปลา ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีผลยับยั้งพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ ปลาจึงไม่สร้างน้ำเชื้อ (เพ็ญพรรณ, 2553: เกรียงศักดิ์, 2549)

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. มาตรฐานคุณภาพน้ำและเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, กรมควบคุมมลพิษ. 242 หน้า.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2549. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 243 หน้า.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 536 หน้า.

ธวัช ศรีวีระชัย, เรณู ยาชิโร และ นิพนธ์ เสนอินทร์. 2547. การเพาะปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802*)* โดยการให้ฮอร์โมนเพศผู้และให้แม่ปลาวางไข่ตามธรรมชาติในบ่อระบบปิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี: สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดตราด. 27 หน้า.

เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว. 2553. ฮอร์โมนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 272 หน้า.

เรณู ยาชิโร, เจนจิต คงกำเนิด, วิชัย วัฒนกุล และนิเวศน์ เรืองพานิช. 2536. การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาของระบบสืบพันธุ์ในปลากระรัง *Epinephelus malabaricus*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2536 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา, กรมประมง. 14 หน้า .

เรณู ยาชิโร และ นิพนธ์ เสนอินทร์. 2551. การเก็บน้ำเชื้อปลากะรังหงส์,*Cromileptes altivelis* (Valenciennes, 1828) โดยวิธีแช่แข็ง. วารสารการประมง 61(6): 508-513.

อดุลย์ แมเร๊าะ. 2547. การแปลงเพศปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides* Hamilton,1822) โดยใช้ฮอร์โมน 17α- methyltestosterone. เอกสารวิชาการฉบับที่ 70/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสตูล: กรมประมง. 22 หน้า.

อดุลย์ แมเร๊าะ, พัชรา แมเร๊าะ และอรุณ จันทร์แดง. 2548. การฝังฮอร์โมนเพื่อกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อของปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides* Hamilton,1822). เอกสารวิชาการฉบับที่ 21/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสตูล: กรมประมง. 19 หน้า.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA and WPCF). 1980. Standard method for the examination of water and wastewater. 15th ed. APHA. Washington D.C.1134 pp.

Chao, T. M. and L. C. Lim. 1991. Recent developments in the breeding of Grouper (*Epinephelus* spp.) in Singapore. Singapore *J. Pri. Ind*. 19(2): 78-93.

Cruz-Casallas, P. E., V. M. Medina-Robles and Y. M. Velasco-Santamaria. 2007. Seasonal variation of sperm quality and the relationship between spermatocrit and sperm concentration in yamú *Brycon amazonicus*. *North American Journal of Aquaculture*. 69: 159-165.

Kuo, C-M., Y-Y. Ting and S-L. Yeh. 1988. Induced sex reversal and spawning of blue-spotted grouper, *Epinephelus fario*. *Aquaculture*. 74: 113-126.

Rurangwa, E., D. E. Kime, F. Ollevier and J. P. Nash. 2004. The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*. 234: 1-28.

Sasaki, K. and Y. Sawada. 1980. Determination of ammonia in estuary. *Bulletin of Japanese Society of Science and Fisheries.* 46: 319-321.

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin* 167. Ottawa. 310 pp.

Tan-Fermin, J. D. 1992. Withdrawal of exogenous 17-alpha methyl-testosterone causes reversal of sex- inversed male grouper *Epinephelus suillus* (Bloch and Schneider). PHILIPP.-SCI. 29: 33-39.

Tridjoko. 2002. Sex and maturation manipulation on grouper broodstock, *Cromileptes altivelis*. Training manual, Research Institute of Mariculture, Gondol Research Institute for Mariculture, Bali, Indonesia.

Trippel, E. A., 2003. Estimation of male reproductive success of marine fishes. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 33: 81-113.

Yamazaki, F. 1983. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*. 33: 329-354.

Yeh, S-L., Y-Y. Ting and C-M. Kuo. 1988. Induced sex reversal of grouper (*Epinephelus salmonoides; Epinephelus fario*), affer implantation of pelleted androgen. *Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute*. 45: 103-114.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 คุณภาพของน้ำเชื้อปลากะรังจุดฟ้า ที่ได้จากพ่อพันธุ์ปลาที่ให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ชุดการทดลองที่	ความเข้มข้นของฮอร์โมน (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)	จำนวนปลาที่ตรวจพบน้ำเชื้อ (%)	จำนวนเซลล์สเปิร์มเคลื่อนที่ (%)	ระดับการเคลื่อนที่ของเซลล์สเปิร์ม	จำวนเซลล์สเปิร์มมีชีวิต (%)	ความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์ม (เซลล์/มิลลิลิตร)
1	0	0	-	-	-	-
2	2.5	20	81.67±11.55	4	84.83±1.53	$3.15\times10^{8}\pm1.17\times10^{8}$
3	5.0	20	41.67±14.43	3	61.67±1.53	$0.53\times10^{8}\pm0.39\times10^{8}$
4	10.0	20	26.67±2.89	2	47.33±10.69	$0.57\times10^{8}\pm0.35\times10^{8}$

ตารางผนวกที่ 2 ความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์มที่นับได้จากการตรวจสอบในแต่ละครั้งที่พบน้ำเชื้อ

ชุดการทดลองที่	ความเข้มข้นของฮอร์โมน (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)	หมายเลขไมโครชิพ	ความเข้มข้นของเซลล์สเปิร์ม (เซลล์ x 10^{8} /มิลลิลิตร)			
			เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6
2	2.5	122775163a	2.22	ไม่พบ	2.77	4.46
3	5.0	122745170a	0.96	ไม่พบ	0.19	0.45
4	10.0	115244553a	0.69	ไม่พบ	0.85	0.17

ตารางผนวกที่ 3 คุณภาพน้ำในการทดลองผลของการใช้ฮอร์โมน MT ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า

พารามิเตอร์		ความเข้มข้นของ MT (มิลลิกรัม) /อาหาร 1 กิโลกรัม				ค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง
		0	2.5	5	10	
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	ต่ำสุด-สูงสุด	27.00-34.00	27.00-34.00	27.00-34.00	27.00-34.00	32.23±0.04
	เฉลี่ย±SD	32.17±1.85	32.25±1.96	32.25±1.96	32.25±1.96	
ความเป็นกรด-ด่าง	ต่ำสุด-สูงสุด	7.03-8.20	7.03-8.19	7.03-8.22	7.03-8.22	7.78±0.02
	เฉลี่ย±SD	7.76±0.34	7.79±0.36	7.78±0.35	7.79±0.36	
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	85.00-140.00	85.00-140.00	85.00-140.00	85.00-140.00	111.25±0.45
	เฉลี่ย±SD	111.88±16.33	111.25±16.70	111.88±16.60	111.00±17.09	
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.00-0.17	0.00-0.09	0.00-0.06	0.00-.0.08	0.04±0.01
	เฉลี่ย±SD	0.05±0.05	0.04±0.03	0.03±0.02	0.04±0.02	
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.00-0.01	0.00-0.01	0.00-0.01	0.00-0.01	0
	เฉลี่ย±SD	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	
ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.01-0.18	0.01-0.04	0.00-0.05	0.00-0.05	0.02±0.01
	เฉลี่ย±SD	0.04±0.05	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	
ฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.00-0.05	0.00-0.02	0.00-0.05	0.00-0.03	0.01±0.00
	เฉลี่ย±SD	0.02±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	
ออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	4.90-6.85	5.00-6.60	5.00-6.40	5.00-6.45	5.80±0.01
	เฉลี่ย±SD	5.77±0.53	5.79±0.48	5.79±0.45	5.80±0.45	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ต่ำสุด-สูงสุด	25.00-33.00	25.00-33.00	25.00-33.00	25.00-33.00	30.75±0.01
	เฉลี่ย±SD	30.81±2.62	30.81±2.62	30.69±2.63	30.69±2.63	

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำแต่ละเดือนในการทดลองผลของการใช้ฮอร์โมน MT ต่อความสมบูรณ์พันธุ์และคุณภาพน้ำเชื้อของปลากะรังจุดฟ้า

พารามิเตอร์		เดือนที่/ระหว่างวันที่					
		1/14 ม.ค.-13ก.พ.55	2/14 ก.พ.-13มี.ค.	3/14 มี.ค.-13เม.ย.	4/14 เม.ย.-13พ.ค.	5/14 พ.ค.-13มิ.ย.	6/14 มิ.ย.-13ก.ค.
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	ต่ำสุด-สูงสุด	33.00-33.00	32.00-33.00	31.00-32.00	27.00-35.00	32.00-32.00	33.00-33.00
	เฉลี่ย±SD	33.00±0.00	32.50±0.53	32.50±0.53	31.92±3.65	32.00±0.00	33.00±0.00
ความเป็นกรด-ด่าง	ต่ำสุด-สูงสุด	7.03-7.38	7.41-7.96	7.81-8.22	7.72-8.20	7.87-7.95	7.81-7.95
	เฉลี่ย±SD	7.21±0.25	7.69±0.28	8.02±0.16	7.97±0.16	7.90±0.03	7.89±0.06
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	139.00-140.00	113.00-122.00	94.50-101.50	81.00-115.50	105.00-112.50	110.50-113.00
	เฉลี่ย±SD	139.50±0.71	117.75±3.05	98.25±2.60	98.29±13.32	108.88±2.70	111.38±1.11
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.02-0.06	0.01-0.07	0.00-0.17	0.01-1.25	0.02-0.04	0.02-0.03
	เฉลี่ย±SD	0.04±0.03	0.04±0.02	0.05±0.06	0.28±0.39	0.03±0.01	0.02±0.01
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.01	0.00-0.00	0.00-0.01
	เฉลี่ย±SD	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.01-0.01	0.00-0.07	0.01-0.18	0.001-0.05	0.02-0.01	0.01-0.02
	เฉลี่ย±SD	0.01±0.00	0.02±0.03	0.03±0.06	0.02±0.02	0.01±0.00	0.01±0.01
ฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.00-0.01	0.01-0.05	0.01-0.05	0.00-0.03	0.01-0.02	0.01-0.01
	เฉลี่ย±SD	0.01±0.00	0.02±0.02	0.02±0.01	0.01±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
ออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	6.18-6.85	5.80-6.45	5.30-5.90	5.30-6.10	5.40-5.50	4.90-5.00
	เฉลี่ย±SD	6.48±0.26	6.0938±0.0625	5.51±0.23	5.87±0.35	5.49±0.04	4.98±0.05
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ต่ำสุด-สูงสุด	28.00-29.00	29.00-29.00	30.00-32.00	25.00-33.00	31.00-32.00	30.00-33.00
	เฉลี่ย±SD	28.80±0.45	29.00±0.00	31.23±0.90	29.23±3.33	31.50±0.53	31.43±1.44

ตารางผนวกที่ 5 คุณภาพน้ำในการทดลองอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาจากพ่อพันธุ์ปลาที่กระตุ้นให้มีน้ำเชื้อ โดยให้กินอาหารผสมฮอร์โมน MT

พารามิเตอร์		ความเข้มข้นของ MT (มิลลิกรัม) /อาหาร 1 กิโลกรัม			ค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง
		2.5	5	10	
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	ต่ำสุด-สูงสุด	31.00-34.00	31.00-35.00	31.00-34.00	32.17±0.07
	เฉลี่ย±SD	32.17±0.99	32.22±1.11	32.17±0.07	
ความเป็นกรด-ด่าง	ต่ำสุด-สูงสุด	7.76-8.09	7.74-8.08	7.77-8.08	7.95±0.01
	เฉลี่ย±SD	7.96±0.13	7.94±0.14	7.96±0.12	
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	76.00-112.50	76.50-110.00	76.00-108.50	96.07±0.19
	เฉลี่ย±SD	96.36±11.29	96.28±11.59	95.56±11.63	
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.04-0.57	0.04-0.81	0.04-.0.68	0.18±0.02
	เฉลี่ย±SD	0.17±0.14	0.18±0.17	0.18±0.15	
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.02-0.13	0.02-0.13	0.02-0.20	0.08±0.01
	เฉลี่ย±SD	0.07-0.04	0.08-0.04	0.08-0.05	
ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.20-5.35	0.14-5.50	0.18-5.25	2.05±0.04
	เฉลี่ย±SD	2.06±1.63	2.07±1.62	2.02±1.55	
ฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.28-1.86	0.28-1.87	0.28-1.87	1.23±0.00
	เฉลี่ย±SD	1.24±0.45	1.23±0.45	1.23±0.44	
ออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ต่ำสุด-สูงสุด	6.12-6.20	6.00-6.56	6.10-6.65	6.26±0.10
	เฉลี่ย±SD	6.18±0.03	6.26±0.22	6.34±0.21	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ต่ำสุด-สูงสุด	26.00-27.50	26.00-27.50	26.00-27.50	26.55±0.02
	เฉลี่ย±SD	26.62±0.55	26.54±0.57	26.50±0.59	

ผลของพันธุกรรมต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และวรรเพ็ญ คำมี
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน และความทนทานต่อออกซิเจนต่ำของปลากะรังเสือ 12 ครอบครัว โดยการผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว กับพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว หลังจากการจับคู่ผสมเทียมแล้วนำลูกปลาที่ได้ทั้ง 12 กลุ่ม มาอนุบาลจนมีอายุ 15 วัน ก่อนนำไปใช้ในการทดลองเลี้ยงเพื่อทดสอบคุณลักษณะต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง การทดลองช่วงที่ 1 อนุบาลปลากะรังเสือตั้งแต่อายุ 15-40 วัน และการทดลองช่วงที่ 2 อนุบาลปลากะรังเสือตั้งแต่อายุ 41-80 วัน

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลากะรังเสือจากธรรมชาติที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกปลากะรังเสือจำนวน 12 ครอบครัว มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมโดยมี primer polymorphic bands อยู่ระหว่าง 25-56% ขนาดของแถบ DNA อยู่ระหว่าง 100-255 คู่เบส และพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ตัวที่ 6 มีรูปแบบของแถบ DNA ที่คล้ายคลึงกัน อาจมีความเกี่ยวข้องกันทางเครือญาติ เนื่องจาก allele ที่พบอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในหลายคู่ primer

การทดลองช่วงที่ 1 การอนุบาลลูกปลาอายุ 15-40 วัน จาก 12 ครอบครัว พบว่า ลูกปลาที่ได้จากคู่ผสมที่ต่างกัน มีการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม โดยลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 2 (อัตรารอดตายเฉลี่ย 34.27$\pm$4.70%) มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันได้ดีกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 (อัตรารอดตายเฉลี่ย 22.22$\pm$4.69%) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 3 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันโดยมีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 41.60$\pm$0.93% ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ลูกปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ทั้ง 2 ตัว มีความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำได้ดีกว่าโดยมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 45.00$\pm$6.84% ซึ่งแตกต่างกับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การทดลองช่วงที่ 2 การอนุบาลลูกปลาอายุ 41-80 วัน จาก 12 ครอบครัว พบว่า ลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 14.38$\pm$2.58 กรัม ซึ่งมากกว่าที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 (น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 10.49$\pm$1.48 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 13.14$\pm$4.53, 13.67$\pm$2.63, 13.46$\pm$1.43 และ 12.82$\pm$2.85 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มากกว่าลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ตัวที่ 4 และ 1 ซึ่งมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 12.04$\pm$2.19 และ 9.49$\pm$0.72 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) นอกจากนี้ ลูกปลาที่ได้รับการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 2 มีอัตรารอดตาย 77.93$\pm$1.52% ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 ที่มีอัตรารอดตาย 74.18$\pm$1.09% อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4, 5 และ 6 มีอัตรารอดตายไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เฉลี่ยอยู่ที่ 95.05$\pm$1.34, 93.85$\pm$2.78 และ 91.19$\pm$1.65% ตามลำดับ แต่มากกว่าลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ตัวที่ 1, 2 และ

3 ซึ่งมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 26.25±5.07, 60.00±2.79 และ 90.00±5.68% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 2.76±0.11 ซึ่งต่ำกว่าของลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 (3.19±0.57) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 1.81±0.14 ซึ่งแตกต่างกับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

คำสำคัญ : ปลากะรังเสือ การคัดพันธุ์ การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความทนทานต่อสิ่งแวดล้อม

Genetic Effect on Growth, Survival Rate and Tolerances to Environmental Changes in Tiger Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

Paiboon Bunlipatanon and Wanpen Khammee
Krabi Coastal Fisheries Research and Development Center

Abstract

Growth and survival rates including tolerances to rapid change of salinity and low oxygen among 12 families of tiger grouper were compared. Artificial insemination was used to breed offspring from 2 females and 6 males. Larvae from 12 families were reared until 15 days-old before subjecting to two periods of experiments. The first period was rearing of larvae from 15 to 40 days-old while the second period was from 41 to 80 days-old before investigating various characteristics concerned.

There were genetic variation among 12 families by polymorphic bands in between 25-56% with 100-255 base pair of DNA band sizes. The 1st and 6th male brooders had similar DNA pattern which may genetically related due to same allele found at same position in several pairs of primers.

The results of the first period experiment (15-40 days-old) showed that the offspring from different families were significantly different ($p<0.05$) in growth and survival rates. Tolerance in rapid change of salinity in offspring derived from the 2nd female brooder (34.27$\pm$4.70% average survival rate) was significantly better than those from the 1st female brooder (22.22$\pm$4.69% average survival rate) ($p<0.05$), whereas larvae from the 3rd male brooder gained the highest average survival rate of 41.60$\pm$0.93% which was significantly higher as compared with those derived from others ($p<0.05$). The larvae from different female brooders had no significant difference ($p>0.05$) in low dissolved oxygen tolerance, but larvae from the 3rd male brooder were most tolerance to dissolved low oxygen with average survival rate of 45.00$\pm$6.84% which was significantly different ($p<0.05$) from those from other male brooders.

In the growth trial during 41-80 days-old juveniles derived from the 2nd female brooder gained average final weight of 14.38$\pm$2.58 gram which was significantly greater than those from the 1st female brooder (average final weight 10.49$\pm$1.48 gram) ($p<0.05$). Juveniles derived from the 2nd, 3rd, 5th and 6th male brooders yielded average final weight of 13.14$\pm$4.53, 13.67$\pm$2.63, 13.46$\pm$1.43 and 12.82$\pm$2.85 gram which had no significant difference ($p>0.05$) but significantly different from those derived from the 1st and 4th male brooders with average final weight of 12.04$\pm$2.19 and 9.49$\pm$0.72 gram, respectively ($p<0.05$). Average survival rate of juvenile fish derived from the 2nd female brooder (77.93$\pm$1.52%) was significantly higher than those from the 1st female brooder (74.18$\pm$1.09%) ($p<0.05$). Juvenile fish derived from the 4th, 5th, and 6th male brooders had average survival rates of 95.05$\pm$1.34, 93.85$\pm$2.78 and

91.19±1.65%, which were significantly higher than those from the 1st, 2nd and 3rd male brooders with average survival rates of 26.25±5.07, 60.00±2.79 and 90.00±5.68%, respectively ($p<0.05$). On the other hand, the fish derived from the 2nd female brooder had average food conversion rate of 2.76±0.11 which was significantly lower as compared with those from the 1st female brooder (3.19±0.57) ($p<0.05$). Average food conversion rate of juveniles derived from the 3rd male brooder was lowest (1.81±0.14) and significantly different from those from food conversion rate than the other male brooders ($p<0.05$).

Key words: tiger grouper, family effects, genetics, growth rate, survival rate, tolerances to environmental changes

คำนำ

การปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำมีบทบาทสำคัญหลังจากปริมาณปลาที่จับจากธรรมชาติเริ่มไม่แน่นอน และมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปัญหาสภาพแวดล้อม การเพาะเลี้ยงมีความสำคัญมากขึ้นแต่มีขีดจำกัดด้านผลผลิต การระบาดของโรค ความหลากหลายของสายพันธุ์ ขาดการวางระบบการคัดและปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนความต้องการบริโภคปลามีจำนวนเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตต่อต้นทุนการผลิตต่อเวลายังมีปัญหาด้านคุณภาพ ปริมาณ และพื้นที่ที่มีจำกัด จึงไม่สามารถผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรมที่ดีหรือยั่งยืนได้ง่าย การคัดพันธุ์โดยดูลักษณะตัวเอง (mass selection) เป็นวิธีการคัดเลือกโดยพิจาณาลักษณะปรากฏ (phenotype) ได้แก่ ขนาดลำตัว รูปร่าง ลักษณะการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เป็นต้น การคัดเลือกโดยดูลักษณะตัวเองเป็นวิธีการคัดเลือกที่ง่าย เนื่องจากเป็นการพิจารณาลักษณะของสัตว์น้ำที่ต้องการเลือกโดยตรง ไม่ต้องไปค้นหาข้อมูลจากแหล่งอื่นมาประกอบ เป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์ให้เป็นประชากรตั้งต้นที่เหมาะสม เพื่อสร้างพันธุ์ปลาที่มีลักษณะที่เหมาะสมที่จะใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการ ได้ปลาที่มีลักษณะดีพึงประสงค์ของผู้เลี้ยง กำจัดลักษณะผิดปกติที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม ช่วยให้ได้พันธุ์ปลาที่สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตตามที่ต้องการ และทำให้ได้พันธุ์ปลาที่มีลักษณะมาตรฐานคงที่ประจำพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไป

ปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) เป็นปลาเศรษฐกิจที่มีการเลี้ยงมากในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน เช่น พังงา ระนอง ตรังและกระบี่ เป็นต้น (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2550) เนื่องจากเนื้อมีรสชาติดี เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่การเลี้ยงปลากะรังเสือในปัจจุบันประสบปัญหาการเกิดโรค การเจริญเติบโตช้า และอัตรารอดตายต่ำในช่วงลูกปลาวัยอ่อน ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจจะเกิดจากพันธุ์ปลาที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์ที่มีคุณภาพไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตามข้อมูลด้านการจัดการพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังเสือ และการปรับปรุงพันธุ์สำหรับการผลิตลูกปลานับว่ายังมีน้อยมาก ปัจจุบันหน่วยผลิตพันธุ์สัตว์น้ำของกรมประมง ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งมีการผลิตพันธุ์ปลาชนิดนี้เพื่อส่งเสริมการเลี้ยงให้กับเกษตรกรในเชิงพาณิชย์ ซึ่งการจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำของกรมประมงโดยทั่วไปเป็นการรวบรวมพันธุ์ปลาจากแหล่งน้ำธรรมชาตินำมาเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์จากนั้นนำพ่อแม่พันธุ์ที่ได้มาทำการเพาะพันธุ์โดยวิธีเลียนแบบธรรมชาติหรือผสมเทียมแล้วนำลูกปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์มาเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ทดแทนต่อเนื่องภายในหน่วยงาน ซึ่งอาจทำให้พันธุ์ปลาเกิดการเสื่อมโทรมทางพันธุกรรมได้ หรือมีความเกี่ยวข้องกันทางเครือญาติ (inbreeding) มากขึ้น และอาจแสดงคุณลักษณะที่ไม่ต้องการได้ (สมศักดิ์ และคณะ, 2550; Kamonrat, 1996) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงพันธุ์หรือจัดการพ่อแม่พันธุ์อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อไม่ให้กลุ่มประชากรที่ผลิตขึ้นมาเกิดความถดถอยทางพันธุกรรม ทำให้ได้พันธุ์สัตว์น้ำที่มีคุณสมบัติดี และเป็นการป้องกันลักษณะที่ไม่พึงประสงค์อันได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตที่ช้าลง ปลามีขนาดเล็ก ไม่แข็งแรงและติดโรคง่าย (สุภัทรา, 2538) แต่ยังไม่มีรายงานการคัดและปรับปรุงพันธุ์ที่เป็นระบบหรือเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลากะรังเสือเพื่อผลิตเป็นพ่อแม่พันธุ์ ดังนั้นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เพื่อทำการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พ่อแม่พันธุ์ปลากะรังเสือสายพันธุ์ดีที่มีลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นที่ยอมรับของตลาดเป็นอีกทางหนึ่งในการเพิ่มศักยภาพในการผลิตและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน และความทนทานต่อออกซิเจนต่ำของลูกปลากะรังเสือ 12 ครอบครัว ที่ได้จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว กับพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองเป็น 2 ช่วงการทดลอง การทดลองช่วงที่ 1 อนุบาลปลากะรังเสือของแต่ละครอบครัวอายุ 15-40 วัน และการทดลองช่วงที่ 2 อนุบาลปลากะรังเสือของแต่ละครอบครัวอายุ 41-80 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x6 factorial in CRD ประกอบด้วย 2 แฟคเตอร์ แฟคเตอร์ที่ 1 คือ แม่พันธุ์ปลา 2 ตัว แฟคเตอร์ที่ 2 พ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว จับคู่ผสมเทียม แล้วนำลูกปลามาทดลองอนุบาล การทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

แม่พันธุ์ตัวที่ 1 (1234567890) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 1 (1153681140A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 1 (1234567890) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 2 (137952472A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 1 (1234567890) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 3 (143312135A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 1 (1234567890) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 4 (115312135A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 1 (1234567890) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 5 (122912312A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 1 (1234567890) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 6 (153003465A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 2 (1234567891) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 1 (1153681140A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 2 (1234567891) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 2 (137952472A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 2 (1234567891) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 3 (143312135A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 2 (1234567891) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 4 (115312135A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 2 (1234567891) x พ่อพันธุ์ตัวที่ 5 (122912312A)
แม่พันธุ์ตัวที่ 2 (1234567891 x พ่อพันธุ์ตัวที่ 6 (153003465A)

การคัดเลือกพันธุ์ปลากะรังเสือ

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังเสือที่ซื้อจากชาวประมงที่จับมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยพิจารณาจากลักษณะของปลาที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีอาการผิดปกติ และไม่มีอาการติดเชื้อก่อเกิดโรคใดๆ จากนั้น ทำเครื่องหมายโดยใช้ไมโครชิพ ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของพ่อแม่พันธุ์ โดยแม่พันธุ์ตัวที่ 1 รหัสไมโครชิพ 1234567890 น้ำหนัก 3.00 กิโลกรัม ความยาว 33.32 เซนติเมตร แม่พันธุ์ตัวที่ 2 รหัสไมโครชิพ 1234567891 น้ำหนัก 3.10 กิโลกรัม ความยาว 33.37 เซนติเมตร พ่อพันธุ์ตัวที่ 1 รหัสไมโครชิพ 1153681140A น้ำหนัก 4.50 กิโลกรัม ความยาว 41.27 เซนติเมตร พ่อพันธุ์ตัวที่ 2 รหัสไมโครชิพ 137952472A น้ำหนัก 4.40 กิโลกรัม ความยาว 41.10 เซนติเมตร พ่อพันธุ์ตัวที่ 3 รหัสไมโครชิพ 143312135A น้ำหนัก 4.50 กิโลกรัม ความยาว 41.40 เซนติเมตร พ่อพันธุ์ตัวที่ 4 รหัสไมโครชิพ 115312135A น้ำหนัก 4.40 กิโลกรัม ความยาว 41.28 เซนติเมตร พ่อพันธุ์ตัวที่ 5 รหัสไมโครชิพ 122912312A น้ำหนัก 4.50 กิโลกรัม ความยาว 41.50 เซนติเมตร และพ่อพันธุ์ตัวที่ 6 รหัสไมโครชิพ153003465A น้ำหนัก 4.30 กิโลกรัม ความยาว 41.70 เซนติเมตร

การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์

พ่อแม่พันธุ์ปลากะรังถูกนำมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลมความจุ 12 ลูกบาศก์เมตร ด้วยปลาหลังเขียวหรือปลาข้างเหลืองในอัตรา 1-2% ของน้ำหนักตัวปลา วันเว้นวัน เมื่อพ่อแม่พันธุ์มีความสมบูรณ์เพศ โดยพ่อพันธุ์สังเกตได้จากบริเวณช่องเพศจะเห็นเป็นติ่งเพศยื่นออกมามีลักษณะเรียวยาวแหลม เมื่อรีดบริเวณส่วนท้องจะมีน้ำเชื้อไหลออกมาทางช่องเพศโดยมีลักษณะสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมข้น แม่พันธุ์ปลาที่พร้อมจะผสมพันธุ์สังเกตได้จากบริเวณส่วนท้องจะอูมเป่งออกมาทั้งสองข้าง เมื่อคลำดูจะรู้สึกนิ่มผิดไปจากปลาที่ไม่มีไข่ ช่องเพศเปล่งนูนและมีสีชมพูเรื่อๆ หรืออาจทำการตรวจสอบการพัฒนาของไข่ปลาโดยใช้สายยางพลาสติกปลายแหลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร สอดเข้าไปในท่อรังไข่ และดูดไข่ออกมาตรวจดูลักษณะและขนาด หากสังเกตเห็นไข่ปลาแยกออกเป็นเม็ดโดยอิสระไม่ติดกันแสดงว่าแม่ปลาอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมพร้อมที่จะผสมพันธุ์

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของปลากะรังเสือ

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของปลากะรังเสือจากธรรมชาติที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตปลากะรังเสือจำนวน 12 ครอบครัว โดยใช้เทคนิคเครื่องหมายพันธุกรรม microsatellite เพราะ microsatellite เป็นเครื่องหมาย DNA ที่มีการกลายสูงและถ่ายทอดแบบข่มร่วม(co-dominant) ทำให้สามารถตรวจวิเคราะห์พันธุกรรม (microsatellite DNA) ได้ที่จำนวนหลายตำแหน่งมีความหลากหลายของจำนวน allele สูง โดยการตัดครีบบริเวณครีบหางด้านบนของพ่อแม่พันธุ์ให้มีน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม นำครีบหางที่ตัดใส่ในหลอดตัวอย่างทันทีแล้วเติม absolute ethyl alcohol ให้ท่วมเพื่อนำไปสกัด DNA ตามวิธีการของ Maria *et. al* (2003) แล้วนำ DNA ที่ได้จากการสกัดมาเพิ่มปริมาณ DNA ด้วย primer 7 คู่ ที่คัดเลือกจาก primer ที่พัฒนาจากปลา Kelp grouper (*Epinephelus brunes*) ได้แก่ Ebr00008FRA, Ebr00010FRA, Ebr00184FRA จากปลา *Epinephelus guttatus* ได้แก่ EguSTR125DB, EguSTR148DB, EguSTR152DB และจากปลา *Epinephelus fuscoguttatus* ได้แก่ EfuSTR329DB โดยprimer EguSTR125DB มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ sine oculis binding protein homolog หรือ SOBP จากการศึกษาของ Chen *et al*. (2010) พบว่า SOBP มีความสำคัญต่ออวัยวะคอร์ติที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินในหนู ส่วนการศึกษาของ Birk *et al*. (2010) พบว่า SOBP ในมนุษย์เกี่ยวข้องกับ syndromic and non-syndromic autosomal recessive intellectual disability ส่วน primer EguSTR148DB มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ T-box brain 1 หรือ TBR1 ซึ่งจากการศึกษาของ Méndez-Gómez *et al*. (2011) พบว่า TBR1 มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมองและการแสดงออกของ TBR1 นี้ในสมองของหนูและปลา โดยมีลำดับ nucleotide ของ primer ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ตามวิธีของ Qi Liu *et al*. (2013) เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐานขนาด 100 bp จากนั้นบันทึกข้อมูลรูปแบบแถบ DNA ด้วยเครื่อง gel documentation และอ่านผลแถบ DNA ที่ได้

ตารางที่ 1 ลำดับ nucleotide ของ PCR primer ทั้ง 7 แบบ

Primer	Forward primer (5'→3')	Reverse primer (5'→3')	Accession No.
Ebr00008FRA	TGTGTAGGAAGGTGTTTCAGGA	CAGTTTCAGTTCGTTTGCATCT	AB755825
Ebr00010FRA	CCCAAGTCGGCTGAACTC	CTGAGGAGAGCTAAAGAGAAACAAA	AB755827
Ebr00184FRA	CCGCCTCTCACCCAATGT	TTTTCGGACCAAGGGTTTT	AB755995
EguSTR125DB	GGGAGCCACACACAGATAAAG	ATTTCCCCAGTTTGCTAATGC	DQ223834
EguSTR148DB	CCATTTACTGTGGAGGTGACAG	CACCGAGAGAGTGTGAGAAGAA	DQ223837
EguSTR152DB	AATGCACTCCAGCAAACAAGTA	CAGAGAGCAGGTGGAAACATCTTA	DQ223825
EfuSTR329DB	CCGCCTCTCACCCAATGT	GGATGATGTGATGTTTTACAGACTAGC	GU799210

การผสมเทียม

การผสมทียมโดยการฉีดฮอร์โมนเพศเมียด้วย human chorionic gonadotropin (HCG) ในอัตรา 250-500 IU ร่วมกับ suprefact 15-20 ไมโครกรัม/แม่ปลา 1 กิโลกรัม หลังจากนั้นประมาณ 12 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบความพร้อมโดยการกดท้องปลาเบาๆ หากไข่ไหลออกมาแสดงว่าพร้อมที่จะผสม ทำการจับคู่โดยใช้แม่พันธุ์ 2 ตัวจับคู่พ่อพันธุ์ 6 ตัว จำนวน 12 คู่ ทำการเก็บน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์โดยใช้ผ้าเช็ดบริเวณท้อง และรอบๆ ติ่งเพศผู้แล้วรีดน้ำเชื้อจากเพศผู้ และรีดไข่จากเพศเมียแล้วนำมาผสมกันในกะละมังพลาสติกใช้ขนไก่คนไข่ และน้ำเชื้อผสมกันทั่วถึงเติมน้ำทะเลฆ่าเชื้อให้ท่วมทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที จากนั้นล้างน้ำเชื้อส่วนเกินออก นำไปใส่ในถังปล่อยไข่ในถังให้ไข่เสียตกตะกอนทำการดูดไข่เสียก้นถังทิ้ง นำไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิของแต่ละครอบครัวไปฟักในถังฟัก แล้วนำลูกปลาแต่ละครอบครัวไปอนุบาลต่อไป

การอนุบาล

การเตรียมน้ำทะเลฆ่าเชื้อสำหรับการอนุบาลลูกปลา

การเตรียมน้ำทะเลโดยสูบน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน จากแหล่งน้ำธรรมชาติมาใส่ไว้ในบ่อความจุ 180 ลูกบาศก์เมตร ฆ่าเชื้อด้วยด้วยคลอรีนในรูปของแคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ [$Ca(OCl)_2$] ความเข้มข้น 70% ในอัตรา 25-30 มิลลิกรัม/ลิตร ให้อากาศตลอด 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบคลอรีนในน้ำด้วยโปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) จากนั้น จึงหยุดให้อากาศเพื่อให้สารแขวนลอยตกตะกอน แล้วสูบน้ำส่วนใสผ่านถุงกรองน้ำ 5 ไมครอน เพื่อนำมาอนุบาลลูกปลา

การเตรียมบ่ออนุบาล ถังอนุบาล และปลาทดลอง

ลูกปลากะรังเสืออายุ 1 วัน ของแต่ละครอบครัวถูกนำมาอนุบาลในบ่อคอนกรีตทรงสี่เหลี่ยม 182x250x110 เซนติเมตร ความจุ 4 ลูกบาศก์เมตร ใส่น้ำ 3.5 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 12 บ่อ ใช้น้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปล่อยลูกปลาบ่อละ 87,500 ตัว/บ่อ (25 ตัว/ลิตร) ใส่หัวทรายพร้อมเปิดให้อากาศเบาๆ ตลอดเวลา เมื่ออนุบาลลูกปลาอายุได้ 15 วัน จึงนำลูกปลาของแต่ละครอบครัวไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

การทดลองช่วงที่ 1 อนุบาลลูกปลาในถังพลาสติกกลมชนิดหนา (PE) ความจุ 500 ลิตร ใส่น้ำ 400 ลิตร จำนวน 3 ซ้ำต่อครอบครัว ปล่อยลูกปลาถังละ 1,600 ตัว (4 ตัว/ลิตร) ใส่หัวทรายพร้อมเปิดให้อากาศเบา ๆ ตลอดเวลา

การทดลองช่วงที่ 2 นำลูกปลาจากช่วงการทดลองที่ 1 มาทดลองต่อโดยอนุบาลลูกปลาในถังพลาสติกกลมชนิดหนา เช่นเดียวกับการทดลองช่วงที่ 1 ความจุ 170 ลิตร ใส่น้ำ 150 ลิตร จำนวน 3 ซ้ำต่อครอบครัว ปล่อยลูกปลาถังละ 300 ตัว (2 ตัว/ลิตร) ใส่หัวทรายพร้อมเปิดให้อากาศเบาๆ ตลอดเวลา

การเตรียมอาหารทดลอง

การเตรียมคลอเรลลา โดยใช้บ่อคอนกรีตสี่เหลี่ยมความจุ 20 ลูกบาศก์เมตร เติมน้ำทะเลสะอาดผ่านการฆ่าเชื้อ และเติมปุ๋ยสูตร 21-0-0 สูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0 ในอัตราส่วน 100 : 10 : 5 กรัม/น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และเติมหัวเชื้อคลอเรลลาต่อปริมาตรน้ำเลี้ยงอัตราส่วน 1 : 5 พร้อมใส่หัวทรายให้อากาศเบาๆ เป็นระยะเวลา 4-5 วัน วัดความโปร่งแสงได้ 50 เซนติเมตร จึงนำไปเลี้ยงโรติเฟอร์และอนุบาลลูกปลา

การเตรียมโรติเฟอร์ รวบรวมโรติเฟอร์ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตสี่เหลี่ยม ความจุ 8 ลูกบาศก์เมตร ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาแล้วนำไปกรองผ่านผ้ากรองขนาด 80 ไมครอน ได้โรติเฟอร์ขนาด 60-70 ไมครอน เพื่อนำไปเป็นอาหารอนุบาลลูกปลาอายุ 3-5 วัน และใช้โรติเฟอร์ทุกขนาดเป็นอาหารอนุบาลลูกปลาอายุ 6-25 วัน

การเตรียมอาร์ทีเมียวัยอ่อน ฟักไข่อาร์ทีเมียตามวิธีของนภดล (2549) แล้วนำอาร์ทีเมียแรกฟักระยะ Instar II เสริมด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (highly unsaturated fatty acid หรือ HUFA) โดยใช้น้ำมันสำเร็จรูป

ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำไปอนุบาลลูกปลา ส่วนอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยเสริมกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยใช้น้ำมันสำเร็จรูป ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปอนุบาลลูกปลา

การเตรียมเนื้อปลาบด โดยนำปลาหลังเขียวหรือปลาข้างเหลืองสดมาแล่เอาเฉพาะเนื้อ นำไปบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับวิตามินรวม ในอัตราส่วนวิตามิน 5 กรัม/เนื้อปลาบด 1 กิโลกรัม จึงนำไปอนุบาลลูกปลาอายุ 41-80 วัน

การให้อาหาร

ปลากะรังเสืออายุ 3-5 วัน ให้โรติเฟอร์ขนาด 60-70 ไมครอน ความหนาแน่น 5 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหาร ลูกปลาอายุ 6-15 วัน ให้โรติเฟอร์ทุกขนาดความหนาแน่น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหารพร้อมทั้งใส่คลอเรลลาความหนาแน่น 2-3 x 10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ลงในบ่ออนุบาลเพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์

การทดลองช่วงที่ 1 ลูกปลาอายุ 15-25 วัน ให้โรติเฟอร์ทุกขนาดเป็นอาหารความหนาแน่น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร พร้อมใส่คลอเรลลาความหนาแน่น 2-3 x 10^5 เซลล์/มิลลิลิตร เพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์ ลูกปลาอายุ 15 วัน เริ่มให้อาร์ทีเมียแรกฟักความหนาแน่น 5 ตัว/มิลลิลิตร เมื่อลูกปลาอายุ 25-35 วัน ให้กินอาร์ทีเมียเป็นอาหาร วันละ 5 ครั้ง เวลา 08.00, 11.00, 13.00, 16.00 และ 18.00 นาฬิกา ในช่วงแรกให้กินครั้งละน้อยๆ และเพิ่มปริมาณของอาร์ทีเมียตามอัตราการกินอาหารของลูกปลา

การทดลองช่วงที่ 2 ลูกปลาอายุ 41-80 วัน ให้เนื้อปลาบดเป็นอาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 และ 13.00 นาฬิกา ให้อาหารจนปลากินอิ่ม

การเปลี่ยนถ่ายบ่ออนุบาล

ช่วงก่อนการทดลองอนุบาลลูกปลาอายุ 1-5 วัน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อลูกปลาอายุ 6-15 วัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ 20% พร้อมดูดตะกอนที่ก้นบ่อ

ช่วงการทดลองที่ 1 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% พร้อมดูดตะกอนที่ก้นถังทุกวัน

ช่วงการทดลองที่ 2 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 80% พร้อมดูดตะกอนที่ก้นถังทุกวัน

การบันทึกข้อมูล

ช่วงการทดลองที่ 1 หาอัตราการเจริญเติบโตโดยการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวปลาเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง และตรวจสอบอัตรารอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และนำลูกปลามาทดสอบความทนทานต่อความเครียดแบบต่างๆ ดังนี้

การศึกษาความทนทานต่อออกซิเจนต่ำของลูกปลา โดยเตรียมขวดโหลขนาด 10 ลิตร จำนวน 36 ใบ ใส่น้ำเค็มปริมาตร 9.5 ลิตร นำลูกปลาใส่ในขวดโหลๆละ 10 ตัว ปิดขวดโหลให้สนิทไม่มีอากาศเข้า ทำการตรวจนับ และบันทึกการตายสะสมทุก 10 นาที จนครบ 120 นาที ลูกปลาที่ไม่ตอบสนองหรือไม่มีการเคลื่อนไหวของกระพุ้งแก้มถือว่าตาย และคำนวณหาอัตรารอดตายในช่วงระยะเวลาต่างๆจากจำนวนลูกปลารอดตายเทียบเป็นร้อยละกับจำนวนลูกปลาเริ่มต้น

การศึกษาความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 เป็น 0 ส่วนในพัน ของลูกปลาแต่ละชุดการทดลอง โดยเตรียมขวดโหลขนาด 10 ลิตร จำนวน 36 ใบ ใส่น้ำจืด ปริมาตร 8 ลิตร นำลูกปลาใส่ในขวดโหลๆละ 10 ตัว ทำการตรวจนับ และบันทึกการตายสะสมทุก 10 นาที จนครบ 120 นาที ลูกปลาที่ไม่ตอบสนองหรือไม่มีการเคลื่อนไหวของกระพุ้งแก้มถือว่าตาย และคำนวณหาค่าอัตรารอดตายในช่วงระยะเวลาต่างๆจากจำนวนลูกปลาที่รอดตายเทียบเป็นร้อยละกับจำนวนลูกปลาเริ่มต้น

ช่วงการทดลองที่ 2 หาอัตราการเจริญเติบโตโดยการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวปลาเริ่มต้นการทดลองและในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ครั้งละ 20 ตัว โดยทำการสลบปลาก่อนชั่งน้ำหนักโดยใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร บันทึกข้อมูลทุกครั้ง จนสิ้นสุดการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโต จดบันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารที่ให้เป็นอาหารปลาทุกครั้งเพื่อนำไปคำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

คำนวณอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตรารอดตายตามวิธี ดังนี้

(1) น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่ม/วัน (average daily weight gain, ADG)

$$\text{น้ำหนักเพิ่ม (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด-น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}}$$

(2) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่ม}}$$

(3) อัตรารอดตาย (survival rate)

$$\text{อัตรารอดตาย (\%)} = \frac{(N1 - N2) \times 100}{N1}$$

โดยที่ N1 = จำนวนปลาที่เริ่มต้น

N2 = จำนวนปลาที่ตายสะสม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเปรียบเทียบผลของอิทธิพลหลักคือแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ของปลากะรังเสือ และอิทธิพลร่วมจากอิทธิพลหลักทั้ง 2 โดยใช้ two-way ANOVA (analysis of variance) $y_{ijk} = \mu + \&_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$

i=1,2,...,a ; j=1,2,...,b ; k=1,2,...,n

เมื่อ y_{ijk} = ค่าสังเกตที่ได้รับทรีทเมนต์ij ตัวที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด α = อิทธิพลของปัจจัย A

β = อิทธิพลของปัจจัย B $(\alpha\beta)$ = อิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B

e_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

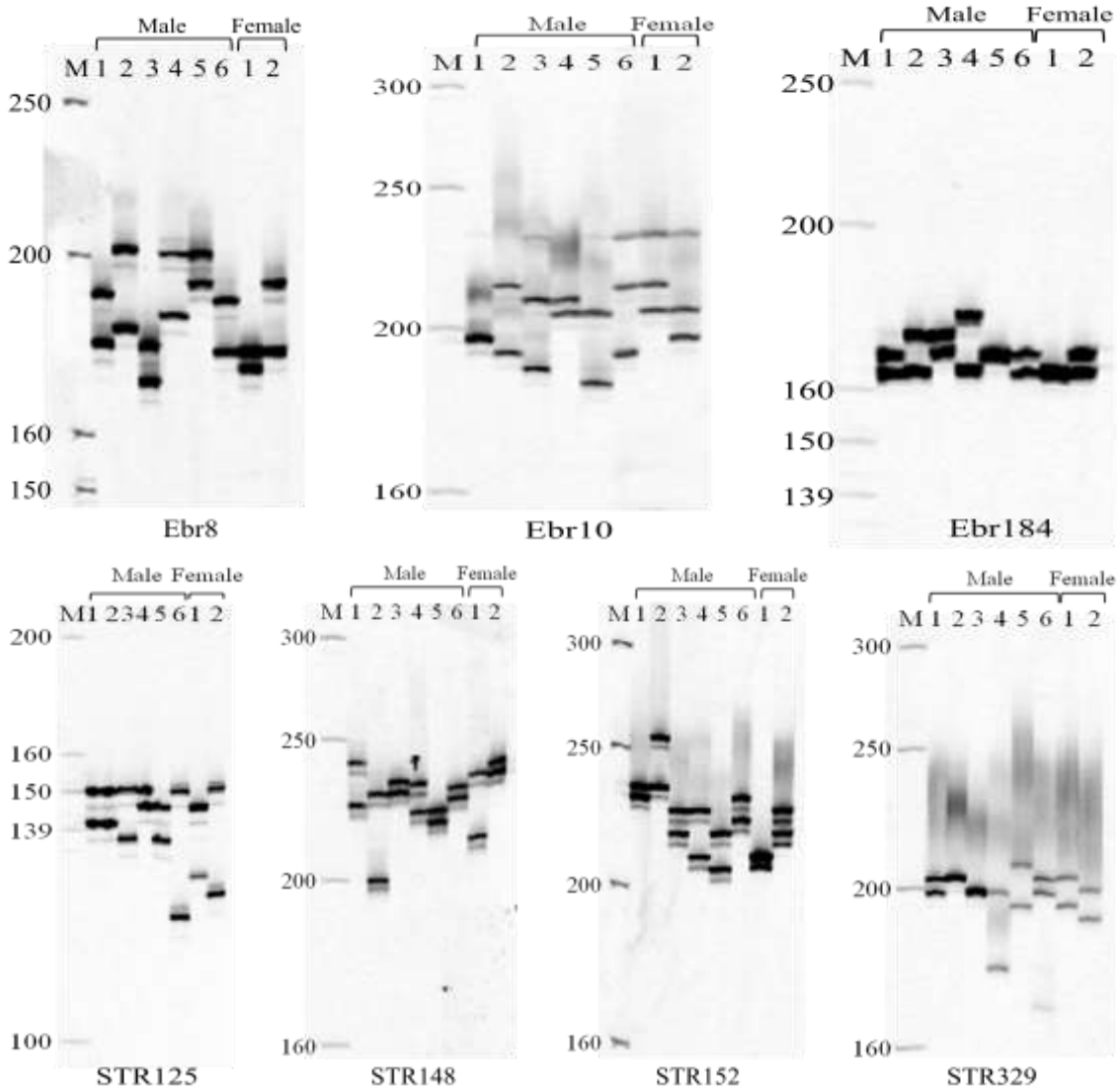
ผลการศึกษา

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลากะรังเสือจากธรรมชาติที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์

จากการเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ primer ที่พัฒนาจากปลา kelp grouper ปลา *Epinephelus guttatus* และปลา *Epinephelus fuscoguttatus* พบว่า primer ทั้งหมดสามารถเพิ่มปริมาณ DNA ของปลากะรังเสือได้ และในทุก primer มีจำนวน allele ค่อนข้างสูงดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 2 จำนวน allele ของพ่อแม่พันธุ์ปลากะรังเสือด้วยการเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ primer ทั้ง 7 แบบ

Primer	Linkage group	จำนวน allele ของพ่อพันธุ์	จำนวน allele ของแม่พันธุ์
Ebr00008FRA	15	7	3
Ebr00010FRA	12	7	3
Ebr00184FRA	16	4	2
EguSTR125DB	23	5	4
EguSTR148DB	9	7	3
EguSTR152DB	19	8	3
EfuSTR329DB	-	5	4



ภาพที่ 1 รูปแบบของแถบ DNA โดย M = 100 bp ladders DNA markers
Male 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 = พ่อพันธุ์ตัวที่ 1-6, Female1, 2 = แม่พันธุ์ตัวที่ 1 และ 2

ผลการทดลองอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 15-40 วัน ของแต่ละครอบครัว

น้ำหนักสุดท้าย

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่อน้ำหนักสุดท้ายของปลากะรังเสือ ($p<0.05$) ลูกปลามีน้ำหนักเริ่มต้น 0.018±0.00, 0.018±0.00, 0.018±0.00, 0.018±0.00, 0.018±0.00, 0.019±0.00, 0.019±0.00, 0.018±0.00, 0.018±0.00, 0.018±0.00, 0.018±0.00 และ 0.018±0.00 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 1.67±0.62 กรัม ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 (1.54±0.31 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกัน ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 4 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด 2.15±0.40 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1 ที่มีน้ำหนัก 2.15±0.09 กรัม แต่แตกต่างกับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 ที่มีน้ำหนัก 1.17±0.09, 1.15±0.41, 1.31±0.36 และ1.76±0.36 กรัม ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 15-40 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลา (กรัม)		น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาต่างกัน (กรัม)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	2.19±0.04^{c}	2.03±0.02^{e}	2.15±0.09^{d}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	1.08±0.03^{a}	1.25±0.03^{b}	1.17±0.09^{a}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	1.18±0.04^{a}	1.12±0.00^{a}	1.15±0.41^{a}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	2.52±0.02^{c}	1.78±0.02^{d}	2.15±0.40^{d}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	0.98±0.05^{a}	1.64±0.02^{c}	1.31±0.36^{b}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	2.09±0.06^{c}	1.44±0.04^{c}	1.76±0.36^{c}
น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกัน (กรัม)	1.67±0.62^{b}	1.54±0.31^{a}	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=122.94$, $P=0.00$)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=1010.35$, $P=0.00$)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=325.69$, $P=0.00$)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน

อัตรารอดตาย

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่ออัตรารอดตายของปลากะรังเสือ ($p<0.05$) โดยลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 มีอัตรารอดตายแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 64.84±1.05 และ 54.47±0.28% และเมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกันพบว่า ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 5 มีอัตรารอดตายมากที่สุด 85.13±5.58% แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์

ปลาตัวที่ 1, 2, 3, 4 และ 6 ที่มีอัตรารอดตาย 26.22±4.50, 45.47±22.13, 78.71±5.37, 41.04±2.93 และ 81.39±5.30% ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 อัตรารอดตายเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 15-40 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	อัตรารอดตายฉลี่ยของลูกปลา (%)		อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาต่างกัน (%)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	22.12±0.27[a]	30.33±0.47[a]	26.22±4.50[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	25.26±0.29[b]	65.68±0.34[c]	45.47±22.13[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	73.81±0.25[d]	63.62±0.19[f]	78.71±5.37[d]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	29.22±0.41[c]	52.83±0.52[b]	41.04±2.93[b]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	90.22±0.31[f]	80.04±0.40[e]	85.13±5.58[f]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	86.22±0.46[e]	76.55±0.12[d]	81.39±5.30[e]
อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกัน (%)	54.47±0.28[a]	64.84±1.05[b]	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=7516.38, P=0.00)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=29387.42, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=4447.64, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นอัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน

ผลการทดสอบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันของปลากะรังเสือพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่อความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน (p<0.05) โดยลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 2 (อัตรารอดตายเฉลี่ย 34.27±4.70%) มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันได้ดีกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 (อัตรารอดตายเฉลี่ย 22.22±4.69%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกันพบว่า ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันโดยมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 41.60±0.93% ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1, 2, 4, 5 และ 6 ที่มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 15.00±0.73, 25.00±2.82, 35.00±0.13, 16.66±0.95 และ 36.23±0.84% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 15-40 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลา (%)		อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน (%)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	0.00±0.00[a]	30.00±5.00[b]	15.00±0.73[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	13.33±1.16[b]	36.66±1.33[c]	25.00±2.82[b]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	46.66±3.33[e]	36.53±0.11[c]	41.60±0.93[d]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	26.66±0.33[d]	43.33±0.34[d]	35.00±0.13[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	26.66±0.49[d]	6.66±0.12[a]	16.66±0.95[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	20.00±1.00[c]	52.47±2.08[e]	36.23±0.84[c]
อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน (%)	22.22±4.69[a]	34.27±4.70[b]	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=348.43, P=0.00)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=194.26, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=722.18, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นอัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันเปรียบเทียบในแนวนอน

ความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

ผลการทดสอบความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ต่ำของปลากะรังเสือพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาในความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (p<0.05) โดยลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 และตัวที่ 2 มีความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกันพบว่า ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำได้ดีกว่า โดยมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 45.00±6.84% ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1, 2, 4, 5 และ 6 ที่มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 5.00±0.79, 39.66±1.50, 20.16±1.21, 15.00±0.66 และ 15.00±0.78% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความทนทานต่อออกซิเจนละลายน้ำต่ำของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 15-40 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลา (%)		อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาต่างกันต่อออกซิเจนต่ำ (%)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	0.00±0.00[a]	10.00±3.00[b]	5.00±0.79[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	39.33±1.15[d]	40.00±2.00[d]	39.66±1.50[d]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	60.00±5.00[e]	30.00±3.00[c]	45.00±6.84[e]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	10.33±4.50[b]	30.00±2.00[c]	20.16±1.21[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	30.00±6.00[c]	0.00±0.00[a]	15.00±0.66[b]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	10.00±2.00[b]	20.00±6.00[c]	15.00±0.78[b]
อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันต่อออกซิเจนต่ำ (%)	24.94±1.33[a]	21.66±4.08[a]	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลาไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ(F=7.80, P=0.01)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=118.29, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=56.24, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นอัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันต่อออกซิเจนต่ำเปรียบเทียบในแนวนอน

ผลการทดลองอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน ของแต่ละครอบครัว

น้ำหนักสุดท้าย

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่อน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลากะรังเสือ (p<0.05) ลูกปลาในแต่ละคู่ผสมที่นำมาทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น 1.43±0.14, 1.42±0.02, 1.43±0.02, 1.43±0.03, 1.47±0.01, 1.42±0.02, 1.40±0.05, 1.50±0.05, 1.50±0.01, 1.41±0.01, 1.43±0.02, 1.46±0.05 และ 1.41±0.01 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 2 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 14.38±2.58 กรัม ซึ่งมากกว่าที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 (น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 10.49±1.48 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกันพบว่า ลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 13.14±4.53, 13.67±2.63, 13.46±1.43 และ 12.82±2.85 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) แต่มากกว่าลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ตัวที่ 4 และ 1 ซึ่งมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 12.04±2.19 และ 9.49±0.72 กรัม ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (ตารางที่ 7) (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 7 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 41-80 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลาอายุ 41-80 วัน (กรัม)		น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ปลาต่างกัน (กรัม)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	8.86±0.17[a]	10.12±0.31[a]	9.49±0.72[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	9.18±0.55[ab]	17.10±2.01[c]	13.14±4.53[bc]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	10.49±0.33[a]	15.86±1.71[c]	13.67±2.63[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	10.20±0.76[c]	13.88±1.14[b]	12.04±2.19[b]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	12.84±1.03[e]	14.09±1.70[b]	13.46±1.43[bc]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	10.40±0.44[d]	15.25±1.56[bc]	12.82±2.85[bc]
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ต่างกัน (กรัม)	10.49±1.48[a]	14.38±2.58[b]	

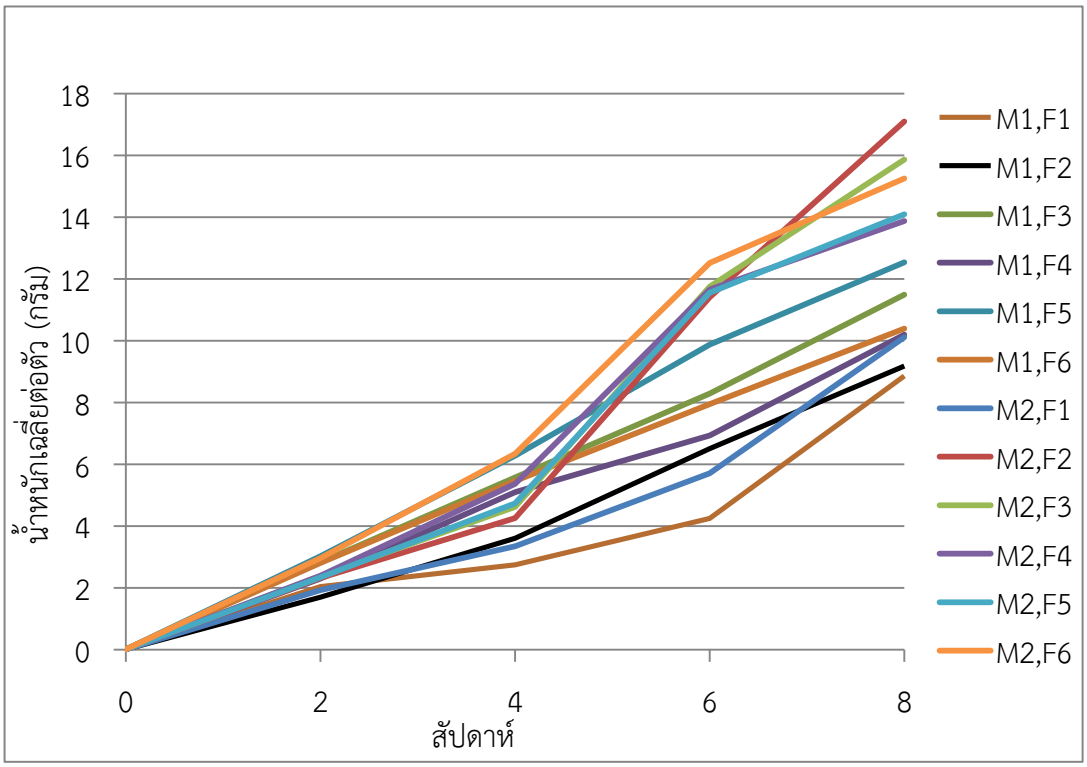
Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=102.12, P=0.00)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=10.86, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=7.04, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน



ภาพที่ 2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 41-80 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว กับพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

น้ำหนักเพิ่ม

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่อน้ำหนักเพิ่มของปลากะรังเสือ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ตัวที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 12.94±2.55 กรัม มากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 ที่มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 9.06±1.47 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกัน ลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ตัวที่ 2, 4, 5 และ 6 มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 11.68±4.49, 10.61±2.20, 12.01±1.43 และ 11.38±2.82 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยมากกว่าลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ตัวที่ 1 (8.07±0.75 กรัม) และตัวที่ 4 (10.61±2.20 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 41-80 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของลูกปลา (กรัม)		น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ต่างกัน (กรัม)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	7.43±0.25^{a}	8.72±0.35^{a}	8.07±0.75^{a}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	7.75±0.56^{ab}	15.60±2.01^{c}	11.68±4.49^{bc}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	10.05±0.33^{a}	14.36±1.72^{c}	12.21±2.60^{c}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	8.77±0.79^{bc}	12.46±1.14^{b}	10.61±2.20^{b}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	11.37±1.02^{d}	12.66±1.67^{bc}	12.01±1.43^{bc}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	8.97±0.45^{c}	13.79±1.53^{bc}	11.38±2.82^{bc}
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้รับการผสมแม่พันธุ์ต่างกัน (กรัม)	9.06±1.47^{a}	12.94±2.55^{b}	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ($F=101.35$, $P=0.00$)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ($F=10.63$, $P=0.00$)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=6.80$, $P=0.00$)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้รับการผสมแม่พันธุ์ต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน

อัตราการเจริญเติบโต (น้ำหนักเพิ่มต่อวัน)

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลากะรังเสือ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.31±0.08 กรัม/วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 ที่มีอัตราการเจริญเติบเฉลี่ย 0.22±0.07 กรัม/วัน เมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกัน ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.19±0.07, 0.30±0.06, 0.25±0.05 และ 0.28±0.02 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ตัวที่ 4 (0.19±0.07 กรัม/วัน) และตัวที่ 1 (0.25±0.05 กรัม/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 41-80 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของลูกปลา (กรัม/วัน)		อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ต่างกัน (กรัม/วัน)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	0.18±0.00[a]	0.21±0.00[a]	0.19±0.07[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	0.18±0.11[ab]	0.39±0.51[c]	0.28±0.01[bc]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	0.25±0.10[a]	0.35±0.04[c]	0.30±0.06[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	0.22±0.17[bc]	0.29±0.40[b]	0.25±0.05[b]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	0.28±0.25[d]	0.31±0.04[bc]	0.29±0.04[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	0.22±0.03[c]	0.34±0.04[bc]	0.28±0.02[bc]
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ต่างกัน (กรัม/วัน)	0.22±0.07[a]	0.31±0.08[b]	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=123.83, P=0.00)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ(F=1013.02, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=326.15, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน

อัตรารอดตาย

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่ออัตรารอดตายของปลากะรังเสือ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่ได้รับการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 2 มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 77.93±1.52% ซึ่งมากกว่าลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 ซึ่งมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 74.18±1.09% อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกัน ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4, 5 และ 6 มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 95.05±1.34, 93.85±2.78 และ 91.19±1.65% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับลูกปลาที่ได้จากพ่อพันธุ์ตัวที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 26.25±5.07, 60.00±2.79 และ 90.00±5.68% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 อัตรารอดตายเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 41-80 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลา (%)		อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ต่างกัน (%)
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	12.50±0.62[a]	40.00±0.62[a]	26.25±5.07[a]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	60.00±3.12[b]	60.00±3.12[b]	60.00±2.79[b]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	95.00±0.94[d]	85.00±2.19[c]	90.00±5.68[c]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	95.00±1.87[d]	95.10±1.00[d]	95.05±1.34[d]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	92.71±3.03[cd]	95.00±2.50[d]	93.85±2.78[d]
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	88.89±0.47[c]	92.50±1.25[d]	91.19±1.65[d]
อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้รับการผสมแม่พันธุ์ต่างกัน	74.18± 1.09[a]	77.93±1.52[b]	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=31.80, P=0.00)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=1158.12, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=59.11, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นอัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้รับการผสมแม่พันธุ์ปลาต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างแม่พันธุ์ปลากับพ่อพันธุ์ปลาต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังเสือ ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 2.76±0.11 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 ที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 3.19±0.57 เมื่อเปรียบเทียบพ่อพันธุ์ปลาที่ต่างกัน ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 1.81±0.14 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับลูกปลาที่ได้จากการผสมจากพ่อพันธุ์ตัวที่ 1, 2, 4, 5 และ 6 ที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 5.49±0.40, 3.72±1.04, 2.29±0.10, 2.17±0.13 และ 2.40±0.16 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน จากการจับคู่ผสมเทียมระหว่างแม่พันธุ์ปลา 2 ตัว และพ่อพันธุ์ปลา 6 ตัว

	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของลูกปลา		อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้จากการผสมพ่อพันธุ์ต่างกัน
	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1	แม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2	
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1	5.86 ± 0.45^{e}	5.12 ± 0.50^{d}	5.49 ± 0.40^{f}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2	4.67 ± 0.18^{d}	$2.78+0.40^{c}$	3.72 ± 1.04^{e}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3	1.70 ± 0.10^{a}	1.93 ± 0.30^{a}	1.81 ± 0.14^{a}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4	2.36 ± 0.10^{c}	2.21 ± 0.20^{b}	2.29 ± 0.10^{c}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 5	2.06 ± 0.35^{b}	2.28 ± 0.10^{b}	2.17 ± 0.13^{b}
พ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 6	2.53 ± 0.85^{c}	2.26 ± 0.70^{b}	2.40 ± 0.16^{d}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้รับการผสมแม่พันธุ์ต่างกัน	3.19 ± 0.57^{b}	2.76 ± 0.11^{a}	

Two-way analysis of variance

อิทธิพลของแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=249.47, P=0.00)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=1711.08, P=0.00)

อิทธิพลร่วมของพ่อพันธุ์ปลากับแม่พันธุ์ปลามีนัยสำคัญทางสถิติ (F=140.84, P=0.00)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของลูกปลาที่ได้รับการผสมแม่พันธุ์ต่างกันเปรียบเทียบในแนวนอน

สรุปและวิจารณ์ผล

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลากะรังเสือจากธรรมชาติที่นำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตปลากะรังเสือจำนวน 12 ครอบครัว มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรม โดยไพรเมอร์ polymorphic bands อยู่ระหว่าง 25-56% ขนาดของแถบ DNA อยู่ระหว่าง 100-255 คู่เบส และพบว่าพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ตัวที่ 6 มีรูปแบบของแถบ DNA ที่คล้ายคลึงกัน จึงอาจมีความเกี่ยวข้องกันทางเครือญาติ เนื่องจากอัลลิลที่พบอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในหลายคู่ไพรเมอร์ แต่ไพรเมอร์ทั้งหมดยังไม่มีความสัมพันธ์ในการเชื่อมโยงกับการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ เนื่องจากไม่ได้ทำการศึกษารูปแบบ DNA ของลูกปลากะรังเสือที่ได้จากการผสมเทียมดังกล่าว

ผลการทดลองอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 15-40 วัน พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างแม่พันธุ์กับพ่อพันธุ์ปลาต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน และความทนทานต่อออกซิเจนต่ำ เมื่อพิจารณาในด้านการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก และอัตรารอดตาย ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ตัวที่ 1 และตัวที่ 4 มีน้ำหนักมากที่สุด เนื่องปัจจัยด้านพันธุกรรมที่เกิดจากตัวปลามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย และยังมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความหนาแน่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ลูกปลาที่มีอัตรารอดตายต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าลูกปลาที่มีอัตรารอดตายสูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของไพบูลย์ และวรรเพ็ญ (2558) ในการทดลองอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน ที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร ซึ่งพบว่าที่ความหนาแน่น 50 ตัว/100 ลิตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด เช่นเดียวกับการเลี้ยงปลากะรังดอกแดงระยะวัยรุ่นที่ความหนาแน่นสูงมีผลต่อการกินอาหารของลูกปลา ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลง (Samad *et al*., 2014) และ Kristiansen *et al*. (2004) เลี้ยงปลาซีกเดียว

(halibut) ระยะวัยรุ่นที่ความหนาแน่นสูงทำให้ปลากินอาหารลดลง เป็นผลให้เจริญเติบโตช้าลงด้วย เนื่องจากการเลี้ยงปลาในความหนาแน่นสูงมีผลต่อคุณภาพน้ำ ทำให้ปลากินอาหารได้น้อยลงและส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลง (Ellis *et al*., 2002) ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ในลักษณะผกผันของการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของสัตว์น้ำที่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสัตว์น้ำที่เลี้ยง นั่นคือ เมื่อเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยความหนาแน่นที่สูงขึ้น การเจริญเติบโตของปลาลดลง เนื่องจากกำลังผลิต (carrying capacity) ของสถานที่เลี้ยงมีจำกัด หรือมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ (Ambeker and Doyle, 1990; Robinson and Doyle, 1990; Wang *et al*., 2000) Pickering (1993) รายงานว่าสภาวะที่มีปลาอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นทำให้เกิดการแย่งอาหาร อากาศหายใจ และที่อยู่อาศัย พฤติกรรมความเป็นเจ้าถิ่นและการครอบครองอาณาเขต (territorial behavior) ภาวะเช่นนี้ก่อให้เกิดความเครียด (stress) ในตัวปลา ซึ่งอาจเป็นแบบเรื้อรังที่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้าลง

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันมากกว่าครอบครัวอื่นๆ ส่วนลูกปลาที่ได้จากการผสมแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 และ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อออกซิเจนต่ำได้ดีกว่าครอบครัวอื่นๆ ปัจจัยด้านพันธุกรรมที่เกิดจากตัวปลามีอิทธิพลส่งผลต่อความทนทานการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันและความทนทานต่อออกซิเจนต่ำอย่างชัดเจน ปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกไม่มีผลเนื่องจากในการอนุบาลลูกปลาได้จัดระบบสิ่งแวดล้อมให้เหมือนกัน

ผลการทดลองอนุบาลปลากะรังเสือตั้งแต่อายุ 41-80 วัน พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างแม่พันธุ์กับพ่อพันธุ์ปลาต่อการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการเจริญการเติบโต) มากกว่าพ่อพันธุ์ตัวที่ 1 และ 4 ลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ ตัวที่ 4, 5 และ 6 มีอัตรารอดตายมากกว่าพ่อพันธุ์ตัวที่ 1, 2 และ 3 ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านพันธุกรรมที่เกิดจากตัวปลามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย และยังมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความหนาแน่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ลูกปลาในช่วงนี้คู่ผสมที่มีอัตรารอดตายสูงมีการเจริญเติบโตดีกว่าลูกปลาที่ได้จากคู่ผสมที่มีอัตรารอดตายต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Salama (2007) ที่อนุบาลลูกปลากะพงขาวขนาดเล็กด้วยความหนาแน่นสูง ทำให้ลูกปลากินอาหารได้ดี และมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายดีกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยความหนาแน่นต่ำ แต่ต้องมีการให้อาหารอย่างเพียงพอ ไม่เช่นนั้นปลาจะแย่งกันกินอาหารที่มีจำกัด อาจทำให้การเจริญเติบโตลดลงได้ การศึกษาในครั้งนี้ ลูกปลาที่ได้รับการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุดทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านพันธุกรรมที่เกิดจากตัวปลามีอิทธิพลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตรารอดตาย และยังมีปัจจัยความหนาแน่นมาเกี่ยวข้อง ลูกปลาคู่ผสมที่มีอัตรารอดตายสูงจากการอนุบาลในความหนาแน่นสูงจะมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Salari *et al*. (2012) ที่อนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 35 วัน ที่ความหนาแน่น 5 ตัว/ลิตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าความหนาแน่น 1 และ 3 ตัว/ลิตร เช่นเดียวกับที่อนุบาลปลาหมอทะเลขนาด 2.5 นิ้ว ที่ความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 ตัว/ลิตร (อาคม และวรรเพ็ญ, 2556) นอกจากนี้การศึกษาของนิพนธ์ และคณะ (2551) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังหงส์วัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 50 และ 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยความหนาแน่นสูงมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าที่เลี้ยงความหนาแน่นต่ำ ซึ่งผลของการเลี้ยงมีแนวโน้มเหมือนกับการเลี้ยงปลากะรังดอกแดงระยะวัยรุ่น (Samad *et al*., 2014) เนื่องจากปลาในกลุ่มกะรังมีพฤติกรรมกิน

อาหารเป็นกลุ่ม ทำให้แย่งกันกินอาหารจึงกินได้มาก และใช้พลังงานส่วนใหญ่ในการเจริญเติบโต (Ismi *et al*., 2012)

ผลการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า ปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 15-40 วัน มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักโดยลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ตัวที่ 1 และ 4 ให้ลูกพันธุ์ปลามีการเจริญเติบโตดี ส่วนลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน และลูกปลาที่ได้จากการผสมจากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 และตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีความทนทานต่อออกซิเจนต่ำได้ดีกว่าลูกปลาจากพ่อแม่พันธุ์คู่ผสมอื่นๆ ส่วนผลการอนุบาลลูกปลากะรังเสือตั้งแต่อายุ 41-80 วัน ปรากฏว่า ลูกพันธุ์ปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 2, 3, 5 และ 6 มีการเจริญเติบโตดี ลูกพันธุ์ปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 2 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 4, 5 และ 6 มีอัตรารอดตายสูง และลูกพันธุ์ปลาที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาตัวที่ 1 กับพ่อพันธุ์ปลาตัวที่ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ ดังนั้น ในการจัดการพ่อแม่พันธุ์ และการสร้างพ่อแม่พันธุ์ทดแทนที่ถูกต้องควรคำนึงถึงหลักพันธุศาสตร์ กล่าวคือ ใช้พ่อแม่พันธุ์หลายคู่ เก็บรวบรวมลูกพันธุ์ปลาจากหลายรุ่นที่ทำการเพาะพันธุ์เพื่อเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ ระวังไม่ให้เกิดการผสมเลือดชิด หากพบว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมมีแนวโน้มลดลงมากควรนำพ่อแม่พันธุ์จากประชากรอื่นมาผสม โดยประชากรดังกล่าวต้องมีค่าเฉลี่ยทางพันธุกรรมไม่ด้อยกว่าประชากรเดิม ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรให้อยู่ในระดับที่สามารถใช้เป็นประชากรเริ่มต้นเพื่อการเพาะเลี้ยงได้ (อุทัยรัตน์, 2543) และควรมีการทดลองเลี้ยงลูกปลาที่ได้จากการผสมข้ามประชากรเพื่อตรวจสอบลักษณะปรากฏ และอัตราการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรเดิมด้วย (ทิพย์สุดา และนงเยาว์, 2551) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่สามารถใช้ในการวางแผนการจัดการพ่อแม่พันธุ์ได้อย่างถูกต้องตามหลักพันธุศาสตร์ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ปลากะรังเสือที่เป็นประชากรเริ่มต้นในการใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ที่ดีเพื่อผลิตลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพ สำหรับส่งเสริมการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2550. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง. 91หน้า.

ทิพย์สุดา ต่างประโคน และนงค์เยาว์ มณี. 2551. การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลาเทโพ 4 กลุ่มประชากร. เอกสารวิชาการฉบับที่ 47/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง. 21หน้า.

นิพนธ์ เสนอินทร์, เรณู ยาชิโร และนที ขุนราม. 2551. ผลของความเค็มและความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลากะรังหงส์, *Cromileptes altivelis* (Valenciennes, 1828) วัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์.http://www.coastalaqua.com/research. December 7, 2012.

นภดล ภูวพานิช. 2549. คู่มือการเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์จากอาร์ทีเมีย. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 68หน้า.

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และวรรเพ็ญ คำมี. 2558. ผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* Forsskal, 1775 ต่ออัตรารอดตายและต้นทุน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2558. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. 35 หน้า.

สมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์ บุญโฮม เอี่ยมสะอาด และวัชรพงษ์ มั่นหมาย. 2550. การทดสอบพันธุ์ปลาตะเพียนขาว 3 สายพันธุ์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2550. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรมประมง. 23 หน้า.

สุภัทรา อุไรวรรณ์.2538. การปรับปรุงพันธุ์และการอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำ. เอกสารแนะนำฉบับที่ 3 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรมประมง. 13 หน้า.

อาคม สิงหบุญ และวรรเพ็ญ คำมี. 2556. ผลของความหนาแน่น ความถี่การให้อาหาร และความเค็มต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของลูกปลาหมอทะเล (*Epinephelus lanceolatus* Bloch, 1790) วัยรุ่น. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2556. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 21หน้า.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2543. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 203 หน้า.

Ambeker, E. E. and R. W. Doyle. 1990. Repeatability of relative size of individuals under communal stocking: implication for size-grading in aquaculture, **In:** Hirono, R. and I. Hanyo (eds). The South East Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society. Manila, Phillipines. p. 991.

Birk E., Z., Adihar, M. Chiara, P.C. Metsada, K. Liora, W. Christopher T. Konard nobon, A. Adi, S. Amos J, C. Laurence, M. Yair, R., Limor, T. David J, W. Peter, M. Nurit, S. Noa, R. Gideon, R. Gideon, G. Doron, M. Gal, S. Mordechai and B.V. Lina. 2010, The American Journal of Human Genetics 87, 694-700.

Chen, Z., M. Montocouquiol, R. Jenkins, N. A. Copeland, N. G. Kelley. 2010. Jxc1/Sobp, encoding a nuclear zinc finger protein, is critical for cochlear growth cell fate, and patterning of the organ of corti. The Journal of Neuroscience 28, 6633-6641.

Ellis, T., B. North, A. Scott, N. Bromage, M. Porter, and D. Gadd, 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Bio*l. 61: 493-531.

Ismi S., T. Sutarmat, N. A. Giri, M. A. Rimmer, R. M. J. Knuckey, A. C. Berding. and K. Sugama. 2012. Nursery Management of grouper: a best-practice manual. *ACIAR Monograph No. 150*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australian 44 pp.

Kamonrat, W. 1996. Spatial Genetic Structure of Thai Silver Barb, *Puntius gonionotus* (Bleeker) Populations in Thailand. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada: 36-39.

Kristianssen, T., S. A. Ferno, J. C. Holm, L. Privitera, S. Bakke, and J. E. Fosseidengen. 2004. Swimming behaviour as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared at three stocking densities. *Aquaculture* 230: 137-151.

Maria, R. M. C., K. Kazunobu, K. Shinrokuro, H. Osamu, A. Ohara, O. Akiyuki, S. Takashi, N. Kyoshi and O. Nobuaki. 2003. A genetic linkage map of the Japanese fiounder, *Parlichthys 0livaceus. Aquaculture* 220: 203-218.

Mendez-Gomez, H. R., E. Verga, and J. L. Abad. 2011. The T-box brain 1(Tbr1) transcription factor inhibits astrocyte formation in the olfactory bulb and regulates neural stem cell fate “Molecular and cellular Neuroscience 46. p. 108-121.

Qi.L. S., Takashi, K. Satoshi, O. Nobuaki, Y. Hirofumi, T. Motothiro, S. Yuya, S. Takuma, N. Yoji, S. Motothiko, W. Suwit. And O. Akiyuki. 2013. A genetic linkage map of kelp grouper (*Epinephelus bruneus*) based on microsatellite markers. *Aquaculture* 414-415: 63-81.

Pickering, A. D. 1993. Growth and stress in fish production. *Aquaculture* 111: 51-59.

Robinson, B. W. and R. W. Doyle. 1990. Phenotype correlation among behavior and growth variable in tilapia: Implication for domestication selection. *Aquaculture* 85: 177-186.

Salama, A. J. 2007. Effects of stocking density on fry survival and growth of Asian sea bass (*Lates calcarifer*). *JKAU Mar. Sci*. 18: 53-61.

Salari, R., C. R., Saad, M. S., Kamarudin, and H., Zokaelfar. 2012. Effect of different stocking densities on tiger grouper juvenile (*Epinephelus fuscoguttatus*) growth and a comparative study of the flow-through and recirculating aquaculture systems. *African J. of Agricultural Research* 7(26): 3765-3771.

Samad, A. P. A., N. F., Hua and L. M., Chou. 2014. Effects of stocking densities on growth and feed utilization of grouper (*Epinephelus coioides*) reared in recirculation and flow-through water system. *Afr. J. Agric. Res*. 9(9): 812-822.

Wang, N., R. S. Hayward and D. B. Noltie. 2000. Effects of social interaction on growth of Juvenile hybrid sunfish held at two densities. *North American Journal of Aquaculture* 62: 161-167.

การตรวจหาเชื้อ Nervous Necrosis Virus ด้วยเทคนิค One-Step RT-PCR เพื่อสนับสนุนการผลิตพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802) ปลาหมอทะเล *Epinephelus lanceolatus* (Bloch, 1790) และปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

ฉันทนา แก้วตาปี[1] ธวัช ศรีวีระชัย[1] สุภาพ ไพรพนาพงค์[2] ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์[3] ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย[1]
อาคม สิงหบุญ[3] วรรเพ็ญ คำมี[3] และวารินทร์ ธนาสมหวัง[4]
[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต [2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา
[3]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ [4]กองผู้เชี่ยวชาญ กรมประมง

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ประยุกต์ใช้เทคนิค one step reverse transcription polymerase chain reaction (one step RT-PCR) ในการตรวจหาเชื้อ nervous necrosis virus (NNV) ที่ก่อโรค viral nervous necrosis (VNN) ในระบบการผลิตลูกพันธุ์ปลากะรัง โดยทดสอบความไว (sensitivity) ของวิธีการทดสอบ ซึ่งพบว่าสามารถตรวจปริมาณสารพันธุกรรม (RNA) ต่ำสุดได้ 100 femtogram (fg) คิดเป็นปริมาณเชื้อต่ำสุด 130 copies เมื่อนำ one step RT-PCR ไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหาเชื้อก่อโรค VNN ในระบบการผลิตลูกพันธุ์ปลา 3 ชนิด ได้แก่ ปลากะรังจุดฟ้า ปลาหมอทะเล และปลากะรังเสือ ในศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และพังงา ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554–เดือนมีนาคม 2557 โดยใช้ตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ก่อนการผสมพันธุ์วางไข่ ไข่ปลา ลูกปลาอายุ 10 วัน และลูกปลาขนาด 1 นิ้ว จากการศึกษาไม่พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค VNN ในการผลิตปลากะรังทั้ง 3 ชนิด โดยปลากะรังจุดฟ้าผลิตลูกพันธุ์ปลอดเชื้อ 1 ครั้งในเดือนมีนาคม 2555 จากพ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดเชื้อที่ตรวจในเดือนตุลาคม 2554 และได้คัดเลือกลูกปลาชุดนี้มาเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดเชื้อก่อโรค VNN (อายุ 1 ปี 9 เดือน) จำนวน 120 ตัว และสามารถผลิตลูกปลาปลอดเชื้อได้ 3 รุ่น ในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ 2557 สำหรับปลากะรังเสือสามารถผลิตลูกปลาปลอดเชื้อก่อโรค VNN จำนวน 2 รุ่น ในเดือนสิงหาคม และตุลาคม 2556 จากพ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดเชื้อเดือนกรกฎาคม 2554 ส่วนปลาหมอทะเลสามารถผลิตลูกปลาปลอดเชื้อก่อโรค VNN จำนวน 1 รุ่น ในเดือนตุลาคม 2555 จะเห็นได้ว่าการใช้ one step RT-PCR ในการตรวจเชื้อก่อโรค VNN ในพ่อแม่พันธุ์ปลาเป็นแนวทางหนึ่งในการตรวจสอบเชื้อก่อโรคที่สามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่พันธุ์ไปสู่ลูกปลาที่จะคัดเลือกไปเลี้ยงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นต่อไป ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรค VNN ในระบบการผลิตลูกปลากะรังเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: เชื้อก่อโรค VNN เทคนิค one-step RT-PCR ปลากะรังจุดฟ้า ปลาหมอทะเล ปลากะรังเสือ

Detection of Nervous Necrosis Virus by Using One Step RT-PCR for Supporting Seed Production of Blue-Spotted Coral Trout *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802), Giant Grouper *Epinephelus lanceolatus* (Bloch, 1790) and Brown-Marbled Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

Chantana Keawtapee[1] Tawat Sriveerachai[1] Supap PripanaPong[2] Paiboon Bunlipatanon[3] Pritsana Klingsukkial[1] Arkom Singhabun[3] Wanpen Kummee[3] and Varin Tanasomwang[4]
[1] Phuket Coastal Fisheries Research and Development Center, [2]Phang Nga Coastal Fisheries Research and Development Center, [3]Krabi Coastal Fisheries Research and Development Center
[4]Expert Division, Department of Fisheries

Abstract

One step reverse transcriptase polymerase chain reaction (one step RT-PCR) was used as a tool for screening of nervous necrosis virus (NNV) contaminated in the seed production of 3 species of grouper; blue-spotted coral trout, giant grouper *(Epinephelus lanceolatus*), brown-marbled grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*). The study was carried out at Phuket, Krabi and Phangha Coastal Research and Development Centers during June 2011–March 2014. Sensitivity of the one step RT-PCR was 100 femtogram (fg) of RNA template containing 130 copies of virus. Thereafter, the method was applied to detect NNV in different stages of grouper seed production including brood stock, fish eggs, 10 days-old fish larvae and the fish that reach the length of 1 inch. None of VNN contamination in brood stock was found from those 3 species in the production systems. The larvae from brood stock of blue-spotted coral trout were produced in March 2012 from the VNN free brood stock and the larvae were selected for producing the VNN free larvae in January and three batches of VNN free larvae were produced in February 2014. Two lots of larvae were produced from the VNN free brown-marbled grouper brood stock in August and October 2013 and the VNN free giant groper brood stock produced one lot of larvae in October 2012. The one step RT-PCR is an achievable diagnosis tool for detection of the VNN pathogen in fish production system to reduce the risk of vertical transmission from brood stock to larvae and minimize the contamination of VNN in the commercial scale production.

Key words: viral nervous necrosis (VNN), one step RT-PCR, blue-spotted coral trout, giant grouper, brown-marbled grouper

คำนำ

ปลากะรังจุดฟ้าหรือปลากุดสลาด (*Plectropomus leopardus*) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีราคาสูง เป็นปลาที่มีเนื้อสีขาว รสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคขนาด 0.8-1.2 กิโลกรัม ราคาขายตัวละ 750-850 บาท ลูกพันธุ์ขนาด 1 นิ้ว ราคา 10 บาท (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง) จุดเด่นของปลากะรังชนิดนี้คือ มีจุดเล็กๆ สีฟ้ามากกว่า10 จุดบนแก้ม (ด้านล่างและหลังตาถึงส่วนหลัง preopercle) ปลาชนิดนี้อาศัยอยู่บริเวณแนวปะการังที่มีความลึกตั้งแต่ 3 เมตร ถึง 100 เมตร ในปี 2003 สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดตราดประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงปลากะรังจุดฟ้าได้จนถึงอายุ 30 วัน แต่ยังได้ลูกปลาจำนวนน้อย ต่อมาในปี 2005 สามารถเพาะลูกปลากะรังจุดฟ้าได้อีก 12,000 ตัว อายุ 31 วัน ทั้งนี้ปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเพาะปลากะรังชนิดนี้คือ การจัดการคุณภาพน้ำ มีการพัฒนาใช้ระบบน้ำหมุนเวียน โดยมีการบำบัดคุณภาพน้ำในบ่อพ่อแม่พันธุ์ด้วยระบบกรองชีวภาพ (Sim *et al*., 2005)

ปลาหมอทะเล (*Epinephelus lanceolatus*) เป็นปลาในวงศ์ปลากะรังที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีความยาวเต็มที่ได้ถึง 2.5 เมตร มีน้ำหนักถึง 400 กิโลกรัม ราคาปลาหมอทะเลมีชีวิต ขนาด 1-1.2 กิโลกรัม ราคา 700-1200 บาท (Yashiro, 1996) ลูกพันธุ์ปลาหมอทะเลขนาด 1 นิ้ว ราคา 40 บาท (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง) เป็นปลากินเนื้อที่โตเร็วเหมาะกับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ นายไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ ได้ศึกษาชีววิทยาบางประการของปลาหมอทะเล พบว่ามีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปและตลอดทั้งปี ในแถบจังหวัดภูเก็ต พังงา กระบี่ และตรัง ในธรรมชาติปลาชนิดนี้ชอบกินปลาขนาดเล็กเป็นอาหาร โดยการฮุบกลืนเข้าไปทั้งตัว แม้จะมีขนาดใหญ่แต่ไม่ดุร้าย ปลาหมอทะเลขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 200-500 กรัม จะพบมากในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-กรกฎาคม) ในบริเวณเขตน้ำตื้น ส่วนปลาที่มีขนาดน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม จะพบในบริเวณน้ำลึกตามโขดหินปะการัง และเกาะแก่งต่างๆ ชาวประมงนิยมจับปลาชนิดนี้ด้วยเครื่องมือประมงประเภทเบ็ด ลอบ ไซ และอวนลาก ส่วนใหญ่เมื่อได้ปลามาแล้วจะจำหน่ายเข้าสู่ตลาดสดเพื่อการบริโภคที่ราคาประมาณ 1000 บาท/ตัว (1–1.2 กิโลกรัม)

ปลากะรังเสือ (*Epinephelus fuscoguttatus*) เป็นปลาอีกชนิดหนึ่งที่เหมาะกับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ขนาดโตเต็มที่มีความยาวมากกว่า 1 เมตร แต่ความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 50 เซนติเมตร พบชุกชุมบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน เป็นปลาเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการเพาะเลี้ยง และเหมาะสำหรับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ราคาขายลูกพันธุ์ปลากะรังเสือ ขนาด 1 นิ้ว ราคา 30 บาท (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง) ปลาขนาด 800–1000 กรัม ตัวละ 400-600บาท ส่วนราคารับซื้อปลากะรังเสือมีชีวิต ในประเทศ ฮ่องกง ไต้หวัน และจีน มีราคาค่อนข้างแพง กิโลกรัมละ 700-1100 บาท (www.fmo.org.hk/index /lang_en/page_price-sea)

โรคติดเชื้อเป็นอุปสรรคสำคัญในการเพาะเลี้ยงปลากะรัง เช่น ปรสิต แบคทีเรีย และ ไวรัส (Harikrishnan *et al*., 2011) โดยมีสาเหตุโน้มนำการเกิดโรคที่สำคัญคือ คุณภาพน้ำไม่เหมาะสม และการใช้อาหารสดที่มีการปนเปื้อนของเชื้อทำให้ปลาที่เลี้ยงเกิดโรคได้ง่าย ในบรรดาโรคติดเชื้อพบว่าโรคติดเชื้อไวรัสเป็นโรคที่ส่งผลกระทบต่อผู้เลี้ยงปลาค่อนข้างมากเนื่องจากเป็นสาเหตุให้ปลาตายเป็นจำนวนมาก ในประเทศไทยมีรายงานการระบาดของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสในปลากะรัง ในบริเวณพื้นการที่เลี้ยงภาคใต้ในเขตจังหวัดสงขลา สตูล ตรัง กระบี่ พังงา และภูเก็ต ซึ่งทำความเสียหายประมาณ 80-90% ของปลาที่เลี้ยงทั้งหมด (เยาวนิตย์และคณะ, 2536) นอกจากปลาที่เลี้ยงในกระชังแล้ว ในโรงเพาะฟักที่ผลิตลูกปลาทะเลหลายชนิดมักพบปัญหาการตายของลูกปลาอยู่เสมอๆ จากการตรวจสอบพบเชื้อเอ็นเอ็นวี (Nervous Necrosis Virus หรือ NNV) ที่ก่อโรค viral nervous necrosis (VNN) หรือ โรค viral encephalopathy and retinopathy (VER) ซึ่งเป็นโรคที่เคยอยู่ในบัญชีรายชื่อขององค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ

โรคติดเชื้อ NNV ในปลากะรังถูกรายงานครั้งแรกในปลากะรังดอกแดง *Epinephelus akaara* วัยอ่อนในโรงเพาะฟักของประเทศญี่ปุ่น (Nakai *et. al.,* 1994; OIE, 2005) ในประเทศไทยพบในปลากะรังชนิด *E. malabaricus* และ *E. coioides* (Donayadol *et al*., 1995; Roongkumnertwongsa *et al.,* 2005) โดยเชื้อที่แยกได้จากปลา *E. malabaricus* ทั้งในลูกปลาและปลาวัยรุ่นในประเทศไทยจัดอยู่ใน genotype RGNNV (Kanchanakhan *et al*., 2005) และมีรายงานการติดเชื้อในปลากะรังอีกหลายชนิดทั้ง *E. akaara*, *E. fuscoguttatus*, *E. bruneus* และ *E. altivelis* ที่เลี้ยงในประเทศไทย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย บรูไน เกาหลี และญี่ปุ่น (Lio-Po and de la Pena, 2004) สาเหตุของโรคเกิดจากไวรัสกลุ่ม Nodavirus (piscine nodaviruses) genus *Betanodavirus* ครอบครัว Nodaviridae (Munday *et al*., 2002) โดยปลาป่วยจะแสดงอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ ว่ายน้ำแบบควงสว่าน มักพบโรคดังกล่าวในลูกปลาขนาดเล็ก แต่ในปลากะพงขาว และปลากะรังหลายชนิดพบเชื้อไวรัสได้ตลอดทุกช่วงอายุสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาเป็นจำนวนมาก ในปลากะรังขนาดใหญ่ปลาป่วยจะหงายท้องลอยน้ำ (inverted swimming) เนื่องจากความผิดปกติ และมีการอักเสบของถุงลม (swim bladder) ช่องทางการติดต่อของเชื้อสามารถติดต่อได้จากการสัมผัสกับเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ และอาหารมีชีวิต เช่นปลาเป็ดที่ใช้เลี้ยงปลา ซึ่งการติดต่อของเชื้อลักษณะนี้จัดเป็น horizontal transmission นอกจากนี้ยังสามารถถ่ายทอดเชื้อจากพ่อแม่พันธุ์ไปสู่ลูกที่เป็น vertical transmission ได้อีกด้วย (OIE, 2005)

เนื่องจากเชื้อ NNV สามารถถ่ายทอดเชื้อในแนวดิ่งจากพ่อแม่สู่ลูก การควบคุมโรคในโรงเพาะฟักแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้คือการใช้พ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดโรค (Tsuchihashi *et al*., 2002) ซึ่งเป็นการตัดปัญหาพาหะนำโรค (carrier) ของพ่อแม่พันธุ์ นอกจากนี้การคัดเลือกลูกปลาที่ปราศจากเชื้อไวรัสถือว่าเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคก่อนนำไปลงเลี้ยง การดำเนินดังกล่าวต้องอาศัยวิธีการตรวจวินิจฉัยที่มีความถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้ โดยวิธีการตรวจเชื้อ NNV ที่ให้ผลรวดเร็ว แม่นยำ และมีความไวในการตรวจวินิจฉัยสูงได้แก่ การตรวจด้วยเทคนิค PCR (polymerase chain reaction) ซึ่งเป็นวิธีการที่องค์การระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (OIE) แนะนำให้ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรค อย่างไรก็ตามเทคนิคพีซีอาร์ที่ใช้ในการตรวจเชื้อ NNV มีหลายวิธีแตกต่างกัน ขึ้นกับลำดับ nucleotide ของ primer วิธีการตรวจที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นวิธีการของ (Kanchanakhan *et al*., 2005) ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจเชื้อ NNV สายพันธุ์ที่พบในปลากะรังของประเทศไทย โดยได้เปรียบเทียบกับวิธีการตรวจขององค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศแล้วพบว่าสามารถตรวจได้แม่นยำกว่า อย่างไรก็ตามการนำวิธีการตรวจวินิจฉัยมาใช้ห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีการทดสอบความไวเพิ่มเติมเนื่องจากปัจจัยของเครื่องมือ สารเคมี และบุคลากรของแต่ละห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้การเพิ่มตัวควบคุมภายใน (internal control) เป็นวิธีการหนึ่งในการประกันคุณภาพผลการทดสอบ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำ internal control มาใช้ในการตรวจวินิจฉัยด้วย เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวินิจฉัยให้มากขึ้น และสามารถป้องกันผลลบปลอม ทำให้ผลการทดสอบน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบความไว (sensitivity) ของการทดสอบเชื้อ NNV ด้วยเทคนิค one-step RT-PCR
2. เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิค one-step RT-PCR ในการตรวจสอบและเฝ้าระวังการปนเปื้อนของเชื้อ NNV ในระบบการอนุบาลปลากะรัง 3 ชนิด คือปลากะรังจุดฟ้า ปลาหมอทะเล และปลากะรังเสือ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การสกัดสารพันธุกรรม

เนื่องจากเชื้อ NNV มีสารพันธุกรรมเป็น RNA การศึกษาครั้งนี้จึงใช้น้ำยาสกัดสำเร็จรูป (Trizol® Reagent) ในการสกัด RNA จากตัวอย่างสมองและตาของปลาขนาด 1 นิ้ว และลูกปลาทั้งตัว และใช้ (Trizol® LS Reagent) ในการสกัด RNA จากตัวอย่างเลือดในพ่อแม่พันธุ์

การทำปฏิกิริยา

วิธีการตรวจวินิจฉัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่วิธีการของ Kanchanakhan and Roongkamnertwonga (2005) ซึ่งเป็น one step RT-PCR โดยใช้ไพรเมอร์ VNN770-F: 5´-GGG-ACA-GGA-ACA-GAC-GGA-TA -3´ และ VNN770-R: 5´-AAC-AGG-CAG-CAG-GAT-TTG-AC-3´ ซึ่งปรากฏแบนของเชื้อที่ 770 bp และใช้ internal control β-actin 1F: 5´-CCC-ATC-TAC-GAG-GGC-TAT-3´และ β-actin 1R: 5´-ATG-TCA-CGC-ACG-ATT-TCC-3´ ซึ่งปรากฏแถบแบนที่ 146 bp โดยมีรายละเอียดของการเตรียมสารละลายเพื่อทำปฏิกิริยา PCRดังนี้ 2x reaction mix (12.50 µl), 10 µM primer VNN770-F (0.2 µM final conc.), 10 uM primer VNN770-R (0.2 µM final conc.), 5 µM primer β-actin 1F (0.1 µM final conc.), 5 µM primer β-actin 1R (0.1 µM final conc.), superscipt IIIRT/Platinum Taq Mix (1 µl), DEPC water (8.5 µl), RNA template (1 µl) นำส่วนผสมไปเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมในขั้นตอนดังนี้ RT-PCR (42 ºC 30 นาที 94 ºC 2 นาที) 1 รอบ, denaturation, annealing, extension (94ºC 30 วินาที, 55ºC 30 วินาที, 72ºC 45 วินาที) 39 รอบ, final extension (72ºC 5 นาที) cooling (4ºC) หลังจากนั้นนำ PCR product มาแยกแถบแบน DNA โดยใช้เทคนิค agarose gel electrophoresis ใน 2% agarose gel ใน TBE buffer 125 V 30 นาที และใช้ DNA ladder ขนาด 100 bp เป็น marker แล้วอ่านผลภายใต้แสงอุลตร้าไวโอเลต โดยตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนเชื้อ NNV จะปรากฏแบน DNA ที่ 770 bp สำหรับ internal control จะปรากฏแบน DNA ที่ 146 bp และมีตัวควบคุมบวกและตัวควบคุมลบ ทุกครั้งที่ทดสอบ

การทดสอบความไว (sensitivity) ของวิธี PCR ที่ใช้ในการตรวจเชื้อ NNV

- นำตัวอย่างปลาที่ติดเชื้อ NNV มาสกัดสารพันธุกรรมด้วย Trizol® Reagent
- นำสารพันธุกรรมที่สกัดได้ไปตรวจสอบปริมาณและค่าความบริสุทธ์ โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance; A) ด้วย UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 260, 280 และ 320 นาโนเมตร นำผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

1) ความเข้มข้น (concentration) ของสารพันธุกรรมที่สกัดได้

concentration (mg/ml) = (A260 – A320) x dilution factor x K

* K = 40 mg/ml สำหรับ RNA

2) ค่าความบริสุทธ์ (purity) ของสารพันธุกรรมที่สกัดได้

purity = (A260-A320)/(A280-A320)

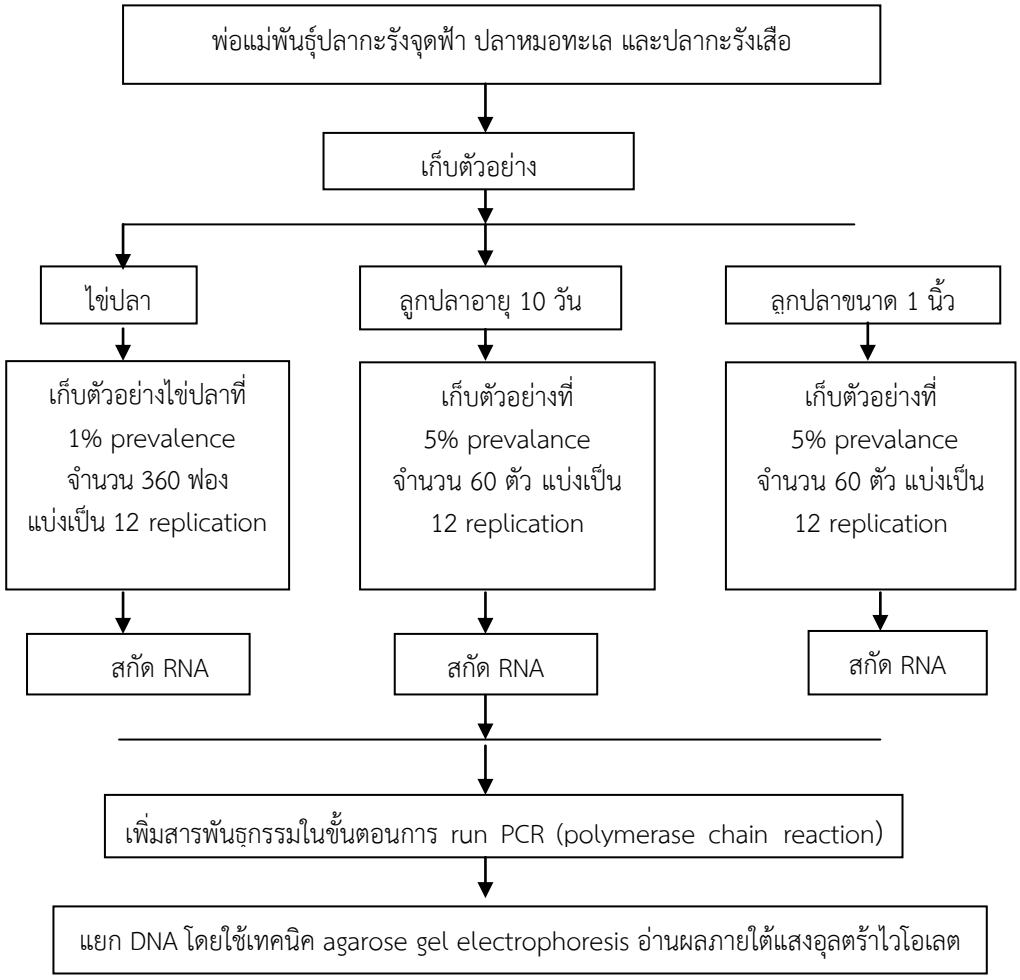
* ค่าที่อยู่ระหว่าง 1.7-2.0 ถือว่าสารพันธุกรรมมีความบริสุทธิ์สูง

- เจือจางสารพันธุกรรม (RNA) ที่วัดปริมาณแล้ว โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นของ RNA เท่ากับ 100 นาโนกรัม/ไมโครลิตร และเจือจางครั้งละ 10 เท่า นำตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ ตั้งแต่ 100 nanogram ถึง 1 femtogram ไปทดสอบเชื้อ NNV โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูปสำหรับตรวจเชื้อ NNV (applied biosystem) ซึ่งใช้เทคนิค real time PCR (qPCR) เพื่อหาปริมาณเชื้อ (copy number) ในตัวอย่าง และนำตัวอย่างที่ระดับ

การเจือจางเดียวกันไปทดสอบด้วยเทคนิค one step RT- PCR ตามวิธีการในข้อ 2 เพื่อหาปริมาณต่ำสุดของเชื้อหรือความไวของวิธี RT-PCR ในการตรวจเชื้อ NNV โดยเปรียบเทียบกับเทคนิค real time PCR

การตรวจสอบเชื้อ NNV ในปลากะรัง 3 ชนิด

การตรวจสอบโดยเก็บตัวอย่างกะรัง 3 ชนิด ได้แก่ ปลากะรังจุดฟ้า ปลาหมอทะเล และปลากะรังเสือ เพื่อตรวจวินิจฉัยเชื้อก่อโรค VNN ด้วยเทคนิค one step RT-PCR โดยเก็บ 3 ช่วงอายุตั้งแต่ไข่ปลา ลูกปลาอายุ 10 วัน และลูกปลาขนาด 1 นิ้ว ดังรายละเอียดในแผนภูมิที่ 1 โดยเก็บตัวอย่างปลากะรังจุดฟ้า ปลากะรังเสือ และปลาหมอทะเล จากการเพาะเลี้ยงที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แผนภูมิการเก็บตัวอย่างปลาตรวจเชื้อ NNV ด้วยเทคนิค one step RT- PCR

ผลการศึกษา

ความไว (sensitivity) ของการทดสอบเชื้อก่อโรค VNN ด้วยเทคนิค one step RT-PCR

การสกัดสารพันธุกรรม

การนำสารพันธุกรรมที่สกัดได้จากตัวอย่างปลาด้วยน้ำยาสำเร็จรูป Trizol® Reagent มาวัดค่าความบริสุทธิ์ (Purity) ของสารที่สกัดได้ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง พบว่าความเข้มข้นของ RNA ที่สกัดได้ มีค่า 314.3 นาโนกรัม/ไมโครลิตร และค่าความบริสุทธิ์ 1.8 ซึ่งอยู่ในช่วงการยอมรับ (1.7–2.0)

การทดสอบความไว (sensitivity) ของวิธี PCR ที่ใช้ในการตรวจเชื้อก่อโรค VNN

จากการตรวจสอบความไวของวิธีการทดสอบเชื้อ NNV ด้วยเทคนิค one step RT-PCR โดยเปรียบเทียบกับเทคนิค real time PCR ซึ่งทราบปริมาณเริ่มต้นของเชื้อโดยใช้เชื้อมาตรฐานที่มากับชุดทดสอบ โดยพิจารณาจากปริมาณสารพันธุกรรม (RNA) ต่ำสุดที่สามารถตรวจสอบได้ โดยใช้ RNA ที่สกัดจากตัวอย่างปลาติดเชื้อ NNV และปรับปริมาณ RNA เริ่มต้นเป็น 100 นาโนกรัม แล้วเจือจาง RNA ครั้งละ 10 เท่า หลังจากนั้นนำไปทดสอบ พบว่าปริมาณ RNA ต่ำสุดที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิค real time PCR คือ 10 femtogram (fg) หรือเท่ากับ 42 copies สำหรับ one step RT-PCR ปริมาณ RNA ต่ำสุดที่ตรวจสอบได้มีค่า 100 femtogram (fg) หรือเท่ากับ 130 copies (ตารางที่ 1) (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความไวของการทดสอบเชื้อ NNV

ระดับการเจือจาง (Dilution)	ปริมาณ RNA	จำนวน copy number ของเชื้อ NNV	qPCR (Ct)	RT-PCR
(Original template)	100 ng	$1.96x10^{7}$	+ve (17.42)	+ve
($x10^{-1}$)	10 ng	$4.5x10^{6}$	+ve (19.74)	+ve
($x10^{-2}$)	1 ng	$4.94x10^{5}$	+ve (23.25)	+ve
($x10^{-3}$)	100 pg	$3.55x10^{4}$	+ve (27.42)	+ve
($x10^{-4}$)	10 pg	$3.55x10^{3}$	+ve (31.07)	+ve
($x10^{-5}$)	1 pg	$3.03x10^{2}$	+ve (34.97)	+ve
($x10^{-6}$)	100 fg	$1.30\ x10^{2}$	+ve (36.31)	+ve
($x10^{-7}$)	10 fg	4.2x10	+ve (38.08)	-ve
($x10^{-8}$)	1 fg	1.66x10	- ve (39.56)	-ve

หมายเหตุ: ng (nanogram), pg (pictogram), fg (femtogram)

ภาพที่ 2 แสดงผลการทดสอบความไว (sensitivity) ของการทดสอบเชื้อก่อโรค VNN ด้วยเทคนิค one step RT- PCR แยกแถบแบนดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค agarose gel electrophoresis ใน 2 % agarose เจือจางสารพันธุกรรม (RNA) ครั้งละ 10 เท่า เริ่มจาก 100 ng ถึง 1 fg

การใช้เทคนิค one step RT-PCR ตรวจสอบเชื้อก่อโรค VNN ในปลากะรัง 3 ชนิด

เก็บตัวอย่างปลากะรัง 3 ชนิด เพื่อตรวจเชื้อก่อโรค VNN ด้วยเทคนิค one step RT-PCR ในการผลิตลูกปลากะรังจุดฟ้า ลูกปลาหมอทะเล และลูกปลากะรังเสือ 3 ช่วงอายุตั้งแต่ไข่ปลา ลูกปลาอายุ 10 วัน และลูกปลาขนาด 1 นิ้ว โดยเก็บตัวอย่างปลากะรังจุดฟ้า ปลากะรังเสือ ปลาหมอทะเล จากการเพาะเลี้ยงที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ ตามลำดับ ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยใช้เทคนิค one step RT-PCR ปลากะรังจุดฟ้า

ผลิตลูกพันธุ์ปลอดเชื้อ 1 ครั้งในเดือนมีนาคม 2555 จากพ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดเชื้อที่ตรวจในเดือนตุลาคม 2554 และได้คัดเลือกลูกปลาชุดนี้มาเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดเชื้อก่อโรค VNN (อายุ 1 ปี 9 เดือน) จำนวน 120 ตัว และสามารถผลิตลูกปลาปลอดเชื้อได้ 3 รุ่น ในเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ 2557 ปลากะรังเสือสามารถผลิตลูกปลาปลอดเชื้อก่อโรค VNN จำนวน 2 รุ่น ในเดือนสิงหาคม และตุลาคม 2556 จากพ่อแม่พันธุ์ปลาปลอดเชื้อเดือนกรกฎาคม 2554 ส่วนปลาหมอทะเลสามารถผลิตลูกปลาปลอดเชื้อก่อโรค VNN จำนวน 1 รุ่น ในเดือนตุลาคม 2555 แสดงในตารางที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยวิธี one step RT-PCR ในปลากะรังจุดฟ้า

วัน/เดือน/ ปี	ระยะ	จำนวน	ผลการตรวจ
ต.ค. 54	พ่อแม่พันธุ์	20 ตัว	-ve
ต.ค. 54	พ่อแม่พันธุ์	10 ตัว	-ve
มี.ค. 55	ไข่	360 ฟอง	-ve
มี.ค. 55	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
เม.ย. 55	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve
ส.ค. 55	ปลาอายุ 128 วัน	10 ตัว	-ve
พ.ค. 56	พ่อแม่พันธุ์จากลูกปลา มี.ค.55	10 ตัว	-ve
ธ.ค. 56	พ่อแม่พันธุ์จากลูกปลา มี.ค.55	20 ตัว	-ve
18 ม.ค. 57	ไข่	360 ฟอง	-ve
ม.ค. 57	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
ก.พ. 57	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve
13 ก.พ. 57	ไข่	360 ฟอง	-ve
ก.พ. 57	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
มี.ค. 57	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve
21 ก.พ. 57	ไข่	360 ฟอง	-ve
มี.ค. 57	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
มี.ค. 57	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve

ตารางที่ 3 ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยวิธี one step RT-PCR ในปลากะรังเสือ

วัน/เดือน/ ปี	ระยะ	จำนวน	ผลการตรวจ
ก.ค. 54	พ่อแม่พันธุ์	44 ตัว	-ve
ส.ค. 56	ไข่	360 ฟอง	-ve
ส.ค. 56	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
ก.ย. 56	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve
ต.ค. 56	ไข่	360 ฟอง	-ve
ต.ค. 56	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
พ.ย. 56	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve
ก.พ. 57	ปลาอายุ 4 เดือน	10 ตัว	-ve
ก.พ. 57	ปลาอายุ 7 เดือน	15 ตัว	-ve

ตารางที่ 4 ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยวิธี one step RT-PCR ในปลาหมอทะเล

วัน/เดือน/ ปี	ระยะ	จำนวน	ผลการตรวจ
ต.ค. 54	พ่อแม่พันธุ์ปลา	10 ตัว	-ve
ต.ค. 55	ไข่	360 ฟอง	-ve
ต.ค. 55	ลูกปลาอายุ 10 วัน	60 ตัว	-ve
พ.ย. 55	ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว	60 ตัว	-ve
ม.ค. 57	พ่อแม่พันธุ์ปลา	10 ตัว	-ve

ตารางที่ 5 ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยวิธี one step RT-PCR ในตัวอย่างปลากะรังจุดฟ้า

	ไข่ปลา	ลูกปลา 1 นิ้ว	ลูกปลา 10 วัน
ซ้ำที่	ผลการตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจ
1	-ve	-ve	-ve
2	-ve	-ve	-ve
3	-ve	-ve	-ve
4	-ve	-ve	-ve
5	-ve	-ve	-ve
6	-ve	-ve	-ve
7	-ve	-ve	-ve
8	-ve	-ve	-ve
9	-ve	-ve	-ve
10	-ve	-ve	-ve
11	-ve	-ve	-ve
12	-ve	-ve	-ve
NC	-ve	-ve	-ve
PC	+ ve	+ve	+ve

หมายเหตุ: -ve = ไม่พบเชื้อ +ve = พบเชื้อ NC= negative control PC = positive control

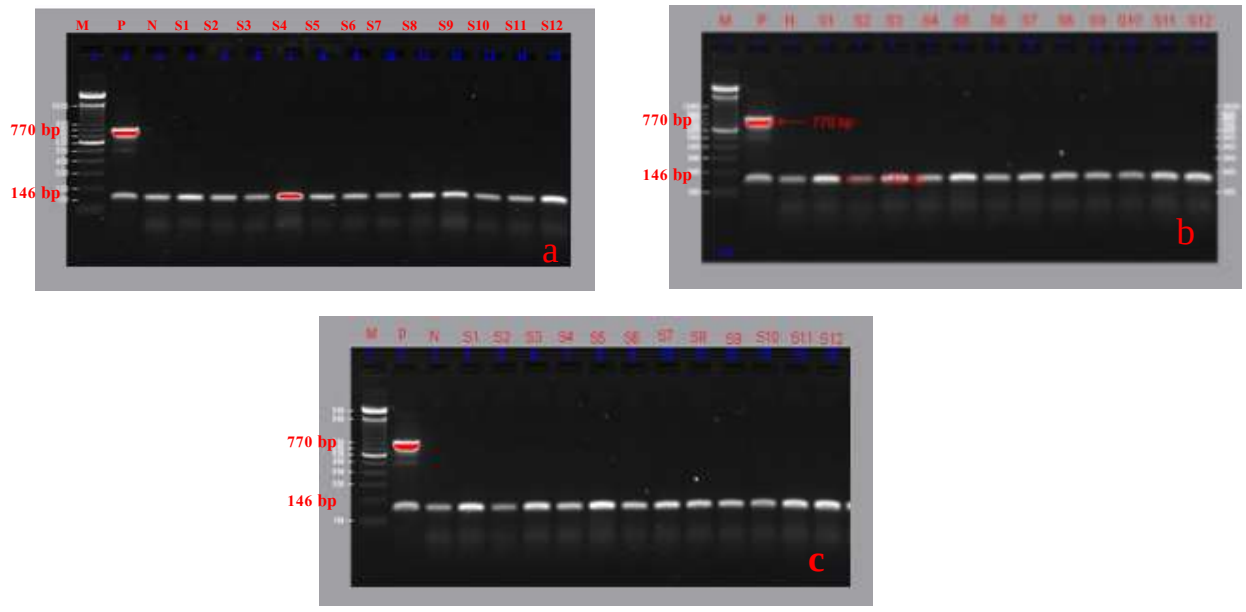
ตารางที่ 6 ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยวิธี one step RT-PCR ในตัวอย่างปลากะรังเสือ

	ไข่ปลา	ลูกปลา 10 วัน	ลูกปลา 1 นิ้ว
ซ้ำที่	ผลการตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจ
1	-ve	-ve	-ve
2	-ve	-ve	-ve
3	-ve	-ve	-ve
4	-ve	-ve	-ve
5	-ve	-ve	-ve
6	-ve	-ve	-ve
7	-ve	-ve	-ve
8	-ve	-ve	-ve
9	-ve	-ve	-ve
10	-ve	-ve	-ve
11	-ve	-ve	-ve
12	-ve	-ve	-ve
NC	-ve	-ve	-ve
PC	+ve	+ve	+ve

ตารางที่ 7 ผลการตรวจเชื้อก่อโรค VNN โดยวิธี one step RT-PCR ในตัวอย่างปลาหมอทะเล

	ไข่ปลา	ลูกปลา 10 วัน	ลูกปลา 1 นิ้ว
ซ้ำที่	ผลการตรวจ	ผลการตรวจ	ผลการตรวจ
1	-ve	-ve	-ve
2	-ve	-ve	-ve
3	-ve	-ve	-ve
4	-ve	-ve	-ve
5	-ve	-ve	-ve
6	-ve	-ve	-ve
7	-ve	-ve	-ve
8	-ve	-ve	-ve
9	-ve	-ve	-ve
10	-ve	-ve	-ve
11	-ve	-ve	-ve
12	-ve	-ve	-ve
NC	-ve	-ve	-ve
PC	+ve	+ve	+ve

หมายเหตุ: -ve = ไม่พบเชื้อ +ve = พบเชื้อ NC= negative control PC = positive control



ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพแถบแบน DNA ภายใต้แสงอุลตร้าไวโอเลตในปลากะรัง ระยะไข่ (a) อายุ 10 วัน (b) และลูกปลาขนาด 1 นิ้ว (c) ที่ไม่พบเชื้อก่อโรค VNN ในปลากะรังทั้ง 3 ระยะ M= Marker, P = Positive control 770 bp, N = Negative control, Internal control 146 bp S1- S12 = ตัวอย่างไข่ปลา (a) ตัวอย่างลูกปลาอายุ 10 วัน (b) และตัวอย่างลูกปลาขนาด 1 นิ้ว (c)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการนำเทคนิคการตรวจหาเชื้อไวรัสที่ก่อโรคในสัตว์น้ำ โดยใช้ปฏิกิริยาห่วงโซ่ polymerase (polymerase chain reaction) เข้ามาใช้เป็นที่ได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็วและให้ผลการทดสอบที่มีความแม่นยำ (Nishizawa *et al.*, 1994; สมพร, 2005) วิธีการตรวจวินิจฉัยที่คัดเลือกมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือวิธี reverse transciptase polymerase chain reaction (RT-PCR) โดยใช้ Primer ที่จำเพาะต่อเชื้อ NNV ที่ 770 เบส ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจเชื้อไวรัส VNN สายพันธุ์ที่พบในปลากะรังของประเทศไทย และมีความเหมาะสมในการตรวจหาเชื้อไวรัส VNN (Kanchanakhan *et al*., 2005) อย่างไรก็ตาม วิธีการตรวจที่นำมาใช้ยังขาดข้อมูลความไวของการทดสอบ (sensitivity) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธี และจากการทดสอบความไวของวิธีในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าสามารถตรวจสอบปริมาณสารพันธุกรรม (RNA) ต่ำสุดได้ 100 femtogram (fg) ซึ่งมีความไวเท่ากับวิธีของ Nishizawa *et al.* (1994) เมื่อเปรียบเทียบกลับเป็นปริมาณเชื้อในตัวอย่าง พบว่าปริมาณเชื้อต่ำสุดที่สามารถตรวจได้คือ 130 copies ซึ่งมีความไวสูงกว่าที่เคยรายงานโดย Mu *et al*. (2013) ที่พบว่า RT-PCR ตรวจเชื้อได้ต่ำสุด 200 copies

เมื่อนำ one step RT-PCR มาประยุกต์ใช้ในการตรวจเชื้อ VNN ในระบบการผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังจุดฟ้า ปลาหมอทะเล และปลากะรังเสือครั้งนี้ ไม่พบเชื้อ NNV ในระบบการผลิตปลากะรังทั้ง 3 ชนิด ทั้งในพ่อแม่พันธุ์ ไข่และลูกปลา ดังนั้นการนำเทคนิค one step RT-PCR มาใช้ในการตรวจวินิจฉัย จะช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรค VNN เนื่องจากไวรัสชนิดนี้มีการแพร่เชื้อในแนวดิ่งจากพ่อแม่สู่ลูก (OIE, 2005) การใช้พ่อแม่พันธุ์ปลาที่ปลอดเชื้อจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการป้องกันโรค โดยสามารถคัดเลือกปลาที่ปลอดเชื้อไวรัส เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกปลาปลอดเชื้อในรุ่นต่อไป เพื่อลดปัญหาในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ดังเช่นในประเทศ

ญี่ปุ่น และประเทศเกาหลี ที่ใช้เทคนิค PCR ในการตรวจสอบเชื้อ NNV ในพ่อแม่พันธุ์และไข่ปลา striped jack และปลา sevenband grouper ตามลำดับ (Harikrishnan *et al*., 2011)

การเปรียบเทียบความไวของวิธีการทดสอบด้วย one step RT-PCR และ real time PCR พบว่า ปริมาณเชื้อต่ำสุดที่ตรวจได้ด้วย real time PCR คือ 42 copies ซึ่งมีความไวของการตรวจสูงกว่า one step RT-PCR ดังนั้นควรนำเทคนิค real time PCR มาประยุกต์ใช้ในการตรวจเชื้อ VNN ในสัตว์น้ำที่มีมูลค่าสูงทางเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคัดกรองเชื้อในอนาคต ดังเช่นการศึกษาของ Kuo *et al*. (2011) ที่ใช้เทคนิค real time PCR ในการตรวจเชื้อ VNN ในปลากะรังที่เลี้ยงในประเทศไต้หวันซึ่งช่วยลดปัญหาการเกิดโรคในลูกปลาได้

เอกสารอ้างอิง

เยาวนิตย์ ดนยดล, สถาพร ดิเรกบุษราคม และกิจการ ศุภมาตย์. 2536. โรคอัมพาตในปลากะรังจุดน้ำตาล (*Epinephelus malabaricus*) เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 6/2536 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 11 หน้า.

สมพร รุ่งกำเนิดวงศ์. 2548. การแยกและคุณสมบัติของเชื้อไวรัสที่แยกได้จากปลากะรัง (*Epinephelus coioides*) ที่มีอาการอัมพาติ.วิทยานิพนท์วิทยาศาสตร์มหาบัญฑิต. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. นครศรีธรรมราช. 81 หน้า.

Donayadol, Y., Direkbusakum, S. and Supamattaya, K. 1995: Viral nervous necrosis in brown Spotted grouper, *Epinephelus malabaricus,* cultured in Thailand. *In:* Diseases in Asian Aquaculture II. (Shariff, M., Arthur, J.R. and Subasinghe, R. P. eds.), Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. p. 227-233.

Fish Marketing organization. http:// www.fmo.org.hk/index/lang_en/page_price-sea.

Harikrishnan, R, C. Balasundaram and M-S. Heo. 2011. Fish health aspects in grouper aquaculture. *Aquaculture.* 320(1-2): 1-21.

Kanchanakhan, S., Dalnayadol, Y. and Roongkamnertwongsa, S. 2005. Detection and identification of viral pathogens of grouper (*Epinephelus malabaricus*) cultured in Thailand. *In :* Recent Advance in Diagnosis and Prevention of Fish and Shrimp Diseases in Southeast Asia (Nagasawa, K. ed.), Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Iloilo, Philippines. p. 85-94.

Kuo, H, C., T. Y. Wang, P. P. Chen, Y. M. Chen, H, C., Chuang and T.Y. Chen. 2011. Real-Time Quantitative PCR Assays for Monitoring of Neverous Necrosis Virus Infection in Grouper Aquaculture. *Journal of Clinical Microbiology* 49 (3): 1090-1096.

Lio-Po, P. G. and de la Pena, L. D. 2004. Viral Diseases. *In*: Disease of Cultured Groupers, Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department, Tigbauan 5021, Iloilo, Philippenes. p. 3-18.

Mu, Y., K. Lin, X. Chen and J. Ao. 2013. Diagnosis of nervous necrosis virus in orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*, by a rapid and conventional RT-PCR method. *Acta Oceanologica Sinica* 32(10): 88-99.

Munday B. L., Kwang J. and Moody N. (2002). Betanodavirus infections of teleos fish: a review. *Journal of Fish Diseases* 25: 127-142.

Nakai, T., Nguyen. H. D., Nishizawa, T., Muroga, k., Arimoto, M. and Ootsuki, K. 1994. Occurrence of viral nervous necrosis in kelp grouper and tiger puffer. *Journal of fish Pathology*. 29: 211-212.

Nishizawa, T., Mori, K., Furuhashi, M., Nakai, T., Furusawa, I. and Moruga, K. 1994. Polymerase chain reaction (PCR) amplification of RNA of striped jck nervous necrosis virus (SJNNV). *Disease of Aquatic Organism.* 18: 103-107.

Office International des Epizooties (OIE). 2005. Viral encephalopathy and retinopathy. *In*: Aquatic animal health code (2005), ed. OIE, Paris, Part 2, Section 2.1., Chapter 2.1.7. Available on line at http://www.oie. Int/eng/norms/fcode/A_summry.htm

Roongkumnertwongsa, S., Kanchanakhan, S., Donayadon, Y. and Direkbusarakom. 2005. Indentification of a betanovirus isolated from viral nervous necrosis disease in red spotted grouper (*Epinephelus coioides*) culture in Thailand using PCR and sequence analysis. เข้าถึงจาก http://www.fisheries.go.th/cf-chan/paper/seminar-coastal-49/di16.htm

Sim, S. Y., Kongkeol, H. and Rimmer, M. 2005. Brief overview of recent grouper breeding developments in Thailand. *Aquaculture Asia Magazine*. 10: 24-26.

Tsuchihashi, Y., Kuriyama I., Kuromiya Y., Kashiwagi M. and Yoshioka M. 2002. Control of viral nervous necrosis (VNN) in seedling production of sevenband grouper, *Ephinephelus septemfasciatus*. *Suisanzoshoku* 50, 355-361 (in Japanese with English abstract).

Yashiro, R. 1996. Status of grouper breeding and culture in Thailand. Paper presented at the Workshop on Aquaculture of Coral Fishes and Sustainable Reef Fisheries. Sabandar Bay Resort, Tuaran,Sabah, Malaysia 4-8 December 1996. 17 pp.

ผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ต่ออัตรารอดตายและต้นทุน

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และวรรเพ็ญ คำมี
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือต่ออัตรารอดตายและต้นทุน แบ่งออกเป็น 3 ช่วงการทดลอง แต่ละช่วงการทดลองมี 3 ซ้ำ การทดลองช่วงที่ 1 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1 วัน ขนาดความยาวเหยียดลำตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.54±0.05 มิลลิเมตร ที่ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร ในบ่อคอนกรีตขนาดความจุ 12 ลูกบาศก์เมตร ให้โรติเฟอร์เป็นอาหารเป็นระยะเวลา 12 วัน ผลการทดลองพบว่า ลูกปลามีความยาวเหยียดลำตัวเฉลี่ย 6.32±0.15, 7.23±0.04 และ 7.04±0.14 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยลูกปลาที่ความหนาแน่น 24 ตัว/ลิตร มีการเจริญเติบโตดีกว่าที่ความหนาแน่น 14 ตัว/ลิตร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 17.07±0.65, 22.62±1.09 และ 19.73±1.07% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทุกระดับความหนาแน่น ส่วนผลผลิตอยู่ที่ 24,201, 54,296 และ 55,263 ตัว/บ่อ ต้นทุนการอนุบาล 2.89, 1.33 และ 1.31 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 3.32, 1.52 และ 1.50 บาท/ตัว ตามลำดับ สรุปได้ว่าที่ระดับความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด

การทดลองช่วงที่ 2 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 13 วัน ความยาวเหยียดลำตัวเริ่มต้น 6.52±0.22 มิลลิเมตร น้ำหนักเริ่มต้น 0.03±0.05 กรัม ที่ระดับความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ในถังพลาสติกชนิดหนา (PE) ขนาดความจุ 500 ลิตร ให้โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียเป็นอาหารเป็นระยะเวลา 28 วัน ผลการทดลองพบว่าลูกปลามีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 0.41±0.03, 0.45±0.10 และ 0.45±0.20 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเพิ่มขึ้น/วัน เฉลี่ย 0.01±0.02, 0.02±0.05 และ 0.02±0.01 กรัม ตามลำดับ อัตรารอดตายของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองเฉลี่ย 60.65±1.88, 84.49±0.47 และ 80.40±4.24% ตามลำดับ ซึ่งที่ความหนาแน่น 4 และ 6 ตัว/ลิตร ลูกปลามีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายดีกว่าที่ความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ที่ 8.57±0.81, 5.00±0.26 และ 3.21±057 ตามลำดับ ลูกปลาที่อนุบาลความหนาแน่น 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำและแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร ผลผลิตอยู่ที่ 501, 1,352 และ 1,929 ตัว/ถัง ต้นทุนการอนุบาล 34.06, 14.30 และ 11.24 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุน 39.16, 16.44 และ 12.92 บาท/ตัว ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าความหนาแน่นที่ 6 ตัว/ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด

การทดลองช่วงที่ 3 อนุบาลปลากะรังเสือ อายุ 41 วัน ความยาวเหยียดลำตัวเริ่มต้น 2.52±0.02 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้น 0.42±0.08 กรัม ที่ระดับความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร ตามลำดับ ในถังพลาสติกชนิดหนา (PE) ขนาดความจุ 170 ลิตร ให้เนื้อปลาบดเป็นอาหารเป็นระยะเวลา 40 วัน ผลการทดลองพบว่า ปลากะรังเสือในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 14.04±0.88, 11.00±0.35 และ 10.43±0.55 กรัม ความยาวเหยียดลำตัวสุดท้ายเฉลี่ย 8.58±0.06, 8.16±0.15 และ 7.95±0.25 เซนติเมตร น้ำหนักเพิ่มขึ้น/วัน เฉลี่ย 0.65±0.04, 0.50±0.01 และ 0.47±0.02 กรัม/วัน อัตรารอดตายเฉลี่ย 97.77±2.03, 93.33±1.33 และ 86.38±1.78% และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 7.78±0.66, 5.65±0.18 และ 3.11±0.35 ตามลำดับ ซึ่ง

ทุกพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกระดับความหนาแน่น ผลผลิตลูกปลาอยู่ที่ 74, 140 และ 194 ตัว/ถัง ต้นทุนการอนุบาล 238.13, 131.41 และ 99.29 บาท/ตัว จุดคุ้มทุน 273.84, 151.12 และ 114.18 บาท/ตัว ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าความหนาแน่นที่ 150 ตัว/100 ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: ปลากะรังเสือ ความหนาแน่น อัตรารอดตาย ต้นทุน

Effect of Stocking Density on Survival Rate and Cost in Nursing of Tiger Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

Paiboon Bunlipatanon and Wanpen Khammee
Krabi Coastal Fisheries Research and Development Center

Abstract

The study was carried out to evaluate the effects of varying stocking densities on survival rate and production cost for producing tiger grouper fingerling. The experiment was divided into 3 parts: 1) nursing 1 day-old larvae for 20 days, 2) nursing 13 days-old larvae for 28 days and 3) nursing 41 day-olds fry for 80 days. The varying stocking densities were assigned to three treatments each with three replicates.

In the first experiment, 1 day-old tiger grouper larvae with an initial mean length of 2.54±0.05 mm were reared in 12 m^3 concrete tanks at densities of 14, 24 and 28 fish/l and fed rotifers for 12 days. The results showed that the average final total length were 6.32±0.15, 7.23±0.04 and 7.04±0.14 mm, respectively. Statistical analysis showed the higher growth performances observed in the group reared at 24 fish/l than the 14 fish/l group. However, no significant difference ($p>0.05$) was found in 24 and 28 fish/l treatments. There were significant differences ($p<0.05$) in survival rates (17.07±0.65, 22.62±1.09 and 19.73±1.07%), respectively. Productions were 24,201, 54,296 and 55,263 fish/l. Nursing costs were 2.89, 1.33 and 1.31 baht/fish. Break even points were 3.32, 1.52 and 1.50 baht/fish, respectively. Therefore, the conclusion was that optimal stocking density for this rearing period was 28 fish/l.

In the second experiment, 13 days-old tiger grouper larvae with an initial mean length and weight of 6.52±0.22 mm and 0.034±0.05 g were reared in 500 l polyethylene (PE) tanks at 2, 4 and 6 fish/l and fed rotifers and artemia for 28 days. The results showed that average final body weights were 0.41±0.03, 0.45±0.10 and 0.45±0.20 g, respectively. Daily weight gain were 0.01±0.02, 0.02±0.05 and 0.02±0.01 g. Survival rates were 60.65±1.88, 84.49±0.47 and 80.40±4.24%, respectively. Among treatments, the lowest growth and survival rate were found at 2 fish/l but there were no significant differences among three treatments ($p>0.05$). Feed conversion ratios (8.57±0.81, 5.00±0.26 and 3.21±0.57, respectively) were significant different ($p<0.05$) among treatments. The best feed conversion ratio was found at 2 fish/l. Productions were 501, 1,352 and 1,929 fish/tank. Nursing costs were 34.06, 14.30 and 11.24 baht/fish. Break even point were 39.16, 16.44 and 12.92 baht/fish, respectively. The recommended stocking density for this rearing period was 6 fish/l.

In the third experiment, 41 day-olds tiger grouper fry with an initial mean length and weight of 2.52±0.02 cm and 0.42±0.08 g were reared in 170 l polyethylene (PE) tanks at 50, 100 and 150 fish/100 l and fed with minced fish for 40 days. The results showed that average

final body weights were 14.04±0.88, 11.00±0.35 and 10.43±0.55 g and final body lengths were 8.58±0.06, 8.16±0.15 and 7.95±0.25 cm respectively. Daily weight gain were 0.65±0.04, 0.50±0.01 and 0.47±0.02 g; survival rates were 97.77±2.03, 93.33±1.33 and 86.38±1.78%; feed conversion ratios were 7.78±0.66, 5.65±0.18 and 3.11±0.35, respectively. There were significant differences ($p<0.05$) among treatments in all parameters. Productions were 74, 140 and 194 fish/tank. Nursing costs were 238.13, 131.41 and 99.29 baht/fish. Break even points were 273.84, 151.12 and 114.18 baht/fish, respectively. This results showed that the optimal stocking density was 150 fish/100 l.

Key words: tiger grouper, stocking density, survival rate, cost

คำนำ

ปลากะรังเสือ (*Epinephelus fuscoguttatus*) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี จึงมีความเหมาะสมนำมาเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ สามารถจำหน่ายได้กิโลกรัมละประมาณ 300-400 บาท ทำให้ลูกปลาเป็นที่ต้องการของเกษตรกรเพื่อนำไปเลี้ยงในกระชังเพื่อจำหน่าย ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ได้ศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการผลิตลูกปลาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในระดับที่สามารถเพาะเลี้ยงในเชิงเศรษฐกิจได้ ปัจจุบันประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ แต่ยังมีปัญหาในการอนุบาลลูกปลาให้มีอัตรารอดตายสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะที่เป็นลูกปลาวัยอ่อนอายุ 1-12 วัน ปัจจัยหนึ่งที่นับว่ามีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการอนุบาลลูกปลาคือ ความหนาแน่นที่ใช้ในการอนุบาล สมหวัง และสนธิพันธ์ (2537) สรุปว่า ความหนาแน่นส่งผลกระทบชัดเจนต่ออัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน หากปล่อยในความหนาแน่นที่ต่ำเกินไปอัตราการเจริญเติบโตจะสูง แต่อาจไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ในทางตรงกันข้าม หากอนุบาลในความหนาแน่นมากเกินไปจะส่งผลให้การเจริญเติบโตช้า และเพิ่มอัตราการตายได้ นอกจากอัตราการปล่อยที่เหมาะสมยังมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา เช่น ชนิดของลูกปลา วิธีการอนุบาล ชนิดอาหาร การจัดการ ตลอดจนขนาดของลูกปลาที่ต้องการ (อุทัยรัตน์, 2535)

ในระบบการเลี้ยงปลาทะเลเชิงพาณิชย์ ระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงในแต่ละช่วงอายุ และอัตรารอดตาย (Roca and Main, 2012) และมีผลต่อการกินอาหารของปลา (Yousif, 2002) ทั้งนี้ การเลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการการเลี้ยงสัตว์น้ำ การจัดการคุณภาพน้ำและของเสีย (Shang, 1986) ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ประสบปัญหาลูกปลามีอัตรารอดตายต่ำในช่วงแรกของการอนุบาลโดยเฉพาะระยะแรกฟักจนถึงอายุ 7 วัน (อาคม และคณะ, 2546) สอดคล้องกับ Ismi *et al*. (2012) ที่รายงานว่า กลุ่มปลากะรังมีอัตรารอดตายค่อนข้างต่ำในระยะแรกของการอนุบาลลูกปลา ซึ่งความหนาแน่นของลูกปลาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตรารอดตาย นอกจากนี้ลูกปลาในช่วงอายุ 30-40 วัน มีอัตรารอดตายต่ำเช่นกัน เนื่องจากระยะนี้ปลามีการกินกันเอง (cannibalism) ทำให้ผลผลิตของการอนุบาลค่อนข้างต่ำ (Salari *et al*., 2012; Sugama *et al*., 2012)

จากการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลพบว่า ปลากะรังเสือวัยอ่อนที่ความหนาแน่น 10 ตัว/ลิตร (Sugama *et al*., 2012) ส่วนในปลากะรังหน้างอน (*Cromileptes altivelis)* ที่ความหนาแน่น 10-15 ตัว/ลิตร (Sugama *et al*., 1998) และการศึกษาของ Duray *et al*. (1997) พบว่าการอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดงวัยอ่อน *Epinephelus coioides* ในถังขนาด 500 ลิตร ที่ความหนาแน่น 20-30 ตัว/ลิตร ลูกปลามีการเจริญเติบโตดี และอัตรารอดตายสูง สำหรับการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 35 วัน (ความยาว 2 เซนติเมตร) ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 80 ลิตร ความหนาแน่นที่เหมาะสมคือ 3 ตัว/ลิตร (Salari *et al*., 2012) นอกจากนี้ Samad *et al*. (2014) รายงานว่าความหนาแน่นที่ 25 ตัว/100 ลิตร มีความเหมาะสมในการเลี้ยงปลากะรังดอกแดงขนาด 1-2 นิ้ว ในระบบน้ำหมุนเวียน

การศึกษาระดับความหนาแน่นของปลากะรังเสือแต่ละช่วงอายุในการอนุบาลที่แตกต่างกันจะทำให้ทราบถึงความหนาแน่นที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของลูกปลา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการการเลี้ยงปลากะรังเสือให้มีประสิทธิภาพ และมีต้นทุนต่ำ (Sugama *et al*. 2001) อีกทั้งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเลี้ยงปลากะรังเสือเชิงพาณิชย์ในอนาคต ทั้งนี้จะได้ขยายผลไปสู่เกษตรกรเพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลากะรังเสือในบ่อดินและกระชังต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือต่ออัตรารอดตายและการเจริญเติบโตแต่ละช่วงอายุ

2. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตในการอนุบาลปลากะรังเสือในแต่ละช่วงอายุ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองอนุบาลปลากะรังเสือแบ่งออกเป็น 3 ช่วงการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) และแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

การทดลองช่วงที่ 1 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่น 14 ตัว/ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่น 24 ตัว/ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร

การทดลองช่วงที่ 2 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 13-40 วัน ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร

การทดลองช่วงที่ 3 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่น 50 ตัว/100 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่น 100 ตัว/100 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่น 150 ตัว/100 ลิตร

การเตรียมอุปกรณ์

การเตรียมบ่อคอนกรีต ถังพลาสติกชนิดหนา polyethylene (PE) และปลาทดลอง ในแต่ละช่วงการทดลอง ดังนี้

ช่วงการทดลองที่ 1 อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 322 เซนติเมตร ความจุ 12 ลูกบาศก์เมตร ใส่น้ำ 10 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 9 บ่อ ใช้น้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในรูปของแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ ($Ca(OCl)_2$) 25-30 มิลลิกรัม/ลิตร ปล่อยลูกปลาชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 140,000 ตัว (14 ตัว/ลิตร) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 ปล่อยลูกปลาจำนวน 240,000 ตัว (24 ตัว/ลิตร) ชุดการทดลองที่ 3 ปล่อยลูกปลาจำนวน 280,000 ตัวต่อบ่อ (28 ตัว/ลิตร) ใส่หัวทรายพร้อมให้อากาศตลอดเวลา

ช่วงการทดลองที่ 2 อนุบาลในถังพลาสติกชนิดหนา polyethylene (PE) กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 เซนติเมตร ความจุ 500 ลิตร ใส่น้ำ 400 ลิตร จำนวน 9 ถัง ใช้น้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในรูปของแคลเซียมไฮโปคลอไรด์($Ca(OCl)_2$) 25-30 มิลลิกรัม/ลิตร ปล่อยลูกปลาชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 800 ตัว (2 ตัว/ลิตร) ชุดการทดลองที่ 2 จำนวน 1,600 ตัว (4 ตัว/ลิตร) และชุดการทดลองที่ 3 จำนวน 2,400 ตัว (6 ตัว/ลิตร) ใส่หัวทรายพร้อมให้อากาศตลอดเวลา

ช่วงการทดลองที่ 3 อนุบาลในถังพลาสติกชนิดหนา polyethylene (PE) กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 67 เซนติเมตร ความจุ 170 ลิตร ใส่น้ำ 150 ลิตร จำนวน 9 ถัง ใช้น้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ผ่านการฆ่า

เชื้อด้วยคลอรีนในรูปของแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ ($Ca(OCl)_2$) 25-30 มิลลิกรัม/ลิตร ปล่อยลูกปลาชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 75 ตัว (50 ตัว/100 ลิตร) ชุดการทดลองที่ 2 จำนวน 150 ตัว (100 ตัว/100 ลิตร) ชุดการทดลองที่ 3 จำนวน 225 ตัว (150 ตัว/100 ลิตร) ใส่หัวทรายพร้อมให้อากาศตลอดเวลา

การเตรียมอาหาร

ช่วงการทดลองที่ 1 การเตรียมคลอเรลลา โดยใช้บ่อคอนกรีตขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร เติมน้ำทะเลสะอาด และใส่หัวเชื้อคลอเรลลา อัตราส่วน 5 : 1 และเติมปุ๋ยสูตร 21-0-0 จำนวน 100 กรัม/น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร สูตร 16-20-0 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และสูตร 46-0-0 จำนวน 5 กรัม/น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร พร้อมใส่หัวทรายให้อากาศ เป็นระยะเวลา 4-5 วัน นำไปเลี้ยงโรติเฟอร์และอนุบาลลูกปลา

ช่วงการทดลองที่ 2 การเตรียมโรติเฟอร์และอาร์ทีเมีย รวบรวมโรติเฟอร์จากบ่อเลี้ยงโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาด้วยผ้ากรองขนาด 49 ไมครอน กรองผ่านผ้ากรองขนาด 100 ไมครอน ได้โรติเฟอร์ขนาด 80-90 ไมครอน เพื่อนำไปเป็นอาหารอนุบาลลูกปลาอายุ 3-5 วัน และนำโรติเฟอร์ทุกขนาดไปเป็นอาหารอนุบาลลูกปลาช่วงอายุ 6-12 วัน และช่วงอายุลูกปลา 13-20 วัน การเตรียมอาร์ทีเมียวัยอ่อน อาร์ทีเมียแรกฟักระยะ instar II เสริมด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (highly unsaturated fatty acid หรือ HUFA) โดยใช้น้ำมันสำเร็จรูป (EASY DHA Selco) ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำไปอนุบาลลูกปลา ส่วนอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยเสริมกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยใช้น้ำมันสำเร็จรูป (EASY DHA Selco) ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปอนุบาลลูกปลา

ช่วงการทดลองที่ 3 การเตรียมเนื้อปลาบด นำปลาหลังเขียวหรือปลาข้างเหลืองสดมาแล่เอาเฉพาะเนื้อนำไปบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับวิตามินรวมในอัตราส่วนวิตามิน 5 กรัมต่อเนื้อปลาบด 1 กิโลกรัม ก่อนนำไปอนุบาลลูกปลา

การให้อาหาร

ช่วงการทดลองที่ 1 ปลากะรังเสืออายุ 3-5 วัน ให้โรติเฟอร์ขนาด 80-90 ไมครอน ความหนาแน่น 5 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหารลูกปลาอายุ 6-12 วัน ให้โรติเฟอร์ทุกขนาด ความหนาแน่น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหารพร้อมทั้งใส่คลอเรลลาความหนาแน่น $2\text{-}3x10^3$ เซลล์/มิลลิลิตร ลงในบ่ออนุบาลเพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์

ช่วงการทดลองที่ 2 ปลากะรังเสืออายุ 13-20 วัน ให้โรติเฟอร์ทุกขนาดเป็นอาหาร ความหนาแน่น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร พร้อมใส่คลอเรลลา ความหนาแน่น $2\text{-}3 \times 10^3$ เซลล์/มิลลิลิตร เพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์ที่อยู่ในบ่ออนุบาลลูกปลา เมื่อลูกปลาอายุ 15 วัน เริ่มให้อาร์ทีเมียแรกฟักความหนาแน่น 2-3 ตัว/มิลลิลิตร เมื่อลูกปลาอายุ 25-40 วัน ให้กินอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยเป็นอาหารโดยให้อาร์ทีเมียวันละ 5 ครั้ง เวลา 08.00, 11.00, 13.00, 16.00 และ 18.00 นาฬิกา โดยช่วงแรกให้กินครั้งละน้อยๆ และเพิ่มปริมาณของอาร์ทีเมียตามอัตราการกินอาหารของลูกปลา

ช่วงการทดลองที่ 3 ให้เนื้อปลาบดเป็นอาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 และ 13.00 นาฬิกา ให้อาหารจนปลากินอิ่มโดยสังเกตว่าปลากินอาหารช้าลง

การเปลี่ยนถ่ายบ่ออนุบาล

ช่วงการทดลองที่ 1 การอนุบาลลูกปลาอายุ 1-5 วัน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อลูกปลาอายุ 6-12 วัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ 20% พร้อมดูดตะกอนที่ก้นบ่อ

ช่วงการทดลองที่ 2 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% พร้อมดูดตะกอนที่ก้นถังทุกวัน

ช่วงการทดลองที่ 3 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 80% พร้อมดูดตะกอนที่ก้นถังทุกวัน

การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

ช่วงการทดลองที่ 1 บันทึกการเจริญเติบโตโดยการวัดขนาดปลากะรังเสือ อายุ 1, 6 และ12 วัน และตรวจสอบการตายโดยนับจำนวนลูกปลาอายุ 6 และ 12 วัน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลต่างๆในชุดการทดลอง โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การคำนวณทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ช่วงการทดลองที่ 2 บันทึกการเจริญเติบโตโดยวัดความยาวลำตัวลูกปลาเริ่มต้น และเมื่อได้ขนาด 1 นิ้ว บันทึกจำนวนลูกปลาที่รอดตายโดยนับจำนวนปลากะรังเสือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนช่วงการทดลองที่ 3 สุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวปลาเริ่มต้นทดลอง และในสัปดาห์ที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ครั้งละ 20 ตัว โดยทำการสลบปลาด้วยน้ำมันกานพลูความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ก่อนชั่งน้ำหนักและวัดความยาว บันทึกข้อมูลทุกครั้งจนสิ้นสุดการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโต จดบันทึกข้อมูลน้ำหนักอาหารที่ให้เป็นอาหารปลาทุกครั้งเพื่อนำไปคำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ทั้งช่วงที่ 2 และ 3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลต่างๆในชุดการทดลอง โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การคำนวณทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

การเจริญเติบโต

น้ำหนักและความยาวเหยียดลำตัว บันทึกข้อมูลน้ำหนัก (body weight) และความยาวเหยียดของลำตัว (total length) เพื่อหาน้ำหนักและความยาวเหยียดเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน (average daily weight gain = ADG)

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด-น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

อัตราการรอดตาย (survival rate)

$$\text{อัตรารอดตาย (\%)} = \frac{(N1-N2) \times 100}{N1}$$

N1 = จำนวนปลาที่เริ่มต้น

N2 = จำนวนปลาที่ตายสะสมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

การศึกษาอาหารที่พบในกระเพาะอาหารลูกปลากะรังเสือ

การศึกษาปริมาณอาหารที่พบในกระเพาะอาหารลูกปลาในช่วงการทดลองที่ 1 โดยนำลูกปลากะรังเสืออายุ 3-12 วัน ซึ่งเป็นตัวอย่างสดไปส่องดูกระเพาะอาหารด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงเพื่อศึกษาปริมาณของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของปลากะรังเสือ

การศึกษาความสัมพันธ์ขนาดปากกับความยาวเหยียดลำตัว

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดปาก (mouth gap; MG) กับความยาวเหยียดของลำตัว (total length, TL) ของลูกปลาในช่วงการทดลองที่ 1 โดยวัดความยาวจากปลายจงอยปากจนถึงปลายครีบหาง

สำหรับการหาค่าความยาวเหยียดของลำตัว และวัดขนาดปากของลูกปลาโดยใช้วิธีของ Shirota (1970) เพื่อคำนวณหาความกว้างของปากที่ 90 องศา แล้ววิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของขนาดปากและความยาวเหยียดของลำตัว

วิธีการคำนวณขนาดปากของลูกปลา (mouth gap) (Shirota, 1970)

ขนาดปากของลูกปลา = $\sqrt{2}$ X ความยาวขากรรไกรบน

*ความยาวขากรรไกรบนกับล่างของปลากะรังเสือมีความยาวเท่ากัน

การศึกษาต้นทุนการผลิตแต่ละช่วงขนาด

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ตามวิธีของสมศักดิ์ (2530) ดังนี้

ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่

ต้นทุนผันแปร = ค่าพันธุ์ปลา + ค่าอาหาร +ค่าจ้างแรงงาน + ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ + ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน = ค่าเสียโอกาสในการนำเงินทุนไปประกอบกิจการอื่นๆ โดยคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากออมทรัพย์ 0.75% ต่อปี ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2557 (http://www.baac.or.th)

ค่าเสื่อมราคา = $\frac{\text{มูลค่าซื้อหรือสร้าง}}{\text{อายุการใช้งาน}}$

รายได้

รายได้ = ปริมาณผลผลิต x ราคาผลผลิต

จุดคุ้มทุนของราคาขาย (break-even price analysis) (บาท/ตัว)

จุดคุ้มทุนของการขาย = $\frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{ปริมาณผลผลิต}}$ + กำไร 15%

ผลการศึกษา

ผลการทดลองช่วงที่ 1 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน

การเจริญเติบโต

ปลากะรังเสือมีความยาวเหยียดลำตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 2.54$\pm$0.05 มิลลิเมตร เมื่ออนุบาลได้ 6 วัน ลูกปลาที่ความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร มีขนาดความยาวเฉลี่ย 2.78$\pm$0.16, 2.68$\pm$0.08 และ 2.59$\pm$0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกระดับความหนาแน่น เมื่ออนุบาลลูกปลาอายุได้ 12 วัน มีขนาดความยาวเหยียดลำตัวเฉลี่ย 6.32$\pm$0.15, 7.23$\pm$0.04 และ 7.04$\pm$0.14 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลูกปลาที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 24 และ 28 ตัว/ลิตร มีขนาดความยาวเหยียดลำตัวมากกว่าที่อนุบาลด้วยความหนาแน่นที่ 14 ตัว/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความยาวเหยียดลำตัวของปลากะรังเสืออายุ 6 และ 12 วัน ที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร

ชุดการทดลอง	ความยาวเหยียดลำตัว (มิลลิเมตร)	
	อายุ 6 วัน	อายุ 12 วัน
ความหนาแน่น 14 ตัว/ลิตร	2.78±0.16[a]	6.32±0.15[a]
ความหนาแน่น 24 ตัว/ลิตร	2.68±0.08[a]	7.23±0.04[b]
ความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร	2.59±0.05[a]	7.04±0.14[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

อัตรารอดตาย

ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 วัน มีอัตรารอดตาย 72.16±1.25, 66.99±3.87 และ 63.25±1.17% ตามลำดับ ลูกปลาที่อนุบาลในความหนาแน่น 14 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายสูงกว่า และแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับความหนาแน่นที่ 24 และ 28 ตัว/ลิตร เมื่อปลากะรังเสืออายุ 12 วัน ที่ความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตาย 17.07±0.65, 22.62±1.09 และ 19.73±1.07% ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ทุกระดับความหนาแน่น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตรารอดตายของปลากะรังเสืออายุ 6 และ 12 วัน ที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร

ชุดการทดลอง	อัตรารอดตาย (%)	
	อายุ 6 วัน	อายุ 12 วัน
ความหนาแน่น 14 ตัว/ลิตร	72.16±1.25[b]	17.07±0.65[a]
ความหนาแน่น 24 ตัว/ลิตร	66.99±3.87[a]	22.62±1.09[c]
ความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร	63.25±1.17[a]	19.73±1.07[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดปาก (MG) และความยาวเหยียด (TL) ลำตัว ลูกปลาอายุ 1-12 วัน

ปลากะรังเสืออายุ 3 วัน มีขนาดปาก 370.97±36.47 ไมครอน และมีขนาดปากเพิ่มขึ้นเป็น 914.11±79.41 ไมครอน เมื่อลูกปลาอายุ 12 วัน โดยขนาดปากลูกปลาเพิ่มขึ้นตามความยาวเหยียดลำตัวที่เพิ่มขึ้นจากอายุ 3 วัน ถึงอายุ 12 วัน (ตารางที่ 3) และลูกปลามีความกว้างปากที่สัมพันธ์กับความยาวเหยียดลำตัวดังสมการ

$C = -451.99 + 265.07\ TL,\ R^2 = 0.79$

เมื่อ C = ความกว้างปาก (ไมครอน)

TL = ความยาวเหยียดลำตัว (มิลลิเมตร)

ตารางที่ 3 ความยาวเหยียดลำตัว และขนาดปากของปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน

อายุลูกปลา (วัน)	ความยาวเหยียดลำตัว (มิลลิเมตร)	ความกว้างปาก (ไมครอน)
1	2.56±0.19	0
2	2.68±0.14	0
3	2.72±0.07	370.97±36.47
4	2.77±0.12	476.26±26.73
5	3.05±0.37	486.97±00.51
6	3.35±0.24	500.27±76.02
7	3.69±0.24	522.26±67.80
8	4.08±0.46	726.01±91.66
9	4.37±0.28	746.59±30.68
10	4.72±0.14	768.82±75.40
11	5.07±0.25	843.62±53.92
12	5.38±0.43	914.11±79.41

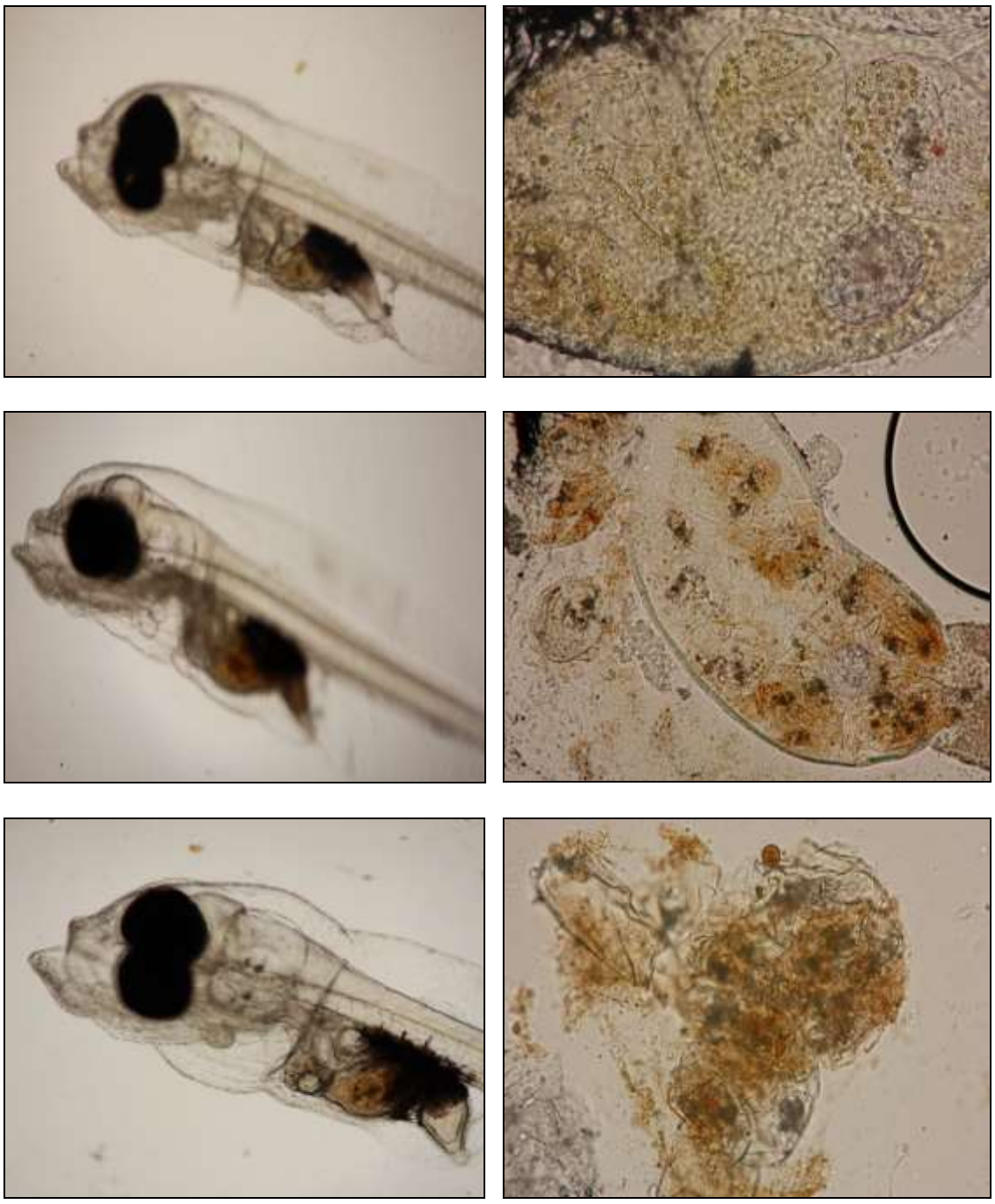
อาหารที่พบในกระเพาะอาหารปลากะรังเสือ

ปลากะรังเสืออายุ 3 วัน พบโรติเฟอร์ในกระเพาะอาหารจำนวน 2-4 ตัว และปริมาณโรติเฟอร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุของลูกปลา (ตารางที่ 4, ภาพที่ 1, 2 และ 3)

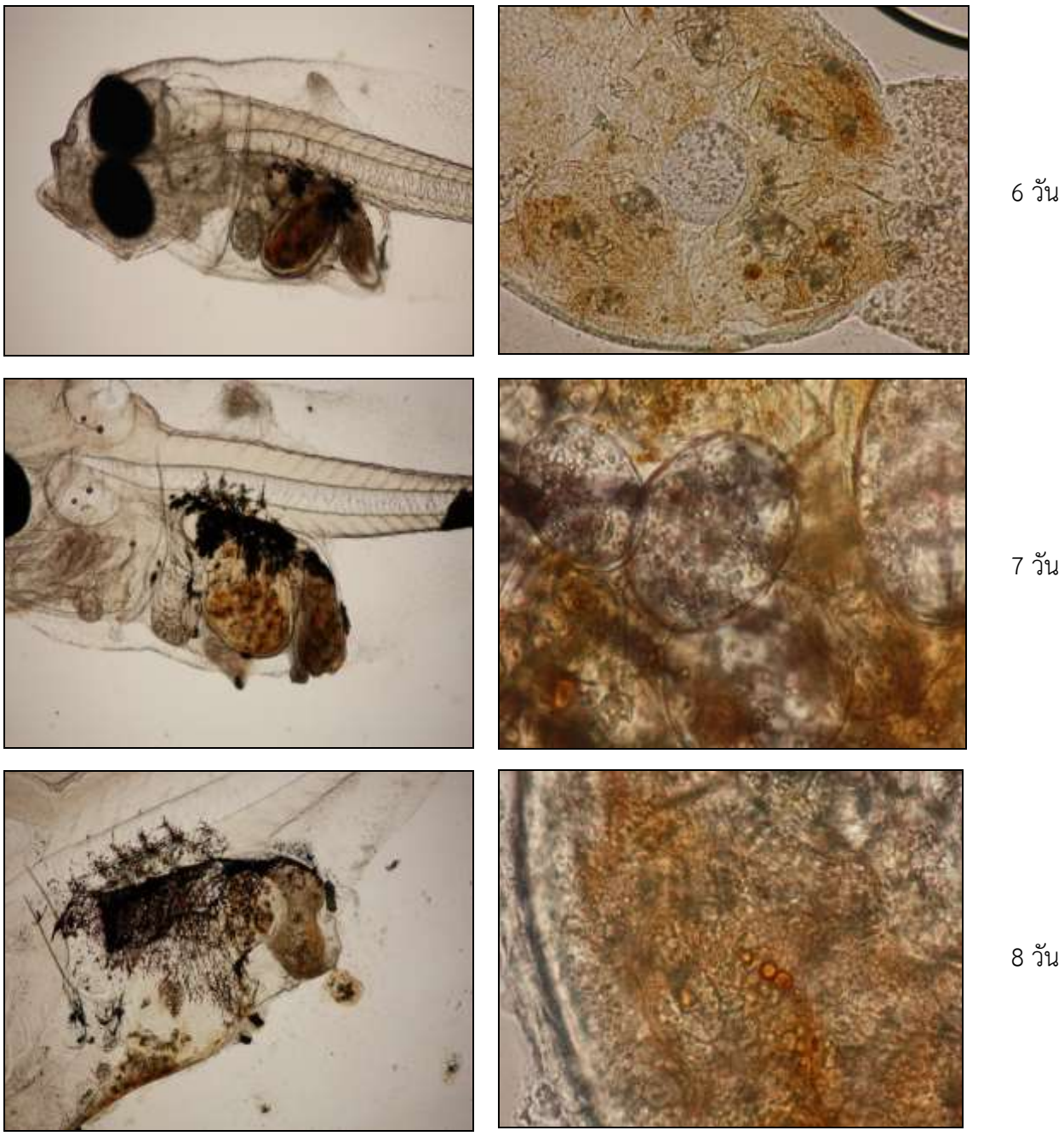
ตารางที่ 4 จำนวนโรติเฟอร์ที่พบในกระเพาะอาหารปลากะรังเสือ

อายุลูกปลา (วัน)	จำนวนโรติเฟอร์ในกระเพาะอาหารลูกปลา (ตัว)
3	2-4
4	4-7
5	10-13
6	10-14
7	14-15
8-12	นับจำนวนไม่ได้*

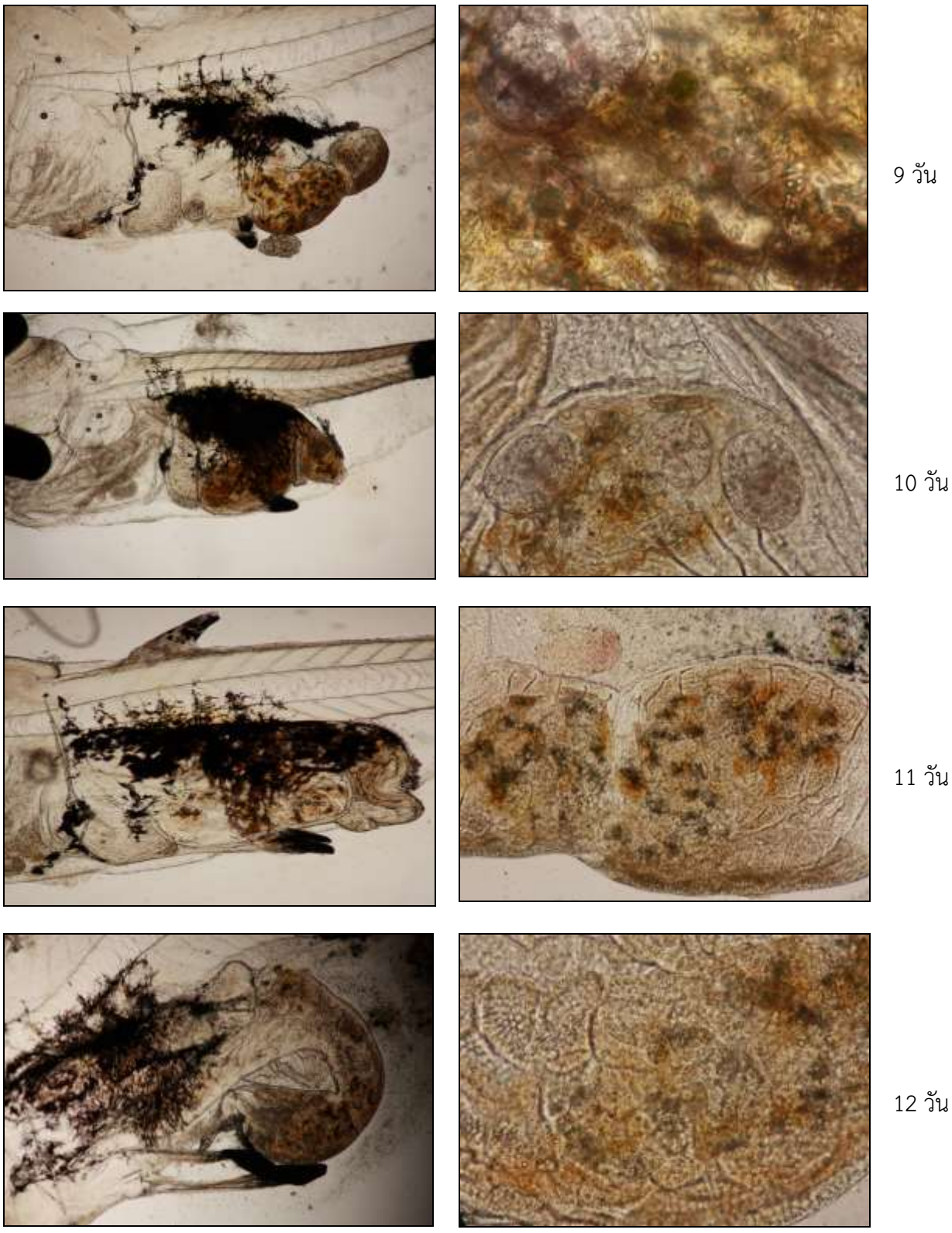
หมายเหตุ: * ผนังกระเพาะอาหารของลูกปลามีสีทึบทำให้มองไม่เห็นโรติเฟอร์ที่อยู่ภายในกระเพาะอาหาร



ภาพที่ 1 โรติเฟอร์ที่พบในกระเพาะอาหารปลากะรังเสืออายุ 3, 4 และ 5 วัน



ภาพที่ 2 โรติเฟอร์ที่พบในกระเพาะอาหารปลากะรังเสืออายุ 6, 7 และ 8 วัน



ภาพที่ 3 โรติเฟอร์ที่พบในกระเพาะอาหารปลากะรังเสืออายุ 9, 10, 11 และ 12 วัน

ต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน

ต้นทุนทั้งหมดของการอนุบาลปลากะรังเสือด้วยความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร อยู่ที่ 69,952.99, 71,728.20 และ 72,441.33 บาท/บ่อ โดยแบ่งเป็นต้นทุนผันแปร 84.90, 85.27 และ 85.42% ต้นทุนคงที่ 15.10, 14.73 และ 14.58% ตามลำดับ ต้นทุนการอนุบาล 2.89, 1.33 และ 1.31 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุนของการอนุบาลปลากะรังเสืออยู่ที่ 3.32, 1.52 และ1.50 บาท/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน ที่ความหนาแน่นต่างกัน

	ความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)					
	14		24		28	
	บาท/บ่อ	%	บาท/บ่อ	%	บาท/บ่อ	%
ต้นทุนผันแปร						
ค่าพันธุ์ปลา	2,000	2.86	3,428.50	4.77	4,000	5.52
ค่าอาหารปลา	478	0.68	818.18	1.14	954.54	1.32
ค่าแรงงาน	14,604	20.88	14,604	20.36	14,604	20.16
ค่าสารเคมี อุปกรณ์	14,360	20.53	14,360	20.02	14,360	19.82
ค่าสาธารณูปโภค	27,500	39.31	27,500	38.33	27,500	37.96
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	448.80	0.64	455.33	0.63	460.60	0.64
รวมต้นทุนผันแปร	59,390.81	84.90	61,166.01	85.27	61,879.18	85.42
ต้นทุนคงที่						
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์	10,483.57	15.00	10,483.57	14.63	10,483.57	14.48
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	78.62	0.10	78.62	0.10	78.62	0.10
รวมต้นทุนคงที่	10,562.19	15.10	10,562.19	14.73	10,562.19	14.58
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด	69,952.99	100	71,728.20	100	72,441.33	100
จำนวนลูกปลาที่ผลิตได้ (ตัว)	24,201		54,296		55,263	
ต้นทุนทั้งหมดต่อตัว(บาท/ตัว)	2.89		1.33		1.31	
จุดคุ้มทุนของการขาย(บาท/ตัว)	3.32		1.52		1.50	

หมายเหตุ: 1 ค่าพันธุ์ปลา (คิดจากไข่ปลากะรังเสือ 1,000,000 ฟอง ราคา 10,000 บาท อัตราฟัก 70%)

2 ค่าอาหารปลา (คิดเป็นค่าปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ผลิตแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารสำหรับลูกปลากะรังเสือ

3 ระยะการอนุบาล 12 วัน

4 ค่าแรงงานคิดจากอัตราค่าจ้างนักวิชาการประมง (จ้างเหมา) 1 คน อัตราวันละ 350 บาท จำนวน 12 วัน เจ้าพนักงานประมง (พนักงานราชการอายุงาน 8 ปี ฐานเงินเดือน 13,800 บาท) เฉลี่ยอัตราวันละ 460 บาท 1 คน จำนวน 12 วัน พนักงานผู้ช่วยประมง (พนักงานราชการอายุงาน 7 ปี ฐานเงินเดือน 12,210 บาท) เฉลี่ยอัตราวันละ 407 บาท 1 คน จำนวน 12 วัน

5 จุดคุ้มทุนบวกกำไร 15% เนื่องจากระยะการเลี้ยงสั้น

6 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน คิดจากอัตราดอกเบี้ยออมทรัพย์ 0.75% ต่อปี ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2557 (http://www.baac.or.th)

ผลการทดลองช่วงที่ 2 อนุบาลปลากะรังเสือ อายุ 13–40 วัน

การเจริญเติบโต

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.41±0.03, 0.45±0.10 และ 0.45±0.20 กรัม ตามลำดับ ส่วนความยาวเหยียดลำตัวเฉลี่ย 2.68±0.12, 2.81±0.17 และ 2.79±0.01 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น น้ำหนักและความยาวเหยียดลำตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร อยู่ที่ 0.01±0.02, 0.02±0.05 และ 0.02±0.01 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกระดับความหนาแน่น (ตารางที่ 6)

อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตาย 60.65±1.88, 84.49±0.47 และ 80.40±4.24% ตามลำดับ ลูกปลาที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายสูงกว่าและแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับที่ความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังเสือที่อนุบาลความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร เฉลี่ยอยู่ที่ 8.57±0.81, 5.00±0.26 และ 3.21±0.57 ตามลำดับ ลูกปลาที่อนุบาลความหนาแน่น 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำและแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับความหนาแน่นที่ 2 ตัว/ลิตร (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังเสือที่อนุบาลในถังพลาสติกขนาดความจุ 500 ลิตร ด้วยความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร

	ความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
	2	4	6
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.03±0.05	0.03±0.05	0.03±0.05
ความยาวเหยียดลำตัวเริ่มต้น (มิลลิเมตร)	6.52±0.22	6.52±0.22	6.52±0.22
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	0.41±0.03[a]	0.45±0.10[a]	0.45±0.20[a]
ความยาวเหยียดลำตัวสุดท้าย (เซนติเมตร)	2.68±0.12[a]	2.81±0.17[a]	2.79±0.01[a]
น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มต่อวัน (กรัม/วัน)	0.01±0.02[a]	0.02±0.05[a]	0.02±0.01[a]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	8.57±0.81[b]	5.00±0.26[a]	3.21±0.57[a]
อัตรารอดตาย (%)	60.65±1.88[a]	84.49±0.47[b]	80.40±4.24[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลผลิต และต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 13-40 วัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลผลิตของปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีจำนวน 501, 1,352 และ 1,929 ตัว ต้นทุนทั้งหมดของการอนุบาลปลากะรังเสือ อยู่ที่ 17,066.23, 19,346.58 และ 21,687.97 บาท/ถัง โดยแบ่งเป็นต้นทุนผันแปร 80.15, 82.49 และ 84.38% ต้นทุนคงที่ 19.85, 17.51

และ 15.62% ต้นทุนการอนุบาล 34.06, 14.30 และ 11.24 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุนการอนุบาลปลากะรังเสือที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร อยู่ที่ 39.16, 16.44 และ 12.92 บาท/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 13–40 วัน ที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร

	ความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)					
	2		4		6	
	(บาท/ถัง)	%	(บาท/ถัง)	%	(บาท/ถัง)	%
ต้นทุนผันแปร						
ค่าพันธุ์ปลา	2,080	12.18	4,160	21.50	6,240	28.77
ค่าอาหารปลา	196.81	1.15	380.18	1.97	624.14	2.87
ค่าแรงงาน	9,800	57.42	9,800	50.65	9,800	45.18
ค่าสารเคมี อุปกรณ์	100	0.61	100	0.52	100	0.49
ค่าสาธารณูปโภค	1,400	8.20	1,400	7.24	1,400	6.45
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	101.82	0.59	118.80	0.61	136.23	0.62
รวมต้นทุนแปร	13,678.63	80.15	15,958.98	82.49	18,300.37	84.38
ต้นทุนคงที่						
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์	3,362.39	19.70	3,362.39	17.38	3,362.39	15.50
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	25.21	0.15	25.21	0.13	25.21	0.12
รวมต้นทุนคงที่	3,387.60	19.85	3,387.60	17.51	3,387.60	15.62
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด	17,066.23	100	19,346.58	100	21,687.97	100
ผลผลิตลูกปลา (ตัว)	501		1,352		1,929	
ต้นทุนทั้งหมดต่อตัว (บาท/ตัว)	34.06		14.30		11.24	
จุดคุ้มทุนของการขาย(บาท/ตัว)	39.16		16.44		12.92	

หมายเหตุ: 1 ค่าพันธุ์ปลาตัวละ 2.60 บาท (ราคาตามประกาศกรมประมงนิ้วละ 10 บาท)
2 ค่าอาหารปลา (คิดจากค่าอาร์ทีเมียแรกฟักที่เป็นอาหารสำหรับปลากะรังเสือ)
3 ระยะเวลาอนุบาล 28 วัน
4 ค่าแรงงานคิดจากอัตราค่าจ้างนักวิชาการประมง 1 คน (จ้างเหมา) อัตราวันละ 350 บาท จำนวน 28 วัน
5 จุดคุ้มทุนบวกกำไร 15% เนื่องจากระยะการเลี้ยงสั้น
6 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน คิดจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากออมทรัพย์ 0.75% ต่อปี ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2557 (http://www.baac.or.th)

ผลการทดลองช่วงที่ 3 อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน

การเจริญเติบโต

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักของปลากะรังเสือที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร มีค่าเฉลี่ย 14.04±0.88, 11.00±0.35 และ10.43±0.55 กรัม (ตาราง ที่ 8) และมีความยาวเหยียดลำตัวเฉลี่ย 8.58±0.06, 8.16±0.15 และ 7.95±0.25 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9) โดยลูกปลาที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 50 ตัว/100 ลิตร มีน้ำหนักและความยาวเหยียดลำตัวสุดท้ายแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับทุกระดับความหนาแน่น

ตารางที่ 8 น้ำหนักของปลากะรังเสือที่อนุบาลในถังพลาสติกความจุ 170 ลิตร ด้วยความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักของลูกปลา (กรัม) ความหนาแน่น (ตัว/100 ลิตร)		
	50	100	150
0	0.42±0.08	0.42±0.08	0.42±0.08
55	2.02±0.16[a]	2.09±0.10[a]	2.17±0.30[a]
69	7.23±0.39[b]	5.67±0.29[a]	5.88±0.39[a]
80	14.04±0.88[b]	11.00±0.35[a]	10.43±0.55[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 ความยาวเหยียดลำตัวของปลากะรังเสือที่อนุบาลในถังพลาสติกความจุ 170 ลิตร ด้วยความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร

ระยะเวลา (วัน)	ความยาวเหยียดลำตัวของลูกปลา (เซนติเมตร) ระดับความหนาแน่น (ตัว/100 ลิตร)		
	50	100	150
0	2.52±0.02	2.52±0.02	2.52±0.02
55	4.33±0.11[a]	4.44±0.06[a]	4.56±0.20[a]
69	6.90±0.13[b]	6.42±0.15[a]	6.52±0.22[a]
80	8.58±0.06[b]	8.16±0.15[a]	7.95±0.25[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเพิ่มขึ้นของปลากะรังเสือที่อนุบาลความหนาแน่น 50, 100 และ150 ตัว/100 ลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.65±0.04, 0.50±0.01 และ 0.47±0.02 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยปลากะรังเสือที่อนุบาลความหนาแน่น 50 ตัว/100 ลิตร มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย/วัน แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับทุกระดับความหนาแน่น (ตารางที่ 10)

อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 97.77±2.03, 93.33±1.33 และ 86.38±1.78% ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร มีค่าเฉลี่ย 7.78±0.66, 5.65±0.18 และ 3.11±0.35 ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกระดับความหนาแน่น (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังเสือที่อนุบาลในถังพลาสติกความจุ 170 ลิตร ด้วยระดับความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร

	ความหนาแน่น (ตัว/100 ลิตร)		
	50	100	150
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	0.42±0.08	0.42±0.08	0.42±0.08
ความยาวเหยียดลำตัวเริ่มต้น (เซนติเมตร)	2.52±0.02	2.52±0.02	2.52±0.02
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	14.04±0.88^{b}	11.00±0.35^{a}	10.43±0.55^{a}
ความยาวเหยียดลำตัวสุดท้าย (เซนติเมตร)	8.58±0.06^{b}	8.16±0.15^{a}	7.95±0.25^{a}
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม/วัน)	0.65±0.04^{b}	0.50±0.01^{a}	0.47±0.02^{a}
อัตรารอดตาย (%)	97.77±2.03^{c}	93.33±1.33^{b}	86.38±1.78^{a}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	7.78±0.66^{c}	5.65±0.18^{b}	3.11±0.35^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลผลิต และต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วันลูกปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลผลิตของลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร มีจำนวน 74, 140 และ194 ตัว/ถัง ตามลำดับ ต้นทุนทั้งหมดของการอนุบาลปลากะรังเสือที่แต่ละความหนาแน่นอยู่ที่ 17,621.80, 18,398.43 และ 19,263.85 บาท/ถัง โดยแบ่งเป็นต้นทุนผันแปร 88.53, 89.01 และ 89.51% ต้นทุนคงที่ 11.47, 10.99 และ 10.49% ต้นทุนการอนุบาล 238.13, 131.41 และ 99.29 บาท/ตัว และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 273.84, 151.12 และ 114.18 บาท/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน ที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร

	ความหนาแน่น (ตัว/100 ลิตร)					
	50		100		150	
	(บาท/ถัง)	%	(บาท/ถัง)	%	(บาท/ถัง)	%
ต้นทุนผันแปร						
ค่าพันธุ์ปลา	750	4.26	1,500	8.15	2,250	11.68
ค่าอาหารปลา	64.40	0.36	82.35	0.45	194.33	1.00
ค่าแรงงาน	14,000	79.45	14,000	76.10	14,000	72.68
ค่าสารเคมี อุปกรณ์	60	0.34	60	0.33	60	0.31
ค่าสาธารณูปโภค	610	3.46	610	3.32	610	3.17
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	116.13	0.66	121.32	0.66	128.35	0.67
รวมต้นทุนผันแปร	15,600.53	88.53	16,377.26	89.01	17,242.68	89.51
ต้นทุนคงที่						
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์	2,006.23	11.39	2,006.23	10.91	2,006.23	10.42
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	15.04	0.08	15.04	0.08	15.04	0.07
รวมต้นทุนคงที่	2,021.27	11.47	2,021.17	10.99	2,021.17	10.49
รวมต้นทุนทั้งหมด	1,7621.80	100	18,398.43	100	19,263.85	100
ผลผลิต(ตัว)	74		140		194	
ต้นทุนทั้งหมดต่อตัว (บาท/ตัว)	238.13		131.41		99.29	
จุดคุ้มทุนของราคาขาย(บาท/ตัว)	273.84		151.12		114.18	

หมายเหตุ: 1 ค่าพันธุ์ปลาขนาด 1 นิ้ว ราคานิ้วละ 10 บาท (ราคาตามประกาศกรมประมง)
2 ค่าอาหารปลา (คิดจากค่าเนื้อปลาบดและวิตามิน)
3 ระยะเวลาอนุบาล 40 วัน
4 ค่าแรงงานคิดจากอัตราค่าจ้างนักวิชาการประมง 1 คน (จ้างเหมา) อัตราวันละ 350 บาท จำนวน 40 วัน
5 จุดคุ้มทุนบวกกำไร 15% เนื่องจากระยะการเลี้ยงสั้น
6 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน คิดจากอัตราดอกเบี้ยออมทรัพย์ 0.75%/ปี ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2557 (http://www.baac.or.th)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน (ขนาด 2.50-6.50 มิลลิเมตร) ด้วยความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร พบว่า ที่ความหนาแน่น 24 ตัว/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด สูงกว่าที่ความหนาแน่น 14 ตัว/ลิตร แต่ไม่แตกต่างกับความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร และความหนาแน่น 24 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายดีที่สุด สอดคล้องกับการอนุบาลลูกปลากะรัง *Epinephelus suillus* ความหนาแน่นที่เหมาะสม 20-30 ตัว/ลิตร ลูกปลามีการเจริญเติบโตดีและอัตรารอดตายสูง (Duray *et al*., 1997) โดยลูกปลาขนาดเล็กที่อนุบาลด้วยความหนาแน่นสูงจะกินอาหารได้ดี ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายดีกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยความหนาแน่นต่ำ แต่ต้องมีการให้อาหารอย่างเพียงพอ ไม่เช่นนั้นปลาจะแย่งกันกินอาหารที่มีจำกัด อาจทำให้การเจริญเติบโตลดลงได้ (Salama, 2007) ลูกปลากะรังเสือหลังจากอายุ 6 วัน มีอัตรารอดตายต่ำมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาของอาคม และคณะ (2546) ที่พบว่าลูกปลากะรังเสือมีอัตรารอดตายต่ำในช่วงอายุ 6-7 วัน เช่นเดียวกับลูกปลากะรังดอกแดงอายุ 1-15 วัน มีอัตราการตายสูงถึง 80% (ไพบูลย์ และคณะ, 2545) และลูกปลากะรัง *Epinephelus marginatus* ช่วงอายุ 9-15 วัน มีอัตราการตายสูง (Cunha *et al*., 2009) เช่นกัน ซึ่งลูกปลาระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง มีการพัฒนาของหนาม (spine) ยื่นยาวออกมาทำให้ไปเกี่ยวพันกับปลาตัวอื่นอาจเป็นสาเหตุให้มีการตายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ลูกปลากะรังระยะนี้อาจตายเนื่องจากภาวะ shock syndrome รวมทั้งการมีลำตัวผิดรูปร่างอันเป็นผลมาจากความผิดปกติทางพันธุกรรมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย การว่ายน้ำ ความต้านทานต่อความเครียด และการติดเชื้อโรคของลูกปลา (Boglione *et al*., 2009) อาจเป็นสาเหตุให้ลูกปลามีการตายเพิ่มขึ้น และการศึกษาโครงสร้างภายในของลำไส้ปลากะรังเสือภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน(TEM) ของกรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์ (ติดต่อส่วนตัว) มีความเป็นไปได้ว่าลูกปลากะรังเสือมีการติดเชื้อแบคทีเรียบริเวณลำไส้เมื่อลูกปลาอายุ 3-8 วัน อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลูกปลามีอัตราการตายสูง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดปากและความยาวเหยียดเฉลี่ยของปลากะรังเสือพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r=0.79 แสดงให้เห็นว่าขนาดปากของลูกปลาและความยาวเหยียดลำตัวมีความสัมพันธ์กัน ขนาดปากลูกปลาเพิ่มขึ้นตามความยาวลำตัวและพัฒนาการของลูกปลา นั่นคือ เมื่อลูกปลามีอายุมากขึ้น ขนาดปากจะมีขนาดกว้างขึ้นด้วย เช่นเดียวกับขนาดปากของลูกปลาการ์ตูนลายปล้องมีความสัมพันธ์กับความยาวเหยียดเมื่อลูกปลามีขนาดโตขึ้น (สหภพ, 2531) โดยการศึกษาครั้งนี้พบว่าลูกปลากะรังเสืออายุ 3 วัน ปากมีขนาด 370.97±36.47 ไมครอน ซึ่งใกล้เคียงกับปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* ที่อายุ 3 วัน ปากมีขนาดกว้าง 370.47±17.28 ไมครอน (ปริญญา และคณะ, 2555) เช่นเดียวกับปลากะรัง *E. marginatus* ที่มีขนาดปากเริ่มเปิดระหว่าง 250-300 ไมครอน (Glamuzina *et al*., 1998) สำหรับอาหารมีชีวิตในกระเพาะอาหารลูกปลากะรังเสือเมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบโรติเฟอร์ในกระเพาะอาหารของลูกปลาตั้งแต่อายุ 3 วัน และจำนวนโรติเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของลูกปลา ซึ่งลูกปลากะรังเสือและลูกปลากะรังชนิดอื่นๆ เริ่มกินอาหารหลังจากปากเปิดแล้ว จึงควรให้อาหารลูกปลาตั้งแต่ปากปลาเริ่มเปิดเพื่อที่ปลาจะมีอาหารกินทันที เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการพัฒนาอวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้อย่างต่อเนื่อง (ปริญญา และคณะ, 2555) และจำเป็นที่ต้องให้อาหารที่มีขนาดเหมาะสมกับปากเพื่อให้ปลากินได้และมีอาหารกิน อันจะเป็นผลให้ลูกปลามีอัตรารอดตายและการเจริญเติบโตดี เพื่อส่งผลให้การอนุบาลลูกปลากะรังมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและมีอัตรารอดตายสูง (ไพบูลย์ และคณะ, 2545; ธวัช และคณะ, 2547; ชัชวาล และคณะ, 2548; Duray *et al*., 1997; Ismi *et al*., 2012; Sugama *et al*., 2012)

การอนุบาลลูกปลากะรังในระยะนี้ จำเป็นต้องให้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการตามความต้องการของลูกปลา เพื่อทำให้พัฒนาการเร็วและอัตรารอดตายเพิ่มมากขึ้น การให้อาหารมีชีวิต ได้แก่ โคพีพอดระยะ nauplii

ที่มีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็นได้แก่ EPA และDHA ในปริมาณสูง (Stottrup, 1993; Drillet *et al*., 2006) มีผลให้มีอัตรารอดตายเพิ่มมากขึ้น ในโคพีพอดมีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็นในปริมาณ 23.75-44% ขึ้นอยู่กับชนิดของโคพีพอด (Toledo *et al*., 1999) แต่สูงกว่าในโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลามีกรดไขมันที่จำเป็นเพียง 12% (Boonyaratpalin, 1999) สอดคล้องกับลูกปลากะรังดอกแดงระยะเริ่มกินอาหารชอบกินโคพีพอดระยะ nauplii มากกว่าโรติเฟอร์ และมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าลูกปลาที่ไม่ได้กินโคพีพอดระยะ nauplii ซึ่งเป็นอาหารที่มีความเหมาะสมในการอนุบาลปลาทะเล (Toledo *et al*., 1997; Toledo *et al*., 1999) การให้โคพีพอดร่วมกับโรติเฟอร์เป็นอาหารลูกปลากะรัง *Epinephelus merra* ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยรุ่นได้ดี (Jagadis *et al*., 2011) และทำให้ลูกปลากะรังจุดฟ้า (coral trout) *Plectropomus leopardus* มีการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายดี (Melianawati *et al*., 2013)

ส่วนการทดลองอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 13-40 วัน(ขนาด 6.50 มิลลิเมตร ถึง 2.50 เซนติเมตร) ในถังพลาสติกขนาดความจุ 500 ลิตร ที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร พบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายดีกว่าที่ความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับลูกปลากะรังเสืออายุ 35 วัน ที่อนุบาลความหนาแน่น 3 และ 5 ตัว/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายดีกว่าที่ความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Salari *et al*.,2012) ซึ่งลูกปลากะรัง *Epinephelus marginatus* อายุ 25-33 วัน เป็นระยะการพัฒนาก่อนเข้าสู่ระยะวัยรุ่น จึงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำตัวและเจริญเติบโตค่อนข้างรวดเร็ว (Cunha *et al*., 2009) จึงทำให้ไม่พบการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

สำหรับการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41–80 วัน (ขนาด 1 ถึง 3 นิ้ว) ในถังพลาสติกขนาดความจุ 170 ลิตร ที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร เป็นระยะเวลา 40 วัน พบว่าปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50 ตัว/100 ลิตร มีการเจริญเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุด รองลงมาที่ความหนาแน่น 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร ตามลำดับ โดยน้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเหยียดลำตัวเฉลี่ยเริ่มแสดงความแตกต่างทางสถิติหลังจากอนุบาลเป็นระยะเวลา 69 วัน แสดงให้เห็นว่าเมื่ออนุบาลลูกปลาเป็นระยะเวลานานขึ้น การอนุบาลปลากะรังเสือที่ความหนาแน่นสูง (100 และ 150 ตัว/100 ลิตร) ส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตลดลง เช่นเดียวกับ Samad *et al*. (2014) เลี้ยงปลากะรังดอกแดงระยะวัยรุ่นที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน พบว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงมีผลต่อการกินอาหารของลูกปลาทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลง และ Kristiansen *et al*. (2004) เลี้ยงปลาซีกเดียว (halibut) ระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นสูงทำให้ปลากินอาหารลดลง เป็นผลให้เจริญเติบโตช้าลงด้วย เนื่องจากความหนาแน่นของปลาในการเลี้ยงสูงมีผลต่อคุณภาพน้ำ ทำให้ปลากินอาหารได้น้อยลงและส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลง (Ellis *et al*., 2002) ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ในลักษณะผกผันของการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของสัตว์น้ำที่ขึ้นอยู่กับระดับความหนาแน่นของสัตว์น้ำที่เลี้ยง นั่นคือ เมื่อเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยความหนาแน่นที่สูงขึ้น การเจริญเติบโตของปลาลดลง เนื่องจากกำลังผลิต (carrying capacity) ของสถานที่เลี้ยงมีจำกัด หรือมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ (Ambeker and Doyle, 1990; Robinson and Doyle, 1990; Wang et *al*., 2000) และ Pickering (1993) กล่าวว่า สภาวะที่มีปลาอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นทำให้เกิดการแย่งอาหาร อากาศหายใจ และที่อยู่อาศัย พฤติกรรมความเป็นเจ้าถิ่นและการครอบครองอาณาเขต (territorial behavior) ภาวะเช่นนี้ก่อให้เกิดความเครียด (stress) ในตัวปลา ซึ่งความเครียดนี้อาจเป็นลักษณะความเครียดแบบเรื้อรัง ที่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้าลง

อัตรารอดตายปลากะรังเสือขนาด 1 ถึง 3 นิ้ว ที่อนุบาลความหนาแน่น 150 ตัว/100 ลิตร มีอัตรารอดตายต่ำที่สุด เช่นเดียวกับปลาหมอทะเล ขนาด 2.5 นิ้ว ความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายต่ำกว่าที่ความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 ตัว/ลิตร (อาคม และวรรเพ็ญ, 2556) และ Chua and Teng (1979) เลี้ยงปลา

กะรังดอกดำ *Epinephelus malabaricus* ที่ความหนาแน่น 90 และ 120 ตัว/ลูกบาศก์เมตร พบมีอัตราการตายสูงกว่าที่ความหนาแน่น 30 และ 60 ตัว/ลูกบาศก์เมตร เนื่องจากลูกปลาระยะนี้เมื่อเลี้ยงมีความหนาแน่นมากเกินไปจะกินกันเอง ทำให้มีอัตรารอดตายต่ำลง ทั้งนี้ปลากะรังดอกแดงที่เลี้ยงความหนาแน่นสูงมีภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงและความต้านทานเชื้อโรคของปลาลดลง เนื่องมาจากปลาเกิดความเครียด (เจนจิตต์และคณะ, 2551) Iguchi *et al*. (2003) รายงานการเลี้ยงปลา Ayu (*Plecoglossus altivelis*) ที่ความหนาแน่นสูงมีอัตราการตายมากกว่า และมีปริมาณฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) สูงกว่าปลาที่เลี้ยงความหนาแน่นต่ำ ทั้งนี้การเลี้ยงปลาความหนาแน่นสูงทำให้ปลาเกิดความเครียด จึงหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอลออกมาตอบสนองต่อความเครียดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ภูมิคุ้มกันลดต่ำลง (Ashley, 2007)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังเสืออายุ 13-40 วัน (ขนาด 6.50 มิลลิเมตร ถึง 2.50 เซนติเมตร) ลดต่ำลงเมื่อความหนาแน่นของปลาเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน (ขนาด 1 ถึง 3 นิ้ว) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Salari *et al*. (2012) ที่อนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 35 วัน ที่ความหนาแน่น 5 ตัว/ลิตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าที่ความหนาแน่น 1 และ 3 ตัว/ลิตร เช่นเดียวกับปลาหมอทะเลขนาด 2.5 นิ้ว ความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าที่ความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 ตัว/ลิตร (อาคม และวรรเพ็ญ, 2556) และนิพนธ์ และคณะ (2551) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะรังหงส์วัยรุ่นที่เลี้ยงความหนาแน่น 50 และ 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ความหนาแน่นสูง ลูกปลามีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำ ซึ่งผลของการเลี้ยงมีแนวโน้มเหมือนกับการเลี้ยงปลากะรังดอกแดงระยะวัยรุ่น (Samad *et al*., 2014) เนื่องจากกลุ่มปลากะรังมีพฤติกรรมกินอาหารเป็นกลุ่ม ทำให้แย่งกันกินอาหารจึงกินได้มาก และใช้พลังงานส่วนใหญ่ในการเจริญเติบโต (Ismi *et al*., 2012)

ต้นทุนและผลผลิตของการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน (ขนาด 2.50-6.50 มิลลิเมตร) ที่ความหนาแน่น 14, 24 และ 28 ตัว/ลิตร มีผลผลิต 24,201, 54,296 และ 55,263 ตัว/บ่อ รายละเอียดต้นทุนการอนุบาลปลากะรังเสือในบ่อทั้ง 3 ความหนาแน่น แสดงให้เห็นว่าการอนุบาลปลากะรังเสือในความหนาแน่น 28 ตัว/ลิตร มีผลผลิตสูงสุด (55,263 ตัว/บ่อ) และมีจุดคุ้มทุนการอนุบาลต่ำสุด (1.50 บาท) และต้นทุนผันแปรจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น และในการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน (ขนาด 2.50 ถึง 6.50 มิลลิเมตร) ที่ความหนาแน่น 28 ตัว/ต่อลิตร มีความเหมาะสมที่สุด

ส่วนผลผลิตของปลากะรังเสืออายุ 13-40 วัน (ขนาด 6.50 มิลลิเมตร ถึง 2.50 เซนติเมตร) ที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีผลผลิต 501, 1,352 และ 1,929 ตัว/ถัง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการอนุบาลปลากะรังเสือที่ความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีผลผลิตสูงสุด ส่วนต้นทุนผันแปรจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น จุดคุ้มทุนการอนุบาลที่ความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าต่ำสุด ในการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ13-40 วัน(ขนาด 6.50 มิลลิเมตร ถึง 2.50 เซนติเมตร) ที่ความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด

สำหรับการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 41-80 วัน (ขนาด 1 ถึง 3 นิ้ว) ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร มีผลผลิต 74, 140 และ 194 ตัว/ถัง ตามลำดับ โดยต้นทุนผันแปรในการผลิต มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นตามลำดับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน จุดคุ้มทุนของการเลี้ยงที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/100 ลิตร อยู่ที่ 273.84, 151.12 และ 114.18 บาท/ตัว ตามลำดับ โดยพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 150 ตัว/100 ลิตร มีค่าต่ำสุด Shang (1986) กล่าวว่าการเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยบ่อเลี้ยงปลาสามารถให้ผลผลิตได้สูงสุดระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำนั้นๆ และจะต้องมีที่ว่างสำหรับปลาอาศัยอยู่อย่างเพียงพอ รวมทั้งการบริหารจัดการคุณภาพน้ำและ

ของเสียด้วย ในการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการอนุบาลปลากะรังเสือที่ความหนาแน่น 150 ตัว/100 ลิตร มีความเหมาะสมที่สุด

อย่างไรก็ตาม ควรหาวิธีการในการลดต้นทุนการผลิตลงอีก โดยเฉพาะต้นทุนด้านอาหาร ด้วยการพัฒนาสูตรอาหารปลากะรังเสือให้มีต้นทุนต่ำ และปลาสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีอัตรารอดตายสูง โดยใช้วัสดุทดแทนที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีปริมาณมากพอในท้องถิ่น รวมถึงพัฒนาประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงและอนุบาลลูกปลาจนสามารถผลิตลูกปลาที่มีราคาถูกมาจำหน่ายแก่เกษตรกร

ข้อเสนอแนะ

ช่วงวิกฤตที่สุดในการอนุบาลปลากะรังเสือ คือช่วงอายุ 1-12 วัน มีอัตราการตายสูง หากสามารถวิจัยหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการอนุบาลลูกปลากะรังวัยอ่อนระยะนี้ให้มีประสิทธิภาพ มีอัตรารอดตายที่สูงขึ้น จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับการเพิ่มผลผลิตการเพาะพันธุ์ปลากะรังเสือในอนาคต ดังนั้นควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อหาสาเหตุการตายของลูกปลาที่เกี่ยวข้องกับพยาธิสภาพในปลากะรังเสือวัยอ่อน นอกจากนี้ควรตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ในบ่ออนุบาลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และอัตรารอดตายต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์. 2557. ติดต่อส่วนตัว

เจนจิตต์ คงกำเนิด, เพ็ญศรี บุญตามช่วย และจำเริญศรี พวงแก้ว. 2551. การตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะและความต้านทานเชื้อ *Vibrio vulnificus* ในปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides* Hamilton, 1822) ที่เลี้ยงในความหนาแน่นต่างกัน 2 ระดับ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 17 หน้า.

ชัชวาล วุฒิเมธี, ธวัช ศรีวีระชัย และจุฑารัตน์ ศิริสมบัติ. 2548. อนุบาลลูกปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* วัยอ่อนอายุ 2-25 วัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 56/2548. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 17 หน้า.

นิพนธ์ เสนอินทร์, เรณู ยาชิโร และนที ขุนราม. 2551. ผลของความเค็มและความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลากะรังหงส์, *Cromileptes altivelis* (Valenciennes, 1828) วัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์.http://www.coastalaqua.com/research. December 7, 2012.

ธวัช ศรีวีระชัย, ชัชวาล วุฒิเมธี และจุฑารัตน์ ศิริสมบัติ. 2547. คัพภะและการพัฒนาการของปลากะรังจุดฟ้า *Plectropomus leopardus* เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 27 หน้า.

ปริญญา สุทธินนท์, วราห์ เทพาหุดี, อภิชาต เติมวิชชากร, เรณู ยาชิโร, เมธี แก้วเนิน และพุธชพล สุวรรณชัย. 2555. พัฒนาการและความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างปากกับความยาวลำตัวของลูกปลากะรังจุดฟ้า (*Plectropomus leopardus* Lacepide, 1802). Graduate Research Conference 2012, หน้า 63-76.

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์, สมเจตน์ รัตนชู, พิกุล ไชยรัตน์ และปริศนา คลิ้งสุขคล้าย. 2545. ปัจจัยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพันธุ์ปลากะรังดอกแดง *Epinephelus coioides* (Hamilon) เชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 31/2544. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 51 หน้า.

สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม. โอเอส พริ้นติ้งเฮาส์. กรุงเทพมหานคร. 240 หน้า.

สมหวัง พิมลบุตร และสนธิพันธ์ ผาสุกดี. 2537. การอนุบาลลูกปลาม้าด้วยความหนาแน่นต่างระดับ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 49/2537. กองประมงน้ำจืด กรมประมง. 26 หน้า.

สหภพ ดอกแก้ว. 2531. การพัฒนาเทคนิคการอนุบาลปลาการ์ตูนลายปล้อง *Amphiprion clarkii* Bennett, 1830). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 170 หน้า.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2535. การเพาะขยายพันธุ์ปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 239 หน้า.

อาคม สิงหบุญ, ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และสามารถ เดชสถิตย์. 2546. พัฒนาการคัพภะและลูกปลาวัยอ่อนของปลาเก๋าเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775). เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 30 หน้า.

อาคม สิงหบุญ และวรรเพ็ญ คำมี. 2556. ผลของความหนาแน่น ความถี่การให้อาหาร และความเค็มต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของลูกปลาหมอทะเล (*Epinephelus lanceolatus* Bloch, 1790) วัยรุ่น. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2556. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 21 หน้า.

Ambeker, E. E. and R. W. Doyle. 1990. Repeatability of relative size of individuals under communal stocking: implication for size-grading in aquaculture, **In:** Hirono, R. and I. Hanyo (eds). The South East Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society. Manila, Phillipines. p. 991.

Ashley, P. J. 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behavior Scicence*. 104: 199-235.

BAAC. http://www.baac.or.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 เดือนมกราคม พ.ศ. 2558

Boglione, C., G. Marino, M. Giganti, A. Longobardi, P. De Marzi, and S. Cataudella. 2009. Skeletal anomalies in dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) juveniles reared with different methodologies and larval densities. *Aquaculture* 29: 48-60.

Boonyaratpalin, M. 1999. Nutritional requirements of grouper (*Epinephelus* spp.). In: Report of the APEC/NACA Cooperative Grouper Aquaculture Workshop. 7-9 April 1999. Hat Yai, Thailand. p. 119-126.

Chua T. E. and S. K. Teng. 1979. Relative growth and production of the estuary, *Epinephelus malabaricus,* under different stocking densities in floating net-cages. *Marine Biology* 54: 363-372.

Cunha, M. E., H. Quental, A. Barradas, P. Pousao-Ferreira, E. Cabrita and S. Engrola. 2009. Rearing larvae of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), (Pisces: Serranidae) in a semi-extensive mesocosm. *Scientia Marina*: 201-212.

Drillet, G., G. Jorgensen, N. O. F. Sorensen, T. H. Ramlov and W. B. Hansens, 2006. Biochemical and technical observations supporting the use of copepods as live feed organisms in marine larviculture. *Aquaculture Research* 37: 756-772.

Duray, M. N., C. B. Estudillo, and L. G. Alpasan, 1995. Optimum stocking density and tank size for larval rearing of the grouper *Epinephelus coioides*. **In:** Proceedings of the 4th Asian Fisheries Forum October 1995, Beijing, China. 16-20.

Duray, M. N., C. B. Estudillo, and L. G. Alpasan, 1997. Larval rearing of the grouper *Epinephelus suillus* under laboratory conditions. *Aquaculture* 150: 63-76.

Ellis, T., B. North, A. Scott, N. Bromage, M. Porter, and D. Gadd, 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Biol*. 61: 493-531.

Glamuzina, B., B. Skaramuca, N. Glavic, V. Kozul, J. Dulcic and M. Kraljevic. 1998. Egg and early larval development of laboratory reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Picies, Serranidae). *Sci. Mar*. 62(4): 373-378.

Iguchi, K., K. Ogawa, M. Nagae, and F. Ito. 2003. The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). *Aquaculture* 220: 515-523.

Ismi S., T. Sutarmat, N. A. Giri, M.A. Rimmer, R. M. J. Knuckey, A. C. Berding. and K. Sugama. 2012. Nursery Management of grouper: a best-practice manual. *ACIAR Monograph No. 150*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australian 44 pp.

Jagadis, I., B Ignatius, D. Kandasami, and M. D. Ajmal Khan. 2011. Larval rearing trials of the honeycomb grouper *Epinephelus merra* Bloch under laboratory conditions. *Indian J. Fish* 58(4): 33-37.

Kristianssen, T. S. A. Ferno, J. C. Holm, L. Privitera, S. Bakke, and J. E. Fosseidengen. 2004. Swimming behaviour as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared at three stocking densities. *Aquaculture* 230: 137-151.

Melianawati, R., N. W. W., Astuti, and K., Suwirya. 2013. The use of copepods to improve juveniles production of coral trout *Plectropomus leopardus* (Lacepede, 1802). *Middle-East Journal of Scientific Research* 16(2): 237-244.

Pickering, A. D. 1993. Growth and Stress in fish production. *Aquaculture* 111: 51-59.

Robinson, B. W. and R. W. Doyle. 1990. Phenotype correlation among behavior and growth variable in tilapia: Implication for domestication selection *Aquaculture* 85: 177-186.

Roca, C. Y. and K. L., Main, 2012. Improving larval culture and rearing techniques on common snook (*Centropomus undecimalis*). **In**: Muchlisin, Z. (Ed.), *Aquaculture* 187- 216.

Salari, R., C. R., Saad, M. S., Kamarudin, and H., Zokaelfar. 2012. Effect of different stocking densities on tiger grouper juvenile (*Epinephelus fuscoguttatus*) growth and a comparative study of the flow-through and recirculating aquaculture systems. *African J.of Agricultural Research* 7(26): 3765-3771.

Salama, A. J. 2007. Effects of stocking density on fry survival and growth of Asian sea bass (*Lates calcarifer*). *JKAU Mar. Sci*. 18: 53-61.

Samad, A. P. A., N. F., Hua and L. M., Chou. 2014. Effects of stocking densities on growth and feed utilization of grouper (*Epinephelus coioides*) reared in recirculation and flow-through water system. *Afr. J. Agric. Res*. 9(9): 812-822.

Shang, Y. C. 1986. Pond production systems: Stocking Practices in Pond Fish Culture. **In:** James, E. L., R. O. Smitherman and G. Tehobanoglous (eds.). Principle and Practices of Pond Aquaculture. Oregon State University Press, Corvallis, Oragon USA. p. 85-86.

Shirota, A. 1970. Studies on the mouth size of fish larvae. *Bull. Jap. Sci. fish.* 36(4): 353-368.

Stottrup, J. G. 1993. First feeding in marine fish larvae: nutritional and environmental aspects. Walther, B.T.and Fyhn, H.J. (eds). *Physiological and biochemical aspects on fish development*. Bergen, Norway. p. 123-131.

Sugama K., M. A. Rimmer, S. Ismi, I. Koesharyani, K. Suwirya, N. A. Giri, and V. R. Alava. 2012. Hatchery Management of Tiger Grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*): a best-practice manual. *ACIAR Monograph No. 149*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 66 pp.

Sugama, K., Tridjoko, B., Slamet, S. Ismi, E., Setiadi, E. and Kawahara, S. 2001. *Manual for the* Seed Production of Humpback Grouper*, Cromileptes altivelis*. Gondol Research Institute for Mariculture Central Research Institute for Sea Exploration and Fisheries, Ministry of Marine Affairs and Fisheries, and Japanese International Cooperation Agency. 37 pp.

Sugama, K. Wardoyo, D. Rohaniawan and H. Matsuda. 1998. Technology for mass production of *Cromileptes altivelis*. **In**: Seminar Lolitkanta-JICA ATA-379. Denpasar, 6-7 August 1998. p. 71-88.

Toledo, J. D., S. N. Golez, M. Doi, and A. Ohno. 1997. Food selection in early grouper, *Epinephelus coioides* larvae reared by the semi-intensive method. *Suisanzoshoku* 45: 327-337.

Toledo, J. D., S. N. Golez, M. Doi, and A. Ohno. 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. *Fisheries Science* 65: 390-397.

Yousif, O. M. 2002. The effects of stocking density, water exchange rate, feeding frequency and grading on size hatchery development in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis miloticus* L. *Emir, J. Agric. Sci.* 14: 45-53.

Wang, N., R. S. Hayward and D. B. Noltie. 2000. Effects of social interaction on growth of Juvenile hybrid sunfish held at two densities. *North American Journal of Aquaculture* 62: 161-167.

ผลของผลิตภัณฑ์กรดไขมันและสาหร่ายขาวต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อความเครียดของลูกปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

อาคม สิงหบุญ วรรเพ็ญ คำมี และไพบูลย์ บุญลิปตานนท์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์กรดไขมันและสาหร่ายขาวต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความทนทานต่อความเครียดของลูกปลากะรังเสือ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 ทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสือด้วยอาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์กรดไขมัน 4 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ A, B, C ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร และสาหร่ายขาว (*Schizochytrium limacinum*) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเริ่มการทดลอง ลูกปลามีความยาวเฉลี่ย 0.54±0.08 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.013±0.001 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีขนาดความยาวเฉลี่ย 2.62±0.69, 2.54±0.58, 2.45±0.45 และ 2.54±0.55 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.49±0.40, 0.33±0.21, 0.31±0.17 และ 0.33±0.22 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในด้านการเจริญเติบโตทั้งขนาดความยาว และน้ำหนัก แต่ลูกปลาในชุดการทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ A มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุด (68.40±10.50%) แตกต่างกับลูกปลาในชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) นอกจากนี้ การทดสอบความทนทานของลูกปลาต่อเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 ส่วนในพัน เป็น 0 ส่วนในพัน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A และ B มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 96.66±10.50, 93.33±5.77% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ C และสาหร่ายขาว อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ลูกปลาจากทุกชุดการทดลองที่ถูกแช่ในฟอร์มาลิน (37% ฟอร์มาลดีไฮด์) ความเข้มข้น 100 ส่วนในล้าน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีอัตรารอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) ส่วนลูกปลาที่สัมผัสกับอากาศ เป็นระยะเวลา 5 วินาที ในชุดการทดลองที่ให้อาหารเสริมผลิตภัณฑ์ A (อัตรารอดตาย 100%) มีความทนทานต่อการสัมผัสกับอากาศได้ดีกว่าในชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีองค์ประกอบของกรดไขมันรวมในปริมาณ 46,394.15, 19,804.47, 41,623.59 และ 475.16 มิลลิกรัม/100 กรัม DHA ปริมาณ 77.01, 32.87, 69.09 และ 0.79 มิลลิกรัม/100 กรัม EPA ปริมาณ 876.10, 373.99, 786.02 และ 8.97 มิลลิกรัม/100 กรัม ARA ปริมาณ 262.08, 111.87, 235.13 และ 2.68 มิลลิกรัม/100 กรัม และไขมันรวมในปริมาณ 48.82, 20.84, 43.80 และ 0.50 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีองค์ประกอบของกรดไขมันรวมในปริมาณ 18,015.03, 12,980.03, 12,264.98 และ 14,045.59 มิลลิกรัม/100 กรัม DHA ในปริมาณ 507.41, 233.65, 569.81 และ 23.31 มิลลิกรัม/100 กรัม EPA ปริมาณ 795.37, 330.07, 361.81 และ 265.24 มิลลิกรัม/100 กรัม และ ARA ปริมาณ 124.55, 91.74, 96.30 และ 79.34 มิลลิกรัม/100 กรัม และไขมันรวมในปริมาณ 1.94, 1.32, 1.30 และ 1.42 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ช่วงที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ A เพื่อเสริมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือ โดยทดลองความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเริ่มการทดลอง ลูกปลามีความยาวเฉลี่ย 0.87±0.11 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.18±0.25 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาในชุดการ

ทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีความยาวเฉลี่ย 2.11±0.24, 3.08±0.13, 3.25±0.15, 3.22±0.06 และ 3.18±0.08 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.14±0.04, 0.43±0.06, 0.44±0.07, 0.50±0.03 และ 0.47±0.04 กรัม ตามลำดับ ลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียไม่เสริมผลิตภัณฑ์ A มีการเจริญเติบโตทั้งขนาดความยาวและน้ำหนักน้อยกว่าลูกปลาในชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่การเจริญเติบโตของลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ลูกปลาในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุด (49.89±1.50%) ซึ่งมากกว่าลูกปลาในชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) นอกจากนี้ การทดสอบความทนทานของลูกปลาต่อเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 ส่วนในพัน เป็น 0 ส่วนในพัน เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ปรากฏว่า ลูกปลาในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 และ 75 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 73.33±30.55 และ 68.33±25.66%, ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ลูกปลาในทุกชุดการทดลองที่ถูกแช่ในฟอร์มาลินความเข้มข้น 100 ส่วนในล้าน เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง หรือสัมผัสกับอากาศเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีอัตรารอดตาย 100% ซึ่งไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ปรากฏว่า มีองค์ประกอบของไขมันรวมในปริมาณ 559.13, 966.39, 1,013.30, 824.01 และ 889.98 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-3 ปริมาณ 6.18, 34.20, 41.72, 27.92 และ 19.99 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-6 ปริมาณ 2.86, 33.29, 39.05, 38.28 และ 29.55 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-9 ปริมาณ 171.68, 377.22, 382.66, 249.07 และ 340.63 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

อาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง มีองค์ประกอบของไขมันรวมในปริมาณ 1,083.80 และ 720.72 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมันชนิด n-3 ปริมาณ 54.70 และ 39.78 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-6 ปริมาณ 37.35 และ 26.01 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-9 ปริมาณ 388.16 และ 261.25 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า อาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสือ เนื่องมีปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดมากกว่าที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

คำสำคัญ: กรดไขมัน การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความทนทานต่อความเครียด ลูกปลากะรังเสือ วัยอ่อน

Effects of Fatty Acid Products and White Algae *Schizochytrium limacinum* on Growth, Survival Rate and Stress Tolerance of Tiger Grouper Larvae *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)

Arkom singhabun, Wanpan Kummee and Paiboon Bunlipatanon
Krabi Coastal Fisheries Research and Development Center

Abstract

Effects of fatty acid products and white algae on growth, survival rate and stress tolerance of tiger grouper larvae were studied. The experiments were divided into 2 sections. The 1st section was to select the suitable fatty acid products, and the 2nd section to determine the suitable concentration for promotion of growth, survival rates and stress tolerance of early larval stages. In the 1st experiment, tiger grouper larvae were fed artemia enriched with four types of product, the product A, B, C with concentration of 50 mg/l and white algae *Schizochytrium limacinum* at 100 mg/l. The average length and weight of larvae were 0.05±0.08 cm and 0.13±0.01 g, respectively. When experiment terminated, average length of larvae nursing with product A, B, C and the white algae were 2.62±0.69, 2.54±0.58, 2.45±0.45 and 2.54±0.55 cm, and average weight were 0.49±0.40, 0.33±0.21, 0.31±0.17 and 0.33±0.22 g respectively. The results showed no significant differentces ($p>0.05$) among treatments. Survival rate of the larvae fed artemia enriched with product A (68.40±10.50%) was significantly higher than those in other treatments ($p<0.05$). Moreover, stress tolerance test of fish exposed to freshwater for 1 h showed that the fish given artemia enriched with product A and B gained the survival rates of 96.66±10.50 and 93.33±5.77%, respectively which were significantly higher than those in other two treaments. ($p<0.05$). The survival rates of fish exposed to formalin (37% formaldehyde) concentration of 100 ppm for 1 h were not significantly different from each other ($p>0.05$). Exposure of fish to the air for 5 sec. revealed that the group given artemia with product A was most tolerant where the survival rate (100%) was significantly higher than those of other groups ($p<0.05$).

Analysis of fatty acid composition in products A, B, C and white algae revealed that there were total fatty acid of 46,394.15, 19,804.47, 41,623.59 and 475.16 mg/100 g; DHA 77.01, 32.87, 69.09 and 0.79 mg/100 g; EPA 876.10, 373.99, 786.02 and 8.97 mg/100 g; ARA 262.08, 111.87, 235.13 and 2.68 mg/100 g; total fat 48.82, 20.84, 43.80 and 0.50 g/100 g dry weight, respectively. Artemia enriched with product A, B, C and white algae had the total fatty acid of 18,015.03, 12,980.03, 12,264.98 and 14,045.59 mg/100 g; DHA 507.41, 233.65, 569.81 and 23.31 mg/100 g; EPA 795.37, 330.07, 361.81 and 265.24 mg/100 g; ARA 124.55, 91.74, 96.30 and 79.34 mg/100 g; and total fat 1.94, 1.32, 1.30 and 1.42 g/100 g dry weight, respectively.

In the 2nd experiment, five concentration of product A levels were assigned; 0, 25, 50, 75 and 100 mg/l. Initial average length and weight of the larvae were 0.87±0.11 cm and

0.18±0.25 g, respectively. At the end of experiment, average length of the larvae given artemia enriched with product A at concentrations of 0, 25, 50, 75 and 100 mg/l were 2.11±0.24, 3.08±0.13, 3.25±0.15, 3.22±0.06 and 3.18±0.08 cm and average weight 0.14±0.04, 0.43±0.06, 0.44±0.07, 0.50±0.03 and 0.47±0.04 g, respectively. Growth of fish fed artemia without enrichment was significantly lesser than those in other treatments ($p<0.05$). The fish given artemia supplemented with product A at different concentrations were not significant different in growth ($p>0.05$). However, the fish fed artemia enriched with product A at concentration of 50 mg/l gained the highest survival rate of 49.89±1.50% which was significantly different ($p<0.05$) from other groups. In addition, stress tolerance test of fish exposed to freshwater for 2 h revealed that fish given artemia enriched with product A at concentrations 50 and 75 mg/l gained the survival rates of 73.33±30.55 and 68.33±25.66%, respectively which were significantly higher than those in other treaments ($p<0.05$). Immersion in 100 ppm of formalin for 3 h or exposure to air for 5, 10 and 15 sec caused no significant differences in survival rates (100%) among groups of fish supplemented with different concentrations of product A ($p>0.05$).

Fatty acid composition analysis of product A at concentrations 0, 25, 50, 75 and 100 mg/l showed that there were total fat of 559.13, 966.39, 1,013.30, 824.01 and 889.98 mg/100 g; fatty acids n-3 of 6.18; 34.20, 41.72, 27.92 and 19.99 mg/100 g; fatty acids n-6 of 2.86, 33.29, 39.05, 38.28 and 29.55 mg/100 g; fatty acids n-9 of 171.68, 377.22, 382.66, 249.07 and 340.63 mg/100 g dry weight, respectively.

Artemia enriched with product A at concentration 50 mg/l for 6 and 24 h composed of total fat at 1,083.80 and 720.72 mg/100 g; fatty acid n-3 at 54.70 and 39.78 mg/100 g; fatty acid n-6 at 37.35 and 26.01 mg/100 g and fatty acid at n-9 388.16 and 261.25 mg/100 g dry weight, respectively. The result indicated that artemia enriched with product A at a concentration of 50 mg/l for 6 h was suitable for rearing tiger grouper larvae since the quantities of various fatty acids were higher than that enriched with such product for 24 h.

Key words: amino acid, growth, survival, stress tolerance, tiger grouper larvae

คำนำ

ปลากะรังเสือ หรือกะรังลายหินอ่อน ชื่อสามัญ tiger grouper, brown marbled grouper, flower cod และชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) เป็นปลาในครอบครัว serranidae ปลากะรังเสือมีลำตัวรูปกระสวยแต่สั้นป้อมกว่าปลากะรังดอกแดง ลำตัวมีสีน้ำตาลปนเหลือง มีจุดดำขนาดเล็กกระจายทั่วลำตัว บริเวณคอคอดหางส่วนบนมีพื้นสีดำปกคลุมลงมาจนเกือบถึงบริเวณกลางคอดหาง ปลาชนิดนี้อาศัยอยู่ตามแนวปะการังและบริเวณแนวหินพบได้ในเขตตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศออสเตรเลีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเขตอินโดแปซิฟิกตะวันตก (Allen, 2000) ขนาดสมบูรณ์เพศความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ขนาดโตเต็มที่ประมาณ 120 เซนติเมตร (Lau and Li, 2000) ไพโรจน์ และ ดุสิต (2530) รายงานว่าปลาชนิดนี้มีซี่เหงือกจำนวน 17-20 อัน ในส่วนล่างของโค้งเหงือก (gill arch) ครีบหลังมีก้านครีบแข็ง 11 อัน ครีบอกมีก้านครีบ 18-19 อัน ครีบหางกลม สีของปลาเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ ในลูกปลาขนาดเล็กมีสีดำสลับกัน ยาวพาดขวางลำตัว ปลาที่โตขึ้นมีสีเหลืองปนเขียวจนถึงสีน้ำตาลอ่อน มีลายขวาง และจุดสีน้ำตาลปะอยู่ทั่วตัวคล้ายลายหินอ่อน บริเวณครีบหลังมีแถบสีดำสั้นๆปะอยู่ 4 แถบ บริเวณคอดหางมีสีดำพาดอยู่

การอนุบาลลูกปลาให้มีการเจริญเติบโต และอัตรารอดที่ดีนั้นต้องอาศัยปัจจัยหลายประการทั้งการจัดการสภาพแวดล้อม คุณภาพน้ำ และอาหาร โดยเฉพาะการจัดการด้านอาหารมีชีวิตมีความสำคัญอย่างมากในการอนุบาลลูกปลาทะเลวัยอ่อน กรดไขมันที่มีความสำคัญต่อโภชนาการลูกปลาทะเลนั้น ได้แก่ กรดไขมัน n-3 HUFA (highly unsaturated fatty acid) ชนิด eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญของเซลล์เนื้อเยื่อ (cell membranes) โดยเฉพาะในส่วนของสมองและส่วนที่ใช้ในการมองเห็นหรือรับภาพ (retina) ปลาทะเลวัยอ่อนจึงมีความต้องการกรดไขมันดังกล่าวเพื่อพัฒนาการมองเห็นและระบบประสาทโดยเฉพาะกรดไขมันจำเป็นชนิด DHA ที่มีความสำคัญต่อพัฒนาการ การสะสมเม็ดสี (pigmentation) และความต้านทานโรค (Sorgeloos *et al*., 2001) ในปัจจุบันทำให้ทราบว่านอกจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง n-3 HUFA (DHA และ EPA) ที่จำเป็น และสำคัญต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความแข็งแรง และคุณภาพของสัตว์น้ำทะเลวัยอ่อนแล้ว ยังพบว่ากรดไขมัน arachidonic acid (ARA, 20:4 n-6) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตในปลาทะเลหลายชนิดอีกทั้งความต้องการของกรดไขมันชนิดนี้ยังแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์น้ำ และได้ตั้งข้อสังเกตว่าปริมาณ ARA ในอาหารจะต้องสัมพันธ์กับระดับ DHA ในอาหารด้วย (Castell *et al.,* 1994)

กรดไขมัน (n-3 HUFA) ชนิด DHA (22:6n-3) และ EPA (20:5n-3) มีความสำคัญต่อสัตว์ทะเลวัยอ่อน เนื่องจากช่วยให้มีการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายดี และสามารถผ่านช่วง metamorphosis ได้ (Sargent *et al*., 1999) สัตว์น้ำที่ขาดกรดไขมันชนิดนี้มีการเจริญเติบโตช้า มีอัตรารอดตาย และต้านทานโรคต่ำ (Kiron *et al*., 1995) การทดสอบความเครียดในลูกปลากะรังหงส์ที่ได้รับอาร์ทีเมียเสริมกรดไขมัน 0, 25 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร โดยให้สัมผัสกับอากาศ 5 วินาที มีอัตรารอดตาย 50, 94 และ 100% ตามลำดับ (อาคม และคณะ 2551) สุทธินี และคณะ (2551) พบว่าการใช้ *Schizochytrium* sp. เพื่อเป็นแหล่งของกรดไขมัน DHA เสริมในโรติเฟอร์และไรน้ำเค็มที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ลูกปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการดีขึ้น

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่เป็นแหล่งของกรดไขมันทั้ง 2 ชนิด หลายยี่ห้อ ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังนั้น การนำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเหล่านี้มาเสริมในอาหารสำหรับอนุบาลสัตว์น้ำอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทดสอบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อทราบถึงคุณภาพก่อนนำไปใช้ในการอนุบาลลูกปลากะรังให้มีการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายที่ดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและคัดเลือกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของกรดไขมันที่จำหน่ายในท้องตลาด และสาหร่ายขาว (*Schizochytrium limacinum*) เสริมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือ ทำให้อัตรารอดสูง และทนทานต่อความเครียด

2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ชนิดที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสือ ที่ทำให้มีอัตรารอดตายสูง และทนทานต่อความเครียด

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองวางแผนแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง

ช่วงที่ 1 ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดต่างๆที่มีส่วนผสมของกรดไขมันที่จำหน่ายในท้องตลาดและสาหร่ายขาว ที่เสริมในอาร์ทีเมียสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือ โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 2 ผลิตภัณฑ์ B ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 ผลิตภัณฑ์ C ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 สาหร่ายขาว ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร

ช่วงที่ 2 ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ชนิดที่เหมาะสมความเข้มข้นระดับต่างๆที่เสริมในอาร์ทีเมียสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือ โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัม/ลิตร (เป็นชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 5 ผลิตภัณฑ์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร

การเตรียมปลาทดลอง

การทดลองในแต่ละช่วง เตรียมลูกปลากะรังเสืออายุ 15 วัน ในถังโพลีเอสทีลีนสีน้ำเงินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 105 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร ขนาดความจุน้ำ 500 ลิตร ใส่น้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในรูปของแคลเซียมไฮเปอร์คลอไรท์ 60 % ความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน และหมดฤทธิ์ของคลอรีนแล้วในปริมาตร 450 ลิตร ระดับน้ำลึก 70 เซนติเมตร จำนวน 12 ถังๆละ 500 ตัว ให้ลูกปลากินโรติเฟอร์ต่อไปอีกประมาณ 7 วัน จนลูกปลาสามารถกินอาร์ทีเมียได้ดีจึงหยุดให้กินโรติเฟอร์ ทั้งนี้เป็นการเตรียมปลาทดลองให้เหมือนกันทุกชุดการทดลอง

การเตรียมอาหารทดลอง

ช่วงที่ 1 การเสริมอาร์ทีเมียด้วยผลิตภัณฑ์ A, B และ C ในปริมาณ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนสาหร่ายขาวในปริมาณ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อาร์ทีเมียทุกชุดการทดลองได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง ก่อนนำ

มาให้ลูกปลากิน

ช่วงที่ 2 การเสริมอาร์ทีเมียวัยอ่อนด้วยผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ในปริมาณ 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อาร์ทีเมียทุกความเข้มข้นได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ล่วงหน้า 6 ชั่วโมง ก่อนนำมาให้ลูกปลากิน

ความหนาแน่นของอาร์ทีเมียในถังที่เสริมน้ำมัน 100 ตัว/มิลลิลิตร ตรวจสอบการกินน้ำมันของอาร์ทีเมียภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยหลังจากเสริมน้ำมันในอาร์ทีเมียประมาณ 4 ชั่วโมง อาร์ทีเมียที่กินน้ำมันเข้าไปแล้วจะพบเม็ดไขมันจำนวนมากอยู่ภายในลำตัว และก่อนนำมาให้ลูกปลากินตรวจสอบอีกครั้ง

การจัดการและการเก็บข้อมูล

การให้ลูกปลากินอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์กรดไขมัน โดยค่อยๆปรับเพิ่มความหนาแน่นขึ้นตามอัตราการกินของลูกปลา ให้กินวันละ 7 ครั้ง คือ 06.00, 08.00, 11.00, 13.00, 15.00, 16.00 และ 18.00 น. ก่อนให้กินอาหารมื้อต่อไป ตรวจเช็คความหนาแน่นของอาร์ทีเมียที่เหลือ โดยการสุ่มนับจำนวนของอาร์ทีเมียในถังทดลอง คำนวณปริมาณของอาร์ทีเมียที่ต้องเติมในถังทดลองตั้งแต่ลูกปลาอายุ 15 วัน จนถึง 45 วัน

การจัดการคุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปลามีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 40% ดูดตะกอนวันเว้นวัน วัดขนาดความยาว และชั่งน้ำหนักลูกปลาเมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง บันทึกข้อมูลการตายของลูกปลาทุกวัน เพื่อตรวจสอบอัตรารอดตาย เมื่อสิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 1 บันทึกการกระจายขนาดน้ำหนัก และความยาวของลูกปลาในแต่ละชุกการทดลอง

การทดสอบความทนทานต่อความเครียด

การทดสอบความทนทานของลูกปลาต่อความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเมื่อสิ้นสุดการทดลองในช่วงที่ 1 ดังนี้

การทดสอบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 เป็น 0 ส่วนในพัน โดยเตรียมถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร จำนวน 12 ใบ ใส่น้ำจืดปริมาตร 4.5 ลิตร นำลูกปลาใส่ในถังๆละ 10 ตัว ทำการตรวจนับ และบันทึกการตายที่ 1 ชั่วโมง

การทดสอบความทนทานโดยการแช่ฟอร์มาลิน (37% ฟอร์มาลดีไฮด์) 100 ส่วนในล้าน โดยเตรียมถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร จำนวน 12 ใบ ใส่น้ำทะเลที่มีฟอร์มาลิน 100 ส่วนในล้าน ปริมาตร 4.5 ลิตร นำลูกปลาใส่ในถังๆละ 10 ตัว ทำการตรวจนับ และบันทึกการตายที่ 1 ชั่วโมง

การทดสอบความทนทานต่อการสัมผัสกับอากาศ โดยใช้ลูกปลาถังละ 10 ตัว ตักลูกปลาใส่ในสวิง และยกลูกปลาให้สัมผัสกับอากาศ 5 วินาที จากนั้นปล่อยกลับถังพร้อมกับตรวจนับและบันทึกลูกปลาที่ตาย

การทดสอบความทนทานของลูกปลาต่อความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเมื่อสิ้นสุดการทดลองในช่วงที่ 2 ดังนี้

การทดสอบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 เป็น 0 ส่วนในพัน โดยเตรียมถังพลาสติกขนาด 15 ลิตร จำนวน 15 ใบ ใส่น้ำจืดปริมาตร 10 ลิตร นำลูกปลาใส่ในถังๆละ 20 ตัว ทำการตรวจนับ และบันทึกการตายสะสมทุก 10 นาที จนครบ 120 นาที ลูกปลาที่ไม่ตอบสนองหรือไม่มีการเคลื่อนไหวของกระพุ้งเหงือก (operculum) ถือว่าตาย และคำนวณหาอัตราการตายสะสมในช่วงเวลาต่างๆจากจำนวนลูกปลาที่ตายสะสมเทียบกับจำนวนลูกปลาเริ่มต้น (accumulative mortality %) และคำนวณหาค่า cumulative mortality index (CMI) ของลูกปลา ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Dhert *et al*. (1992) เปรียบเทียบความทนทานต่อความเครียดระหว่างชุดการทดลองโดยนำค่า CMI ของลูกปลาแต่ละซ้ำมาหาค่าเฉลี่ย

วิธีการคำนวณ cumulative mortality index (CMI)

คำนวณ CMI จากผลรวมของลูกปลาที่ตายแต่ละช่วงเวลา จนสิ้นสุดระยะเวลาทดสอบ

CMI = DX1 + DX2 + DX3 + ...+DXn,

D คือ อัตราลูกปลาที่ตายสะสม ณ เวลา X1, X2, X3.....Xn. ค่า CMI สูง แสดงว่ามีความต้านทานความเครียดต่ำ

การทดสอบความทนทานโดยการแช่ฟอร์มาลิน (37% ฟอร์มาลดีไฮด์) ความเข้มข้น 100 ส่วนในล้าน โดยเตรียมถังพลาสติกขนาด 15 ลิตร จำนวน 15 ใบ ใส่น้ำทะเลที่มีฟอร์มาลิน 100 ส่วนในล้าน ปริมาตร 10 ลิตร นำลูกปลาใส่ในถังๆละ 20 ตัว ทำการตรวจนับ และบันทึกการตายสะสมทุก 10 นาที จนครบ 180 นาที ลูกปลาที่ไม่ตอบสนองหรือไม่มีการเคลื่อนไหวของกระพุ้งเหงือกถือว่าตาย และคำนวณหาค่า cumulative mortality index (CMI) ของลูกปลา

การทดสอบความทนทานต่อการสัมผัสกับอากาศ โดยใช้ลูกปลาซ้ำละ 60 ตัว ตักลูกปลาใส่ในสวิงครั้งละ 20 ตัว และยกลูกปลาให้สัมผัสกับอากาศเป็นระยะเวลาซ้ำละ 5, 10 และ 15 วินาที จากนั้น ปล่อยกลับพร้อมกับตรวจนับและบันทึกลูกปลาที่ตาย

การเตรียมตัวอย่างอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A เป็นระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง

การเตรียมตัวอย่างอาร์ทีเมียโดยแช่ในผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลาระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของกรดไขมันในตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณไขมันและกรดไขมัน

ในการทดลองช่วงที่ 1 เก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด และอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลอง ช่วงที่ 2 เก็บตัวอย่างของอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมทุกระดับความเข้มข้น ตลอดจนตัวอย่างอาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 และ 24 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างละ 300 กรัม เก็บแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -21 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2-3 วัน ก่อนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสงขลา เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไขมันโดยวิธี acid hydrolysis และ solvent extraction และชนิดกรดไขมันโดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (กัลยา, 2546)

ผลการศึกษา

ผลการทดลองช่วงที่ 1

การศึกษาชนิดของผลิตภัณฑ์กรดไขมันที่เหมาะสมในการเสริมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือที่ทำให้ลูกปลามีการเจริญเติบโตดี อัตรารอดตายสูง และทนทานต่อความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม

เมื่อเริ่มการทดลอง ลูกปลามีความยาวเฉลี่ย 0.54±0.08 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.013±0.001 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีความยาวเฉลี่ย 2.62±0.69, 2.54±0.58, 2.45±0.45 และ2.54±0.55 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.49±0.40,

0.33±0.21, 0.31±0.17 และ 0.33±0.22 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านการเจริญเติบโตทั้งขนาดความยาว และน้ำหนัก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์กรดไขมันชนิดต่างๆ

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง		สิ้นสุดการทดลอง	
	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)
ผลิตภัณฑ์ A	0.54±0.08	0.013±0.001	0.49±0.40[a]	2.62±0.69[a]
ผลิตภัณฑ์ B	0.54±0.08	0.013±0.001	0.33±0.21[a]	2.54±0.58[a]
ผลิตภัณฑ์ C	0.54±0.08	0.013±0.001	0.31±0.17[a]	2.45±0.45[a]
สาหร่ายขาว	0.54±0.08	0.013±0.001	0.33±0.22[a]	2.54±0.55[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

การกระจายขนาดของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1

ลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A มีอัตรารอดตายสูงสุดเฉลี่ย 68.40±10.50% ซึ่งสูงกว่าลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ B, C และสาหร่ายขาว ที่มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 47.06±1.51, 48.06±2.53 และ 42.46±0.80% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่อัตรารอดตายของลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ B, C และสาหร่ายขาว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์กรดไขมันชนิดต่างๆ

ชุดการทดลอง	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
ผลิตภัณฑ์ A	68.40±10.50[b]
ผลิตภัณฑ์ B	47.06±1.51[a]
ผลิตภัณฑ์ C	48.06±2.53[a]
สาหร่ายขาว	42.46±0.80[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบความทนทานของลูกปลาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 ส่วนในพัน เป็น 0 ส่วนในพัน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ปรากฏว่า ลูกปลาในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 96.66±10.50, 93.33±5.77, 80.00±0.00 และ 80.00±0.00% ตามลำดับ โดยลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A และ B มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันมากกว่าในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ C และสาหร่ายขาว อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ลูกปลาที่ถูกแช่ในฟอร์มาลิน (37% ฟอร์มาลดีไฮด์) ความเข้มข้น 100 ส่วนในล้าน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 100±0.00, 100±0.00, 100±0.00 และ 96.66±5.77% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนลูกปลาที่ให้สัมผัสกับอากาศ เป็นระยะเวลา

5 วินาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 100±0.00, 70.00±5.00, 70.00±2.00 และ 60.00±2.00% ตามลำดับ ซึ่งลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาหารเสริมผลิตภัณฑ์ A มีความทนทานต่อการสัมผัสกับอากาศได้ดีกว่าในทุกชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์กรดไขมันชนิดต่างๆ เมื่อทดสอบความทนทานต่อความเครียดแบบต่างๆ

ชุดการทดลอง	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)		
	น้ำจืด	ฟอร์มาลีน	สัมผัสกับอากาศ
ผลิตภัณฑ์ A	96.66±10.50^{b}	100±0.00^{a}	100±0.00^{c}
ผลิตภัณฑ์ B	93.33±5.77^{b}	100±0.00^{a}	70.00±5.00^{b}
ผลิตภัณฑ์ C	80.00±0.00^{a}	100±0.00^{a}	70.00±2.00^{b}
สาหร่ายขาว	80.00±0.00^{a}	96.66±5.77^{a}	60.00±2.00^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีองค์ประกอบของกรดไขมันรวมในปริมาณ 46,394.15, 19,804.47, 41,623.59 และ 475.16 มิลลิกรัม/100 กรัม docosahexaenoic acid (DHA) ในปริมาณ 77.01, 32.87, 69.09 และ 0.79 มิลลิกรัม/100 กรัม eicosapentaenoic acid (EPA) ปริมาณ 876.10, 373.99, 786.02 และ 8.97 มิลลิกรัม/100 กรัม และ arachidonic acid (ARA) ปริมาณ 262.08, 111.87, 235.13 และ 2.68 มิลลิกรัม/100 กรัม และไขมันรวมในปริมาณ 48.82, 20.84, 43.80 และ 0.50 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว มีองค์ประกอบของกรดไขมันรวมในปริมาณ 18,015.03, 12,980.03, 12,264.98 และ 14,045.59 มิลลิกรัม/100 กรัม DHA ในปริมาณ 507.41, 233.65, 569.81 และ 23.31 มิลลิกรัม/100 กรัม EPA ปริมาณ 795.37, 330.07, 361.81 และ 265.24 มิลลิกรัม/100 กรัม และ ARA ปริมาณ 124.55, 91.74, 96.30 และ79.34 มิลลิกรัม/100 กรัม และไขมันรวมในปริมาณ 1.94, 1.32, 1.30 และ 1.42 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ทดลอง

Fatty acid composition	ผลิตภัณฑ์ A	ผลิตภัณฑ์ B	ผลิตภัณฑ์ C	สาหร่ายขาว
	(mg/100 g) dry weight			
Butyric acid (C4:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Caproic acid (C6:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Caprylic acid (C8:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Capric acid (C10:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Undecanoic acid (C11:0)	6.33	2.70	5.68	0.06
Lauric acid (C12:0)	19.20	8.20	17.23	0.20
Tridecanoic acid (C13:0)	5.82	2.49	5.23	0.06
Myristic acid (C14:0)	261.44	111.60	234.56	2.68
Myristoleic acid (C14:1)	426.61	182.11	382.75	4.37
Pentadecanoic acid (C15:0)	77.43	33.05	69.47	0.79
cis-10-Pentadecanoic (C15:1)	236.86	101.11	212.51	2.43
Palmitic acid (C16:0)	6,046.53	2,581.11	5,424.79	61.93
Palmitoleic acid (C16:1)	1,015.92	433.67	911.46	10.40
Heptadecanoic acid (C17:0)	374.24	159.75	335.76	3.83
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)	379.94	162.15	340.79	3.89
Stearic acid (C18:0)	3,590.44	1,532.67	3,221.25	36.77
Ellagic acid (C18:1n9t)	0.00	0.00	0.00	0.00
Oleic acid (C18:1n9c)	9,470.10	4,042.54	8,496.32	96.99
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	595.61	254.25	534.37	6.10
Linoleic acid (C18:2n6c)	3,216.51	1,373.04	2,885.76	32.94
Arachidic acid (C20:0)	117.44	50.13	105.36	1.20
y-Linolenic acid (C18:3n6)	458.14	195.57	411.03	4.69
cis-11- Eicosenoic acid (C20:1)	420.75	179.61	377.49	4.31
Linolenic Acid (ALA) (C18:3n3)	16,874.37	7,203.23	15,139.24	172.82
Heneicosanoic acid (C21:0)	15.28	6.52	13.71	0.16
cis -8,11,14- Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	98.96	42.24	88.78	1.01
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	164.88	70.39	147.93	1.69
Behenic acid (C22:0)	358.83	153.18	321.94	3.68
Erucic acid (C22:1n9)	26.91	11.49	24.14	0.28
Cis-11,14,17-Ecosatrienoic acid (C20:3n3)	897.49	383.11	805.20	9.19
Arachidonic acid (C20:4n6) (ARA)	**262.08**	**111.87**	**235.13**	**2.68**
Tricosanoic acid (C23:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
cis-13,16- Docosadienoic acid (C22:2)	0.00	0.00	0.00	0.00
Lignoceric acid (C24:0)	22.98	9.81	20.62	0.24
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3) (EPA)	**876.10**	**373.99**	**786.02**	**8.97**
Nervonic acid (C24:1)	0.00	0.00	0.00	0.00
Cis-4,7,10,13,16,19-Docosahaexaenoic acid (DHA) (C22:6n3)	**77.01**	**32.87**	**69.09**	**0.79**
Total fatty acid composition (mg/100 g)	46,394.15	19,804.47	41,623.59	475.16
Fat (g/100 g)	**48.82**	**20.84**	**43.80**	**0.50**

ที่มา: บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด, 2555

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียหลังการเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว

Fatty acid composition	ผลิตภัณฑ์ A	ผลิตภัณฑ์ B	ผลิตภัณฑ์ C	สาหร่ายขาว
	(mg/100 g) dry weight			
Butyric acid (C4:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Caproic acid (C6:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Caprylic acid (C8:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Capric acid (C10:0)	0.00	0.00	0.00	0.00
Undecanoic acid (C11:0)	2.27	0.00	1.34	1.92
Lauric acid (C12:0)	8.81	6.21	4.86	5.81
Tridecanoic acid (C13:0)	2.35	0.00	0.00	1.76
Myristic acid (C14:0)	137.81	82.37	65.71	79.15
Myristoleic acid (C14:1)	133.03	112.46	99.30	129.16
Pentadecanoic acid (C15:0)	31.49	25.04	20.55	23.44
cis-10-Pentadecanoic (C15:1)	72.16	59.25	52.98	71.71
Palmitic acid (C16:0)	2,214.41	1,737.17	1,511.72	1,830.56
Palmitoleic acid (C16:1)	467.30	302.93	267.90	307.57
Heptadecanoic acid (C17:0)	140.51	117.70	98.82	113.30
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)	133.81	102.83	0.00	115.00
Stearic acid (C18:0)	1,206.09	994.97	856.73	1,086.99
Ellagic acid (C18:1n9t)	38.78	0.00	0.00	0.00
Oleic acid (C18:1n9c)	3,890.78	2,614.31	2,400.55	2,867.02
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	187.88	152.47	141.29	180.32
Linoleic acid (C18:2n6c)	1,436.02	863.63	1,056.70	973.78
Arachidic acid (C20:0)	46.19	0.00	0.00	35.55
y-Linolenic acid (C18:3n6)	145.20	122.52	110.47	138.70
cis-11- Eicosenoic acid (C20:1)	252.32	98.14	99.90	127.38
Linolenic Acid (ALA) (C18:3n3)	5,366.63	4,521.96	4,061.10	5,108.63
Heneicosanoic acid (C21:0)	9.24	0.00	0.00	4.63
cis -8,11,14- Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	36.71	25.36	23.03	29.96
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	75.47	43.87	45.22	49.92
Behenic acid (C22:0)	122.88	95.00	85.22	108.63
Erucic acid (C22:1n9)	136.72	8.84	11.20	8.15
Cis-11,14,17-Ecosatrienoic acid (C20:3n3)	275.01	229.57	210.94	271.71
Arachidonic acid (C20:4n6) (ARA)	**124.55**	**91.74**	**96.30**	**79.34**
Tricosanoic acid (C23:0)	3.47	0.00	4.09	0.00
cis-13,16- Docosadienoic acid (C22:2)	3.57	0.00	0.00	0.00
Lignoceric acid (C24:0)	10.82	7.95	7.41	6.96
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3) (EPA)	**795.37**	**330.07**	**361.81**	**265.24**
Nervonic acid (C24:1)	0.00	0.00	0.00	0.00
Cis-4,7,10,13,16,19-Docosahaexaenoic acid (DHA) (C22:6n3)	**507.41**	**233.65**	**569.81**	**23.31**

ต่อ

Fatty acid composition	ผลิตภัณฑ์ A	ผลิตภัณฑ์ B	ผลิตภัณฑ์ C	สาหร่ายขาว
	(mg/100 g) dry weight			
Total fatty acid composition (mg/100 g)	18,015.03	12,980.03	12,264.98	14,045.59
Fat (g/100 g)	**1.94**	**1.32**	**1.30**	**1.42**
Moisture (g/100 g)	89.77	90.34	89.92	90.39

ที่มา: บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด, 2555

ผลการทดลองช่วงที่ 2

การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ A ในการเสริมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือ เพื่อให้ลูกปลามีการเจริญเติบโตดี อัตรารอดตายสูง และทนทานต่อความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม

เมื่อเริ่มการทดลอง ลูกปลามีความยาวเฉลี่ย 0.87±0.11 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.18±0.25 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีความยาวเฉลี่ย 2.11±0.24, 3.08±0.13, 3.25±0.15, 3.22±0.06 และ 3.18±0.08 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.14±0.04, 0.43±0.06, 0.44±0.07, 0.50±0.03 และ 0.47±0.04 กรัม ตามลำดับ ลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียไม่เสริมผลิตภัณฑ์ A มีการเจริญเติบโตทั้งขนาดความยาวและน้ำหนักน้อยกว่าลูกปลาในชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่การเจริญเติบโตของลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (มิลลกรัม/ลิตร)	เริ่มการทดลอง		สิ้นสุดการทดลอง	
	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)
0	0.87±0.11	0.18±0.25	0.14±0.04^{a}	2.11±0.24^{a}
25	0.87±0.11	0.18±0.25	0.43±0.06^{b}	3.08±0.13^{b}
50	0.87±0.11	0.18±0.25	0.44±0.07^{b}	3.25±0.15^{b}
75	0.87±0.11	0.18±0.25	0.50±0.03^{b}	3.22±0.06^{b}
100	0.87±0.11	0.18±0.25	0.47±0.04^{b}	3.18±0.08^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อยู่ที่ 6.11±1.84, 42.78±1.50, 49.89±1.50, 43.56±2.22 และ 43.11±2.14% ตามลำดับ ลูกปลาที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุด และแตกต่างกับลูกปลาในชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
0	6.11±1.84[a]
25	42.78±1.50[b]
50	49.89±1.50[c]
75	43.56±2.22[b]
100	43.11±2.14[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบความทนทานของลูกปลาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 30 เป็น 0 ส่วนในพัน เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ลูกปลาในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 43.33±5.77, 73.33±30.55, 68.33±25.66 และ 5.00±8.66% ตามลำดับ โดยลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 และ 75 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่มากกว่าของลูกปลาที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างมียนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนดัชนีการตายสะสม (CMI) ของลูกปลาในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อยู่ที่ 205, 58.33, 78.33 และ 570% ตามลำดับ ลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 และ 75 มิลลิกรัม/ลิตร มีดัชนีการตายสะสมน้อยกว่าชุดการทดลองที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ความทนทานของลูกปลาในฟอร์มาลิน (37% ฟอร์มาลดีไฮด์) ความเข้มข้น 100 ส่วนในล้าน เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยทุกชุดการทดลองมีอัตรารอดตาย 100% และดัชนีการตายสะสม 0% เช่นเดียวกับความทนทานของลูกปลาต่อการสัมผัสกับอากาศเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วินาที ในทุกชุดการทดลองมีอัตรารอดตาย 100% และดัชนีการตายสะสม 0% ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลองในทั้ง 2 ค่า ($p>0.05$) (ตารางที่ 8 และ 9)

ลูกปลาในชุดการทดลองที่ไม่เสริมผลิตภัณฑ์ A (0 มิลลิกรัม/ลิตร) แสดงอาการขาดกรดไขมันเมื่ออายุ 35 วัน ทำให้มีลูกปลาตายและมีจำนวนไม่เพียงพอในการทดสอบความทนทานต่อความเครียด

ตารางที่ 8 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือเมื่อทดสอบความทนทานต่อความเครียดแบบต่างๆ

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)		
	น้ำจืด	ฟอร์มาลีน	สัมผัสกับอากาศ
25	43.33±5.77[a]	100	100
50	73.33±30.55[b]	100	100
75	68.33±25.66[b]	100	100
100	5.00±8.66[c]	100	100

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 9 ดัชนีการตายสะสม (CMI) ของลูกปลากะรังเสือ

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	ดัชนีการตายสะสม (%)		
	น้ำจืด	ฟอร์มาลีน	สัมผัสกับอากาศ
25	205.00[a]	0	0
50	58.33[b]	0	0
75	78.33[b]	0	0
100	570.00[a]	0	0

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ปรากฏว่า มีองค์ประกอบของไขมันรวมในปริมาณ 559.13, 966.39, 1,013.30, 824.01 และ 889.98 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-3 ปริมาณ 6.18, 34.20, 41.72, 27.92 และ 19.99 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-6 ปริมาณ 2.86, 33.29, 39.05, 38.28 และ 29.55 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-9 ปริมาณ 171.68, 377.22, 382.66, 249.07 และ 340.63 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณไขมันรวม (มิลลิกรัม/100 กรัม) น้ำหนักแห้ง	กรดไขมัน n-3 (มิลลิกรัม/100) น้ำหนักแห้ง	กรดไขมัน n-6 (มิลลิกรัม/100) น้ำหนักแห้ง	กรดไขมัน n-9 (มิลลิกรัม/100) น้ำหนักแห้ง
0	559.13	6.18	2.86	171.68
25	966.39	34.20	33.29	377.21
50	1,013.30	41.72	39.05	382.66
75	824.01	27.92	38.28	249.07
100	889.98	19.99	29.55	340.63

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง มีองค์ประกอบของไขมันรวมในปริมาณ 1,083.80 และ 720.72 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมันชนิด n-3 ปริมาณ 54.70 และ 39.78 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-6 ปริมาณ 37.35 และ 26.01 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมัน n-9 ปริมาณ 388.16 และ 261.25 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A เป็นระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไขมันรวม (มิลลิกรัม/100 กรัม) น้ำหนักแห้ง	กรดไขมัน n-3 (มิลลิกรัม/100 กรัม) น้ำหนักแห้ง	กรดไขมัน n-6 (มิลลิกรัม/100 กรัม) น้ำหนักแห้ง	กรดไขมัน n-9 (มิลลิกรัม/100 กรัม) น้ำหนักแห้ง
6	1,083.80	54.70	37.35	388.16
24	720.72	39.78	26.01	261.25

สรุปและวิจารณ์ผล

การศึกษาและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของกรดไขมันสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาด และสาหร่ายขาว ในการอนุบาลลูกปลากะรัง เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดี อัตรารอดตายสูง และทนทานต่อความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง การเจริญเติบโตทั้งด้านความยาว และน้ำหนักของลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธิดา และมาวิทย์ (2533) ที่ได้ทดลองเสริม และไม่เสริมน้ำมันในอาร์ทีเมียวัยอ่อนสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดงอายุ 21 วัน โดยลูกปลามีการเจริญเติบโตทั้งความยาว และน้ำหนัก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อาคม และคณะ (2551) อนุบาลลูกปลากะรังหงส์ด้วยอาร์ทีเมียที่เสริมน้ำมันที่ความเข้มข้น 0, 25 และ 50 ส่วนในล้าน พบว่าการเจริญเติบโตด้านความยาว และน้ำหนักของลูกปลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นิเวศน์ และไพบูลย์ (2537) ได้รายงานว่าปริมาณของกรดไขมันที่ลูกปลากะรังต้องการเพื่อการเจริญเติบโต และการรอดตายอยู่ในความเหมาะสมระดับหนึ่ง ถึงแม้จะเพิ่มปริมาณกรดไขมันให้มากขึ้น แต่ไม่ได้มีผลให้อัตรารอดตาย และการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของน้ำมันที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม อัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ A อัตรารอดตายสูงสุด และแตกต่างกับทุกชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณกรดไขมันทั้งในอาร์ทีเมีย และในผลิตภัณฑ์ซึ่งในผลิตภัณฑ์ A มีปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) อยู่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ทั้ง EPA และ ARA ส่วน DHA ในผลิตภัณฑ์ C สูงกว่าผลิตภัณฑ์ A ซึ่งกรดไขมัน (n-3 HUFA) ชนิด DHA (22:6n-3) และ EPA (20:5n-3) มีความสำคัญต่อสัตว์ทะเลวัยอ่อน เนื่องจากช่วยให้มีการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายดี จากการสามารถผ่านช่วง metamorphosis (Sargent *et al*., 1999) วนิดา และคณะ (2543) รายงานว่ากรดไขมันกลุ่ม n-3 และ n-6 จัดเป็นกลุ่มกรดไขมันที่จำเป็นในสัตว์ทะเล ทั้งนี้เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันทั้ง 2 กลุ่มนี้ได้ภายในร่างกาย จึงจำเป็นต้องมีกรดไขมันกลุ่มนี้ผสมอยู่ในอาหาร และในปลาทะเลไม่มีความสามารถในการสร้างกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) จากกรดไขมันชนิด 18:n-3 โดยกระบวนการ elongation และ desaturation อาจเนื่องมาจากปลาทะเลขาดโคเอนไซม์ (co-enzyme) ที่ใช้ในขบวนการสร้างกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) ด้วยสาเหตุดังกล่าวทำให้ปลาทะเลต้องการกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) จากอาหารโดยตรง (สุพิศ, 2535; Kanazawa *et al*., 1979)

การทดสอบความทนทานต่อความเครียดแบบต่างๆ พบว่า ลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A มีอัตรารอดตายดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) และผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันรวม (ตารางที่ 5 และ6) ทั้งในอาร์ทีเมีย และในผลิตภัณฑ์ ซึ่งในผลิตภัณฑ์ A มีมากที่สุด กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) มีผลต่ออัตราการช็อค และความทนทานต่อความเครียดของลูกปลา โดยลูกปลาที่ได้รับอาหารที่มีกรดไขมันที่จำเป็นไม่เพียงพอจะช็อคได้ง่าย ส่วนลูกปลาที่ได้รับกรดไขมันที่จำเป็นอย่างเพียงพอ อัตราการช็อคจะลดลงหรือไม่มีการช็อคเลย รายงานการศึกษาผลของกรดไขมัน DHA (22:6n-3) และ EPA (20:5n-3) ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิดในปัจจุบันทำให้ทราบว่านอกจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง n-3 HUFA (DHA และ EPA) ที่จำเป็น และสำคัญต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ความแข็งแรง และคุณภาพของสัตว์ทะเลวัยอ่อนแล้ว ยังพบว่ากรดไขมัน arachidonic acid (ARA, 20:4 n-6) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลาทะเลหลายชนิดเช่นเดียวกัน อีกทั้งความต้องการของกรดไขมันชนิดนี้ยังแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์น้ำ (Castell *et al.,* 1994) อย่างไรก็ตาม Castell *et al.* (1994) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าปริมาณ ARA ในอาหารจะต้องสัมพันธ์กับระดับ DHA ในอาหารด้วย สำหรับ ARA ในอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A มีปริมาณ 124.55 มิลลิกรัม/100 กรัม ขณะที่ DHA มีปริมาณ 507.41 มิลลิกรัม/100 กรัม

ผลจากการทดลองในช่วงที่ 1 สรุปได้ว่าการเสริมกรดไขมันในอาร์ทีเมียวัยอ่อนล่วงหน้า 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้อนุบาลลูกปลากะรังเสือ ผลิตภัณฑ์ A มีความเหมาะสมที่สุด

การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ A ในการอนุบาลลูกปลากะรังเสือ ที่ทำให้มีอัตรารอดตายสูง และทนทานต่อความเครียด ผลปรากฏว่า การเจริญเติบโตด้านความยาว และน้ำหนักของลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียไม่เสริมผลิตภัณฑ์ A น้อยกว่าในทุกชุดการทดลองที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ A เนื่องจากเมื่อลูกปลามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเข้าสู่ระยะวัยรุ่นจะแสดงอาการขาดกรดไขมันและช็อคตายก่อน ทำให้ลูกปลาที่เหลืออยู่เป็นลูกปลาที่มีขนาดเล็ก และยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย แต่การเจริญเติบโตของลูกปลาที่ได้รับอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียไม่เสริมผลิตภัณฑ์ A ต่ำกว่าในชุดการทดลองที่กินอาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และการเสริมผลิตภัณฑ์ A ในอาร์ทีเมียที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอาร์ทีเมียที่ตรวจพบปริมาณของกรดไขมันรวม และกรดไขมันชนิด n-3, n-6 และ n-9 ในปริมาณสูงที่สุด

การทดสอบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างเฉียบพลัน ปรากฏว่า ลูกปลากะรังเสือที่ให้อาหารเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 50 และ 75 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยมากกว่า และดัชนีการตายสะสมน้อยกว่า ซึ่งแตกต่างกับชุดที่ให้อาร์ทีเมียเสริมผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของไขมันรวม กรดไขมันชนิด n-3, n-6 และ n-9 ในตัวอย่างอาร์ทีเมียที่นำไปวิเคราะห์มีปริมาณสูงมากกว่า การศึกษาในครั้งนี้พบว่าการเสริมกรดไขมันในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังเสือในปริมาณมากอย่างเช่นที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร กลับมีผลเสียดังเห็นได้จากค่าดัชนีการตายสะสมของลูกปลาในชุดการทดลองดังกล่าวสูงถึง 570% ซึ่งแสดงว่าลูกปลาในชุดนี้ตายเร็วกว่า และทยอยตายด้วยความถี่มากกว่า ดังนั้น การเสริมกรดไขมันในอาหารมีชีวิตสำหรับอนุบาลลูกปลากะรังต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ลูกปลามีอัตรารอดตายสูงสุด

การศึกษาเพิ่มเติมโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างอาร์ทีเมียที่เสริมผลิตภัณฑ์ A ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ตัวอย่างอาร์ทีเมียที่เสริมกรดไขมันเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณไขมันรวม กรดไขมันชนิด n-3, n-6 และ n-9 มากกว่าตัวอย่างที่เสริมกรดไขมันเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในทุกค่า การเสริมกรดไขมันในระยะเวลานานเกินไปทำให้ปริมาณกรดไขมันในอาร์ทีเมียลดลง ซึ่งอาจสูญเสียไปกับการกินของอาร์ทีเมียเพราะความเข้มข้นที่ใช้เสริมเท่ากันกับที่ 6 ชั่วโมง

จากผลการทดลองในช่วงที่ 2 สรุปได้ว่าในการเสริมกรดไขมันในอาร์ทีเมียวัยอ่อนด้วยผลิตภัณฑ์ A ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้อนุบาลลูกปลากะรังเสือ มีความเหมาะสมมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6, ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 536 หน้า.

ธิดา เพชรมณี และมาวิทย์ อัศวอารีย์. 2533. ผลการเสริมน้ำมันตับปลาในอาร์ทีเมียวัยอ่อนที่ใช้อนุบาลลูกปลากะรัง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2533. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 11 หน้า.

นิเวศน์ เรืองพานิช และไพบูลย์ บุญลิปตานนท์. 2537. ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันที่ใช้เสริมกรดไขมันในอาร์ทีเมียสำหรับเลี้ยงลูกปลากะรังวัยอ่อน *Epinephelus malabaricus.* เอกสารวิชาการ

ฉบับที่ 19/2537. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. 14 หน้า.

วนิดา อนะมาน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ, สุพิศ ทองรอด และศราวุธ คเชนทร์ทองสุวรรณ. 2543. ผลของชนิดและระดับน้ำมันในอาหารปลากรายต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบกรดไขมันในตับ. *วารสารการประมง* 53(2): 121-131.

สุทธินี ลิ้มธรรมมหิศร, มนทกานติ ท้ามติ้น และคมคาย ลาวัณยวุฒิ. 2551. การเสริมเชื้อรา *Schizochytrium* sp. แบบผงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*, Tschugunoff, 1921) และไรน้ำเค็ม (*Artemia* sp.) ในการอนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790). เอกสารวิชาการฉบับที่ 53/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 19 หน้า.

สุพิศ ทองรอด. 2535. ความสำคัญของไขมันในอาหารสัตว์น้ำ.*วารสารการประมง* 45 (4) : 943-950.

ไพโรจน์ สิริมนตราภรณ์ และดุสิต ตันวิไล. 2530. ชนิดปลากะรังที่พบในภาคใต้ระหว่าง 2524-2529. *ใน*: สรุปผลการประชุมทบทวนผลงานวิจัย การเพาะเลี้ยงปลากะรัง. วันที่ 23-25 กุมภาพันธ์ 2530. ณ สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. หน้า 17-40.

อาคม สิงหบุญ, ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์, สามารถ เดชสถิตย์ และ ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย. 2551. การอนุบาลลูกปลากะรังหงส์ (*Cromileptes altivelis* Valenciennes, 1828) ด้วยอาร์ทีเมียที่เสริมน้ำมันระดับต่างๆ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 30/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 15 หน้า.

Allen,G. 2000. Marine Fishes of South-East Asia. Periplus Edition, Singapore. p 84-85.

AOAC (Association of Official Analysis Chemists), 2000. Official Methods of analysis .13th ed., Association of Official Analytical Chemists. Verginia. 1018 pp.

Association of Official Analytical Chemists. (AOAC.). 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Offical Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA. 2200 pp.

Casteel, J. D., J. G. Bell, D. R. Tocher and J. R. Sargent. 1994. Effects of purified diets containing different combination of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquacuture* 128: 315-333.

Dhert, P., P. Lavens and P. Sorgeloos. 1992. Stress evaluation: a tool for quality control of hatchery-produced shrimp and fish fry. *Aquaculture Europe* 17: 6-10.

Kanazawa, A., S. Teshima and K. Ono. 1979. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bio-conversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acid. *Comp. Biochem. Physiol.* 63B: 295-298.

Kiron, V., H. Fukuda, T. takeuchi and T. Watanabe. 1995. Essential fatty acids nutrition and defense mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. Physiol*. 111A: 361-367.

Lau, P.P.F and L.W.H. Li. 2000. Identification Guide to Fishes in the Live Seafood Trade of the Asia-Pacific Region. WWF Hong Kong and Agricuture, Fisheries and Conservation Department, Hong Kong. p 44.

Sargent, J., L. McEvoy, A. Estevez, G. Bell, M. Bell, J. Henderson and D. Tocher. 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture* 179: 217-229.

Sorgeloos, P., P. Dhert and P., Candreva. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp. *In* marine fish larviculture. *Aquacuture*. 147-159.

ภาคผนวก

ราคาผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ผลิตภัณฑ์ A ราคากระป๋องละ 2,300 บาท
2. ผลิตภัณฑ์ B ราคากระป๋องละ 1,800 บาท
3. ผลิตภัณฑ์ C ราคากระป๋องละ 2,700 บาท
4. สาหร่ายขาว ราคาลิตรละ 500 บาท

ตารางผนวกที่ 1 การกระจายขนาดของลูกปลากะรังเสือที่ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ A, B, C และสาหร่ายขาว ในการทดลองช่วงที่ 1

ชุดการทดลอง	ขนาดใหญ่				ขนาดกลาง				ขนาดเล็ก			
	ความยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ตัว)	%	ความยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ตัว)	%	ความยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ตัว)	%
ผลิตภัณฑ์ A	3.0-3.57	0.57-1.70.	43	4.19	2.41-2.97	0.28-0.68	394	38.40	1.78-2.05	0.05-0.20	589	57.40
ผลิตภัณฑ์ B	2.92-3.33	0.37-0.83	102	14.44	2.41-2.88	0.18-0.43	374	52.97	1.68-2.21	0.10-0.19	230	32.57
ผลิตภัณฑ์ C	2.63-3.16	0.37-0.67	89	12.34	2.12-2.93	0.17-0.42	394	54.65	1.68-2.26	0.11-0.24	238	33.00
สาหร่ายขาว	2.87-3.36	0.44-0.72	76	11.93	2.19-2.76	0.21-0.43	295	46.31	1.78-2.97	0.08-0.17	266	41.75

ผลของอัตราการให้อากาศต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) วัยอ่อน

ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย[1] สุภาพ ไพรพนาพงศ์[2] และมลฤดี ลิ้มสุวรรณ[1]
[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต [2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของปลากะรังเสือวัยอ่อนอายุ 1-30 วัน ที่อนุบาลโดยให้อากาศในอัตราแตกต่างกัน การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกอนุบาลลูกปลาอายุ 1-12 วัน ในอัตราการให้อากาศ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ) 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที ช่วงที่ 2 ลูกปลาอายุ 13-30 วัน ในอัตราการให้อากาศ 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองแต่ละช่วง ลูกปลาอายุ 12 วัน มีความยาวเฉลี่ย 0.30±0.01, 0.31±0.03, 0.28±0.02, 0.29±0.01 และ 0.30±0.02 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.00046, 0.00043, 0.00046, 0.00044 และ 0.00046 กรัม ตามลำดับ ลูกปลาอายุ 30 วัน มีความยาวเฉลี่ย 1.49±0.06, 1.46±0.03, 1.40±0.06 และ 1.44±0.04 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.048±0.001, 0.044±0.003, 0.043±0.007 และ 0.041±0.005 กรัม ตามลำดับ ความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละช่วงการทดลอง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$) ในการทดลองช่วงที่ 1 ลูกปลามีอัตรารอดตายเฉลี่ย 0.00, 3.92±0.54, 4.97±0.25, 2.63±0.38, 1.66±0.36 และ 0.98±0.17% ตามลำดับ ลูกปลาในชุดการทดลองที่ให้อากาศในอัตรา 200 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การทดลองช่วงที่ 2 ลูกปลามีอัตรารอดตายเฉลี่ย 42.83±2.51, 50.50±3.50, 58.50±1.32 และ 60.67±3.61% ตามลำดับ ลูกปลาที่ให้อากาศในอัตรา 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ยมากกว่าชุดการทดลองที่ให้อากาศในอัตรา 200 และ 400 มิลลิลิตร/นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่า อัตราการให้อากาศที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลปลากะรังเสือในช่วงอายุ 1-12 วัน และอายุ 13-30 วัน อยู่ที่ 200 มิลลิลิตร/นาที และ 600-800 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปลากะรังเสือ ลูกปลาวัยอ่อน อัตราการให้อากาศ การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย

Effects of Aeration Rates on Growth and Survival Rates of Tiger Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) Larvae

Pritsana Klingsukklai[1] Suparp Pripanapong[2] and Monrudee Limsuwan[1]
[1]Phuket Coastal Fisheries Research and Development Center
[2]Phangnga Coastal Fisheries Research and Development Center

Abstract

Effects of aeration rates on growth and survival rates in nursing of tiger grouper larvae were investigated. The experiment was divided into 2 periods. The first period was for nursing 1-12 days-old larvae with aeration rates assigned as 0 (no aeration), 100, 200, 300, 400 and 500 ml/min. The second period was for rearing 13-30 days-old larvae with different aeration rates of 200, 400, 600 and 800 ml/min. At the end of each experiment, average total length of 12 days-old larvae were 0.30±0.01, 0.31±0.03, 0.28±0.02, 0.29 ±0.01 and 0.30±0.02 cm, and average weight were 0.00046, 0.00043, 0.00046, 0.00044 and 0.00046 g, respectively. Average total length of 30 days-old larvae were 1.49±0.06, 1.46±0.03, 1.40±0.06 and 1.44±0.04 cm, and average weight were 0.048±0.001, 0.044±0.003, 0.043±0.007 and 0.041±0.005 g, respectively. The average total length and weight of larvae were not significant differences among treatments in both periods ($p>0.05$). In the first period, average survival rates of larvae were 0.00, 3.92±0.54, 4.97±0.25, 2.63±0.38, 1.66±0.36 and 0.98±0.17%, respectively. Nursing of larvae at 200 ml/min aeration rate gained the highest survival rate which was significantly different from other treatments ($p<0.05$). Average survival rates of larvae in the second period were 42.83±2.51, 50.50±3.50, 58.50±1.32 and 60.67±3.61%, respectively. The average survival rates of larvae reared at aeration rates of 600 and 800 ml/min were significantly higher than those reared at aeration rates of 200 and 400 ml/min ($p<0.05$).

In conclusion, the suitable aeration rates for rearing of 1-12 and 13-30 days-old tiger grouper were 200 ml/min and 600-800 ml/min, respectively.

Key Words: tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775), larvae, aeration rate, growth, survival rate

คำนำ

ปลากะรังเสือมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ชื่อสามัญ tiger grouper จัดเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของการเพาะเลี้ยงในประเทศไทย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากเป็นที่ต้องการในตลาด โดยเฉพาะ จีน ฮ่องกงและสิงคโปร์ ปลาที่นิยมบริโภคมีขนาดน้ำหนัก 600-900 กรัม ราคาอยู่ระหว่าง 300-500 บาท/กิโลกรัม ความต้องการปลากะรังเสือสำหรับบริโภคมีเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เกษตรกรมักประสบกับปัญหาขาดแคลนพันธุ์ปลาที่จะนำมาเลี้ยง ซึ่งส่วนใหญ่ยังต้องอาศัยการรวบรวมลูกปลาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (กรมประมง, 2536) แม้กรมประมงจะประสบความสำเร็จ ในการเพาะพันธุ์ลูกปลากะรังมานานแล้วก็ตาม (นิเวศน์และคณะ, 2536) แต่ในทางปฏิบัติยังมีปัญหาอีกหลายประการ ที่ส่งผลให้อัตรารอดตายของลูกปลาต่ำ เช่น ปัญหาความสมบูรณ์ของพ่อแม่พันธุ์ เทคนิคการอนุบาล การให้อาหาร คุณภาพน้ำและปัญหาการเกิดโรค ทำให้การเพาะเลี้ยงปลากะรังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร

กรมประมงเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้สนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยการเพาะและอนุบาลลูกปลากะรังเสืออย่างจริงจัง เพื่อให้ได้ผลผลิตเพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร ปัญหาที่สำคัญในการผลิตคือ อัตรารอดตายของลูกปลาต่ำมาก ในช่วง 1 เดือนแรกของการอนุบาล โดยเฉพาะในช่วงอายุ 12 วันแรกหลังจากฟัก มักตายลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ ซึ่งสาเหตุการตายอาจเนื่องมาจาก ระดับการเคลื่อนที่ของมวลน้ำไม่เหมาะสม ทำให้ลูกปลาได้รับการกระทบกระแทกหรือสัมผัสอากาศเป็นเวลานาน อีกทั้งการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ ยังส่งผลต่อการกินอาหารของลูกปลาในช่วง 1 เดือนแรกของการอนุบาล

Tucker (1999) รายงานว่าลูกปลากะรังแรกฟักทุกชนิด มีปากขนาดเล็กและอ่อนแอ มีความต้องการอาหารมีชีวิตยาวนานกว่าปลาทะเลชนิดอื่น อีกทั้งยังมีความอ่อนไหวต่อความเครียดทางกายภาพ โดยตัวอ่อนของลูกปลามักจะลอยไปกับกระแสน้ำมากกว่าจะว่ายน้ำเอง และไม่สามารถทนต่อกระแสน้ำแรงได้ สาเหตุการตายส่วนใหญ่ของลูกปลากะรังวัยอ่อนเกิดจากการที่ลูกปลาถูกตรึงด้วยแรงตึงผิวน้ำ Yamaoka *et al*. (2000) พบว่าปัญหาที่สำคัญที่สุดในการผลิตลูกปลากะรังเชิงพาณิชย์ คือ การตายของลูกปลาแรกฟักเป็นจำนวนมากบริเวณผิวน้ำ และยังไม่สามารถจัดการกับปัญหานี้ได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาหาปัจจัยต่างๆ ที่จะช่วยลดการตาย และเพิ่มการเจริญเติบโตของลูกปลาในช่วง 1 เดือนแรกของการอนุบาล Rimmer *et al*. (2001) รายงานว่า อัตราการให้อากาศที่ 25-50 มิลลิลิตร/นาที เหมาะสมที่สุดกับลูกปลากะรังดอกแดง *Epinephelus coioides* แรกฟัก Sakakura *et al*. (2009) ศึกษาอัตราการให้อากาศในลูกปลา Devil stinger *Inimicus japonicas* แรกฟัก-21 วัน ที่อัตราการให้อากาศที่ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ) 50, 300, 600 และ 1,200 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ ผลปรากฏว่าอัตราการให้อากาศที่มากกว่า 300 มิลลิลิตร/นาที มีผลทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายสูง แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลา

การศึกษาครั้งนี้ จึงได้ศึกษาอัตราการให้อากาศที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุตั้งแต่ 1-30 วัน เพื่อให้ลูกปลามีการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อนดีขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) วัยอ่อนที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนอายุ 1-30 วัน แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วงอายุ คือ ช่วงที่ 1 ทดลองลูกปลาอายุ 1-12 วัน และช่วงที่ 2 ทดลองกับลูกปลาอายุ 13-30 วัน โดยใช้อัตราการให้อากาศในการอนุบาลที่แตกต่างกัน ออกแบบการทดลองแบบ completely randomized design (CRD)

การทดลองช่วงที่ 1 (ลูกปลาอายุ 1-12 วัน) แบ่งเป็น 6 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 0 มิลลิลิตร/นาที (ไม่ได้ให้อากาศ)
ชุดการทดลองที่ 2 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 100 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 3 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 200 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 4 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 300 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 5 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 400 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 6 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 500 มิลลิลิตร/นาที

การทดลองช่วงที่ 2 (ลูกปลาอายุ 13-30 วัน) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 200 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 2 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 400 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 3 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 600 มิลลิลิตร/นาที
ชุดการทดลองที่ 4 ใช้อัตราการให้อากาศ ที่ 800 มิลลิลิตร/นาที

การเตรียมปลาทดลอง

การทดลองช่วงที่ 1 ใช้ลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนอายุ 1 วัน เป็นลูกปลาที่เพาะพันธุ์ได้จากพ่อแม่พันธุ์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา การทดลองช่วงที่ 2 ใช้ลูกปลาอายุ 13 วันเป็นลูกปลาที่ได้จากการอนุบาลในบ่อขนาด 18 ตัน ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต (ลูกปลาจากไข่คนละชุดกับการทดลองช่วงที่ 1)

การเตรียมถังทดลอง และอุปกรณ์ต่างๆ

ถังพลาสติกความจุ 220 ลิตร จำนวน 18 ใบ ก่อนทดลองนำมาล้างให้สะอาดและฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในรูปของแคลเซียมไฮเปอร์คลอไรท์ [$Ca(OCl)_2$] 60 % ที่ระดับความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน แช่ทิ้งไว้ 1 คืน ล้างทำความสะอาดอีกครั้ง แล้วตากให้แห้งก่อนนำไปใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ตะแกรงถ่ายน้ำ สวิง สายออกซิเจน หัวทราย ทำการฆ่าเชื้อที่อาจปนเปื้อนมา ด้วยฟอร์มาลีนเข้มข้น 200 ส่วนในล้าน โดยแช่อุปกรณ์ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งแดดให้แห้งก่อนนำมาใช้ในงานทดลอง

การเตรียมระบบให้อากาศ

เครื่องเพิ่มอากาศแยกจากระบบลมของโรงเพาะฟัก เพื่อความคงที่ของอัตราการให้อากาศ โดยใช้ปั๊มลมชนิดพัดลมไฟฟ้ายี่ห้อ Resun กำลังไฟฟ้า 370 วัตต์ ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์

การเตรียมน้ำทะเล

น้ำทะเลที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลา เป็นน้ำทะเลความเค็ม 30-32 ส่วนในพัน ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (แคลเซียมไฮเปอร์คลอไรท์ 60 %) ความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน ให้อากาศตลอดเวลาประมาณ 3 วัน

ทดสอบคลอรีนตกค้างด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) หลังจากนั้นหยุดให้อากาศ เพื่อให้ตกตะกอน แล้วจึงสูบไปเก็บไว้ในบ่อพักน้ำ โดยกรองผ่านถุงกรองขนาด 5 ไมครอน

การเตรียมอาหารมีชีวิต

การเตรียมคลอเรลลาเพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์และใช้ทำสีน้ำในบ่ออนุบาล โดยใช้บ่อกลางแจ้งขนาด 50 ตัน หลังจากใส่ปุ๋ยประมาณ 5 วัน ความหนาแน่นของคลอเรลลาประมาณ 1×10^{7} เซลล์/มิลลิลิตร ก่อนนำไปใช้ทดสอบปริมาณแอมโมเนียไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

การเตรียมโรติเฟอร์ โดยใช้บ่อขนาด 18 ตัน ให้คลอเรลลาเป็นอาหาร เก็บผลผลิต 50 % ทุกวัน ด้วยผ้ากรองขนาด 50 ไมครอน และล้างทำความสะอาดบ่อทุก 5 วัน

การเตรียมอาร์ทีเมีย หลังจากอาร์ทีเมียฟักเป็นตัว นำมาเสริมกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) ในการทดลองครั้งนี้ใช้ EASY DHA SELCO ความเข้มข้น 50 ส่วนในล้าน เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง (อาคม และคณะ, 2551) หลังจากนั้นรวบรวมอาร์ทีเมียมาล้างให้สะอาดแล้วนำไปใช้อนุบาลลูกปลา

การทดลองช่วงที่ 1 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน)

การทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 1 วัน ในถังพลาสติกความจุ 220 ลิตร เติมน้ำ 200 ลิตร จำนวน 18 ถัง โดยใส่ลูกปลาความหนาแน่น 25 ตัว/ลิตร ให้ออกซิเจนผ่านหัวทรายถังละ 1 หัว ปรับอัตราการให้อากาศที่ระดับ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ) 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที โดยใช้กระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำให้เต็มแล้วคว่ำกระบอกตวงให้ครอบหัวทรายบริเวณก้นถัง ซึ่งอัตราการให้อากาศจะเท่ากับอากาศที่เข้าไปแทนที่น้ำในกระบอกตวง ในระยะเวลา 1 นาที แต่ละถังให้โรติเฟอร์เป็นอาหารวันละครั้ง ในช่วงอายุ 2-5 วัน ให้โรติเฟอร์ขนาดเล็กกว่า 60 ไมครอน ให้มีความหนาแน่น 3-5 ตัว/มิลลิลิตร แล้วเพิ่มเป็น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร ในช่วงอายุ 6-12 วัน (โรติเฟอร์ทุกขนาด) ในถังอนุบาลทุกถังใส่คลอเรลลาทุกวัน ให้มีความหนาแน่นในถัง $2\text{-}3\times10^{5}$ เซลล์/มิลลิลิตร เปลี่ยนถ่ายน้ำ 20 % เมื่อลูกปลาอายุ 4-6 วัน และ 30 % ที่อายุ 7-11 วัน พร้อมทั้งดูดตะกอนทำความสะอาดถังทดลองทุกวัน

การทดลองช่วงที่ 2 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 13-30 วัน)

การทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 13 วัน ในถังพลาสติกความจุ 220 ลิตร เติมน้ำ 200 ลิตร จำนวน 12 ถัง ใส่ลูกปลาความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร ให้ออกซิเจนผ่านหัวทรายถังละ 1 หัว ปรับอัตราการให้อากาศ ที่ระดับ 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที วิธีการปรับอัตราการให้อากาศ ทำเช่นเดียวกับการทดลองช่วงที่ 1 แต่ละถังให้โรติเฟอร์เป็นอาหารวันละครั้ง ให้มีความหนาแน่น 15-20 ตัว/มิลลิลิตร ในช่วงอายุ 13-20 วัน เมื่อลูกปลาอายุ 16 วัน เป็นต้นไป ให้อาร์ทีเมียแรกฟักที่เสริมกรดไขมัน (EASY DHA SELCO) ความเข้มข้น 50 ส่วนในล้าน เป็นอาหารวันละ 5 ครั้ง ให้มีความหนาแน่น 0.5-1.5 ตัว/มิลลิลิตร ในเวลา 06.00 น. 09.00 น. 12.00 น. 15.00 น. และ 18.00 น. ในถังอนุบาลทุกถังใส่คลอเรลลาทุกวัน ให้มีความหนาแน่นในถัง $2\text{-}3\times10^{5}$ เซลล์/มิลลิลิตร เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 % พร้อมทั้งดูดตะกอนทำความสะอาดถังทดลองทุกวัน

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำในถังอนุบาลไปตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยความเค็มใช้เครื่องมือวัดความเค็มแบบหักเหแสง (Refracto-salinometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S/Milli-E ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดด้วย pH meter ยี่ห้อ WTW รุ่น inoLab ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ด้วยเครื่องวัดออกซิเจนยี่ห้อ Oxy Guard รุ่น Handy Polaris อุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นด่างของน้ำวิเคราะห์

โดยวิธี potentiometer titration to pre-selection pH (APHA, AWWA and WPCF, 1980) ความกระด้าง (hardness) โดยวิธี EDTA titrimetric (APHA, AWWA and WPCF, 1980) แอมโมเนียโดยวิธี modified indophenols blue method (Sasaki and Sawada, 1980) ไนไตรทโดยวิธี diazotization method (Strickland and Parsons, 1972)

การบันทึกข้อมูล

การชั่งน้ำหนักลูกปลาอายุ 12 วัน ในการทดลองช่วงที่ 1 โดยชั่งเป็นน้ำหนักรวม 30 ตัว/ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแต่ละตัว การทดลองช่วงที่ 2 ลูกปลาอายุ 30 วัน ชั่งน้ำหนักทุกตัว จำนวน 50 ตัว/ซ้ำ การวัดความยาวและนับจำนวนของลูกปลาดำเนินการทั้งก่อนและหลังการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลอง เพื่อคำนวณขนาดการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของลูกปลา

การวิเคราะห์ข้อมูล

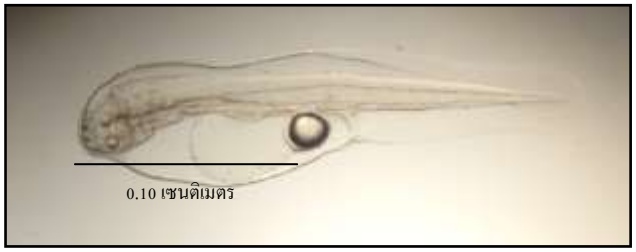
การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดตาย ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test การวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS for windows version 11.5 (กัลยา, 2546)

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโต

การทดลองช่วงที่ 1 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน) เมื่อเริ่มทดลองลูกปลากะรังเสืออายุ 1 วัน (ภาพที่ 1) มีขนาดความยาวเฉลี่ย 0.21±0.01 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.00014 กรัม ชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 0 มิลลิลิตร/นาที (ไม่ได้ให้อากาศ) สังเกตพบว่าลูกปลาเริ่มทยอยตายหลังจากอนุบาลได้ 3 วัน และลูกปลาตายหมดหลังจากอนุบาลไปได้ 7 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที มีความยาวเฉลี่ย 0.30±0.01, 0.31±0.03, 0.28±0.02, 0.29 ±0.01 และ 0.30±0.02 เซนติเมตร ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 0.00046, 0.00043, 0.00046, 0.00044 และ 0.00046 กรัม ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

การทดลองช่วงที่ 2 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 13-30 วัน) เมื่อเริ่มทดลองลูกปลาอายุ 13 วัน (ภาพที่ 2) มีขนาดความยาวเฉลี่ย 0.44±0.04 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.0015±0.0004 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาอายุ 30 วัน (ภาพที่ 3) ที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่ 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที มีความยาวเฉลี่ย 1.49±0.06, 1.46±0.03, 1.40±0.06 และ 1.44±0.04 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักเฉลี่ย 0.048±0.001, 0.044±0.003, 0.043±0.007 และ 0.041±0.005 กรัม ตามลำดับ โดยอัตราการให้อากาศที่ 200 มิลลิลิตร/นาที ลูกปลามีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 2)



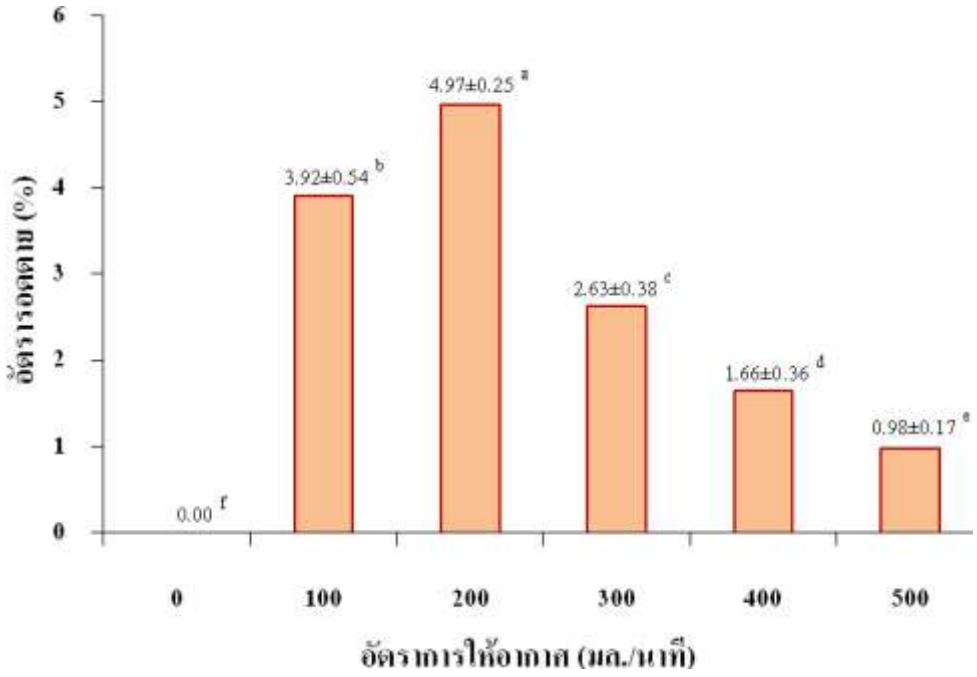
ภาพที่ 1 ลูกปลากะรังเสืออายุ 1 วัน

ภาพที่ 2 ลูกปลากะรังเสืออายุ 13 วัน

ภาพที่ 3 ลูกปลากะรังเสืออายุ 30 วัน

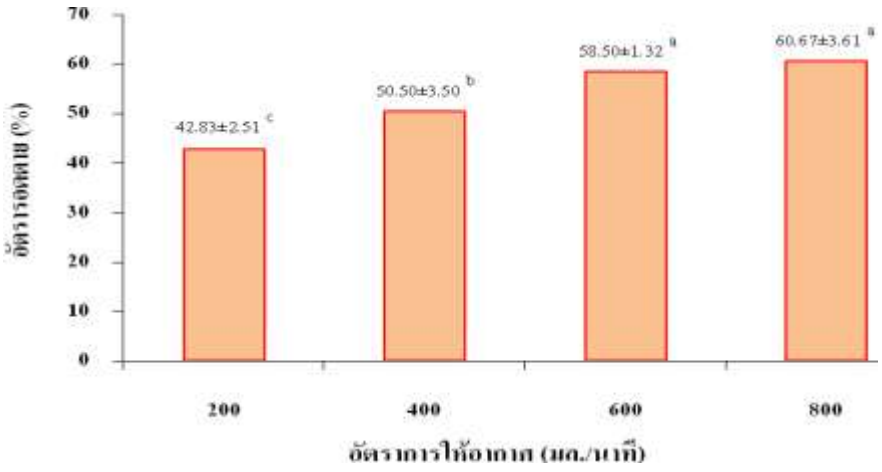
อัตรารอดตาย

การทดลองช่วงที่ 1 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน) ลูกปลาในชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ), 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 0.00, 3.92±0.54 4.97±0.25 2.63±0.38 1.66±0.36 และ 0.98±0.17% ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 200 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 4 อัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสืออายุ 12 วัน ที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกัน (ช่วงที่ 1)
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรอังกฤษเหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

การทดลองช่วงที่ 2 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 13-30 วัน) ลูกปลาในชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศ 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 42.83±2.51, 50.50±3.50, 58.50±1.32 และ 60.67±3.61 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 800 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายสูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับชุดทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 600 มิลลิลิตร/นาที แต่ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 200 และ 400 มิลลิลิตร/นาที (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 5 อัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสืออายุ 30 วัน ที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกัน (ช่วงที่ 2)
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรอังกฤษเหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสือวัยอ่อน ที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกัน ช่วงที่ 1 (อายุ 1-12 วัน)

รายการ	ชุดการทดลองที่ (อัตราการให้อากาศ มิลลิลิตร/นาที)					
	1 (0)	2 (100)	3 (200)	4 (300)	5 (400)	6 (500)
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	0.21±0.01	0.21±0.01	0.21±0.01	0.21±0.01	0.21±0.01	0.21±0.01
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	-	0.30±0.01[a]	0.31±0.03[a]	0.28±0.02[a]	0.29 ±0.01[a]	0.30±0.02[a]
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	-	0.00046[a]	0.00043[a]	0.00046[a]	0.00044[a]	0.00046[a]
อัตรารอดตาย (%)	0.00[f]	3.92±0.54[b]	4.97±0.25[a]	2.63±0.38[c]	1.66±0.36[d]	0.98±0.17[e]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสือวัยอ่อน ที่อนุบาลโดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกัน ช่วงที่ 2 (อายุ 13-30 วัน)

รายการ	ชุดการทดลองที่ (อัตราการให้อากาศ มิลลิลิตร/นาที)			
	1 (200)	2 (400)	3 (600)	4 (800)
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	0.44±0.04	0.44±0.04	0.44±0.04	0.44±0.04
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	0.0015±0.0004	0.0015±0.0004	0.0015±0.0004	0.0015±0.0004
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	1.49±0.06[a]	1.46±0.03[a]	1.40±0.06[a]	1.44±0.04[a]
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	0.048±0.001[a]	0.044±0.003[a]	0.043±0.007[a]	0.041±0.005[a]
อัตรารอดตาย (%)	42.83±2.51[c]	50.50±3.50[b]	58.50±1.32[a]	60.67±3.61[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

คุณภาพน้ำ

การทดลองช่วงที่ 1 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 1-12 วัน) คุณภาพน้ำตลอดการอนุบาลลูกปลา โดยใช้อัตราการให้อากาศที่ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ), 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที ทั้ง 6 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 3

- ออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.79±0.68 มิลลิกรัม/ลิตร โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 500 มิลลิลิตร/นาที มีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในน้ำสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

- ความเค็มมีค่าเฉลี่ย 30.87±0.08 ส่วนในพัน ความกระด้างมีค่าเฉลี่ย 5,379.76±25.98 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย27.00 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยความเค็ม ความกระด้าง และอุณหภูมิ ทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

- ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย 7.36±0.07 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ย 0.16±0.04 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ย 0.47±0.05 มิลลิกรัม/ลิตร ชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 0 มิลลิลิตร/นาที (ไม่ได้ให้อากาศ) มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนียและไนไตรท์ต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

- ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 83.86±1.10 มิลลิกรัม/ลิตร ชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศ 0 มิลลิลิตร/นาที (ไม่ได้ให้อากาศ) มีค่าเฉลี่ยความเป็นด่างสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

การทดลองช่วงที่ 2 (ลูกปลากะรังเสืออายุ 13-30 วัน) คุณภาพน้ำตลอดการอนุบาลลูกปลา โดยใช้อัตราการให้อากาศที่ 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที ทั้ง 4 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 4

- ออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.90±0.27 มิลลิกรัม/ลิตร โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 800 มิลลิลิตร/นาที มีค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายในน้ำสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

- ความเค็มมีค่าเฉลี่ย 31.31±0.12 ส่วนในพัน ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย 7.43±0.02 ความกระด้างมีค่าเฉลี่ย 5,420.37±22.39 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ย 0.35±0.03 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ย 0.39±0.02 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 27.00 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ และอุณหภูมิ ทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

- ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 93.54±1.37 มิลลิกรัม/ลิตร โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 600 มิลลิลิตร/นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 400 และ 800 มิลลิลิตร/นาที แต่ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 200 มิลลิลิตร/นาที

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำในการทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสือวัยอ่อน โดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกัน ช่วงที่ 1 (อายุ 1-12 วัน)

คุณภาพน้ำ	ชุดการทดลองที่ (อัตราการให้อากาศ มิลลิลิตร/นาที)						ค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง
	1 (0)	2 (100)	3 (200)	4 (300)	5 (400)	6 (500)	
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	30.91±0.08^{a}	30.86±0.13^{a}	30.89±0.05^{a}	30.81±0.05^{a}	30.83±0.08^{a}	30.92±0.08^{a}	30.87±0.08
ความเป็นกรด-ด่าง	7.25±0.16^{a}	7.37±0.01^{b}	7.38±0.00^{b}	7.39±0.00^{b}	7.38±0.01^{b}	7.38±0.00^{b}	7.36±0.07
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	86.14±0.19^{b}	83.36±0.60^{a}	83.17±0.53^{a}	83.57±0.28^{a}	83.49±0.13^{a}	83.46±0.26^{a}	83.86±1.10
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	5,383.81±15.67^{a}	5,366.11±0.48^{a}	5,398.33±35.91^{a}	5,380.00±15.57^{a}	5,386.67±49.84^{a}	5,363.61±13.85^{a}	5,379.76±25.98
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.07±0.01^{a}	0.19±0.01^{c}	0.18±0.02^{bc}	0.17±0.02^{bc}	0.16±0.02^{b}	0.17±0.00^{bc}	0.16±0.04
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.38±0.01^{a}	0.47±0.02^{b}	0.48±0.01^{b}	0.50±0.04^{b}	0.51±0.02^{b}	0.50±0.01^{b}	0.47±0.05
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	5.39±0.06^{a}	6.73±0.08^{b}	6.94±0.03^{c}	7.16±0.02^{d}	7.19±0.06^{d}	7.36±0.04^{e}	6.79±0.68
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.00±0.00^{a}	27.00±0.00^{a}	27.00±0.00^{a}	27.00±0.00^{a}	27.00±0.00^{a}	27.00±0.00^{a}	27.00±0.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในการทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสือวัยอ่อน โดยใช้อัตราการให้อากาศที่แตกต่างกันช่วงที่ 2 (อายุ 13-30 วัน)

คุณภาพน้ำ	ชุดการทดลองที่ (อัตราการให้อากาศ มิลลิลิตร/นาที)				ค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง
	1 (200)	2 (400)	3 (600)	4 (800)	
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	31.37±0.12[a]	31.35±0.12[a]	31.30±0.14[a]	31.20±0.08[a]	31.31±0.12
ความเป็นกรด-ด่าง	7.42±0.05[a]	7.44±0.01[a]	7.43±0.01[a]	7.44±0.02[a]	7.43±0.02
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	93.52±0.51[a]	93.97±0.20[ab]	94.19±0.21[b]	94.01±0.32[ab]	93.54±1.37
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	5,406.48±25.05[a]	5,408.89±9.35[a]	5,429.63±23.59[a]	5,436.48±21.96[a]	5,420.37±22.39
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.36±0.04[a]	0.32±0.00[a]	0.35±0.03[a]	0.35±0.02[a]	0.35±0.03
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.38±0.02[a]	0.48±0.03[a]	0.38±0.01[a]	0.39±0.01[a]	0.39±0.02
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	6.49±0.04[a]	6.89±0.06[b]	7.06±0.05[c]	7.17±0.07[d]	6.90±0.27
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.00±0.00[a]	27.00±0.00[a]	27.00±0.00[a]	27.00±0.00[a]	27.00±0.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาที่ให้อากาศในอัตรา 0 มิลลิลิตร/นาที (ไม่ได้ให้อากาศ) ลูกปลาตายหมด สำหรับลูกปลาอายุ 12 วัน ที่อนุบาลโดยให้อากาศในอัตรา 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร/นาที และอายุ 30 วัน ที่อนุบาลโดยให้อากาศในอัตรา 200, 400, 600 และ 800 มิลลิลิตร/นาที มีการเจริญเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยในทุกชุดการทดลองของแต่ละช่วงการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sakakura *et al*. (2009) และ Barahona (1978) ที่ศึกษาอัตราการให้อากาศในลูกปลา devil stinger (*Inimicus japonicas*) แรกฟัก-21 วัน ที่อัตราการให้อากาศ 0 (ไม่ได้ให้อากาศ), 50, 300, 600 และ 1,200 มิลลิลิตร/นาที และในลูกปลากะพงขาวแรกฟัก-30 วัน ตามลำดับ ผลปรากฏว่าอัตราการให้อากาศไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลา devil stinger และลูกปลากะพงขาว

ในการทดลองช่วงที่ 1 ชุดการทดลองที่ใช้อัตราการให้อากาศที่ 0 มิลลิลิตร/นาที (ไม่ได้ให้อากาศ) ไม่มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ มีผลทำให้ลูกปลาตายมาก เนื่องจากลูกปลาจะว่ายน้ำเข้าหาแสงบริเวณผิวน้ำ และถูกแรงตึงผิวน้ำดึงตัวไว้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Yamaoka *et al*. (2000) ที่พบว่าการเคลื่อนที่ของมวลน้ำช่วยลดการตายของลูกปลากะรัง *E. akaara* อายุ 2-6 วัน ซึ่งสันนิษฐานว่าลูกปลากะรังอายุ 2-4 วัน หลังจากฟักจะมีการพัฒนาของเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างเมือก (mucus cell) มากที่สุด ถ้าลูกปลาถูกกระตุ้นด้วยปัจจัยทางกายภาพ ทำให้เกิดความเครียด ลูกปลาจะสร้างเมือกออกมา เมื่อล่องลอยไปที่ผิวน้ำ ลูกปลาจะถูกแรงตึงผิวน้ำดึงตัวไว้ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้มีการสร้างเมือกขึ้น ทำให้ลูกปลาตัวอื่นๆเข้าไปติดอีก จึงทำให้ลูกปลาตายลอยเป็นแพที่ผิวน้ำ (ไพบูลย์ และคณะ, 2544) การศึกษาผลของการสัมผัสอากาศต่อการตายของลูกปลากะรังวัยอ่อนอายุ 0-15 วัน โดยวิธีตักลูกปลามาจากถังอนุบาลครั้งละ 40-100 ตัว เทผ่านสวิงกรองขนาดตา 120 ไมครอน ยกสวิงขึ้นเหนือน้ำ ให้ลูกปลาสัมผัสอากาศเป็นระยะเวลา 12 วินาที แล้วเทลูกปลากลับลงในน้ำ ในบิกเกอร์ขนาด 1 ลิตร หลังจากนั้น 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบพบว่า ในช่วงอายุ 1-9 วัน มีการตายของลูกปลาโดยมีการตายสูงสุด 88.2-100 % ในช่วงอายุ 3-4 วัน ที่ 24 ชั่วโมง และตรวจไม่พบการตายของลูกปลาอายุ 10-15 วัน (มาวิทย์ และธิดา, 2531) อาทินันต์ (2545) กล่าวว่าถ้าส่วนหนึ่งส่วนใดของลูกปลากะรังในช่วงอายุ 2-4 วันแรก อยู่เหนือน้ำเพียง 12 วินาที ลูกปลาจะตายภายใน 1 วัน ดังนั้น การให้อากาศเบาๆในถังอนุบาลเพื่อลดแรงตึงผิวของน้ำกับอากาศ ช่วยลดการตายที่ผิวน้ำของลูกปลาลงได้ จากรายงานของ Fukusho and Kitajima (1988) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการให้อากาศกับความผิดปกติของลูกปลา red sea bream (*Pagrus major*) ที่อนุบาลในถังขนาด 1 ตัน พบความผิดปกติของรูปร่างและการตายสูงในลูกปลาที่อนุบาลโดยไม่ให้อากาศ

ลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 1-12 วัน โดยให้อากาศในอัตรา 200 มิลลิลิตร/นาที มีอัตรารอดตายสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shiotani *et al*. (2005) ที่อนุบาลลูกปลา seven-band grouper *E. septemfasciatus* แรกฟัก-9 วัน ที่ให้อากาศในอัตรา 0 (ไม่ได้ให้อากาศ) 50, 200 และ 1,000 มิลลิลิตร/นาที พบว่า ที่อัตราการให้อากาศ 200 มิลลิลิตร/นาที การเคลื่อนที่ของมวลน้ำมีความเหมาะสมกับช่วงอายุของลูกปลา ทำให้อัตรารอดตายของลูกปลาดีที่สุด เนื่องจากลูกปลาแรกฟักมีความเปราะบาง ต่อความเครียดทางกายภาพ เช่นความแรงของกระแสน้ำ หากการไหลของมวลน้ำแรง จะผลิตฟองอากาศอย่างรวดเร็ว สามารถเพิ่มความเสียหายให้กับลูกปลาอีกทั้งยังทำให้ลูกปลาจับอาหารได้ยากขึ้น ส่งผลให้อัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อนลดลง

ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลตั้งแต่อายุ 13-30 วัน มีอัตรารอดตายสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราการให้อากาศ (> 600 มิลลิลิตร/นาที) ทั้งนี้ เนื่องจากลูกปลาสามารถทนทานต่อการกระทบกระแทกของกระแสน้ำได้ การเพิ่มความแรงของกระแสน้ำช่วยในการกระจายอาหาร ทำให้ลูกปลาสามารถหาอาหารได้ง่ายขึ้น

ผลจากการทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสือระยะ 1 เดือน ยืนยันได้ว่าอัตราการให้อากาศในถังอนุบาลมีผลต่ออัตรารอดตายของปลากะรังเสือวัยอ่อน แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต การให้ฟองอากาศต้องเหมาะสมกับช่วงอายุของลูกปลา และเพียงพอที่จะให้มวลน้ำเคลื่อนที่เบาๆ เพื่อลดแรงตึงผิวน้ำ และช่วยในการกระจายอาหาร ให้ลูกปลาสามารถจับกินได้อย่างทั่วถึง ในขณะเดียวกันความแรงของอากาศที่ให้ ต้องไม่มากจนทำให้ลูกปลาได้รับการกระทบกระแทกหรือสัมผัสอากาศ

คุณภาพน้ำในการทดลอง เป็นค่าคุณภาพน้ำก่อนมีการเปลี่ยนถ่ายในแต่ละวัน ไนไตรท์มีค่าสูงใกล้เคียงกันในช่วงท้ายของการทดลองทั้ง 2 ช่วง ส่วนคุณภาพน้ำอื่นๆ ทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งไว้ดังนี้ อุณหภูมิไม่สูงกว่า 33 องศาเซลเซียส ความเค็มมีค่าเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติไม่เกินร้อยละ 10 ความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.0-8.5 ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ดังนั้นคุณภาพน้ำในการศึกษาครั้งนี้ มีความเหมาะสมในการอนุบาลลูกปลา

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 536 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. มาตรฐานคุณภาพน้ำและเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, กรมควบคุมมลพิษ. 242 หน้า.

กรมประมง. 2536. คู่มือการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลากะรัง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกรมประมง. 42 หน้า.

นิเวศน์ เรืองพานิชย์, ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และเจนจิตต์ คงกำเนิด. 2536. การเพาะและอนุบาลลูกปลากะรัง *Epinephelus malabaricus*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2536. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา. กรมประมง. 16 หน้า.

มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี. 2531. ผลของการสัมผัสอากาศต่อการตายของลูกปลากะรังวัยอ่อน. ใน: รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2531 กรมประมง. วันที่ 21-23 กันยายน 2531. ณ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ บางเขน กรุงเทพมหานคร. หน้า 44-46.

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์, สมเจตน์ รัตนชู, พิกุล ไชยรัตน์ และปริศนา คลิ้งสุขคล้าย. 2544. ปัจจัยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพันธุ์ปลากะรัง *Epinephelus coioides* (Hamilton). เอกสารวิชาการฉบับที่ 31/2544. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกระบี่. กรมประมง. 15 หน้า.

อาคม สิงหบุญ,ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์, สามารถ เดชสถิต และปริศนา คลิ้งสุขคล้าย. 2551. การอนุบาลลูกปลากะรังหงส์ (*Cromileptes altivelis* Valenciennes, 1828) ด้วยอาร์ทีเมียที่เสริมน้ำมันระดับต่างๆ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 30/2551. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่. กรมประมง. 15 หน้า.

อาทินันต์ ประสมพงศ์. 2545. ปลากะรังหรือปลาเก๋า. http://www.nicaonline.com. February 22, 2010.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA and WPCF) .1980. Standard method for the examination of water and wastewater. 15th ed. APHA. Washington D.C.1134 pp.

Barahona, M. H. 1978. Effect of aeration on the survival and growth of sea bass (*Dicentrarchus labrac* L.) larvae: A preliminary study. *Aquaculture.* 14(1) : 67-74.

Fukusho. K. and C. Kitajima. 1988. Environmental management of larval rearing of marine fishes-A short history of research to prevent lordosis in red sea bream, *Pagrus major*. NOAA Technical Report NMFS. 13 pp.

Rimmer, M. A., K. C. Williams, J. D. Toledo, K. Sugama, T. Ahmad, I. Rumengan and M. J. Phillips. 2001. Improved hatchery and grow-out technology for grouper Aquaculture in the Asia-Pacific region. ACIAR Project FIS/97/73. 39 pp.

Sakakura, Y., A. Hagiwara, Y. Andou, K. Kadomura, C. Tomioka, S. Yogo and K. Miyaki. 2009. Effects of Water Flow, Salinity Gradient and Light Intensity on the Larval Performance of the Devil stinger *Inimicus japonicas*. Poster. Larvi 2009, 5th fish & shellfish larviculture symposium. September 7-10, 2009. Ghent University, Belgium.

Sasaki, K. and Y. Sawada. 1980. Determination of Ammonia in Estuary. *Bulletin of Japanese Society of Science and Fisheries* 46: 319-321.

Shiotani, S., H. Atsushi, S. Yoshitaka, C. Hisashi. 2005. Estimation of flow in a rearing tank of marine fish larvae by simplified numerical computation-a case of two-dimensional flow. *Aquacultural Engineering* 32(3-4): 465-481.

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin* 167. Ottawa. 310 pp.

Tucker, J. W., Jr. 1999. Species Profile Grouper Aquaculture. SRAC Publication. 721: 1-10.

Yamaoka, K., T. Nanbu, M. Miyagawa, T. Isshiki and A. Kusaka. 2000. Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture.* 189 : 165-176.

รูปแบบการให้อากาศต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ช่วงอายุ 14-30 วัน

พัชรี นวลศรีทอง[1] สุภาพ ไพรพนาพงศ์[1] พิชญา ชัยนาค[2] และวารินทร์ ธนาสมหวัง[3]
[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา [2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต [3]กองผู้เชี่ยวชาญ

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการให้อากาศที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 ให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย ชุดการทดลองที่ 2 ให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย และชุดการทดลองที่ 3 ให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 32.87±0.15, 32.33±0.13 และ32.32±0.39 มิลลิกรัม ความยาวเฉลี่ย 5.52±0.38, 5.33±0.28 และ 5.25±0.09 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งน้ำหนักและความยาว ($p>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ย 65.84±0.03, 59.61±0.07 และ 60.57±0.06 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยลูกปลาในชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 17.05±0.20, 16.03±0.96 และ 15.39±0.66 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ ลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองมีอัตรารอดตายเฉลี่ย 83.04±1.39, 78.64±2.09 และ 45.17±2.17% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทิศทางการไหลของกระแสน้ำของรูปแบบการให้อากาศทั้งสามชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำดีที่สุด 299.49±21.13 องศา รองลงมาได้แก่ รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย 223.94±9.18 องศา และรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย 130.34±11.88 องศา ความเร็วของกระแสน้ำของรูปแบบการให้อากาศทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ระหว่าง 0.000-0.023 เมตร/วินาที

ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่ารูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทรายเหมาะสมสำหรับใช้อนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน

คำสำคัญ: รูปแบบการให้อากาศ การอนุบาล ปลากะรังเสือวัยอ่อน

Effects of Aeration Patterns on Growth and Survival Rates of Tiger Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) during 14-30 Days-Old

Patcharee Nualsrithong[1] Suparp Praipanapong[1] Pitchaya Chainark[2] and Varin Tanasomwang[3]
[1]Phang-nga Coastal Fisheries Research and Development Center, [2]Phuket Coastal Fisheries Research and Development Center, [3]Expert Division

Abstract

The aeration pattern for nursing of tiger grouper larvae during 14-30 days-old was studied. The experiment was divided into 3 treatments, one direction of aeration, multiple directions of aeration and porous pipe aeration for treatment 1, 2 and 3, respectively. At the beginning of experiment, average weight of the fish in each treatment was 32.87±0.15, 32.33±0.13 and 32.32±0.39 mg and average length was 5.52±0.38, 5.33±0.28 and 5.25±0.09 mm, respectively which were not significantly different from each other ($p>0.05$). When the experiment terminated, fish in treatment 1 showed significantly greater average weight (65.84±0.03 mg) than those in treatment 2 (59.61±0.07 mg) and treatment 3 (60.57±0.06 mg) ($p<0.05$). The fish in treatment 2 and 3 had no significant difference in average weight ($p>0.05$). No significant differences in average length of tiger grouper larvae among the 3 treatments were observed ($p>0.05$). Moreover, the average survival rate of fish in each treatment was 83.04±1.39, 78.64±2.09 and 45.17±2.17% which were significantly different from each other ($p<0.05$). The direction of water current were significantly different among the 3 aeration patterns ($p<0.05$). Aeration model in treatment 3 gave best movement of current direction (299.49±21.13°) following by the aeration patterns in treatment 2 (223.94±9.18°) and treatment 1 (130.34±11.88°). No significant differences in current velocity among the 3 treatments (0.000-0.023 m/sec) was noted ($p>0.05$). Based on these results, the one direction aeration is suitable model for nursing tiger grouper during 14-30 days-old.

Keywords: aeration model, nursing, tiger grouper larvae

คำนำ

ปลากะรังเสือหรือกะรังลายหินอ่อน ชื่อสามัญ tiger grouper หรือ brown marbled grouper ชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) จัดอยู่ในวงศ์ Serranidae ซึ่งเป็นปลาในครอบครัวเดียวกันกับปลากะรังดอกแดงและปลาหมอทะเล เป็นต้น ปลาเริ่มเจริญพันธุ์เมื่ออายุประมาณ 3 ปี เป็นปลาที่เปลี่ยนเพศได้โดยเป็นเพศเมียก่อนและเปลี่ยนเป็นเพศผู้ภายหลัง (protogynous hermaphrodite) ลักษณะทั่วไปของปลากะรังเสือ คือ ปากกว้าง ลำตัวรูปกระสวย มีสีน้ำตาลปนเหลืองมีพื้นสีน้ำตาลเข้ม แถบไม่มีรูปร่างแน่นอนกระจายเป็นแนวทางขวางลำตัว เกิดเป็นแนวแถบสี 5 แถบ มีจุดดำขนาดเล็กกระจายทั่วลำตัว บริเวณครีบหลังมีแถบสีดำสั้นๆอยู่ 4 แถบ บริเวณคอดหางมีแถบสีดำพาดอยู่ (ไพโรจน์และดุสิต, 2530) ขนาดโตเต็มที่มีความยาวประมาณ 120 เซนติเมตร ขนาดสมบูรณ์เพศความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร (Lau and Li., 2000) อาศัยอยู่ตามแนวปะการังและบริเวณแนวหิน พบได้ในเขตตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศออสเตรเลีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเขตอินโดแปซิฟิกตะวันตก ในประเทศไทยพบแพร่กระจายอยู่ตามชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย (Allen *et al*., 2003) ปลากะรังเสือเป็นปลาเศรษฐกิจที่มีราคาสูงเนื่องจากเป็นปลาที่มีเนื้อนุ่ม รสชาติอร่อย นำมาทำอาหารได้หลายประเภท และสามารถส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศได้ ขนาดปลาที่นิยมบริโภคมีน้ำหนัก 600-1,000 กรัม ราคา 400-500 บาท/กิโลกรัม (ราคาที่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาขายได้ในปี 2555)

จากสถิติการประมง 2553 (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง 2553) พบว่าปัจจุบันปริมาณปลากะรังที่จับจากธรรมชาติลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่จับได้ในปี 2552 โดยมีการจับปลากะรังจากธรรมชาติได้ 6,176 ตัน และมีผลผลิตของปลากะรังที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 3,024 ตัน (ข้อมูลสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2550) แต่ในปัจจุบันสามารถจับปลากะรังจากธรรมชาติได้เพียง 3,886 ตัน และมีผลผลิตของปลากะรังที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 2,734 ตัน และจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าผลผลิตปลากะรังจากการเพาะเลี้ยงลดลงเช่นกัน แสดงว่าการเพาะพันธุ์และอนุบาลปลากะรังเสือยังมีปริมาณการผลิตที่ไม่เพียงพอ ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้การอนุบาลลูกปลากะรังเสือมีอัตรารอดต่ำ โดยปัจจัยที่มีผลต่ออัตรารอดของลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนมีหลายปัจจัย คือ การกินกันเองของลูกปลากะรังเสือ การศึกษาของ Ahmad (1998) ในอินโดนีเซียสามารถอนุบาลปลากะรังเสือได้ถึงอายุ 30 วัน มีอัตรารอดตาย 50% แต่เมื่อลูกปลาอายุ 60 วันมีอัตรารอดเพียง 1.6% โดยปัญหาที่พบคือ การขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์และการกินกันเองของลูกปลา Ali *et al.* (1998) ได้ทำการทดลองอนุบาลลูกปลากะรังเสือโดยใช้โรติเฟอร์และโคพีพอด พบว่า ลูกปลากินนอเพลียสของโคพีพอดมากที่สุดและมากกว่าโรติเฟอร์อย่างมีนัยสำคัญ แต่ทดลองได้เพียง 5 วัน มีอัตรารอดตายน้อยกว่า 5% แต่ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสือ ไม่ได้มีเพียงเรื่องอาหารอย่างเดียว เนื่องจาก Sakakura *et al.* (2007) ได้ศึกษาระดับความแรงของลมในการอนุบาลลูกปลา seven-band grouper, *Epinephelus septemfasciatus* พบว่าความแรงของลม 200 มิลลิลิตร/นาที มีผลต่ออัตรารอดของลูกปลา และจากการศึกษาพบว่าการตายของลูกปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน ขึ้นมาตายบริเวณผิวน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมวลน้ำในบ่ออนุบาลไหลเวียนไม่เหมาะสม ลูกปลามีโอกาสสัมผัสอากาศ การกระทบของแรงน้ำที่ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อการกินอาหารของลูกปลาในระยะนี้ เนื่องจากลูกปลาไม่สามารถทรงตัวให้กินอาหารได้

ดังนั้นการศึกษารูปแบบการให้อากาศในการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลา ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยเรื่องนี้มาก่อน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลากะรังเสือเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษารูปแบบการให้อากาศที่เหมาะสมในการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน ให้มีอัตรารอดตายสูงและการเจริญเติบโตดี

วิธีดำเนินการ

สถานที่ทำการทดลอง

การทดลองดำเนินการในช่วงเดือนกรกฎาคม 2554–มิถุนายน 2555 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา

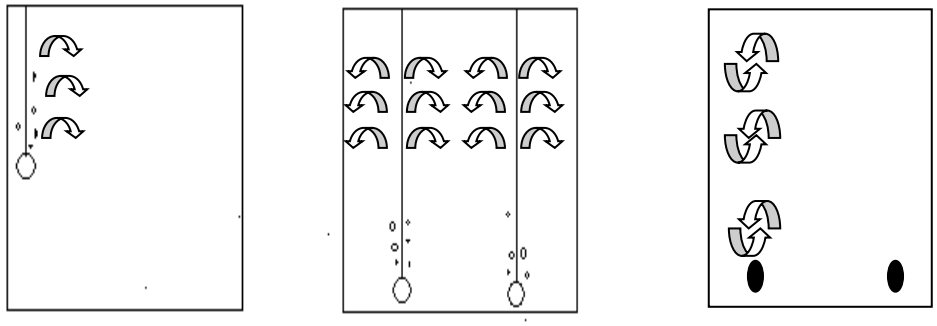
การวางแผนการทดลอง

การทดลองได้วางแผนแบบสุ่มตลอด (completed randomized design, CRD) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 การให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย

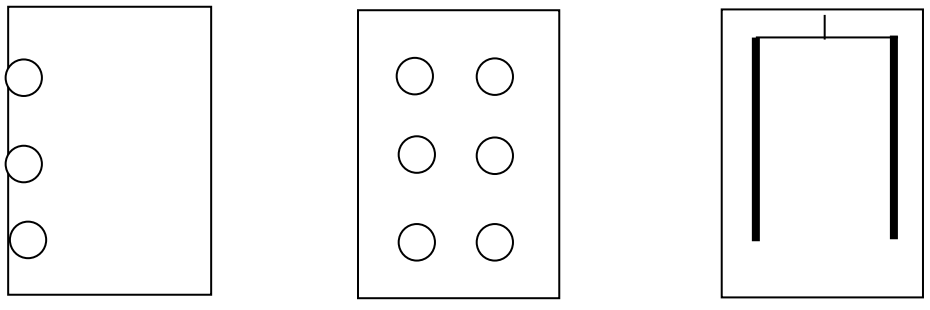
ชุดการทดลองที่ 2 การให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย

ชุดการทดลองที่ 3 การให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน



ก ข ค

ภาพด้านข้าง



ก ข ค

ภาพด้านบน

ภาพที่ 1 รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย(ก), รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย (ข) และ รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน (ค)

การเตรียมลูกปลาทดลอง

ลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนอายุ 1 วัน เป็นลูกปลาที่เพาะพันธุ์ได้จากพ่อแม่พันธุ์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา อนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 1-14 วัน ในบ่อคอนกรีตความจุ 20 ลูกบาศก์เมตร เติมน้ำทะเลฆ่าเชื้อ 10 ลูกบาศก์เมตร ใส่ลูกปลาความหนาแน่น 30 ตัว/ลิตร ให้ออกซิเจนผ่านหัวทราย คลุมบ่ออนุบาลด้วยผ้าพรางแสง 60% ในช่วงอายุ 2-5 วัน ให้โรติเฟอร์ขนาดเล็กซึ่งกรองผ่านถุงกรองขนาด 60 ไมครอนเป็นอาหารวันละครั้ง ในอัตราความหนาแน่น 3-5 ตัว/มิลลิลิตร แล้วเพิ่มเป็น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร ในช่วงอายุ 6-12 วัน (ทุกขนาด) ในบ่ออนุบาลใส่ *Nanochloropsis* sp. ความหนาแน่นในบ่อ 2-3×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ 20% เมื่อลูกปลาอายุ 4-6 วัน และ 30% เมื่อลูกปลาอายุ 7-13 วัน พร้อมทั้งดูดตะกอนทำความสะอาดพื้นบ่อทุกวัน เมื่อลูกปลากะรังเสืออายุ 14 วัน คัดลงในบ่ออนุบาลที่เตรียมสำหรับทดลอง

การเตรียมบ่อทดลอง

การทดลองใช้บ่ออนุบาลคอนกรีต ขนาด 1x3x1 เมตร ความจุ 3 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 9 บ่อ โดยชุดการทดลองที่ 1 ติดตั้งหัวทรายเพื่อให้อากาศตามรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย โดยติดตั้งหัวทรายทุกระยะห่าง 1 เมตร บริเวณด้านข้างของขอบบ่ออนุบาล ชุดการทดลองที่ 2 รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย โดยติดตั้งหัวทรายตารางเมตรละ 1 หัว และชุดการทดลองที่ 3 รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน โดยวางท่อรูพรุนความยาว 2.5 เมตร จำนวน 2 ท่อ ขนานกับพื้นของบ่อระยะห่าง 50 เซนติเมตร

การเตรียมอาหาร

การเตรียมอาหารมีชีวิตเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนมี 3 ชนิด ได้แก่ *Nanochloropsis* sp. โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมีย

การเตรียม *Nanochloropsis* sp. เพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์และใช้ทำสีน้ำในบ่ออนุบาล โดยเตรียมในบ่อกลางแจ้งขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร เตรียมโดยการเติมน้ำทะเลฆ่าเชื้อประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตร ใส่หัวเชื้อ *Nanochloropsis* sp. ประมาณ 3 ลูกบาศก์เมตร ละลายปุ๋ย 3 ชนิดลงในบ่อ คือปุ๋ยสูตร 21-0-0 จำนวน 500 กรัม ปุ๋ยสูตร 16-20-0 จำนวน 75 กรัม และปุ๋ยสูตร 46-0-0 จำนวน 25 กรัม และให้อากาศ หลังจากใส่ปุ๋ยประมาณ 5 วัน ความหนาแน่นของ *Nanochloropsis* sp. ประมาณ 1×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ก่อนนำไปใช้ทดสอบปริมาณแอมโมเนีย ให้มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และสามารถนำไปใช้ได้

การเตรียมโรติเฟอร์ โดยการใส่ *Nanochloropsis* sp. ในบ่อขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร ประมาณ 5 ลูกบาศก์เมตร เติมน้ำฆ่าเชื้อ 2 ลูกบาศก์เมตร วัดความโปร่งแสงของน้ำ ใส่พันธุ์โรติเฟอร์ที่เตรียมไว้ให้เหมาะสมกับปริมาณ *Nanochloropsis* sp. ให้อากาศ ปิดบ่อด้วยผ้าพรางแสง 50-80% เก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ประมาณ 50% หลังจากนั้นเติม *Nanochloropsis* sp. เพื่อเก็บไว้ใช้ในวันต่อไป

การเตรียมอาร์ทีเมีย หลังจากอาร์ทีเมียฟักเป็นตัว 6-8 ชั่วโมง นำมาเสริมกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) ความเข้มข้น 50 ส่วนในล้าน เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นรวบรวมอาร์ทีเมียมาล้างให้สะอาดแล้วนำไปใช้อนุบาลลูกปลา

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองโดยนำลูกปลากะรังเสืออายุ 14 วัน ขนาด 5.2±0.14 มิลลลิตร ในบ่อคอนกรีตสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 1x3x1 เมตร ความจุ 3 ลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่น 1 ตัว/ลิตร เติมน้ำทะเล 2.5 ลูกบาศก์เมตร ด้วยรูปแบบการให้อากาศต่างๆ กัน 3 แบบ (ภาพที่1) ปรับอัตราแรงลมให้เท่ากับ 200

มิลลิลิตร/นาที ทุกบ่อ โดยใช้กระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำให้เต็มแล้วคว่ำกระบอกตวงให้ครอบหัวทรายบริเวณก้นถัง ซึ่งอัตราแรงลมจะเท่ากับอากาศที่เข้าไปแทนที่น้ำในกระบอกตวงในระยะเวลา 1 นาที และคลุมบ่ออนุบาลด้วยผ้าพรางแสง 60% ให้โรติเฟอร์ความหนาแน่น 15-20 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหารวันละครั้งในช่วงอายุ 14-20 วัน เมื่อลูกปลาอายุ 16 วันเป็นต้นไป ให้อาร์ทีเมียแรกฟักที่เสริมกรดไขมันความเข้มข้น 50 ส่วนในล้าน ความหนาแน่น 0.5-1.5 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหารวันละ 5 ครั้ง ในบ่ออนุบาลทุกบ่อใส่ *Nanochloropsis* sp. ความหนาแน่นในบ่อ 2-3×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% พร้อมทั้งดูดตะกอนพื้นบ่อและทำความสะอาดขอบบ่อทุกวัน

การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาจำนวน 50 ตัว ทุกบ่อ เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และนับจำนวนลูกปลาทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองเพื่อศึกษาอัตรารอดตาย (survival rate)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณกลางบ่อทดลองไปตรวจวัดและวิเคราะห์ทุก 2 วัน ตลอดการทดลอง ช่วงเวลา 08.30 นาฬิกา อุณหภูมิของน้ำโดยใช้ thermometer ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำใช้ DO meter ยี่ห้อ YSI Model 58 ความเค็มใช้ refracto–salinometer ยี่ห้อ ASAHI ความเป็นกรด-ด่างใช้ pH meter ยี่ห้อ Denver Instrument Model 50 ค่าความเป็นด่าง ปริมาณไนโตรเจนจากการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์และแอมโมเนียรวมตามวิธีของ Strickland and Parson (1972) วัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำในบ่อทดลองเมื่อเริ่มการทดลองและทุก 2 วัน ตลอดการทดลอง ด้วยเครื่องวัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำ (current meter)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนัก ความยาวและอัตรารอดของลูกปลากะรังเสือ และคุณภาพน้ำโดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว (one way analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (Ramsey and Schafer, 2002) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version .11.5

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโตและอัตรารอดตาย

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 32.87±0.15, 32.33±0.13 และ 32.32±0.39 มิลลิกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสือในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ย 65.84±0.03, 59.61±0.07 และ 60.57±0.06 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยลูกปลาในชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 17.05±0.20, 16.03±0.96 และ 15.39±0.66 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาในแต่ละชุดการ

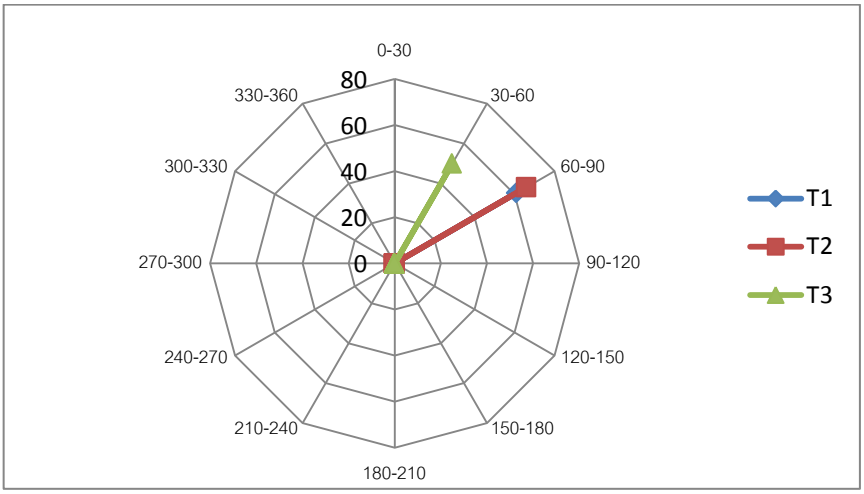
ทดลองอยู่ที่ 83.04±1.39, 78.64±2.09 และ 45.17±2.17% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนัก และความยาวเฉลี่ย อัตรารอดตายเฉลี่ยของปลากะรังเสือ เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (มิลลิกรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด (มิลลิกรัม)	ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (มิลลิเมตร)	ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด (มิลลิเมตร)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
1	32.87±0.15^{a}	65.84±0.03^{a}	5.52±0.38^{a}	17.05±0.20^{a}	83.04±1.39^{a}
2	32.33±0.13^{a}	59.61±0.07^{b}	5.33±0.28^{a}	16.03±0.96^{a}	78.64±2.09^{b}
3	32.32±0.39^{a}	60.57±0.06^{b}	5.25±0.09^{a}	15.39±0.66^{a}	45.17±2.17^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ทิศทางกระแสน้ำ



ภาพที่ 2 ลักษณะการกระจายของทิศทางกระแสน้ำตามรูปแบบการให้อากาศ (สีน้ำเงิน: รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย, สีแดง: รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย และ สีเขียว : รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุน)

ตารางที่ 2 ทิศทางกระแสน้ำตามรูปแบบการให้อากาศ

ชุดการทดลองที่	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)
1	130.34±11.88^{a}
2	223.94±9.18^{b}
3	299.49±21.13^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ทิศทางการไหลของกระแสน้ำของรูปแบบการให้อากาศทั้งสามชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยท่อรูพรุนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำดีที่สุด 299.49±21.13 องศา รองลงมาได้แก่ รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทราย 223.94±9.18 องศา และรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทราย 130.34±11.88 องศา ความเร็วของกระแสน้ำของรูปแบบการให้อากาศทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (ตารางที่ 2)

ความเร็วของกระแสน้ำของรูปแบบการให้อากาศทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) ระหว่าง 0.000-0.023 เมตร/วินาที

คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลอง 1 ถึง 3 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผันแปรในช่วง 27.43±1.07-27.50±1.15 องศาเซลเซียส ความเค็ม 29.75±0.50-30.25±0.50 ส่วนในพัน ความเป็นกรด-ด่าง 7.97±0.18-8.06±0.05 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.23±0.47-6.39±0.18 มิลลิกรัม/ลิตร ความเป็นด่าง 112.50±7.55-115.00±5.03 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.0515±0.01-0.0584±0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณแอมโมเนียรวม 0.2832±0.20-0.3036±0.25 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง

คุณภาพน้ำ	ชุดการทดลองที่		
	1	2	3
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.43±1.07[a]	27.50±1.15[a]	27.48±1.40[a]
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	29.75±0.50[a]	30.00±0.00[a]	30.25±0.50[a]
pH	7.98±0.05[a]	7.97±0.18[a]	8.06±0.05[a]
DO (มิลลิกรัม/ลิตร)	6.23±0.47[a]	6.31±0.49[a]	6.39±0.18[a]
Alkalinity (มิลลิกรัม/ลิตร)	113.75±4.50[a]	112.50±7.55[a]	115.00±5.03[a]
NO_2^- (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0584±0.02[a]	0.0515±0.01[a]	0.0521±0.02[a]
Total Ammonia (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.2832±0.20[a]	0.3036±0.25[a]	0.2914±0.21[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษารูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทรายทำให้การอนุบาลปลากะรังเสือมีอัตรารอดและการเจริญเติบโตดีที่สุดดีกว่าทั้งสองการทดลอง เนื่องจากกระแสน้ำเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว ทำให้อาหารและลูกปลาเคลื่อนตัวไปทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปลากะรังเสือจะรวมกลุ่มกันกินอาหาร และสามารถรวมกลุ่มกันได้ง่ายประกอบกับอาหารที่เคลื่อนที่ไปทิศทาง

เดียวกันส่งผลให้ลูกปลากินอาหารได้ง่ายและกินได้มากขึ้น รูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทรายทำให้การอนุบาลปลากะรังเสือมีอัตรารอดรองลงมา เพราะปลามีการรวมกลุ่มได้บ้างแต่ไม่ทั้งหมด เนื่องจากรูปแบบการให้อากาศแบบนี้ทำให้ปลากะรังเสือรวมกลุ่มยากเนื่องจากกระแสน้ำพัดพาไปหลายทิศทาง ทำให้การเข้ากลุ่มของปลากะรังเสือน้อยลง อาจเนื่องจากค่าทิศทางของกระแสน้ำมีทั้งแนวนอนและแนวตั้งโดยค่อนข้างไปทางแนวตั้งจากค่าทิศทางของกระแสน้ำที่วัดได้ ส่วนรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่หลายทิศทางด้วยท่อรูพรุนทำให้ปลากะรังเสือที่อนุบาลด้วยรูปแบบนี้มีอัตรารอดต่ำสุด เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำขึ้นและลงในแนวตั้งค่อนข้างมากจากค่าทิศทางกระแสน้ำที่วัดได้มีค่าองศาสูงที่สุด ทำให้ลูกปลาถูกพัดพาโดยกระแสน้ำลงไปติดที่บริเวณรูอากาศที่ออกจากท่อแล้วตายเป็นจำนวนมาก และลักษณะของฟองอากาศที่มีความละเอียดและมีทิศทางไม่แน่นอนของท่อรูพรุนทำให้ลูกปลายากต่อการทรงตัวและว่ายน้ำ อีกทั้งในระยะนี้ลูกปลาจะมี spines จึงทำให้ลูกปลาไปติดบริเวณท่อรูพรุนได้ง่าย และปลากะรังเสือรวมกลุ่มได้ยาก

การอนุบาลปลากะรังเสือด้วยรูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปหลายทิศทางด้วยหัวทรายและแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่หลายทิศทางด้วยท่อรูพรุนทำให้ปลากะรังเสือมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่ต่างกัน อาจเนื่องจากมีการรวมกลุ่มได้น้อยเหมือนกันทำให้มีการกินอาหารได้ใกล้เคียงกัน

คุณภาพน้ำทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลปลากะรังเสือ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่เหมาะสมของคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (คณิต และคณะ, 2537)

จากการทดลองสรุปได้ว่ารูปแบบการให้อากาศแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวด้วยหัวทรายเหมาะสมสำหรับใช้อนุบาลปลากะรังเสืออายุ 14-30 วัน รองลงมาคือการอนุบาลลูกปลากะรังเสือด้วยรูปแบบการให้อากาศแบบกระแสน้ำเคลื่อนที่ไปหลายทิศทาง ส่วนแบบผ่านท่อรูพรุนไม่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

คณิต ไชยาคำ, สิริ ทุกข์วินาศ, ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ตันวิไล. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา. 109 หน้า.

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และดุสิต ตันวิไล. 2530. ชนิดปลากะรังที่พบในภาคใต้ระหว่าง 2524-2529. ใน: สรุปผลการประชุมทบทวนผลงานวิจัยการเพาะเลี้ยงปลากะรัง. วันที่ 23-25 กุมภาพันธ์ 2530. ณ สถาบันการเพาะลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา. หน้า 17-40.

สถิติการประมงแห่งประเทศไทย. (2553). ศูนย์สารสนเทศ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารฉบับที่ 12/2555.

Ahmad, T. 1998. Present status of research on grouper in Indonesia. *Indones. Agric. Res. Dev. J.* 20(2): 33-39.

Ali, A., M. T. Mohn Salleh and A. Z. Siti Noraziah. 1998. Food preference of early larvae of brown-marbled grouper. *Aquaculture Asia*. 3(4): 39-43.

Allen, G., R. Steene, P. Humann and N. Deloach. 2003. Reef Fish Identification. Tropical Pacific. New World Publications, Inc., Jacksonville, Florida and Odyssey Publications, California. p. 162.

Lau, P. P. F. and L. W. H. Li. 2000. Identification guide to fishes in the live seafood trade of the Asia-Pacific Region. WWF Hong Kong and Agriculture, Fisheries and Conservation Department, Hong Kong. p. 44.

Ramsey, F. L. and D. W. Schafer. 2002. The statistical sleuth: A course in methods of data analysis second edition. Duxbury Press, California, US. 768 pp.

Strickland, J. D. H. and T. R., Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis 2nd ed. Fisheries Board of Canada. Ottawa, Canada. 311 pp.

Yoshitaka, S., S. Shiotani, H. Chuda and A. Hagiwara. 2007. Flow field control for larviculture of the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*. *Aquaculture.* 268: 209–215.

ผลของความเข้มแสงต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) ช่วงอายุ 1-14 วัน

พัชรี นวลศรีทอง[1] สุภาพ ไพรพนาพงศ์[1] พิชญา ชัยนาค[2] และวารินทร์ ธนาสมหวัง[3]
[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา [2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต [3]กองผู้เชี่ยวชาญ กรมประมง

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเข้มแสงต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสืออายุ 1-14 วัน ที่อนุบาลโดยให้แสงด้วยหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 40 w แบบ cool light การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (แสงธรรมชาติ 1,612-6,551 lux) ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มแสง 800 lux ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง 1,600 lux เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ลูกปลากะรังเสือในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.13±0.02, 0.13±0.01และ 0.17±0.03 มิลลิกรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.52±0.11, 1.51±0.06 และ 1.51±0.10 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งด้านน้ำหนักและความยาว ($p>0.05$) เมื่ออายุ 7 และ 14 วัน ลูกปลาที่อนุบาลภายใต้ความเข้มแสง 1,600 lux มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.50±0.08 และ 1.14±0.05 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าในชุดการทดลองอื่นที่อายุเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ถึงแม้ลูกปลาอายุ 7 และ 14 วัน ที่อนุบาลภายใต้ความเข้มแสง 1,600 lux มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด 3.31±0.01 และ 4.08±0.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่อนุบาลด้วยการให้แสงธรรมชาติ และความเข้มแสง 800 lux ที่อายุเดียวกัน ($p>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 1,600 lux มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงสุด 30.92±2.69% รองลงมาได้แก่ ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 800 lux (23.53±4.31%) และด้วยการให้แสงธรรมชาติ (16.28±2.39%) ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ความเข้มแสง ลูกปลากะรังเสือ การอนุบาล

Effects of Light Intensity on Growth and Survivals of Tiger Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) During 1-14 Days-Old

Patcharee Nualsrithong[1] Suparp Praipanapong [1]Pitchaya Chainark[2] and Varin Tanasomwang[3]
[1]Phang-nga Coastal Fisheries Research and Development Center, [2]Phuket Coastal Fisheries Research and Development Center, [3]Expert Division, Department of Fisheries

Abstract

The experiment was conduct to study effects of light intensity on the growth and survival rates of tiger grouper during 1-14 days-old by using 40 W fluorescent lamp (cool light). The larvae were reared under 3 light intensities, natural light 1,612-6,551 lux (treatment 1), 800 lux (treatment 2) and 1600 lux (treatment 3). The initial average size of larvae (0.13±0.02, 0.13±0.01 and 0.17±0.03 mg; 1.52±0.11, 1.51±0.06 and 1.51±0.10 mm respective to the fish in treatment 1, 2, and 3, respectively) were not significant different among treatment ($p>0.05$). The average weight of the tiger grouper at 7 and 14 days-old (the end of the experiment) under 1,600 lux light intensity were 0.50±0.08 and 1.14±0.05 mg, which were significantly higher than those at the age in other treatments ($p<0.05$). Although the average length of tiger grouper at 7 and 14 days-old under 1,600 lux light intensity seemed to be the greatest, 3.31±0.01 and 4.08±0.03 mm, respectively but they were not significant different from the others at the same age ($p>0.05$). At the end of experiment, the fish under 1,600 lux light intensity gained the highest average survival rate of 30.92±2.69%, following by those under 800 lux light intensity (23.53±4.31%) (16.28±2.39%) and natural light (16.28±2.39%) ($p<0.05$).

Keywords: light intensity, nursing, tiger grouper larvae

คำนำ

ปลากะรังเสือหรือกะรังลายหินอ่อนชื่อสามัญ tiger grouper, brown marbled grouper หรือ flower cod ชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775) เป็นปลาในครอบครัว Serranidae ซึ่งเป็นปลาในครอบครัวเดียวกันกับปลากะรังดอกแดงกะรังดอกดำและปลาหมอทะเลอาศัยอยู่ตามแนวปะการังและบริเวณแนวหินพบได้ในเขตตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศออสเตรเลียเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเขตอินโดแปซิฟิคตะวันตก (Allen*et.al*, 2003) ไพโรจน์ และดุสิต (2530) รายงานว่าปลาชนิดนี้ในประเทศไทยพบปริมาณน้อยอาศัยอยู่ตามบริเวณกองหินในเขตชายฝั่งทะเลอันดามัน ขนาดโตเต็มที่ประมาณ 120 เซนติเมตร ปลาที่สมบูรณ์เพศความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร (Lau and Li, 2000) ปลากะรังเสือเป็นปลาที่มีเนื้อนุ่ม รสชาติอร่อย ขนาดปลาที่นิยมบริโภคมีน้ำหนัก 600-1,000 กรัม ราคาประมาณ 400-480 บาท/กิโลกรัม (ราคาที่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาขายได้ในปี 2557) ปัจจุบันประเทศไทยสามารถเพาะพันธุ์ปลาชนิดนี้ได้ แต่การอนุบาลยังมีอัตรารอดตายน้อย เนื่องจากปัจจัยหลายๆด้าน เช่น การกินกันเองของลูกปลา และการกินอาหารได้น้อยถ้าความเข้มแสงไม่เหมาะสม

แสงมีอิทธิพลต่อพัฒนาการและพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปลาวัยอ่อน โดยความเข้มแสงมีผลต่ออัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปลาวัยอ่อน (Boeuf and Bail, 1999) จากการศึกษาของไพบูลย์และคณะ (2545) รายงานว่าการอนุบาลปลาเก๋าดอกแดงอายุ 1-12 วัน ด้วยการให้แสงสว่างตลอดเวลา มีอัตรารอดตายและการเจริญเติบโตดีกว่าชุดที่ให้แสงตามธรรมชาติ ความเข้มแสง 1,636 lux ทำให้ลูกปลากะรัง Nassau grouper มีอัตรารอดตายสูงกว่าในที่มืด (0 lux) (Watanabe, 1999) ลูกปลากะรังแดงจุดฟ้า leopard coral grouper (*Plectropomus leopardus*) วัยอ่อนที่อนุบาลความเข้มแสง 1,000 lux มีอัตรารอดตายสูงกว่าลูกปลาที่อนุบาลในความเข้มแสง 0 และ 500 lux (Yoseda, 2008) ลูกปลากะรัง kelp grouper (*Epinephelus bruneus*) วัยอ่อนที่อนุบาลภายใต้ความเข้มแสง 750 และ 1,000 lux มีอัตรารอดตายสูงกว่าลูกปลากะรังวัยอ่อนที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 0, 100, 250 และ 500 lux และมีการกินอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงตั้งแต่ 500 lux ขึ้นไป (Kazuhisa and Kenzo, 2006) ดังนั้น จึงควรศึกษาความเข้มแสงที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสือช่วงอายุ 1-14 วัน เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดี และอัตรารอดตายสูงขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเข้มแสงที่เหมาะสมในการอนุบาลปลากะรังเสืออายุ 1-14 วัน ให้มีการเจริญเติบโตดีและอัตรารอดตายสูง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองวางแผนแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (ให้แสงธรรมชาติ)

ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มแสง 800 lux

ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง 1,600 lux

หลอดไฟฟ้าที่ใช้เป็นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 40 w แบบ cool light

การเตรียมบ่อทดลอง

การทดลองใช้บ่ออนุบาลขนาด 3 ตัน (1x3 x1 เมตร) จำนวน 9 บ่อ ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ติดตั้งหลอดไฟ ใช้แสงธรรมชาติ เป็นชุดควบคุมจำนวน 3 บ่อ ชุดการทดลองที่ 2 ติดตั้งหลอดไฟ 2 หลอด สูงจากขอบบ่อประมาณ 80 เซนติเมตร จำนวน 3 บ่อ และชุดการทดลองที่ 3 ติดตั้งหลอดไฟ 4 หลอด สูงจากขอบบ่อประมาณ 60 เซนติเมตร จำนวน 3 บ่อ โดยติดตั้งหลอดไฟตามแนวขวางของบ่อ และอยู่บริเวณจุดกึ่งกลางบ่อ และคลุมบ่ออนุบาลชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ด้วยสแลนพรางแสง

การเตรียมอาหารมีชีวิต

การเตรียมคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เพื่อเป็นอาหารของโรติเฟอร์และทำสีน้ำในบ่ออนุบาล โดยใช้บ่อกลางแจ้งขนาด 20 ตัน หลังจากใส่ปุ๋ยประมาณ 5 วัน ความหนาแน่นของคลอเรลลาประมาณ 1×10^{7} เซลล์/มิลลิลิตร

การเตรียมโรติเฟอร์ (*Branchionus rotundiformis*) โดยเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ในบ่อคอนกรีตความจุ 20 ตัน และให้คลอเรลลาที่เตรียมไว้เป็นอาหารโดยผ่านถุงกรองขนาด 60 ไมครอน การรวบรวมโรติเฟอร์เพื่อนำไปใช้เป็นอาหารลูกปลากะรังอายุตั้งแต่ 2 วันจนถึงอายุ 6 วัน โดยใช้ถุงกรองขนาดตา 80 ไมครอน (โรติเฟอร์ขนาด <80 ไมครอน) หลังจากนั้นจึงให้โรติเฟอร์ทุกขนาด

การเตรียมปลาทดลอง

การเตรียมปลาทดลองโดยนำไข่ปลากะรังเสือมาฟักในถังฟักไข่ที่มีระบบน้ำไหลเข้าออกตลอดเวลา (Flow-through system) อุณหภูมิระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส และความเค็มน้ำในช่วง 29-31 ส่วนในพันลูกปลาฟักออกเป็นตัวในเวลา 18-19 ชั่วโมง หลังการวางไข่สุ่มนับลูกปลาแรกฟักเพื่อนำไปทดลองต่อไป

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองเริ่มจากปล่อยลูกปลากะรังเสืออายุ 1 วัน ความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร ในบ่อทดลองที่มีความเข้มแสงต่างกัน วัดความเข้มแสงด้วย lux meter ทุกวัน โดยจับหัววัดให้อยู่ระดับเดียวกับขอบบ่อ (ห่างจากระดับน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร) วัดบริเวณจุดกึ่งกลางบ่อ การให้อากาศในบ่อทดลองผ่านหัวทรายโดยมีอัตราแรงลม 200 มิลลิลิตร/นาที ทุกบ่อ โดยใช้กระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำให้เต็มแล้วคว่ำกระบอกตวงให้ครอบหัวทรายบริเวณก้นบ่อ ซึ่งอัตราแรงลมจะเท่ากับอากาศที่เข้าไปแทนที่น้ำในกระบอกตวงในระยะเวลา 1 นาที คลุมบ่ออนุบาลด้วยสแลนพรางแสง 60% ในช่วงอายุ 2-5 วัน ให้โรติเฟอร์ขนาดเล็กกว่า 60 ไมครอน เป็นอาหารวันละครั้งโดยให้มีความหนาแน่น 3-5 ตัว/มิลลิลิตร แล้วเพิ่มเป็น 10-15 ตัว/มิลลิลิตร ในช่วงอายุ 6-12 วัน (โรติเฟอร์ทุกขนาด) เติมคลอเรลลาในบ่ออนุบาลทุกวัน ที่ความหนาแน่น $2\text{-}3\times10^{5}$ เซลล์/มิลลิลิตร นอกจากนี้ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 20% เมื่อลูกปลาอายุ 4-6 วัน และ 30% เมื่อลูกปลาอายุ 7-14 วัน พร้อมทั้งดูดตะกอนทำความสะอาดพื้นบ่อทุกวัน

การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำโดยเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองไปวิเคราะห์ทุก 2 วันตลอดการทดลอง คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำด้วย Thermometer ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำด้วย DO meter ความเค็มด้วย refracto–salinometer ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยpH meter ความเป็นด่าง และปริมาณไนโตรเจนจากการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์และแอมโมเนียรวม ตามวิธีของ Strickland and Parson (1972)

การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลจากการวัดความเข้มแสง (lux) ด้วยเครื่อง lux meter ดำเนินการทุกวัน การวัดขนาดและชั่งน้ำหนักดำเนินการในลูกปลาแรกฟัก ลูกปลาอายุ 7 วัน และลูกปลาอายุ 14 วัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตด้านความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลองนับจำนวนลูกปลาที่เหลือรอดทั้งหมด เพื่อศึกษาอัตรารอดตาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปลากะรังเสือ โดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว (one way analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (Ramsey and Schafer, 2002) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโต

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ลูกปลากะรังเสือในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.13±0.02, 0.13±0.01 และ 0.17±0.03 มิลลิกรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.52±0.11, 1.51±0.06 และ 1.51±0.10 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งด้านน้ำหนักและความยาว ($p>0.05$) เมื่ออายุ 7 และ 14 วัน ลูกปลาที่อนุบาลภายใต้ความเข้มแสง 1,600 lux มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.50±0.08 และ 1.14±0.05 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าในชุดการทดลองอื่นที่อายุเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ถึงแม้ลูกปลาอายุ 7 และ 14 วัน ที่อนุบาลภายใต้ความเข้มแสง 1,600 lux มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด 3.31±0.01 และ 4.08±0.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่อนุบาลด้วยการให้แสงธรรมชาติ และความเข้มแสง 800 lux ที่อายุเดียวกัน ($p>0.05$) (ตารางที่ 1และ 2)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ลูกปลาอายุ 7 วัน และ 14 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (มิลลิกรัม)		
	เริ่มต้นการทดลอง	อายุ 7 วัน	อายุ 14 วัน
1	0.13±0.02^{a}	0.23±0.07^{b}	0.53±0.06^{c}
2	0.13±0.01^{a}	0.37±0.02^{b}	0.96±0.03^{b}
3	0.17±0.03^{a}	0.50±0.08^{a}	1.14±0.05^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ความยาวเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ลูกปลาอายุ 7 วัน และ 14 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)		
	เริ่มต้นการทดลอง	อายุ 7 วัน	อายุ 14 วัน
1	1.52±0.11^{a}	2.25±0.05^{b}	3.98±0.08^{c}
2	1.51±0.06^{a}	2.29±0.04^{b}	4.01±0.06^{c}
3	1.51±0.10^{a}	3.31±0.01^{b}	4.08±0.03^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อัตรารอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลากะรังเสืออายุ 14 วัน ที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 1,600 lux มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด 30.92±2.69% รองลงมาได้แก่ ลูกปลากะรังเสือที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 800 lux (23.53±4.31%) และด้วยการให้แสงธรรมชาติ (16.28±2.39%) ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลากะรังเสือเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 14 วัน

ชุดการทดลองที่	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
1	16.28 ± 2.39^{c}
2	23.53 ± 4.31^{b}
3	30.92 ± 2.69^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความเข้มแสงระหว่างการทดลอง

ในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งอนุบาลลูกปลากะรังที่ความเข้มแสง 800 และ 1,600 lux การตรวจวัดความเข้มแสงบริเวณกลางบ่อทดลองที่เวลา 9.00 13.00 และ 16.00 น. ปรากฏว่า มีความเข้มแสงอยู่ในช่วง 847.67±27.63-851.05±5.59 lux และ 1,625.17±5.38-1,638.00±3.82 lux ซึ่งความเข้มแสงที่เวลาต่างกันในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่ 1 ที่อนุบาลลูกปลาด้วยการให้แสงธรรมชาติมีความเข้มแสงสูงที่สุด 6,551.35±83.78 lux เมื่อเวลา 13.00 น. รองลงมาเมื่อเวลา 09.00 (4,521.93±40.51 lux) และ 16.00 น. (1,612.02±99.99 lux) ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเข้มแสงเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดการทดลองที่เวลาต่างกัน

ชุดการทดลองที่	ความเข้มแสงเฉลี่ย (lux)		
	09.00 น.	13.00 น.	16.00 น.
1	$4,521.93\pm40.51^{b}$	$6,551.35\pm83.78^{a}$	$1,612.02\pm99.99^{c}$
2	850.26 ± 3.36^{a}	847.67 ± 27.63^{a}	851.05 ± 5.59^{a}
3	$1,625.17\pm5.38^{a}$	$1,636.88\pm13.22^{a}$	$1,638.00\pm3.82^{a}$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำตลอดการทดลองของทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่วง 27.66±0.36-27.84±0.13 องศาเซลเซียส ความเค็ม 30.29±0.49 ส่วนในพัน ความเป็นกรด-ด่าง 8.17±0.0-8.20±0.05 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 7.69±0.51-7.84±0.51 มิลลิกรัม/ลิตร ความเป็นด่าง 116.86±7.36-118.29±2.09 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.0489±0.03-0.0518±0.03 และปริมาณแอมโมเนียรวม 0.5027±0.12-0.5107±0.11 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง		
	1	2	3
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.84±0.13[a]	27.66±0.36[a]	27.81±0.18[a]
ความเค็ม (ส่วนในพัน)	30.29±0.49[a]	30.29±0.49[a]	30.29±0.49[a]
pH	8.20±0.05[a]	8.17±0.09[a]	8.19±0.09[a]
DO (มิลลิกรัม/ลิตร)	7.69±0.51[a]	7.84±0.51[a]	7.78±0.45[a]
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	118.29±2.09[a]	116.86±7.36[a]	117.14±6.94[a]
NO_2^- (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0489±0.03[a]	0.0503±0.02[a]	0.0518±0.03[a]
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.5027±0.12[a]	0.5093±0.10[a]	0.5107±0.11[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผล

การศึกษาผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลากะรังเสือในช่วงอายุ 1-14 วัน พบว่า ความเข้มแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก แต่ไม่มีผลทำให้ความยาวของลูกปลาเพิ่มขึ้น โดยลูกปลาที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 1,600 lux ตลอดเวลา มีน้ำหนักมากกว่าที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 800 lux ตลอดเวลา และการให้แสงธรรมชาติ (ได้รับแสงประมาณ 10 ชั่วโมง/วัน) เนื่องจากลูกปลาทะเลวัยอ่อนจะไม่กินอาหารถ้าความเข้มแสงต่ำไป และช่วงเวลาของการมีแสงจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาให้ลูกปลาทะเลหากิน จึงทำให้ลูกปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Blaxler, 1968; Tendler and Helps, 1985; Duray and Kohno, 1988) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองของไพบูลย์ และคณะ (2545) ที่พบว่าลูกปลากะรัง *E. coioides* อายุ 1-12 วัน ที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 400-500 lux ตลอดเวลา มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายมากกว่าที่อนุบาลด้วยการให้แสงปกติ แต่ไม่มีผลทำให้ความยาวเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน และ Arinah *et al*. (2014) รายงานว่าลูกปลากะพงขาวอายุ 21 วัน ที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 500-1,000 lux ตลอดเวลา มีการเจริญเติบโตดีกว่าที่อนุบาลที่ความเข้มแสง 0 และ 2,000 lux

การให้แสงความเข้ม 1,600 lux ตลอด 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนมีอัตรารอดตายสูงที่สุด รองลงมาเป็นการให้แสงที่ความเข้ม 800 lux ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นไปในทางเดียวกันกับการทดลองของ Kazuhisa and Kenzo (2006) ที่อนุบาลลูกปลา kelp grouper วัยอ่อนที่ความเข้มแสง 750 และ 1,000 lux พบว่า ความเข้มแสงที่สูงกว่ามีผลทำให้อัตรารอดตายลูกปลา kelp grouper วัยอ่อนสูงขึ้น Yoseda (2008) ทดลองอนุบาลลูกปลากะรังแดงจุดฟ้าวัยอ่อน (leopard coral grouper) ที่ความเข้มแสง 1,000 lux มีอัตรารอดตายสูงกว่าลูกปลากะรังแดงจุดฟ้าวัยอ่อนที่อนุบาลความเข้มแสง 0 และ 500 lux ส่วน Watanabe (1999) ทดลองในลูกปลา Nassau grouper วัยอ่อน พบว่า ความเข้มแสง 1,636 lux ทำให้ลูกปลา Nassau grouper วัยอ่อนมีอัตรารอดตายสูงกว่าในที่มืด (0 lux) ส่วนลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนที่ได้รับแสงจากธรรมชาติทำให้ได้รับแสงประมาณ 10 ชั่วโมง/วัน มีอัตรารอดตายต่ำสุด เนื่องมาจากลูกปลากะรังเสือวัยอ่อนจะไม่กินอาหารถ้าไม่มีแสง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Elsbaay (2013) ที่พบว่าการให้แสงตลอดวัน (24 ชั่วโมง) ในระหว่างการอนุบาลทำให้ลูกปลานิลวัยอ่อนมีอัตรารอดตายสูงกว่าที่อนุบาลด้วยการให้แสง 16 ชั่วโมง และการให้แสงธรรมชาติ และ Tendler and Helps (1985) พบว่าการให้ความเข้มแสง 1,370-3,430 lux ตลอดเวลา

ระหว่างการอนุบาลลูกปลา gilthead seabream ตั้งแต่ฟักออกเป็นตัวจนอายุ 20 วัน มีน้ำหนักและอัตรารอดตายสูงกว่าการให้แสง 12 ชั่วโมง/วัน

การเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลาในการทดลองนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากความเข้มแสงที่ไม่สม่ำเสมอในชุดการทดลองที่ให้แสงความเข้ม 800 และ 1,600 lux เนื่องจากความเข้มแสงทั้ง 2 ชุดการทดลองไม่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา และลูกปลามีอัตรารอดตายสูงกว่าที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตความจุ 20 ลูกบาศก์เมตร ที่มีการผลิตแบบมหมวล (อายุประมาณ 1-14 วัน มีอัตรารอดตายประมาณ 10-20%) โดยความเข้มแสงในบ่ออนุบาลแบบมหมวลบริเวณหัวบ่อ กลางบ่อ และท้ายบ่อ อยู่ที่ 1200, 838 และ 939 lux ความเข้มแสงที่ไม่สม่ำเสมออาจส่งผลต่อการกินอาหารของลูกปลา เช่นเดียวกับการให้แสงธรรมชาติที่ความเข้มแสงต่างกันและไม่สม่ำเสมอในรอบวัน ลูกปลาจึงมีอัตรารอดตายใกล้เคียงกับที่อนุบาลแบบมหมวลในบ่อคอนกรีต

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียค่อนข้างสูง เนื่องจากการอนุบาลลูกปลาในช่วง 1-14 วัน มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพียงเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) ส่วนพารามิเตอร์คุณภาพน้ำอื่นๆอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (คณิต และคณะ, 2537) หลอดไฟที่นำมาติดตั้งในการทดลองไม่มีผลทำให้อุณหภูมิในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ สรุปได้ว่าความเข้มแสง 1,600 lux มีความเหมาะสมในการอนุบาลลูกปลากะรังเสืออายุ 1-14 วัน เนื่องจากมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักมากกว่า และมีอัตรารอดตายสูงกว่าที่ 800 lux และให้แสงตามธรรมชาติ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

คณิต ไชยาคำ, สิริ ทุกข์วินาศ, ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ตันวิไล. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา. 109 หน้า.

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์, สมเจตน์ รัตนชู, พิกุล ไชยรัตน์ และปริศนา คลิ้งสุขขคล้าย. 2545. ปัจจัยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพันธุ์ปลากะรัง *Epinephelus coioides* (Hamilon) เชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 31/2544. กองเพาะเลียงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 15 หน้า.

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และ ดุสิต ตันวิไล. 2530. ชนิดปลากะรังที่พบในภาคใต้ระหว่าง 2524-2529. *ใน* สรุปผลการประชุมทบทวนผลงานวิจัยการเพาะเลี้ยงปลากะรัง. วันที่ 23-25 กุมภาพันธ์ 2530. ณ สถาบันการเพาะลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา. หน้า 17-40.

Allen, G., R. Steene, P. Humann and N. Deloach. 2003. Reef Fish Identification. Tropical Pacific. New World Publications, Inc., Jacksonville, Florida and Odyssey Publications, California. p. 162.

Arinah, M., S. Senoo, G. Kawamura and C. Fui Fui. 2014. Effects of Different Light Intensities on Fry Growth, Survival and Cannibalism Control of Asian Seabass (*Lates calcarifer*). *Int. Res. J. Biological Sci.* 3(5): 45-52.

Blaxter, J. H. S. 1968. Visual Thresholds and Spectral Sensitivity of Flatfish Larvae. *J. exp. Biol*. 51: 221-230.

Boeuf, G. and P. L. Bail. 1999. Does Light Have an Influence on Fish Growth? *Aquaculture* 177: 129-125.

Bolla, S. and I. Holmefjord. 1988. Effect of Temperature and Light on Development of Atlantic Halibut Larvae. *Aquaculture* 74: 355-358.

Elsbaay, A. M. 2013. Effects of Photoperiod and Different Artificial Light Colors on Nile Tilapia Growth Rate. *IOSR-JAVS* 3: 5-12.

Duray, M. and H. Kohno. 1988. Effects of Continuous Light on Growth and Survival of First-Feeding Larval Rabbitfish, *Siganus guttatus*. *Aquaculture* 72: 73-79.

Kazuhisa T. and Y. Kenzo. 2006. Successful Mass Production of Early-stage Larvae of Kelp Grouper *Epinephelus bruneus* in Improved Rearing Conditions. *Aquaculture Sci.* 54: 187-194.

Lau, P. P. F. and L. W. H. Li. 2000. Identification Guide to Fishes in the Live Seafood Trade of the Asia-Pacific Region. WWF Hong Kong and Agriculture, Fisheries and Conservation Department, Hong Kong. p. 44.

Ramsey, F. L. and D. W. Schafer. 2002. The Statistical Sleuth: A Course in Methods of Data Analysis. 2nd ed. Duxbury Press, California, US. 768 pp.

Strickland , J. D. H. and T. R., Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. Fisheries Board of Canada. Ottawa, Canada. 311 pp.

Tendler, A. and Helps. 1985. The Effect of Photoperiod and Water Exchange Rate on Growth and Survival of Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) Linnaeus Sparidae from Hatching to Metamorphosis in Mass Rearing Systems. *Aquaculture* 48: 71-82.

Watanabe, W. O. 1999. Recent Progress in Controlled Breeding and Larval Rearing of Nassau Grouper (*Epinephelus striatus*). The 5th Roche Aquaculture Conference. 26 August 1999. Imperial; Queens Park Hotel, Bangkok, Thailand. p. 30-40.

Yoseda, K., K. Yamamoto, K. Asami, M. Chimura, K. Hashimoto, S. Koaka, S. 2008. Influence of Light Intensity on Feeding, Growth and Early Survival of Leopard Coral Grouper (*Plectropomus leopardus*) Larvae under Mass-Scale Rearing Conditions. *Aquaculture* 279: 55-62.

กิจกรรมการจัดหาพ่อแม่พันธุ์ การผลิตลูกพันธุ์ และจำหน่ายพันธุ์ปลากะรัง

การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ การผลิตลูกพันธุ์ และจำหน่ายพันธุ์ปลากะรัง

ในการดำเนินโครงการฯ โครงการต้องจัดหาพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูง 3 ชนิด ได้แก่ ปลากะรังเสือ ปลาหมอทะเล และปลากะรังจุดฟ้า จำหน่ายให้แก่เกษตรกร โดยส่งคืนเงินรายได้จากการจำหน่ายลูกพันธุ์ปลาเป็นจำนวนทั้งสิ้น **21,840,000 บาท**

การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 3 ชนิด เพื่อผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่าย ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในปีที่ 1 และ 2 จำนวน 155 ตัว แต่การผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่ายใน 2 ปีแรก ไม่ได้เป็นไปตามเป้าหมาย ในปีต่อๆมา โครงการฯจึงได้ขออนุมัติ สวก. ซื้อพ่อแม่พันธุ์ปลาทั้ง 3 ชนิด เพิ่มเติมอีกจำนวน 369 ตัว เพื่อเสริมการผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่าย และใช้ในการวิจัยที่ค้างอยู่ โดยเฉพาะปลากะรังจุดฟ้าพ่อแม่พันธุ์ชุดที่ผลิตใช้มากว่า 3 ปี จึงควรเปลี่ยนชุด ประกอบกับปลาพ่อพันธุ์มีไม่เพียงพอและที่มีอยู่มีน้ำเชื้อน้อยมาก ตลอดจนพ่อแม่พันธุ์บางส่วนตายเนื่องจากการติดเชื้อ

โครงการฯได้ผลิตพันธุ์ปลาขนาดต่างๆจำนวน 377,221ตัว เพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกร และมีเงินรายได้จากการจำหน่ายลูกพันธุ์ปลาเป็นจำนวนทั้งสิ้น 18,303,210 บาท และอีกจำนวน 380 ตัว ซึ่งเป็นปลาขนาดวัยรุ่นและขนาดตลาด ใช้ในกิจกรรมร่วมกับ สวก. คิดเป็นเงิน 262,000 บาท รวมจำนวนปลากะรังที่ผลิตทั้งสิ้น **377,601 ตัว** คิดเป็นเงินรายได้ทั้งสิ้น **18,565,210 บาท** (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ชนิด ขนาด จำนวนพันธุ์ปลา และจำนวนเงินที่จำหน่ายพันธุ์ปลากะรังแต่ละชนิด

ลำดับ	ชนิดปลา	ขนาด (นิ้ว)	จำนวน (ตัว)	จำนวนเงิน (บาท)
1	ปลาหมอทะเล	1	70,690	2,827,600
2	ปลาหมอทะเล	2	49,658	3,972,640
3	ปลาหมอทะเล	2.5	14,250	1,425,000
4	ปลาหมอทะเล	3	13,469	1,616,280
5	ปลากะรังจุดฟ้า	2	1,830	109,800
6	ปลากะรังจุดฟ้า	3	9,479	853,110
7	ปลากะรังจุดฟ้า	4	2,800	336,000
8	ปลากะรังเสือ	1	4,000	40,000
9	ปลากะรังเสือ	2	14,384	287,680
10	ปลากะรังเสือ	2.5	1,600	40,000
11	ปลากะรังเสือ	3	108,254	3,247,620
12	ปลากะรังเสือ	3.5	6,532	228,620
13	ปลากะรังเสือ	4	69,489	2,779,560
14	ปลากะรังเสือ	5	10,786	539,300
รวม			**377,221**	**18,303,210**
งานพลิกฟื้น คืนรอยยิ้มสู่อันดามัน 25 มีนาคม 2555			300	182,000
งานปลากะรังจุดฟ้าชิงถ้วยพระราชทาน 28-29 มิถุนายน 2557			80	80,000
รวมทั้งสิ้น			**377,601**	**18,565,210**

ลูกปลากะรังที่เกษตรกรซื้อไปเลี้ยง คาดว่าเมื่อเลี้ยงปลาถึงขนาดตลาดจะมีมูลค่ารวมประมาณ 87,156,366.50 บาท (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 2 มูลค่าของปลากะรังเสือ เมื่อเลี้ยงถึงขนาดตลาด

ลำดับ	ขนาด (นิ้ว)	จำนวนลูกปลา (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)	จำนวนปลาขนาดตลาด (ตัว)	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม)	มูลค่า/จำนวนเงิน (บาท)
1	1	4,000	50	2,000.00	1,400.00	490,000.00
2	2	14,384	55	7,911.20	5,537.84	1,938,244.00
3	2.5	1,600	60	960.00	672.00	235,200.00
4	3	108,254	70	75,777.80	53,044.46	18,565,561.00
5	3.5	6,532	75	4,899.00	3,429.30	1,200,255.00
6	4	69,489	80	55,591.20	38,913.84	13,619,844.00
7	5	10,786	85	9,168.10	6,417.67	2,246,184.50
		215,045		156,307.30	109,415.11	38,295,288.50

หมายเหตุ: ปลากะรังเสือขนาดตลาดประมาณตัวละ 700 กรัม ราคากิโลกรัมละ 350 บาท

ตารางที่ 3 มูลค่าของปลาหมอทะเล เมื่อเลี้ยงถึงขนาดตลาด

ลำดับ	ขนาด (นิ้ว)	จำนวน (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)	จำนวน (ตัว)	จำนวน (กิโลกรัม)	มูลค่า/จำนวนเงิน (บาท)
1	1	70,690	60	42,414.00	29,689.80	17,813,880.00
2	2	49,658	65	32,277.70	22,594.39	13,556,634.00
3	2.5	14,250	70	9,975.00	6,982.50	4,189,500.00
4	3	13,469	80	10,775.20	7,542.64	4,525,584.00
		148,067		95,441.90	66,809.33	40,085,598.00

หมายเหตุ: ปลาหมอทะเลราคาขายกิโลกรัมละ 600 บาท

ตารางที่ 4 มูลค่าของปลากะรังจุดฟ้า เมื่อเลี้ยงถึงขนาดตลาด

ลำดับ	ขนาด (นิ้ว)	จำนวน (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)	จำนวน (ตัว)	จำนวน (กิโลกรัม)	มูลค่า/จำนวนเงิน (บาท)
1	2	1,830	60	1,098	768.60	922,320
2	3	9,479	75	7,109	4,976.30	5,971,560
3	4	2,800	80	2,240	1,568.00	1,881,600
		14,109			7,312.90	8,775,480

หมายเหตุ: ปลากะรังจุดฟ้าราคาขายกิโลกรัมละ 1,200 บาท

ตารางที่ 5 มูลค่าของปลากะรังทั้ง 3 ชนิด เมื่อเลี้ยงถึงขนาดตลาด

ลำดับ	จำนวนลูกปลา (ตัว)	จำนวนปลาขนาดตลาด (ตัว)	ปริมาณปลาขนาดตลาด (กิโลกรัม)	มูลค่า/จำนวนเงิน (บาท)
ปลากะรังเสือ	215,045	156,307.30	109,415.11	38,295,288.50
ปลาหมอทะเล	148,067	95,441.90	66,809.33	40,085,598.00
ปลากะรังจุดฟ้า	14,109	10,447.00	7,312.90	8,775,480.00
รวม	377,221	262,196.20	183,537.34	**87,156,366.50**

กิจกรรมที่ร่วมดำเนินการกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

การดำเนินกิจกรรมร่วมกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

กิจกรรมที่ 1

เมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2555 โครงการฯร่วมกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สวก. จัดกิจกรรม **“สวก. ร่วมพลิกฟื้น คืนรอยยิ้มสู่อันดามัน”** โดยปล่อยพันธุ์ปลากะรังที่เพาะได้จากโครงการต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์จากทั้ง 3 ศูนย์ฯ ในทะเลบริเวณหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ซึ่งปลาที่ปล่อยได้แก่

- ปลาหมอทะเลขนาด 1 กิโลกรัม จำนวน 100 ตัว
- ปลากะรังจุดฟ้าขนาด 500-700 กรัม จำนวน 100 ตัว
- ปลากะรังเสือขนาด 2 นิ้ว จำนวน 100 ตัว

ภาพบรรยากาศการปล่อยพันธุ์ปลากะรังในกิจกรรม **“สวก. ร่วมพลิกฟื้น คืนรอยยิ้มสู่อันดามัน”**

กิจกรรมที่ 2

เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2557 ทางโครงการฯ ยังได้ร่วมกับ สวก. และภาคเอกชนด้านการท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ต ดำเนินการส่งเสริมการบริโภคปลากะรังทั้ง 3 ชนิด แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ซึ่งมีชาวต่างชาติที่มาท่องเที่ยวเฉพาะที่จังหวัดภูเก็ตปีละประมาณ 10 ล้านคน เพื่อเป็นการขยายตลาดภายในประเทศ แทนที่จะหวังพึ่งตลาดส่งออกเพียงอย่างเดียว โดยมีการจัดงานเสวนา เรื่อง “ปลากะรังจุดฟ้า อาชีพทางเลือกใหม่ของคนภูเก็ต: การเพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพและการตลาดที่ยั่งยืน” ณ ห้องประชุมพระพิทักษ์แกรนด์บอลรูม โรงแรมเมโทรโพลภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

ภาพบรรยากาศในงานเสวนา เรื่อง “ปลากะรังจุดฟ้า อาชีพทางเลือกใหม่ของคนภูเก็ต: การเพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพและการตลาดที่ยั่งยืน

กิจกรรมที่ 3

เมื่อวันที่ 5-8 มิถุนายน 2557ทางโครงการได้เข้าร่วมกิจกรรมที่ สวก. จัดกิจกรรมสื่อมวลชนสัญจร ณ จังหวัดภูเก็ตและพังงา เพื่อประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยที่ สวก. ให้ทุนสนับสนุนซึ่งรวมทั้ง “โครงการต้นแบบการผลิตพันธุ์ปลากะรังที่มีมูลค่าสูงเชิงพาณิชย์”

บรรยากาศ สวก. จัดกิจกรรมสื่อมวลชนสัญจร
ณ ห้องห้องศรีตรัง โรงแรมเมดิสันฯ จังหวัดภูเก็ต

การบรรยายกิจกรรมของโครงการฯ
แก่สื่อมวลชน

สื่อมวลชนให้ความสนใจเมนูซาชิมิจากปลากะรังจุดฟ้า

กิจกรรมที่ 4

เมื่อวันที่ 28-29 มิถุนายน 2557 ทางโครงการเข้าร่วมงานที่ สวก. กรมประมง และภาคเอกชนด้านการท่องเที่ยวร่วมกันจัดงานการแข่งขันชิงถ้วยพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในการประดิษฐ์อาหาร “สุดยอดเมนูจุดฟ้าอันดามัน” ณ แกรนด์ฮอลล์ ชั้น 1 โฮมเวิร์คภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

ภาพบรรยากาศการเปิดงาน“สุดยอดเมนูจุดฟ้าอันดามัน”

ผู้ชนะเลิศการแข่งขันชิงถ้วยพระราชทานฯ