การเสริมอาหารจากซากพ่อแม่เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) ต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาซะโอน (*Ompok bimaculatus*)

ภาณพัช รอดคง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

การเสริมอาหารจากซากพ่อแม่เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) ต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาซะโอน (*Ompok bimaculatus*)

ภาณพัช รอดคง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเสริมอาหารจากซากพ่อแม่เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*)
ต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*)

ภาณพัช รอดคง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(อาจารย์ ดร.จอมสุดา ดวงวงษา)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การเสริมอาหารจากซากพ่อแม่เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) ต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*)

ชื่อผู้เขียน นายภาณพัช รอดคง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.จอมสุดา ดวงวงษา

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมอาหารจากซากพ่อแม่เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) ต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วยการทดลอง 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลอง มี 3 ซ้ำ โดย ชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) ใช้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ T2 ใช้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม/กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ T3 ใช้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether นำมาสเปรย์กับอาหารในอัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/กิโลกรัม ทดลองในแม่พันธุ์ปลาชะโอน อายุ 3 เดือน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 16.86±0.55 กรัม อัตราการปล่อยความหนาแน่น 60 ตัว/บ่อ ทดลองในบ่อพลาสติก ขนาด 1,000 ลิตร บรรจุน้ำ 800 ลิตร เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน ให้อาหารทดลอง เป็นเวลา 30 วัน ด้วยวิธีการให้อาหารปลาจนอิ่ม และบันทึกปริมาณอาหารที่ปลากิน โดยทำการเก็บข้อมูล ระดับปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออลในซีรั่ม การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ การศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย และการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย ผลการทดลองพบว่าระดับฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในแม่พันธุ์ปลาชะโอนชุดการทดลองที่ T2 มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.63±0.16 , 1.22±0.16 และ 0.45±0.08 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนการศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ และขนาดเม็ดไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน ชุดการทดลองที่ T3 และ T2 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมี

ค่าเฉลี่ยดัชนีความสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 7.65±2.63, 5.17±2.59 และ 0.01±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความดกไข่ เท่ากับ 5778.00±710.51, 4385.66±1872.84 และ 0.00±0.00 ฟอง ตามลำดับ และขนาดเม็ดไข่ มีค่าเฉลี่ย 0.71±0.19 , 0.45±0.20 และ 0.00±0.00 มิลลิเมตรตามลำดับ สำหรับการศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์ ระยะพัฒนาของไข่ พบว่าแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ T2 และ T3 มีระยะพัฒนาของ Oocyte ส่วนใหญ่เจริญอยู่ในระยะ Late Vitellogenic Stage กล่าวคือ Oocyte มีการสะสมของไข่แดง กระจายเต็มพื้นที่ไซโทพลาสซึม พบ Cortical Alveoli กระจายเล็กน้อยบริเวณขอบของ Oocyte ชั้น Vitelline Envelope มีลักษณะหนาชัดเจน และยังปรากฏ Germinal Vesicle นอกจากนี้ Oocyte บางส่วนพัฒนาอยู่ในระยะ Maturation Stage ซึ่งมีการกระจายของไข่แดงเต็มพื้นที่ไซโทพลาสซึม และไม่ปรากฏ Germinal Vesicle ส่วนชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) ไม่มีการสร้างและพัฒนาของไข่ จากผลการทดลองครั้งนี้เห็นได้ว่า การเสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายทั้งรูปแบบฟรีซดราย และสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารมีผลต่อระดับฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล และการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต พบว่า อัตรารอดตาย ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.000 , 96.993±0.333 และ 95.333±0.333 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) พบว่า ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.261±0.000 , 0.257±0.003 และ 0.650±0.033 ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.833±0.0333 , 45.643±0.333 และ 42.633±0.333 กรัม ตามลำดับ ความยาวสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.146±0.666 , 16.623±0.333 และ 13.830±1.000 เซนติเมตร ตามลำดับ ต้นทุนของการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายรูปแบบฟรีซดราย และรูปแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether เท่ากับ 3,300 และ 1,300 บาท/ซากพ่อแม่เพรียงทราย 1 กิโลกรัม และต้นทุน/อาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 660 และ 130 บาท ตามลำดับ ส่วนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างซากพ่อแม่เพรียงทรายรูปแบบฟรีซดราย และรูปแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether พบว่า พบว่าส่วนใหญ่ซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดรายให้ผลดีที่สุด และคำนึงจาก ความคุ้มทุน อายุการเก็บรักษา ที่สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 1-2 ปี ซึ่งดีกว่าซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

ด้วย Diethyl Ether จึงนำซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย มาทำเป็นรูปแบบแคปซูล ขนาด 500 มิลลิกรัม เพื่อง่ายต่อการเก็บรักษาและใช้งาน

คำสำคัญ : เพรียงทราย, การพัฒนาระบบสืบพันธุ์, แม่พันธุ์ปลาชะโอน

Title THE SUPPLEMENTARY FEED PRODUCTION FROM SAND WORM (*Perinereis quatrefagesi*) DEBRIS ON THE REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF THE BUTTER CATFISH (*Ompok bimaculatus*) BROODSTOCKS

Author Mr. Panapat Rodkong

Degree Master of Science in Fisheries Technology and Aquatic Resources

Advisory Committee Chairperson Dr. Jomsuda Duangwongsa

ABSTRACT

The supplementary feed production from sand worm (*Prrinereis quatrefagesi*) debris on the reproductive development of the butter catfish (*Ompok bimaculatus*) broodstocks was examined. The completely Randomized Design (CRD) was applied, consisting of 3 treatments with 3 replications each. The treatment T1 (control) used small pellets, more than 30 percent protein. Treatment T2, more than 30 percent protein feed mixed with freeze-dried barnacle carcass, ratio 20 g/kg. and the treatment T3, more than 30 percent protein feed mixed the crude extract from the carcass of sand barnacles with Diethyl Ether, and then spraying with feed at a ratio of 3 ml/kg. The treatment was conducted in female Butter catfish, aged 3 months, mean initial weight was 16.86±0.55 g. stocking density was 60 fish/tank. The experiment was conducted in a plastic pond with a size of 1,000 liters, containing 800 liters of water, and catfish were raised in a circulating water system. This study had run for 30 days, catfish were fed to apparent satiation; the amount of feed eaten by the fish was recorded. The 17 beta-estradiol in serum, the reproductive biology, the histology of the genital organs, the growth efficiency, Cost analysis of feed supplement production from sand barnacle carcasses were studied and the development of supplementary feed products from the carcasses of the sand barnacles was set up. The results showed that the 17 beta-estradiol hormone in the treatment T2 broodfish was highest.

followed by the treatment T3 and T1, respectively, with mean values of 1.63±0.16, 1.22±0.16 and 0.45±0.08 ng/ml. respectively, which were statistically significant differences (P<0.01). Referring to the reproductive Biology, gonadosomatic index, fecundity, and egg size of broodfish in the treatments T3 and T2 were significantly different from the treatment T1 (P<0.05), with gonadosomatic index of 7.65±2.63, 5.17±2.59 and 0.01±0.00 percent, respectively; the mean fecundity was 5778.00±710.51, 4385.66±1872.84 and 0.00±0.00 eggs, respectively, and the egg sizes were 0.71±0.19, 0.45±0.20 and 0.00±0.00 mm, respectively. According to the histology of the genital organs egg development stage, It was found that most oocyte in the treatment T2 and T3 were in the Late Vitellogenic Stage, that is, yolk granules were deposited in the cytoplasm throughout the cytoplasm. Cortical alveoli were slightly diffuse at the margin of the oocyte, the Vitelline Envelope was thick and distinct, and the germinal vesicle was also present. Some oocytes were in the maturation stage, where the yolk granules were distributed throughout the cytoplasm, and no germinal vesicles were present, whereas in the treatment T1 (control) no ovum was formed and developed. Referring to the results of this treatment, the application of sand barnacles both freeze-dry process and crude extracts from the carcass of sand barnacles with Diethyl Ether in food influenced hormone levels 17 beta-estradiol and the development of reproductive organs in female Butter catfish. The growth efficiency study revealed that survival rates for all three trials were significantly different (p<0.05), the highest was observed in T2, followed by T3 and T1, respectively, with mean values of 100.00±0.000, 96.993±0.333 and 95.333±0.333 percent, respectively. The feed conversion ratio (FCR) of butter catfish in the treatment T2 and T3 were significantly different from the treatment T1 (p<0.05), but the treatment T2 and T3 were not statistically different (p>0.05) with mean values were 0.261±0.000 , 0.257±0.003 and 0.650±0.033 respectively. The final weights were statistically different (p<0.05); the treatment T2 was highest followed by the treatment T3 and T1 with mean values were 48.833±0.0333, 45.643±0.333 and 42.633±0.333 g, respectively. The final lengths were significantly different (p<0. 05), the highest one was found in T2, followed by T3 and T1 with mean values of 17.146±0.666, 16.623±0.333 and 13.830±1.000 cm, respectively. The cost of supplementary feeds of freeze dried and crude extract from

the carcass of the sand barnacles with Diethyl Ether was 3,300 and 1,300 baht / 1 kg. of the carcass of the sand barnacles. and the cost/feed of 1 kg. is equal to 660 and 130 baht, respectively. The product development between Freeze-dry sand barnacles carcass was compared and it was found that the freeze-dried sand barnacle carcasses showed the best results in terms of the cost-effectiveness and shelf life. The freeze-dried sand barnacle carcasses can be stored for up to 1-2 years which was better than the carcass of sand barn extraction. Thus, freeze-dried sand barnacle carcasses were put in 500 mg. capsule for easy storage and ready-to-use.

Keywords : sand worm Debris, reproductive development, Ompok bimaculatus

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.จอมสุดา ดวงวงษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส และอาจารย์ ดร.ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม กรรมการที่ปรึกษา ผู้ให้ความเมตตา กรุณา ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย แก้ไขปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ รวมทั้งเป็นผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ แนวทางในการปฏิบัติ การดำเนินงานวิจัย และสนับสนุนด้านงบประมาณ เครื่องมืออุปกรณ์ สำหรับการทำวิจัย ในการตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักพงษ์ เพชรคำ อาจารย์ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ นายสุชาติ จุลอดุง ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพร (นักวิชาการประมงชำนาญการพิเศษ) ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย และสนับสนุนตัวอย่างเพรียงทรายที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ เพื่อใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งบุคลากรทุกท่านในคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ ฝ่ายบัณฑิตศึกษา สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการให้ทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา (ทุนศิษย์ก้นกุฏิ) ประจำปีงบประมาณ 2563 ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ในการอบรมเลี้ยงดู และสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนของลูกคนนี้มาโดยตลอด รวมทั้งสมาชิกในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือ ในการแก้ไขปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ

ภาณพัช รอดคง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ

สารบัญ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฑ

สารบัญภาพ ..... ฒ

สารบัญภาพผนวก ..... ด

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 4

ความสำคัญของเพรียงทราย 4

ชีววิทยาของเพรียงทราย 4

ลักษณะทั่วไป 5

การแพร่กระจาย 6

อาหารและการกินอาหาร 7

ลักษณะของเพรียงทรายเมื่อเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ 7

การสืบพันธุ์ 8

พฤติกรรมการผสมพันธุ์ 8

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเพรียงทราย 10

เทคโนโลยีฟรีซดราย 11
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
ฮอร์โมน 13
ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (P4) 14
กลไกการทำงานของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน 14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
ปลาชะโอน 16
ลักษณะทั่วไป 16
แหล่งอาศัย และการหาอาหาร 17
การวางไข่ 17
การเพาะพันธุ์ 17
การอนุบาล 18
การเลี้ยง 19
การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาชะโอน 19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องปลาชะโอน 19
ระบบสืบพันธุ์ของปลา 20
การสืบพันธุ์แบบแยกเพศ 20
ลักษณะรังไข่ 21
ระบบต่อมไร้ท่อ 23
ต่อมไร้ท่อ 24
กระบวนการสร้างและพัฒนาไข่ของปลา 25
รังไข่ของปลา 25
ฟอลลิเคิล 25
กระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงของปลา 30

ฮอร์โมนที่ควบคุมกระบวนการสร้างไข่แดง 31
ฮอร์โมนที่ทำให้ไข่ปลาเจริญสมบูรณ์เต็มที่ 32
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 34
การผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย 34
การเตรียมสัตว์ทดลอง 35
การตรวจสอบคุณภาพน้ำ 36
การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารทดลอง 36
การวางแผนการทดลอง 37
วิธีการรวบรวมข้อมูล 37
ระยะเวลาในการวิจัยและสถานที่ดำเนินงาน 40
บทที่ 4 ผลการทดลอง 41
ระดับปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล 41
การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ 42
การศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์ 43
การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต 44
การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย 45
การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย 46
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 48
ระดับปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล 48
การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ 49
การศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์ 50
การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต 51
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 53
บรรณานุกรม 55

ภาคผนวก 64
ภาคผนวก ก ภาพการทำวิจัย 65
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ 81
ประวัติผู้วิจัย 83

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในเพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether 35

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีในอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether (Mean±SD)..... 36

ตารางที่ 3 ปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในซีรั่มของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (Mean±SD) 41

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic Index; GSI) ความดกไข่ (Fecundity) ขนาดเม็ดไข่ (Egg Diameter) ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน (Mean±SD)..... 42

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของแม่พันธุ์ปลาชะโอนที่เสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether (Mean±SD).... 45

ตารางที่ 6 ต้นทุนการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether 46

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*)..... 5

ภาพที่ 2 โครงสร้างของเพรียงทราย..... 6

ภาพที่ 3 (ก) ลักษณะส่วนหัวที่แตกต่างกันของเพรียงทรายระยะก่อนเจริญพันธุ์ กำลังขยาย 7X (ข) ระยะเจริญพันธุ์ กำลังขยาย 10X..... 7

ภาพที่ 4 ลักษณะของพ่อแม่พันธุ์เพรียงทราย..... 8

ภาพที่ 5 (ก) ลักษณะลำตัวแบบอะโทก (Atoke) ของเพรียงทรายระยะก่อนเจริญพันธุ์ (Atoky) (ข) ลำตัวแบบอิพิโทก (Epitoke) ของเพรียงทรายระยะเจริญพันธุ์ (Epitoky)..... 9

ภาพที่ 6 การรวมกลุ่มเพื่อผสมพันธุ์ของเพรียงทราย..... 9

ภาพที่ 7 การเปลี่ยนสถานะของสาร..... 12

ภาพที่ 8 กระบวนการฟรีซดราย (Freeze-Dried)..... 12

ภาพที่ 9 Progesterone (P4)..... 14

ภาพที่ 10 ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*)..... 16

ภาพที่ 11 การศึกษาจุลกายวิภาคของรังไข่ปลาแซลมอล..... 21

ภาพที่ 12 แม่พันธุ์ปลาแซลมอลที่สมบูรณ์พันธุ์..... 21

ภาพที่ 13 การศึกษาจุลกายวิภาคของรังไข่ปลาเทราต์..... 22

ภาพที่ 14 การศึกษาจุลกายวิภาคของรังไข่ปลาซิวข้าวสาร..... 22

ภาพที่ 15 ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในปลา..... 23

ภาพที่ 16 ตำแหน่งการสร้างฮอร์โมนที่แตกต่างกันของต่อมใต้สมองปลากระดูกแข็ง..... 24

ภาพที่ 17 ต่อมธัยรอยด์ในตำแหน่งคอหอยใต้เส้นเลือด Ventral Aorta..... 24

ภาพที่ 18 ลักษณะโครงสร้างของ Ovarian Follicle..... 25

ภาพที่ 19 กระบวนการ Oogenesis..... 26

ภาพที่ 20 พัฒนาการของ Oocyte ระยะ Perinucleolar Stage..... 28

ภาพที่ 21 พัฒนาการของ Oocyte ระยะ Cortical Alveli Stage 28

ภาพที่ 22 พัฒนาการของ Oocyt ระยะ Vitellogenic Stage..... 29

ภาพที่ 23 พัฒนาการของ Oocyte ระยะ Maturation Stage..... 29

ภาพที่ 24 Yolk granula ภายใน Oocyte 31

ภาพที่ 25 กลไกการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่มีผลต่อการพัฒนาของไข่ปลา 31

ภาพที่ 26 กระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงของปลา..... 32

ภาพที่ 27 กระบวนการควบคุมการเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ปลา..... 33

ภาพที่ 28 ตัดเนื้อเยื่อรังไข่ ขนาดความหนา 4-7 ไมโครเมตร ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (T2) แบบฟรีซดราย และ (T3) แบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทราย ด้วย Diethyl Ether, Olympus; Model CH30x 400..... 43

ภาพที่ 29 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย แบบแคปซูล..... 47

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1 เตรียมบ่อทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปลาชะโอน ใช้บ่อพลาสติกขนาด 1,000 ลิตร บรรจุน้ำ 800 ลิตร 66

ภาพผนวกที่ 2 ระบบให้อากาศในบ่อทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปลาชะโอน 66

ภาพผนวกที่ 3 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อทดลอง 66

ภาพผนวกที่ 4 การเตรียมตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่จะใช้ในการทดลอง 67

ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายใส่ในถาดฟรีซดราย 68

ภาพผนวกที่ 6 เครื่องฟรีซดราย รุ่น DW-50F Freeze Dryer 68

ภาพผนวกที่ 7 นำตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายในถาดใส่ในเครื่องฟรีซดราย 69

ภาพผนวกที่ 8 ตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายในเครื่องระหว่างฟรีซดราย 69

ภาพผนวกที่ 9 การเก็บตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่ฟรีซดรายแล้ว 70

ภาพผนวกที่ 10 ตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่ผ่านการฟรีซดรายแล้ว 70

ภาพผนวกที่ 11 เตรียมตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายในการสกัดสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether 71

ภาพผนวกที่ 12 บดเนื้อเยื่อซากพ่อแม่เพรียงทรายทั้งตัวใช้ Tissue Homgenizer ใน 4 เปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์ 71

ภาพผนวกที่ 13 ชั่งตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่บดแล้ว 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 30 มิลลิลิตร 72

ภาพผนวกที่ 14 สกัดตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วยไดเอททิล อีเธอร์ (Diethy Ether) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 72

ภาพผนวกที่ 15 ปั่นแยกส่วนผสมระหว่างซากพ่อแม่เพรียงทราย และไดเอททิล อีเธอร์ที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที 73

ภาพผนวกที่ 16 เก็บสารสกัดด้านบน และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 73

ภาพผนวกที่ 17 อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม 74

ภาพผนวกที่ 18 อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ด้วยวิธีการนำมาสเปรย์กับอาหาร ในอัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/ อาหาร 1 กิโลกรัม 74

ภาพผนวกที่ 19 การรวบรวมแม่พันธุ์ปลาชะโอนจากบ่อทดลอง 75

ภาพผนวกที่ 20 การสุ่มวัดความยาว และชั่งน้ำหนักแม่พันธุ์ปลาชะโอน 75

ภาพผนวกที่ 21 ทำการสลบแม่พันธุ์ปลาชะโอนแช่ในน้ำแข็งประมาณ 10 นาที 76

ภาพผนวกที่ 22 เจาะเลือดแม่พันธุ์ปลาชะโอนจากเส้นเลือด Ventral Aorta 76

ภาพผนวกที่ 23 นำเลือดที่ได้ใส่ในหลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร 76

ภาพผนวกที่ 24 ตัวอย่างเลือดแม่พันธุ์ปลาชะโอนในหลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร 77

ภาพผนวกที่ 25 ตัวอย่างเลือดแม่พันธุ์ปลาชะโอนในหลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกซีรั่มในเลือด 77

ภาพผนวกที่ 26 ชั่งน้ำหนักแม่พันธุ์ปลาชะโอนเพื่อนำมาหาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ 78

ภาพผนวกที่ 27 ผ่าเปิดช่องท้องแม่พันธุ์ปลาชะโอน 78

ภาพผนวกที่ 28 ชั่งน้ำหนักรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน 79

ภาพผนวกที่ 29 เก็บตัวอย่างรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนไว้ในฟอร์มาลีน 4 เปอร์เซ็นต์ 79

ภาพผนวกที่ 30 สุ่มตัวอย่างรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนเพื่อหาค่าความดกไข่ 80

ภาพผนวกที่ 31 วัดขนาดเม็ดไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนโดยใช้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล (ยี่ห้อ Hummer) 80

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

เพรียงทราย (Sand Worm) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Perinereis quatrefagesi* นิยมใช้เป็นอาหารขุนแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำทำให้แม่กุ้งสร้างไข่ได้ดี (ปริญญา, 2546 อ้างใน พชรพล และศุภณัฐ, 2560) เนื่องจากเพรียงทรายอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง มี โปรตีน 51.24 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 17.80 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุต่าง ๆ รวมทั้งฮอร์โมนบางชนิด เช่น โปรเจสเตอโรน (progesterone) (Koskela et al., 1992) โพรสตาแกลนดิน อีทู (Prostaglandin E_2) (Dofing, 1991) โพรสตาแกลนดิน เอฟ ทูแอลฟา (Prostaglandin F2α) (Poltana, 2004) และเมทธิลฟาร์นีโซเอท (Methyl Faenesoate) (Laufer and Hadar, 1997) ฮอร์โมนเหล่านี้มีรายงานว่า ช่วยส่งเสริมการเจริญพันธุ์ในกุ้งกุลาดำ รวมทั้งยังเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับส่งเสริมการเจริญพันธุ์ในปลาสวยงาม และปลาเศรษฐกิจ นำไปใช้เป็นอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งเพื่อช่วยเร่งการผสมพันธุ์วางไข่ของกุ้ง และทำให้แม่กุ้งติดไข่เป็น (กฤษฎา, 2563) จำนวนมากลูกที่ได้แข็งแรง การใช้ประโยชน์ของเพรียงทรายไม่ได้จำกัดอยู่แต่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเท่านั้นแต่ยังสามารถนำไปใช้เพื่อกระตุ้นการเจริญพันธุ์ ในพ่อแม่พันธุ์ปลาอื่น ๆ ได้ เช่น ปลากะพง ปลากะรัง ปลาการ์ตูน และปลาเศรษฐกิจ ผลจากการเพาะพันธุ์เพรียงทรายแบบเชิงพาณิชย์ทำให้มีซากพ่อแม่เพรียงเกิดขึ้น เนื่องจากในช่วงชีวิตของเพรียงทรายมีการสืบพันธุ์เพียงครั้งเดียว หลังการผสมพันธุ์สิ้นสุดลงพ่อแม่พันธุ์เพรียงทรายจะตายในเวลาต่อมาทำให้เกิดเป็นซากพ่อแม่เพรียงทรายเกิดขึ้น (Giese and Pearse, 1975) เพื่อเป็นการนำซากพ่อแม่เพรียงทรายมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จึงมีการนำซากพ่อแม่เพรียงทรายมา ทำแห้งแบบฟรีซดราย โดยกระบวนการฟรีซดรายสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้อย่างครบถ้วน และไม่เน่าเสียเพราะมีความชื้นไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 1-2 ปี โดยไม่ต้องเก็บในห้องเย็น (เศรษฐการ, 2554) และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether เพื่อเป็นการนำซากพ่อแม่เพรียงมาใช้เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของปลา และเป็นการนำซากพ่อแม่เพรียงทรายมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) หรือปลาเนื้ออ่อน เป็นปลาที่มีรสชาติดีจึงทำให้มีราคาสูง และมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง เช่น โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่าง ๆ (Sandipan and Jagtap, 2015) นิยมนำมาประกอบอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยปลาสดมีราคาประมาณ 160-380 บาท/กิโลกรัม (ตลาดไท, 2564) ซึ่งถือเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยใน

ปี 2562 จากการนำเข้าปลาชะโอนในรูปแบบแช่แข็งปริมาณ 107.32 ตัน คิดเป็นมูลค่า 10,421,751 บาท (ด่านตรวจสัตว์น้ำจังหวัดสุรินทร์, 2562) การเพาะพันธุ์ปลาชะโอน แม่พันธุ์ปลาในธรรมชาติมีการสืบพันธุ์ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ปัจจุบันการเพาะพันธุ์มักจะใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ในการกระตุ้นพ่อแม่พันธุ์ปลาให้วางไข่ และยังพบว่าแม่พันธุ์ปลาชะโอนมีการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ที่ช้าไม่พร้อมกัน ทำให้การเพาะพันธุ์นั้นมีความไม่คงที่ และได้ผลผลิตลูกปลาที่ไม่ดีตามมา (กรมประมง, 2559) แต่ในการศึกษาของ กฤษฎา (2563) รายงานว่าใช้เพรียงทรายเป็นอาหารขุนแม่กุ้งกุลาดำ ทำให้แม่กุ้งสร้างไข่ดีที่สุด เนื่องจากเพรียงทราย ประกอบด้วยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ฮอร์โมนนี้มีรายงานว่า ช่วยส่งเสริมการเจริญพันธุ์ในสัตว์น้ำ และเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและพัฒนาของเซลล์ไข่ (Oogenesis) รวมไปถึงกระบวนการสร้างและสะสมไข่แดง (Vitellogenesis)

ดังนั้นการศึกษาของการเสริมอาหารจากซากพ่อแม่เพรียงทรายต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ต่อระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน และเพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมเชิงพาณิชย์และการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของซากพ่อแม่เพรียงทรายเป็นผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ต่อระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน
2. เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมเชิงพาณิชย์และการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของซากพ่อแม่เพรียงทรายเป็นผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบประสิทธิภาพของอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ต่อระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน
2. เป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของซากพ่อแม่เพรียงทราย
3. เป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปศึกษาต่อยอดหรือหรือพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาชะโอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป
4. สร้างองค์ความรู้ใหม่และเป็นฐานข้อมูลให้แก่เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจการเพาะเลี้ยงปลาชะโอน

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของเพรียงทราย

เพรียงทราย (Sand Worm) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Perinereis quatrefagesi* ได้รับความนิยมเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารขุนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำหลายชนิด เนื่องจากเพรียงทรายมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุและองค์ประกอบอื่น ๆ แล้วภายในตัวเพรียงทรายยังมีฮอร์โมนบางชนิด เช่นโปรเจสเตอโรน โพรสตาแกลนดิน และเมธิลฟาร์นีโซเอท ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญพันธุ์ในกุ้งกุลาดำ กุ้งขาว และกุ้งก้ามกราม อีกด้วย (Dofing et al., 1991; Koskela et al., 1992; Laufer and Hadar, 1997) ฮอร์โมนเหล่านี้มีรายงานว่า มีความสำคัญต่อการพัฒนาการของรังไข่ในสัตว์น้ำ และช่วยส่งเสริมการเจริญพันธุ์ในกุ้งกุลาดำ รวมทั้งยังเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับใช้เสริมเพื่อกระตุ้นการเจริญพันธุ์ในปลาสวยงาม และปลาเศษฐกิจ (Leelatanawit et al., 2014) จากการศึกษาของกฤษฎา (2563) พบว่าเพรียงทรายมีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำสูง เช่น มีโปรตีน 51.24 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 17.80 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำไปใช้เป็นอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้ง ซึ่งจะช่วยเร่งการผสมพันธุ์วางไข่ของกุ้งและทำให้แม่กุ้งติดไข่เป็นจำนวนมาก ลูกที่ได้ก็จะแข็งแรงตามไปด้วยการใช้ประโยชน์ของเพรียงทรายไม่ได้จำกัดอยู่แต่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเท่านั้นแต่ยังสามารถนำไปใช้เป็นเหยื่อตกปลา และยังมีศักยภาพในการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์อีกด้วย เนื่องจากมีรายงานว่าสามารถสกัดสารบางอย่างจากเลือดของเพรียงทรายรวมทั้งฮอร์โมนอีกหลายชนิด เช่น โพรสตาแกลนดิน โปรเจสเตอโรน ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (พอจำ และสุรพล, 2550)

ชีววิทยาของเพรียงทราย

เพรียงทรายที่ทำการศึกษามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Perinereis quatrefagesi* ชื่อสามัญ Sand worm ซึ่งจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Phylum Annelida

Class Polychaeta

Family Nereidae

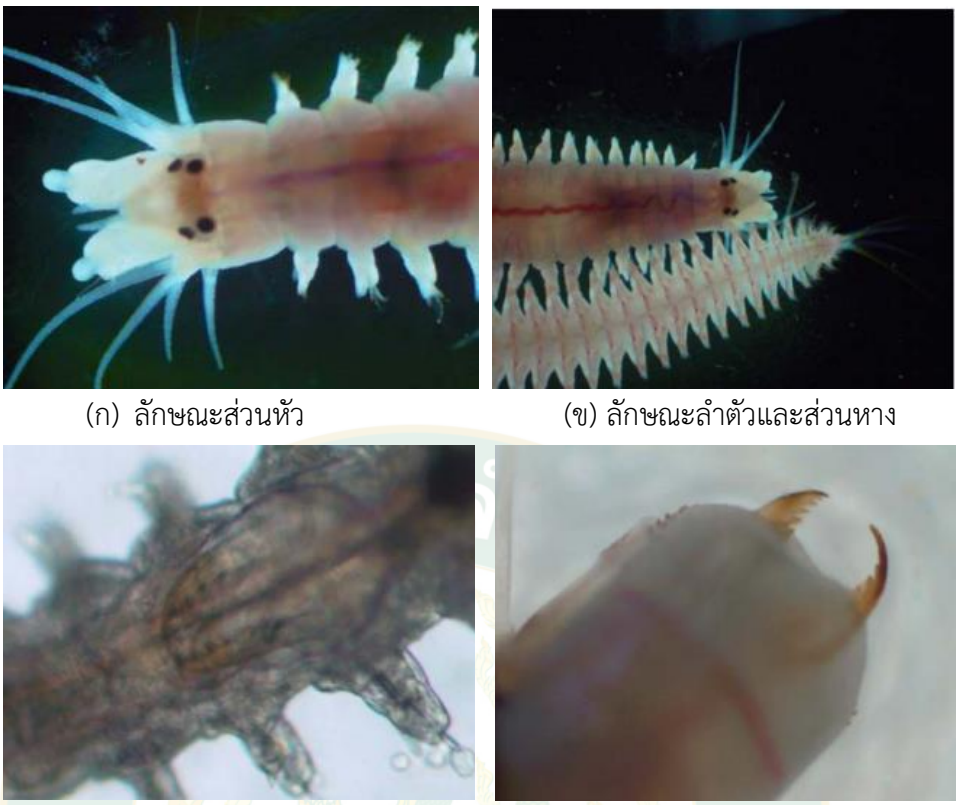
Genus *Perinereis*

ภาพที่ 1 เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*)

ที่มา: ศูนยวิจัยและพัฒนาประมงชายฝงภูก็ต (2548)

ลักษณะทั่วไป

เพรียงทรายมีลักษณะที่สำคัญคือลำตัวแบนค่อนข้างยาว และแบ่งเป็นปล้องชัดเจน ส่วนหัวมีปากและเขี้ยว (jaw) 1 คู่ มีตุ่มสั้น ๆ ที่เรียกว่า พาล์ป (palp) ทำหน้าที่รับกลิ่น มีอวัยวะรับสัมผัสคล้ายหนวด 1 คู่ ซึ่งเรียกว่า เอนเท็นนา (antenna) และมีตา (eyes) 2 คู่ สำหรับรับแสงด้านข้างของส่วนหัวมีหนวด (tentacle cirri) จำนวน 4 คู่ ถัดจากส่วนหัวเป็นลำตัวมีลักษณะเป็นปล้องโดยด้านข้างของแต่ละปล้องมี ส่วนที่ยื่นเป็นแผ่นทำหน้าที่คล้ายขาช่วยในการเคลื่อนที่และว่ายน้ำเรียกว่า พาราโพเดีย (parapodia) ส่วนสุดของลำตัวคือส่วนหาง (pygidium) ซึ่งไม่มีพาราโพเดียแต่มีเอนัลเซอไร (anal cirri) 1 คู่ เป็นเส้นยาวและมีรูก้นอยู่ด้านล่างของส่วนหาง (ภาพที่ 2) (อดิภัทร, 2554)



(ก) ลักษณะส่วนหัว (ข) ลักษณะลำตัวและส่วนหาง

(ค) ลักษณะส่วนหัว (ง) ลักษณะลำตัวและส่วนหาง

ภาพที่ 2 โครงสร้างของเพรียงทราย

(ก) ลักษณะส่วนหัว (ข) ลักษณะลำตัวและส่วนหาง

(ค) ลักษณะเขี้ยวของเพรียงทรายที่หดอยู่ในลำตัว (ง) เขี้ยวที่ยื่นออกมาเพื่อจับกินอาหาร

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต (2548)

การแพร่กระจาย

ในธรรมชาติเพรียงทรายอาศัยอยู่ตามแนวชายหาดบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง โดยแพร่กระจายในบริเวณที่มีลักษณะเป็นดินทราย ทรายหยาบ ทรายเปลือกหอย หรืออาจพบตามบริเวณป่าชายเลน ใต้โขดหินซากปะการังหรือในก้อนปะการัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเพรียงทราย ซึ่งจากการสำรวจ พบว่าเพรียงทราย *Perinereis nuntia* และ *P. quatrefagesi* จะแพร่กระจายชุกชุมในบริเวณหาดที่เป็นดินทราย ทรายหยาบและทรายเปลือกหอย *P. aibuhitensis* พบกระจายหนาแน่นบริเวณป่าชายเลน ขณะที่ *P. singaporiensis* และ *P. striolata* พบมากบริเวณซากปะการัง ต่างจาก *P. anomala* และ *P. gallapagensis* ที่พบอยู่ในก้อนปะการังและใต้ก้อนหิน ตามลำดับ (อดิภัทร, 2554)

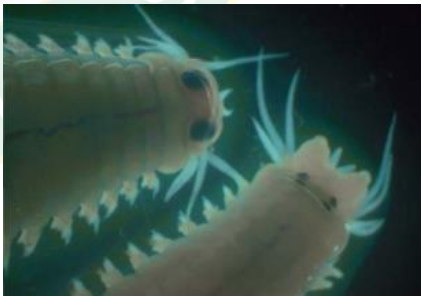
อาหารและการกินอาหาร

เพรียงทรายสามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิดทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) รวมทั้งซากเน่าเปื่อย (Detritus Feeder) พวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอาหารที่มีกลิ่นคาว เวลากินอาหารเพรียงทรายจะยื่น Proboscis ออกมาและใช้ส่วนที่เป็นเขี้ยว (Jaw) จับดึงอาหารลงไปในทราย

ลักษณะของเพรียงทรายเมื่อเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์

นันทวัน (2547 อ้างใน อดิภัทร, 2554) กล่าวว่าเพรียงทรายในระยะเจริญพันธุ์มีการปรับเปลี่ยนรูปร่างลักษณะและพฤติกรรมเพื่อความเหมาะสมในการผสมพันธุ์ (ภาพที่ 3) โดยเปลี่ยนเป็นแบบอิพิโทกตลอดทั้งตัวช่องว่างลำตัวมีเซลล์สืบพันธุ์อยู่ภายในทำให้แยกเพศได้ชัดเจน สีของลำตัวระหว่างพ่อแม่พันธุ์ต่างกันโดยพ่อพันธุ์มีสีขาวครีมซึ่งเป็นสีของน้ำเชื้ออสุจิส่วนแม่พันธุ์มีสีเขียว ซึ่งเป็นสีของไข่อิพิโทกของเพรียงทรายแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนปล้องตอนหน้ามีจำนวนปล้องประมาณ 25-30 ปล้อง พบการเปลี่ยนแปลงบริเวณส่วนหัว โดยพาล์ป ซึ่งมีหน้าที่รับกลิ่นขณะคืบคลานบนพื้นทรายเพื่อหาอาหารเสื่อมลง เพราะเพรียงทรายในระยะนี้ไม่ออกมากินอาหาร แต่ตามีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากจำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ ส่วนปล้องตอนท้ายเป็นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดปล้องและขาเดินอย่างเด่นชัด ปล้องมีขนาดแคบลงทำให้ลำตัวหดสั้น การปรับเปลี่ยนรูปร่างในลักษณะเช่นนี้ของเพรียงทรายช่วยให้ว่ายน้ำ เพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ดี เช่นเดียวกับบริเวณขาเดินที่มีลักษณะแผ่กางออก ปลายซีตี้แบนคล้ายใบพายและมีสีแดงเข้มทำให้พ่อแม่พันธุ์เพรียงทรายว่ายน้ำได้อย่างรวดเร็วแต่ คืบคลานช้าบนพื้นทราย

(ก) ลักษณะส่วนหัวของเพรียงทรายระยะก่อนเจริญพันธุ์



(ข) ลักษณะส่วนหัวของเพรียงทรายระยะเจริญพันธุ์

ภาพที่ 3 (ก) ลักษณะส่วนหัวที่แตกต่างกันของเพรียงทรายระยะก่อนเจริญพันธุ์ กำลังขยาย 7X (ข) ระยะเจริญพันธุ์ กำลังขยาย 10X

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต (2548)

การสืบพันธุ์

พ่อแม่พันธุ์สมบูรณ์เพศมีขนาดน้ำหนัก และความยาวเฉลี่ย 0.5±0.14 กรัม และ 7.03±0.90 เซนติเมตร จะขึ้นมาว่ายน้ำบริเวณพื้นผิวน้ำ ซึ่งจะพบมากในช่วงแรม 8-15 ค่ำ เวลา 04.00-12.00 น. ตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าตัวเมีย ตัวผู้มีน้ำหนัก 0.5 กรัม ยาว 6-7 เซนติเมตร ส่วนตัวเมียน้ำหนัก 0.9 กรัม ยาว 8-9 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) โดยจับพ่อแม่พันธุ์มาผสมกันในภาชนะแม่เพรียงวางไข่ประมาณ 50,000-70,000 ฟอง เมื่อพ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และน้ำเชื้อมาผสมกันแล้วให้นำไข่ไปฟักต่อในถังฟักไข่ที่ได้รับการผสมจะเจริญไปเป็นตัวอ่อนเรียกว่า “Trochophore Larve” โดยมีรูปร่างคล้ายลูกข่างมีวงขน 2 วงคือ Prototrous และ Telotrous ส่วนบนสุดมีขนยาวเป็นกลุ่ม Apical Tuft ซึ่งต่อไปจะเจริญไปเป็น Cerebral Ganglion ตัวอ่อนของ Nereis เรียกอีกอย่างว่า Nectochaeta Larve (นันทวัน, 2547 อ้างใน อดิภัทร, 2554)

(ก) ลักษณะแม่พันธุ์เพรียงทราย (ข) ลักษณะพ่อพันธุ์เพรียงทราย

ภาพที่ 4 ลักษณะของพ่อแม่พันธุ์เพรียงทราย
(ก) ลักษณะแม่พันธุ์เพรียงทราย
(ข) ลักษณะพ่อพันธุ์เพรียงทราย

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต (2548)

พฤติกรรมการผสมพันธุ์

เพรียงทรายขึ้นมาผสมพันธุ์ตอนเช้าตรู่ โดยมีพฤติกรรมการรวมกลุ่มผสมพันธุ์ที่ผิวน้ำ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าสวอร์มมิ่ง (Swarming) ซึ่งเกิดในช่วงสั้น ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการปฏิสนธิให้มากขึ้น ในช่วงชีวิตของเพรียงทรายมีการสืบพันธุ์เพียงครั้งเดียว หลังการผสมพันธุ์สิ้นสุดลงพ่อแม่พันธุ์เพรียงทรายจะตายในเวลาต่อมา เช่นเดียวกับพ่อแม่พันธุ์ที่ไม่ได้ผสมพันธุ์ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์เพรียงทรายมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างจากอะโทกเป็นอิพิโทก (ภาพที่ 5) ตลอดทั้งตัวในระหว่างการรวมกลุ่มเพื่อผสมพันธุ์เพรียงทรายมีพฤติกรรมการว่ายน้ำ เพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

เรียกว่า Nuptial Dance ซึ่งมี รูปแบบการว่ายน้ำ 3 แบบ คือ การว่ายน้ำในทิศทางเดียวกัน การว่ายน้ำทิศทางตรงกันข้ามและการว่ายน้ำลักษณะคล้ายเลขแปด โดยช่วงการว่ายน้ำในทิศทางเดียวกันจะใช้ส่วนเอนเท็นนาสัมผัส บริเวณส่วนปล้องตอนหน้าของอีกฝ่าย เพื่อกระตุ้นฝ่ายตรงข้ามให้พร้อมผสมพันธุ์ พ่อแม่พันธุ์เพรียงทราย เริ่มปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อเข้าสู่การว่ายน้ำในลักษณะคล้ายเลขแปด และเนื่องจากเพรียงทรายไม่มีอวัยวะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ดังนั้นขณะว่ายน้ำเพรียงทรายจะสะบัดหางอย่างเร็วและแรง (ภาพที่ 6) (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต, 2548 อ้างใน อดิภัทร, 2554)

(ก) ลักษณะลำตัวแบบอะโทกของเพรียงทรายระยะก่อนเจริญพันธุ์ (ข) ลำตัวแบบอิพโทกของเพรียงทรายระยะเจริญพันธุ์

ภาพที่ 5 (ก) ลักษณะลำตัวแบบอะโทก (Atoke) ของเพรียงทรายระยะก่อนเจริญพันธุ์ (Atoky) (ข) ลำตัวแบบอิพิโทก (Epitoke) ของเพรียงทรายระยะเจริญพันธุ์ (Epitoky)

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต (2548)

ภาพที่ 6 การรวมกลุ่มเพื่อผสมพันธุ์ของเพรียงทราย

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต (2548)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเพรียงทราย

อิสราภรณ์ และคณะ (2550) ทดลองเลี้ยงเพรียงทรายอายุ 2 เดือน ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีการเสริมไขมัน และวิตามินอี โดยใช้น้ำมันปลาเป็นแหล่งไขมัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าเพรียงทรายที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมัน และวิตามินอี มีการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุดไม่มีความแตกต่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับเพรียงทรายทดลองกลุ่มอื่น การเสริมไขมันและวิตามินอีในอาหารมีผลต่อการสะสมของปริมาณไขมัน และวิตามินอีสูงในเพรียงทราย ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ไม่เสริมไขมันและวิตามินออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อีกทั้งอาหารทดลองที่ใช้เลี้ยงเพรียงทรายมีสารอาหารที่เร่งการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ทำให้มีความสมบูรณ์พันธุ์เร็วขึ้น เป็นต้น

เอกชัย และคณะ (2549) สกัดฮอร์โมนโพรสตาแกลนดินจากแม่เพรียงทรายและศึกษาผลของสารสกัดฮอร์โมนต่อการพัฒนาไข่ของแม่กุ้งกุลาดำ โดยสกัดฮอร์โมนโพรสตาแกลนดิน อีทู (Prostaglandins E_2, PGE2) จากแม่เพรียงทรายร่วมกับอาหารธรรมชาติและเนื้อเยื่อแม่กุ้งกุลาดำ วิเคราะห์สารสกัดเพื่อหาความเข้มข้น PGE2 ด้วยวิธี ELISA (Enzyme – Linked Immuno Sorbent Assay) และ RP-HPLC (Reverse - Phase High Performance Liquid Chromatography) จากนั้นทำการทดลองบ่ม (In Vitro Egg Incubation) ไข่อ่อนของแม่กุ้งกุลาดำในห้องปฏิบัติการด้วยสารสกัดฮอร์โมน PGE2 จากแม่เพรียงทรายและ PGE2 สังเคราะห์ ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ PGE2 สูงสุดในรังไข่ของแม่กุ้งกุลาดำ ปริมาณ PGE2 ในแม่เพรียงทราย พบว่า เพิ่มตามช่วงอายุ 2 , 4, 6 และ 8 เดือน ในแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำมี ปริมาณ PGE2 สูงสุดในรังไข่ ที่มีไข่ระยะคอร์ติคอลรอด รองลงมาเป็นตัวอย่างน้ำเลือด ที่มีไข่ระยะวิเทลโลจินิคโอโอไซต์ และไม่พบความแตกต่างของ PGE2 ในกล้ามเนื้อแม่กุ้ง เมื่อเปรียบเทียบอาหารธรรมชาติที่ใช้เลี้ยงแม่พันธุ์กุ้ง พบว่า แม่เพรียงโคลนมีปริมาณ PGE2 เป็นอันดับสองรองจากแม่เพรียงทราย กุ้งก้ามกราม หมึกกล้วย หอยแครง และหอยแมลงภู่ ผลการบ่มรังไข่และไข่กุ้งในห้องทดลอง พบว่า PGE2 ทำให้ไข่อ่อนมีการสะสมไข่แดง และพัฒนากลายเป็นไข่แก่ (Vitellogenic Oocytes) พร้อมตกไข่ (Cortical Rod Stage) โดยที่ PGE2 สกัดจากแม่เพรียงทรายที่ระดับความเข้มข้น 5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ให้ไข่แก่ 59.1±1.0 เปอร์เซ็นต์ และไข่พร้อมตกไข่สูง 22.70±1.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ PGE2 สังเคราะห์ ความเข้มข้นเท่ากับ PGE2 สกัดจากแม่เพรียงทรายให้ผลลบต่อพัฒนาการของไข่

Leelatanawit et al. (2014) ศึกษาผลของเพรียงทรายต่อความสมบูรณ์ของน้ำเชื้อกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยง พบว่าจำนวน และความสมบูรณ์ของน้ำเชื้อกุ้งกุลาดำที่กินเพรียงทรายจะสูงกว่ากุ้งกุลาดำที่กินอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งก็สอดคล้องกับ Buaklin et al. (2016) ได้ศึกษาถึงชนิดของอาหารที่มีผลต่อน้ำเชื้อกุ้งกุลาดำ พบว่ากุ้งกุลาดำที่ได้รับเพรียงทราย หมึก และเพรียงทรายผสมกับ

ปลาหมึก จะมีน้ำหนักตัว ขนาดของถุงน้ำเชื้อ และปริมาณน้ำเชื้อมากกว่ากุ้งกุลาดำที่กินอาหารเม็ดสำเร็จรูปและอาหารเม็ดสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้ง

Meunpol et al. (2005) ศึกษาปริมาณของ โพรสตาแกลนดินอี ทู (Prostaglandin E_2) ในเพรียงทรายและผลของโพรสตาแกลนดินอี ทู ที่มีต่อการพัฒนารังไข่ของแม่กุ้งกุลาดำพบว่าเพรียงทรายจะมีปริมาณโพรสตาแกลนดินอี ทู สูงกว่าอาหารมีชีวิตชนิดอื่น โดยที่เพรียงทรายอายุ 8 เดือน จะให้ปริมาณของโพรสตาแกลนดินอี ทู สูงกว่าเพรียงทรายที่มีอายุ 2, 4 และ 6 เดือน และ Poltana et al. (2004) ได้ศึกษาปริมาณของ โพรสตาแกลนดินเอฟ ทู (Prostaglandin F_2) ในเพรียงทราย พบว่าปริมาณของโพรสตาแกลนดินเอฟ ทู ในเพรียงทรายที่มีการเพาะเลี้ยงเลียนแบบธรรมชาติจะมีความเข้มข้นประมาณ 0.66 นาโนกรัมต่อน้ำหนักเปียกของเพรียงทราย 1 กรัม และมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างรังไข่ของแม่กุ้งกุลาดำ โดยพบว่าแม่กุ้งมีการพัฒนาการสร้างรังไข่ที่ดีขึ้น

ศรินทิพ (2552) รายงานการใช้ประโยชน์จากเพรียงทรายในด้านการแพทย์ว่าสามารถสกัดสารที่มีคุณสมบัติเหมือนยาปฏิชีวนะยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจากน้ำเลือดของเพรียงทราย และยังพบฮอร์โมนอีกหลายชนิด เช่น ออกซิโตซิน (Oxytocin) วาโซเพรสซิน (Vasopressin) โปรเจสเตอโรน (Progesterone) โพรสตาแกลนดิน (Prostaglandin) และวิเทลลิน (Vitellin) เป็นต้น

เทคโนโลยีฟรีซดราย

ฟรีซดรายเป็นเทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็งแบบสุญญากาศ หรือศัพท์ทางภาษาอังกฤษเรียกว่า Freeze Dried Technology หมายถึงการทำแห้ง (Dehydration) การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze Drying) เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้หลักการดึงเอาโมเลกุลของน้ำออกจากอาหาร โดยอาศัยการระเหิดของน้ำจากสภาพของแข็งกลายเป็นไอ อาหารที่ต้องการทำแห้งโดยวิธีนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็ง การระเหิดของน้ำเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันและอุณหภูมิในการทำแห้งที่อยู่ต่ำกว่าจุดวัฏภาคของก๊าซของเหลว และของแข็ง หรือจุด Triple Point ของน้ำหรือสารละลายในอาหารซึ่งการทำแห้งวิธีนี้สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีกว่าการทำแห้งแบบทั่วไปด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freezing) ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งก่อนแล้วจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิด (Sublimation) เป็นไอ ด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ขณะควบคุมให้อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิ เท่ากับหรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็งระเหิดที่ความดันเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่า) (เศรษฐการ, 2554)

ภาพที่ 7 การเปลี่ยนสถานะของสาร

ที่มา: การเปลี่ยนสถานะของสาร (2554)

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟรีซดรายมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภค และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้วัตถุดิบเพื่อการประกอบอาหารในครัวเรือน เนื่องจากเทคโนโลยีฟรีซดราย (Freeze Dried Technology) เป็นกรรมวิธีการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำแล้วใช้ความดันเป็นตัวช่วยในการทำให้น้ำในอาหารระเหิดออกมา โดยคงสภาพอาหารและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวอาหารทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงรักษาสชาติ เนื้อสัมผัส สารอาหาร สามารถคืนตัวในน้ำได้อย่างรวดเร็ว และคงลักษณะของผลิตภัณฑ์สดก่อนทำแห้งไว้ได้มากที่สุด

ภาพที่ 8 กระบวนการฟรีซดราย (Freeze-Dried)

ที่มา: เบญญาภา (2558)

โดยกระบวนการฟรีซดรายยังให้รสชาติและเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ทั้งสีสัน รูปร่าง ขนาด รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมไปถึงการรักษาคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้อย่างครบถ้วนมากที่สุด สามารถกลับคืนสู่สภาวะเดิมได้ เมื่อถูกน้ำหรือให้ความชื้นไม่บูดไม่เน่าเสียเพราะมีความชื้นไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องปกติได้อย่างน้อย 1-2 ปี โดยไม่ต้องเก็บในห้องเย็น ซึ่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะลดลง 70-90 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่สูญเสียเนื้อเยื่อของอาหารแม้แต่น้อย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เศรษฐการ (2554) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการผลิตตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ในขั้นตอนแรกได้ศึกษาวิธีการเตรียมโดยการแปรระดับอุณหภูมิและเวลาในการลวกเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลการศึกษาพบว่าการลวกผักตำลึงที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ และเมื่อนำตำลึงไปทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยการแปรปริมาณมอลโตเด็กทรินที่ใส่เป็น 3 ระดับ คือ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการแปรปริมาณมอลโตเด็กทรินที่ 3 ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดและแตกต่างจากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จากนั้นได้แปรปริมาณน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโตสที่ระดับ 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใส่น้ำตาลฟรุกโตสที่ 3 ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดแตกต่างจากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่ามีปริมาณ เบต้าแคโรทีนเท่ากับ 1133 เรตินอล ต่อ 100 กรัม ไม่แตกต่างจากตำลึงสดอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทผงชงดื่ม

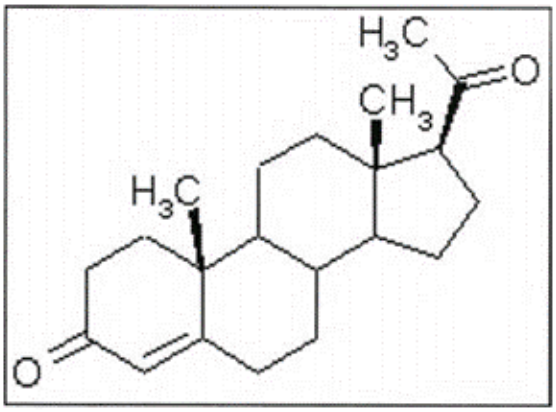
ฮอร์โมน

ฮอร์โมน (Hormone) เป็นสารเคมีที่สร้างจากต่อมไร้ท่อ ซึ่งทำหน้าที่ผลิต และควบคุมฮอร์โมน ฮอร์โมนจะหลั่งออกสู่ของเหลวที่อยู่บริเวณนอกเซลล์ (Extracellular Fluid) และขนส่งไปตามกระแสเลือดเพื่อออกฤทธิ์ควบคุมการทำงานที่อวัยวะเป้าหมาย

ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน จัดอยู่ในฮอร์โมนกลุ่มเวอร์ทีเบรทไทป์ สเตียรอยด์ ฮอร์โมนสังเคราะห์จากคอเลสเตอรอล คอเลสเตอรอลจะเปลี่ยนเป็นฮอร์โมนกลุ่มนี้บริเวณรังไข่ ตับ และตับอ่อน หน้าที่ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจะไปกระตุ้นการสะสมสารไวเทลลินเข้าสู่เซลล์ มีการทดลองวัดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในกุ้ง Indian Spiny Lobster พบว่าในช่วงระยะไข่ที่เริ่มพัฒนาสะสม

สารไวเทลลิน (Vitellin) ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจะต่ำ และระดับจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อไข่สะสมสารไวเทลลินจนกระทั่งไข่สุก (Raghuveer et al., 2005)

ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (P4)



ภาพที่ 9 Progesterone (P4)

ที่มา: ศรินทิพ (2552)

ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เป็นสเตียรอยด์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 21 อะตอม โครงสร้างเป็นวง 5 เหลี่ยม 1 วงและ 6 เหลี่ยม 3 วง และมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ สร้างจากรังไข่และ ตับอ่อน สามารถพบฮอร์โมนกลุ่มนี้ในสัตว์หลายกลุ่ม เช่น กลุ่มของเพรียงทราย *Perinereis* sp. (Bradbrook et al., 1990)

กลไกการทำงานของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน

สเตียรอยด์ฮอร์โมนสามารถผ่านเข้าสู่นิวเคลียสได้ 2 วิธี คือโดยการแพร่ และการจับกับฮอร์โมนรีเซ็ปเตอร์ (Receptors) ซึ่งตัวรับหรือตัวพาฮอร์โมนจะทำหน้าที่นำฮอร์โมนเข้าสู่เซลล์เป้าหมาย เพื่อการทำงานหรือควบคุมระบบต่างๆ เช่น การทำงานของระบบสืบพันธุ์ ระบบภูมิคุ้มกัน การปรับสมดุลของเกลือแร่ การต้านทานความเครียด เป็นต้น การทำงานของตัวรับ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ ตัวรับฮอร์โมนอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane Steroid Receptors) และตัวรับฮอร์โมนบริเวณนิวเคลียส (Nuclear Steroid Receptors) แต่การทำงานของตัวรับฮอร์โมนทั้งสองชนิดมีหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ จะมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ช่วงสุดท้าย (Final Maturation) ของเซลล์ไข่ และสเปิร์ม เป็นต้น (Ghosh and Thomas, 1995; Trant and Thomas, 1989)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุตตร (2553) ศึกษาผลของอาหารเสริมฮอร์โมนซีโรโทนินและโปรเจสเตอโรนต่อการพัฒนารังไข่ในกุ้งขาวโดยเปรียบเทียบการทดลองที่ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงแม่พันธุ์สูตรต่าง ๆ ได้แก่ อาหารสำเร็จรูปปกติอาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนซีโรโทนิน อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนซีโรโทนินสลับกับอาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนอย่างละ 1 สัปดาห์ ที่อัตราส่วน 0.3 มิลลิลิตร/อาหาร 100 กรัม และอาหารสำเร็จรูปผสมเพรียงทรายผง อาหารแต่ละสูตรจะใช้กุ้งขาวอายุประมาณ 7 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 35.88±3.35 กรัม ความยาวประมาณ 14-16.5 เซ็นติเมตร แบ่งเป็น 5 กลุ่มละ 8 ตัวเพื่อให้อาหารแต่ละสูตรเป็นเวลา 30 วัน ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าอัตราการเติบโตในแต่ละกลุ่มการทดลอง พบว่าอัตราการเติบโตที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนมีค่าสูงสุดคือ 7.59±3.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) หลังจากให้อาหารไป 30 วันแต่ละกลุ่มการทดลองจะแบ่งจำนวนกุ้ง 4 ตัวนำไปตัดก้านตา แล้วให้อาหารไปอีกเป็นเวลา 15 วัน ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าอัตราการเติบโต และทำการผ่าตัดนำรังไข่มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadasomatic Index) พบว่าในกลุ่มที่ไม่ได้ตัดตาอัตราการเติบโตในกลุ่มที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนซีโรโทนินสลับกับอาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนอย่างละ 1 สัปดาห์มีค่าสูงสุดคือ 7.02±1.33 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันกับกลุ่มที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนและกลุ่มที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมเพรียงทราย ส่วนในกลุ่มที่ตัดตาค่าสูงที่สุดอยู่ในกลุ่มที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมเพรียงทรายป่นคือ 3.89±2.59 เปอร์เซ็นต์ แต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ กลุ่มกุ้งที่ไม่ได้ตัดตาที่ให้อาหารสำเร็จรูปปกติมีค่าสูงที่สุด คือ 1.827±0.670 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มกุ้งที่ตัดตาที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนซีโรโทนินสลับกับอาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนอย่างละ 1 สัปดาห์มีค่าสูงสุดคือ 2.89±1.547 เปอร์เซ็นต์ ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ ในแต่ละกลุ่มการทดลองในส่วนที่ไม่ได้ตัดตาและส่วนที่ตัดตาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปลาชะโอน

ภาพที่ 10 ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*)

ลักษณะทั่วไป

ปลาชะโอน (*O. bimaculatus*) มีลักษณะลำตัวค่อนข้างยาว และแบนข้าง ลำตัว และส่วนหัวมีสีเทาเข้มหรือสีน้ำตาล ส่วนบริเวณใต้หัว และส่วนท้องมีสีอ่อนกว่าสีลำตัว มีความยาวของลำตัวทางด้านหลังเกือบเท่าด้านท้องตั้งแต่ปลายปากจนถึงของส่วนหัวโค้งนูน และค่อย ๆ ยกสูงจนถึงโคนครีบหลัง ส่วนหัวมีความยาวเกือบเท่าความสูง ความยาวจากปลายปากถึงขอบด้านหน้าของตามีความยาว 1.2-2.0 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางตา ส่วนความยาวของส่วนหลังขอบตายาว 2.5-3.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางตา ตาปลาชะโอนมีขนาดเล็ก มีหนังคลุมประมาณกึ่งกลางของส่วนหัวในระดับเหนือมุมปากแต่เยื้องไปด้านหลัง ปากป้าน และเฉียงค่อนไปทางด้านบน ขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่าขากรรไกรบน หนวดบริเวณขากรรไกรบนยาวถึงกลางครีบหู หรือ ยาวถึงจุดเริ่มต้นของครีบก้น หนวดที่ขากรรไกรล่างสั้นมาก สั้นหรือยาวกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางตา ลำตัวมีความลึกประมาณ 1.5-2.0 เท่าของก้านครีบหลังอันที่ยาวที่สุด ความยาวจากครีบหลังถึงปลายปากเป็น 0.5 เท่า ของระยะจากครีบหลังถึงคอดหาง ส่วนปลายครีบก้นอยู่ใกล้กับครีบหาง ที่มีลักษณะเว้าลึก ปลายหางมีลักษณะมน แพนหางส่วนบนยาวกว่าแพนหางส่วนล่าง ครีบหูมีความเท่ากับความยาวจากมุมปากถึงแผ่นปิดเหงือก ครีบหูก้านแรกเป็นครีบแข็ง และมีลักษณะเป็นจักร ปลายจักรชี้ไปทางปลายครีบ มีก้านครีบแข็งยาวเท่ากับความยาวจากหลังตาถึงแผ่นปิดเหงือก มีครีบท้องอยู่ตรงข้ามกับครีบหลัง ฟันประกอบด้วยฟันบน และฟันล่าง แต่ละส่วนมี 2 แถบ ฟันแต่ละซี่มีลักษณะปลายแหลม และชี้ไปทางด้านหลัง ฟันด้านในสุดจะมีขนาดเล็กสุด มีฟันที่กระดูกส่วนกลางของเพดานปากเป็นแถบรูปไข่ 2 แถบ มีซี่กรองบน (Raghuveer et al., 2005) เหงือก 9 อัน แต่ละอันอยู่ห่างกันมาก และมีขนาดสั้นกว่าฝอยเหงือก ถัดจากช่องเหงือกบริเวณเหนือกึ่งกลางของครีบหูมีจุดดำ 1 จุด และบางตัวอาจมีจุดดำ 1 จุด ที่โคนหาง ส่วนครีบ และลำตัวมีจุดดำขนาดเล็กประปรายบริเวณขอบครีบมีสีเข้ม โดยเฉพาะครีบหาง และ

ครีบก้น บริเวณฐานครีบหางมีแถบสีดำ 1 แถบ ที่พาดในแนวขวางของครีบ ปลาชะโอนเป็นปลากินเนื้อ (ความยาวทางเดินอาหารสั้นกว่าความยาวลำตัว) มีกระเพาะอาหารเป็นถุงขนาดใหญ่สำหรับเก็บสะสมอาหาร และย่อยอาหาร จึงทำให้มีลักษณะท้องอูมเป่งตลอดเวลา (กรมประมง, 2559)

แหล่งอาศัย และการหาอาหาร

ปลาชะโอนมักชอบอาศัยอยู่บริเวณที่มีพรรณไม้น้ำหนาแน่น พบได้ในความลึกของน้ำตั้งแต่ 0.5-3 เมตร ออกหาอาหารได้ตลอดทั้งกลางวัน และกลางคืน ออกหากินทั้งในระดับผิวน้ำ และบริเวณท้องน้ำ โดยมีอาหารหลักสำคัญที่เป็นปลาขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ รวมถึงกุ้งฝอย และสัตว์น้ำขนาดเล็กอื่น ๆ

การวางไข่

ปลาชะโอนมีฤดูผสมพันธุ์ในช่วงต้นฤดูฝน ไข่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.1-1.5 มิลลิเมตร ไข่เมื่อได้ผสมกับน้ำเชื้อจะมีสีเหลืองใส และมีเมือกเหนียวล้อมรอบสำหรับให้ไข่ยึดเกาะกับพืชในน้ำ แต่ทั่วไปไข่จะไม่เกาะติดกับพืชน้ำ เนื่องจากมักมีตะกอนดินมาเกาะติดเมือกก่อนปลาชะโอน 1 ตัว จะออกไข่ประมาณ 15,000-20,000 ฟอง ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะฟักออกมาเป็นตัวภายใน 1 วัน โดยก่อนการฟัก ไข่จะมีขนาดเพิ่มเป็น 2 เท่า โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.4 มิลลิเมตร เมื่อไข่ฟักออกเป็นลูกปลา ลูกปลาจะมีสีเหลืองใส ยาวประมาณ 1.2 มิลลิเมตร อาศัยอยู่บริเวณรอบ ๆ ที่เดิม โดยลอยในน้ำนิ่ง ๆ และจะค่อยเริ่มว่ายน้ำหลังจากฟักออกประมาณ 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นลูกปลาจะมีการพัฒนาอวัยวะจนสมบูรณ์ภายใน 36 ชั่วโมง โดยในระยะแรกจะมีครีบหูใหญ่มากกว่าลำตัว และถุงไข่แดงจะเริ่มยุบเมื่อผ่านไป 2 วัน แล้วลูกปลาจึงค่อยเริ่มกินอาหารได้ ซึ่งระยะนี้ลูกปลาจะมีปากกว้างประมาณ 0.1 มิลลิเมตร

การเพาะพันธุ์

1. พ่อแม่พันธุ์ปลาชะโอนในธรรมชาติมีการสืบพันธุ์ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ่อแม่พันธุ์ที่จะนำมาเพาะพันธุ์ควรมีอายุอย่างน้อย 6 เดือน แม่พันธุ์ปลาถึงจะเริ่มมีไข่

2. ชนิดและวิธีการฉีดฮอร์โมน ฮอร์โมนที่ใช้ในการฉีดกระตุ้นให้แม่พันธุ์ปลาชะโอนมีการตกไข่ เพื่อที่จะรีดไข่ผสมน้ำเชื้อมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ

2.1 ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง เป็นฮอร์โมนที่ได้จากต่อมใต้สมองของปลา ต่อมใต้สมองจะหลั่งฮอร์โมนที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์วางไข่ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ FSH (Follicle Stimulating

Hormone) ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญของไข่ในตัวเมีย และแบ่งเซลล์ของเชื้อตัวผู้ในเพศผู้ กับ LH (Luteinizing Hormone) ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการตกไข่ในเพศเมีย

การใช้ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองเป็นวิธีการที่นิยมอย่างมากในสมัยก่อน เนื่องจากได้ผลดีกว่าการใช้ฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ ต่อมใต้สมองที่นิยมใช้จะใช้ปลาในช่วงที่มีความสมบูรณ์เพศสมบูรณ์ชนิดของปลาที่นิยมใช้เก็บต่อม เช่น ปลาจีน ปลายี่สกเทศ และปลาไน เพราะต่อมใต้สมองของปลาเหล่านี้มีการสะสมฮอร์โมนไว้ค่อนข้างมาก และสามารถนำไปฉีดกระตุ้นให้กับแม่พันธุ์ปลาได้ผลดีในการฉีดฮอร์โมนผสมเทียมให้กับปลาชะโอนจะใช้ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองของปลาไน อัตรา 2 โดส ร่วมกับฮอร์โมนสังเคราะห์ 20 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และยาเสริมฤทธิ์ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ฉีดกระตุ้นแม่ปลาทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง สามารถรีดไข่จากท้องแม่ปลาได้ ส่วนตัวผู้ใช้ต่อมใต้สมอง 1 โดส ร่วมกับฮอร์โมนสังเคราะห์ 0.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และยาเสริมฤทธิ์ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากฉีดตัวเมียแล้ว 6 ชั่วโมง

2.2 ฮอร์โมนสังเคราะห์ในปัจจุบันเป็นฮอร์โมนที่นิยมใช้กันมากจำหน่ายในท้องตลาดมีชื่อทางการค้าว่า Suprefact ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ Buserine Acetate อยู่ในรูปของสารละลายบรรจุขวดละ 10 ซีซี มีตัวยาฮอร์โมนอยู่ 10,000 ไมโครกรัม ก่อนนำมาใช้ต้องนำมาเจือจางก่อน การใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ต้องใช้ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ เพื่อช่วยให้ฮอร์โมนที่ฉีดเข้าไปมีประสิทธิภาพดี ยาเสริมฤทธิ์มีตัวยาที่เรียกว่า Domperidone มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาว มีตัวยา 10 มิลลิกรัม/เม็ด

ในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอนใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ อัตรา 10 ไมโครกรัม/แม่ปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ 10 มิลลิกรัม/แม่ปลา 1 กิโลกรัม หลังจากฉีดฮอร์โมนเป็นเวลา 8 ชั่วโมง สามารถรีดไข่ผสมน้ำเชื้อได้

3. การรีดไข่ผสมน้ำเชื้อ เมื่อแม่พันธุ์ปลาครบกำหนดการตกไข่ จึงทำการรีดไข่แม่พันธุ์ปลาชะโอนผสมน้ำเชื้อ โดยวิธีแห้งดัดแปลง โดยผสมเทียมในอัตราส่วนพ่อพันธุ์ปลา 3 ตัว/แม่ปลา 5 ตัว นำไข่ที่ได้รับการผสมไปโรยบนตะแกรงฟักไข่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ไข่จะฟักเป็นตัว หลังจากนั้นย้ายแผงฟักไข่ออกจากบ่อฟัก และอนุบาลลูกปลาต่อไป (กรมประมง, 2559)

การอนุบาล

ในระยะหลัง 2 วันแรก ที่ลูกปลาชะโอนฟักออกจากไข่ ลูกปลาจะเริ่มกินอาหารได้แล้ว ซึ่งระยะนี้จำเป็นต้องให้อาหารแก่ลูกปลาอาหารที่ให้ ได้แก่ ไข่แดงละลายน้ำ และไรแดงรวมถึงโรติเฟอร์ เมื่ออนุบาลได้ประมาณ 20 วัน ลูกปลาจะมีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำมาปล่อยเลี้ยงในบ่อดินได้ ทั้งนี้ในระยะการอนุบาลลูกปลาชะโอนในบ่อควรจัดหาวัสดุคลุมบ่อเพื่อให้เป็นร่มเงาบังแดดในบางส่วน เพราะลูกปลาจะชอบหลบอาศัยบริเวณที่มืดไม่มีแสงและจะออกมาว่ายน้ำทั่วบ่อในเวลากลางคืน

การเลี้ยง

ปลาชะโอนสามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อดินและในกระชัง ส่วนการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์การเจริญเติบโตจะช้ากว่ามักใช้สำหรับการอนุบาลลูกปลาให้ได้ขนาดก่อนปล่อยเลี้ยงในกระชัง จากการทดลองเลี้ยงปลาชะโอนที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดชลบุรี ได้ผลดังนี้ การเลี้ยงในบ่อดินขนาด 1,000 ตารางเมตร ปล่อยลูกปลาขนาดความยาว 2.07 เซนติเมตร น้ำหนัก 1.21 กรัม จำนวน 4,000 ตัว ซึ่งค่อนข้างหนาแน่นเพราะต้องการเลี้ยงไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ ให้อาหารปลาดุกเล็กวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน ได้ปลาขนาดความยาว 16.42 เซนติเมตร น้ำหนัก 37.47 กรัม ปลามีการเจริญเติบโตได้ดี อัตราแลกเนื้อประมาณ 1.7-2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองเลี้ยงในกระชังขนาด 5x4x1.2 เมตร ปริมาตรน้ำ 10 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยปลามีการเจริญเติบโตได้ดีใกล้เคียงกับการเลี้ยงในบ่อดิน (กรมประมง, 2559)

การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาชะโอน

1. Virgin มีขนาดเล็กใสอยู่ใกล้หรือแนบติดกับกระดูกสันหลัง
2. Developing มีสีแดงค่อนข้างใส มีความยาวครึ่งหนึ่งของช่องท้องหรือมากกว่าเล็กน้อย
3. Gravid มีสีเหลืองหรือสีส้ม การขยายสองในสามของช่องท้องไข่มีลักษณะกลมมีเยื่อใยติดกัน
4. Spawning (Ripe) มีสีเหลืองหรือสีส้มขยายเต็มช่องท้อง ไข่สามารถแยกเป็นเม็ดได้ผนังรังไข่ค่อนข้างบาง
5. Spent เป็นระยะที่ปลาวางไข่ไปแล้วรังไข่จะเหี่ยวแฟบมีสีแดงอาจมีไข่สีเหลืองปนแดงเหลืออยู่ในรังไข่ (Holdenand Raitt (1974) อ้างใน (ดวงดาว และคณะ, 2560)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องปลาชะโอน

Malla and Banik (2015) ศึกษาลักษณะทางชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาชะโอนเก็บตัวอย่างปลาจำนวน 436 ตัวอย่างจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ของรัฐตริปุระ ประเทศอินเดีย ระหว่างปี 2551 ถึง พ.ศ. 2554 น้ำหนักรวมของปลาตัวอย่างแปรผันตั้งแต่ 22 ถึง 171.50 กรัม และความยาวต่างกันจาก 16.50 ถึง 33.0 เซนติเมตร อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย คือ 1:1.65 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความยาวและน้ำหนัก ความยาวเมื่อโตเต็มที่ของเพศเมียและเพศผู้ คือ 17.0 เซนติเมตร และ 16.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยสูงสุด ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic Index (GSI)) ของปลาเพศผู้และเพศเมียเท่ากับ 2.195 และ 15.582 ตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่อยู่ในช่วงจาก 0.827 ถึง 1.358 มิลลิเมตร ความดกของไข่จะแตกต่างกันตั้งแต่ 151-257 ฟองต่อน้ำหนักตัวของปลา คือสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม

Banik et al. (2011) ศึกษาการขยายพันธุ์ของปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) ในรัตตริปุระ ประเทศอินเดีย ทำการเก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ปลาชะโอน (เพศผู้ 37 ตัวและตัวเมีย 83 ตัว) จากแม่น้ำ Feni, Muhuri, Gomoti และจากพื้นที่ชุ่มน้ำ Hurijala ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึงกุมภาพันธ์ 2553 ในระหว่างการสุ่มตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ปลา ได้เก็บตัวอย่างน้ำ จากสถานที่ต่าง ๆ เพื่อทราบถึงคุณภาพน้ำของแหล่งที่อยู่อาศัย พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ได้รับอาหาร และคุณภาพน้ำเฉพาะในระหว่างการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศ ศึกษาวงจรการเจริญเติบโต อวัยวะสืบพันธุ์ของปลาในฤดูมรสุมในช่วงฤดูผสมพันธุ์ พบว่าตัวเมียและตัวผู้มีลักษณะเฉพาะบางประการที่มีการชักนำให้เกิดการวางไข่ภายใต้เงื่อนไขบางอย่างเท่านั้น

พอจำ และสุรพล (2550) พบว่าการให้เพรียงทรายเป็นอาหารของ กุ้งทะเล ปูทะเล ปลาทะเลหน้าดิน ปลาสวยงาม และปลาเศรษฐกิจ ซึ่งจะช่วยเร่งการผสมพันธุ์การวางไข่ ของสัตว์น้ำ และทำให้ไข่ติดเป็นจำนวนมากลูกที่ได้ก็จะแข็งแรงตามไปด้วย

ระบบสืบพันธุ์ของปลา

ระบบสืบพันธุ์ เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ขึ้นมาจากสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน โดยที่สิ่งมีชีวิตรุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นจะทดแทนสิ่งมีชีวิตรุ่นเก่าที่ตายไปทำให้สิ่งมีชีวิตเหลือรอดอยู่ได้โดยไม่สูญพันธุ์ เป็นระบบของอวัยวะในร่างกายสิ่งมีชีวิตซึ่งทำงานร่วมกันโดยมีจุดประสงค์เพื่อการสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนสิ่งมีชีวิตให้มากขึ้น ในระบบนี้จำเป็นต้องอาศัยสารต่าง ๆ อาทิ ฮอร์โมนและฟีโรโมนหลายชนิดเพื่อช่วยในการทำงาน (อภินันท์, 2561)

การสืบพันธุ์แบบแยกเพศ

ระบบสืบพันธุ์เพศเมีย (รังไข่)

ปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่มีรังไข่ 1 คู่ มีรูปร่างคล้ายถุง แต่ปลาบางชนิดรังไข่ทั้งสองข้างรวมกันเป็นอันเดียวในระยะแรกของการเจริญเติบโต ปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่มีการผสมพันธุ์เป็นวงจร ลักษณะของรังไข่มีความแตกต่างกันในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวงจร ลักษณะของรังไข่มีความแตกต่างกันในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวงจร

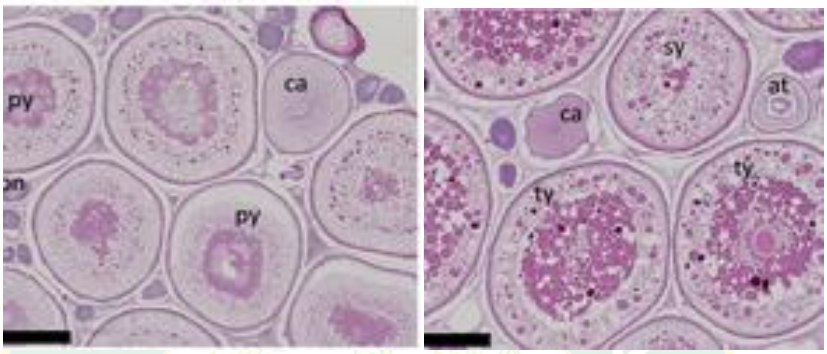
สามารถแบ่งรังไข่ตามระยะการเจริญของไข่ (ขจรเกียรติ์, 2561) 3 แบบ คือ

1. แบบ Synchronous
2. แบบ Group synchronous
3. แบบ Asynchronous

ลักษณะรังไข่

1. แบบ Synchronous

รังไข่แบบนี้ประกอบด้วย Oocytes ที่เจริญอยู่ในระยะเดียวกัน พบได้ในปลาที่มีการวางไข่เพียงครั้งเดียว แล้วจากนั้นก็ตายไป เช่น ปลาแซลมอล (ขจรเกียรติ์, 2561) (ภาพที่ 11-12)



ภาพที่ 11 การศึกษาจุลกายวิภาคของรังไข่ปลาแซลมอล

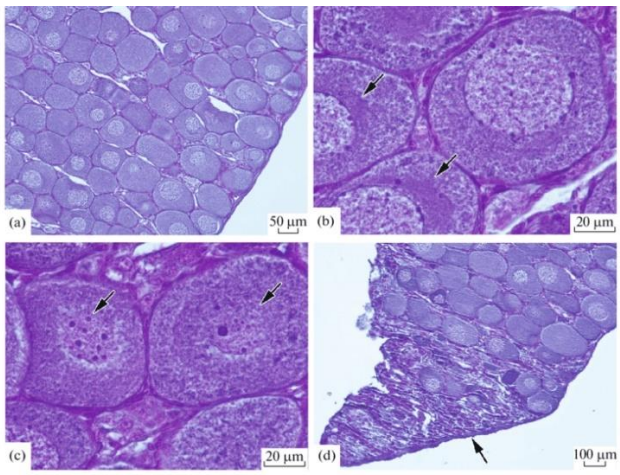
ที่มา: Naeve et al. (2018)

ภาพที่ 12 แม่พันธุ์ปลาแซลมอลที่สมบูรณ์พันธุ์

ที่มา: Tomkiewicz et al. (2002)

2. แบบ Group synchronous

รังไข่ประกอบด้วยกลุ่มของ Oocytes ที่มีการเจริญอยู่ในระยะที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม พบในปลาเทร้า (ภาพที่ 13) โดยทั่วไปวางไข่ปีละครั้ง และมีฤดูผสมพันธุ์ค่อนข้างสั้น (ขจรเกียรติ์, 2561)

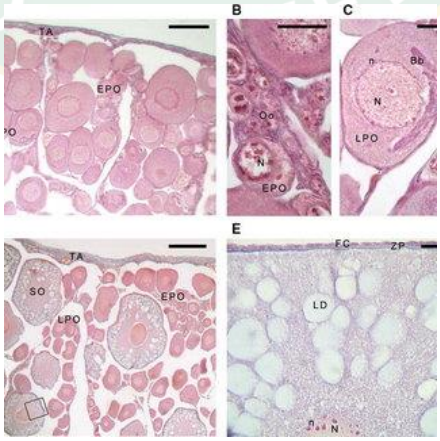


ภาพที่ 13 การศึกษาจุลกายวิภาคของรังไข่ปลาเทราต์

ที่มา: Pavlov et al. (2018)

3. แบบ Asynchronous

รังไข่ประกอบด้วย Oocytes ที่เจริญอยู่ในระยะต่าง ๆ ทุกระยะ พบในปลา Medaka และปลาทอง (ภาพที่ 14) มีการวางไข่หลายครั้งและมีฤดูวางไข่ที่ยาวนาน (ขจรเกียรติ์, 2561)

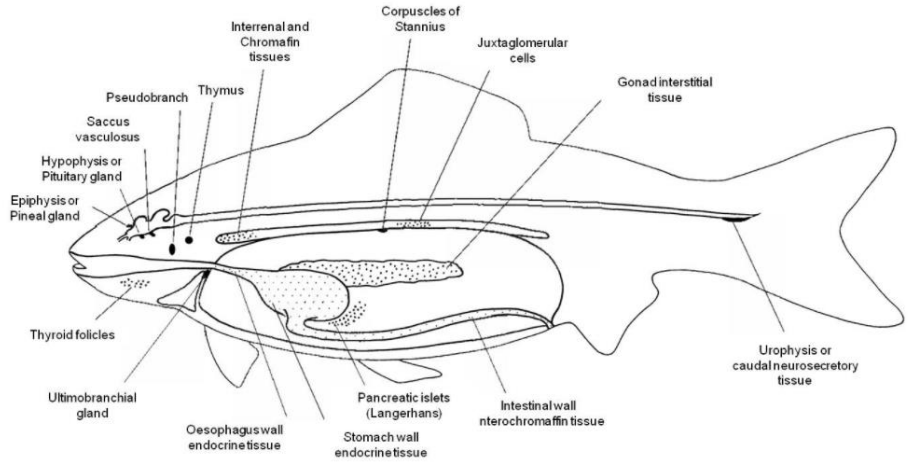


ภาพที่ 14 การศึกษาจุลกายวิภาคของรังไข่ปลาซิวข้าวสาร

ที่มา: Ferreira et al. (2017)

ระบบต่อมไร้ท่อ

ระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine System) เป็นระบบที่ก่อให้เกิดผลต่ออวัยวะเป้าหมายต่างๆ ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาททั้งทางตรงและทางอ้อม การทำงานของต่อมไร้ท่อจะหลั่งสารเคมีออกมาเรียกว่า ฮอร์โมน (Hormone) ให้เข้าสู่ระบบไหลเวียน หรือช่องว่างภายในตัวสัตว์ที่ยังไม่มีระบบเลือดเพื่อนำไปสู่อวัยวะเป้าหมายต่อไป เป็นระบบของร่างกายปลาที่มีประโยชน์ในการสร้างฮอร์โมนเพื่อให้อวัยวะต่าง ๆ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ผลิตสารที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถดำรงอยู่ได้อย่างดี เป็นไปอย่างปกติ ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ สร้างและหลั่งพวกฮอร์โมน แล้วส่งออกนอกตัวเซลล์โดยผ่านทางกระแสเลือด หรือน้ำเหลืองไปยังเป้าหมาย คืออวัยวะต่าง ๆ ที่ต่อมไร้ท่อบางชนิดสร้างฮอร์โมน ออกมาร่วมทำงาน หรือถูกควบคุมการหลั่งโดยระบบประสาท เรียกว่า Neuroendocrine System เช่น ต่อมใต้สมอง ต่อมไธรอยด์ และต่อมพาราไธรอยด์ เป็นต้น (Bond, 1979; Evans, 1993; Harder, 1975; Helfman et al., 1997; Lagler et al., 1962; Moyle and Cech, 2004; Ostrander and Barnes, 2000; ประจิต, 2541; วิมล, 2540; สืบสิน, 2527; สุภาพ, 2538; อภินันท์, 2540 อ้างใน อภินันท์, 2561) (ภาพที่ 15) ในส่วนของการส่งผ่านสารสื่อประสาท ฮอร์โมนประสาท และฮอร์โมนไปยังอวัยวะเป้าหมายนั้นมีด้วยวิธีการส่งจากเซลล์ที่ติดกันหรือการส่งข้ามไปยังเซลล์ที่อยู่ห่างไกล และการส่งผ่านฮอร์โมนไปยังเซลล์ที่ห่างไกลออกไปด้วยการสร้างท่อยื่นเข้าไปใกล้ ๆ กับอวัยวะเป้าหมาย

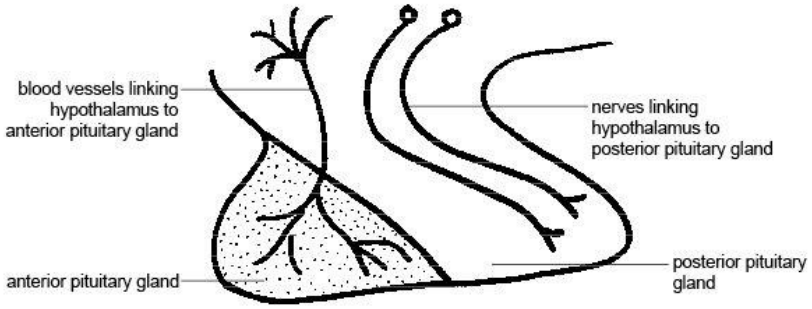


ภาพที่ 15 ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในปลา

ที่มา: Pait and Nelson (2002)

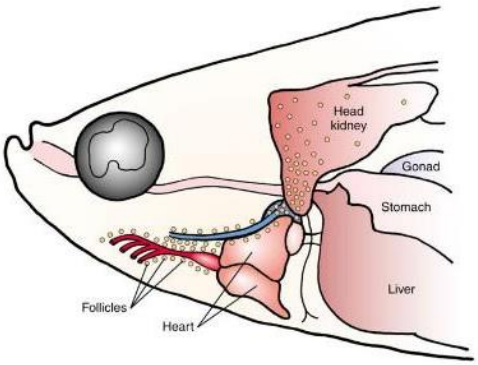
ต่อมไร้ท่อ

เป็นต่อมที่ไม่มีท่อเชื่อมกับอวัยวะหรือส่วนเนื้อเยื่อของร่างกาย ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนให้ร่างกายและส่งไปเลี้ยงร่างกายโดยการซึมผ่านเข้าสู่ระบบของกระแสเลือดเป็นผู้ลำเลียงไปกระตุ้นยังอวัยวะเป้าหมายที่อยู่ห่างไกลออกไป อาจส่งผลกับเพียงอวัยวะเดียว หรือส่งผลกับอวัยวะหลายอวัยวะ เมื่อส่งฮอร์โมนไปยังอวัยวะเป้าหมายแล้วก็จะเริ่มออกฤทธิ์ เช่น การสร้างสี การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การเจริญเติบโต และอื่นๆ (Evans, 1993; Schmidt-Nielsen, 1997; Withers, 1992 อ้างในอภินันท์, 2561) (ภาพที่ 16-17)



ภาพที่ 16 ตำแหน่งการสร้างฮอร์โมนที่แตกต่างกันของต่อมใต้สมองปลากระดูกแข็ง

ที่มา: Janz (2000)



ภาพที่ 17 ต่อมธัยรอยด์ในตำแหน่งคอหอยใต้เส้นเลือด Ventral Aorta

ที่มา: Janz (2000)

กระบวนการสร้างและพัฒนาไข่ของปลา

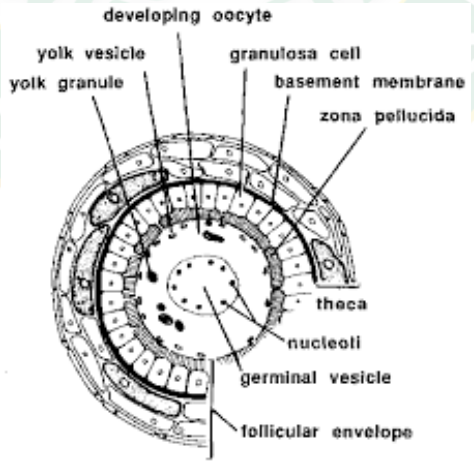
รังไข่ของปลา (Ovary of Fish) ประกอบด้วย

1. โอโอโกเนีย (Oogonia)
2. โอโอไซท์ (Oocyte)
3. เซลล์ฟอลลิเคิล (Follicle Cells)
4. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Stroma)
5. เนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับระบบเลือดและระบบประสาท (Vascular and Nerve Tissue)

ขณะที่ โอโอไซท์ (Oocyte) มีขนาดใหญ่ขึ้น เซลล์ฟอลลิเคิลที่อยู่ล้อมรอบ Oocyte มีการแบ่งตัว และพัฒนาเป็น เซลล์แกรนูโลซา (Granulosa Cell Layer) และขณะเดียวกันเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ด้านนอกมีการพัฒนาและเปลี่ยนรูปร่าง เป็น เซลล์ธิคา (Theca Cell) (ขจรเกียรติ์, 2561)

ฟอลลิเคิล

มีไข่ (Oocyte) อยู่ตรงกลางล้อมรอบด้วย Zona Radiata หรือ Vitelline Membrane ซึ่งเป็นชั้นที่ไม่มีเซลล์อยู่ ถัดออกมาเป็น Granulosa Cells และชั้นนอกสุดเป็น Theca Cell โดยระหว่าง Granulosa Cell และ Theca Cell โดยระหว่าง Granulosa Cell และ Theca Cell มี Basement Membrane กั้นอยู่ (Matsuyama et al., 1991) (ภาพที่ 18)



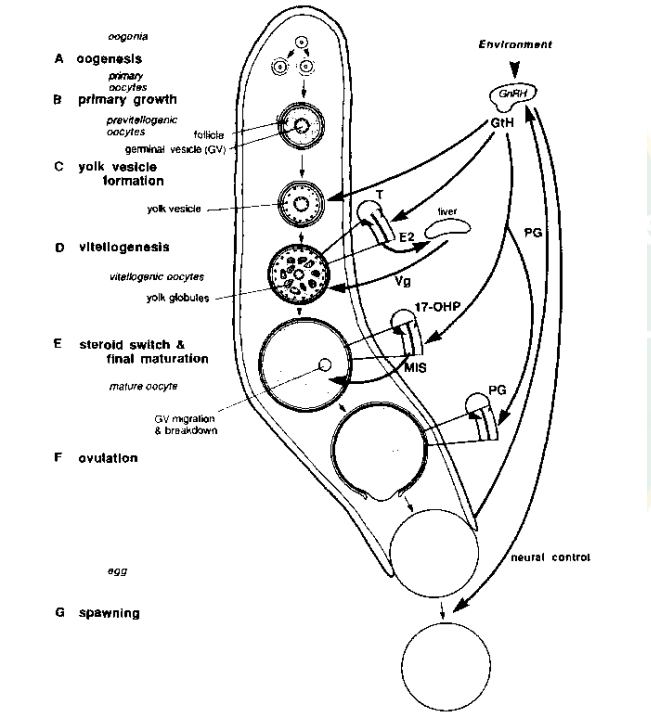
ภาพที่ 18 ลักษณะโครงสร้างของ Ovarian Follicle

ที่มา: Matsuyama et al. (1991)

กระบวนการสร้างไข่ของปลา (Oogenesis In Fish) เริ่มตั้งแต่ไข่เริ่มพัฒนาจนไข่แก่เต็มที่พร้อมที่จะปฏิสนธิกับสเปิร์มได้โดยมีขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอน

1. การเพิ่มจำนวน Oogonia (Oogonial Proliferation)
2. การสร้างและสะสมไข่แดง (Vitellogenesis)
3. การเจริญขั้นสุดท้ายของ Oocyte

ไข่ปลาที่เจริญสมบูรณ์เต็มที่ก็จะตกไข่ (Ovalation) ตามมาเมื่อถูกกระตุ้นด้วยปัจจัยที่เหมาะสม ปลาจะมีการผสมพันธุ์วางไข่ (Spawning) (ขจรเกียรติ์, 2561) (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 กระบวนการ Oogenesis

ที่มา: Matsuyama et al. (1991)

การเพิ่มจำนวนของ Oogonia เกิดขึ้นหลังจากรังไข่เริ่มพัฒนา (Differentiation) โดย Oogonia พัฒนามาจากไพรมอร์เดียล เยอมเซลล์ (Primordial Germ Cells) มีการเพิ่มจำนวนให้มากขึ้น โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) ภายในรังไข่ ทำให้ Oogonia เปลี่ยนเป็นไพรมารี

โอโอไซท์ (Primary Oocyte) ในส่วนของ Oogonia ในปลากระดูกแข็ง มีการสร้างอยู่ตลอดช่วงเวลาที่ปลามีความสามารถสืบพันธุ์

การสะสมของไข่แดง (Yolk) ในระหว่างที่มีการเจริญเติบโตนั้น Oocyte มีการเปลี่ยนแปลงทั้งนิวเคลียสและไซโทพลาสซึม สามารถแบ่งระยะการพัฒนาของ Oocyte ออกเป็น 6 ระยะ (ขจรเกียรติ์, 2561) ดังนี้

1. Chromatin-Nucleolus Stage
2. Perinucleolar Stage
3. Cortical Alveli Stage
4. Vitellogenic Stage
5. Maturation Stage
6. Ovulation

1. Chromatin-Nucleolus Stage

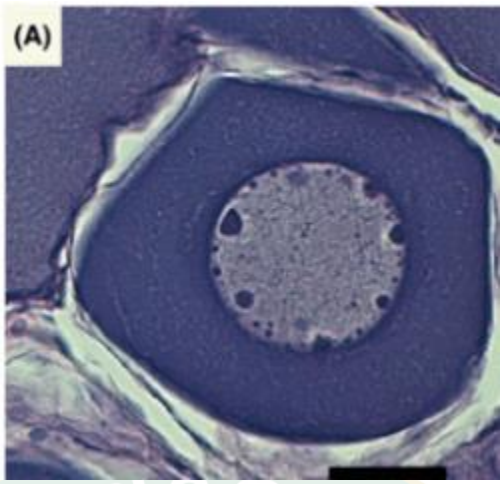
- Oocyte ระยะ Leptotene โครโมโซมจะมีลักษณะเป็นเส้นด้ายบาง ๆ กระจายอยู่ในนิวเคลียส และเห็นนิวคลีอลัส

- Oocyte ระยะ Zygotene จะเห็นการเรียงตัวของโครโมโซมเป็นช่อดอกไม้ (Bouquet) อยู่ทางด้านหนึ่งของนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสขนาดใหญ่อยู่ด้านตรงข้าม

- Oocyte ระยะ Pachytene กลุ่มของโครมาทิน และโครงสร้างที่เรียกว่า Balbiani Vitelline Body ระยะนี้ Oocyte ล้อมรอบด้วยชั้นของ Granulosa Cell เป็นบางส่วน และมี Basement Membrane (Gomelsky, 2011)

2. Perinucleolar Stage

ระยะนี้จะเห็นนิวคลีโลลัสหลายอันอยู่บริเวณขอบของ Nucleoplasm นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกว่า Germinal Vesicle และระยะนี้ Oocyte ล้อมรอบด้วยชั้นของ Follicle Cells (ภาพที่ 20)

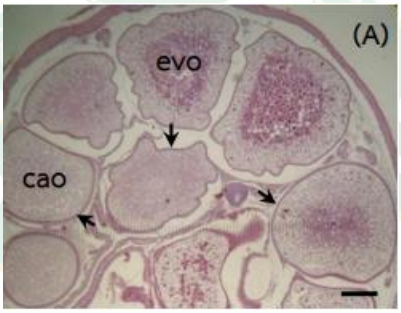


ภาพที่ 20 พัฒนาการของ Oocyte ระยะ Perinucleolar Stage

ที่มา: Rodgveller (2018)

3. Cortical Alveli Stage

ระยะนี้มี Cortical Alveoli ที่มีลักษณะเป็นแวคิวโอลกระจายอยู่ทั่วไปในไซโทพลาสซึมรอบ ๆ Germinal Vesicle จะเริ่มเห็น Vitelline Membrane อย่างชัดเจน (ภาพที่ 21)



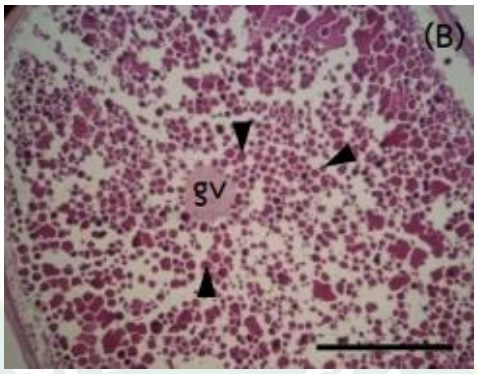
ภาพที่ 21 พัฒนาการของ Oocyte ระยะ Cortical Alveli Stage

ที่มา: ขจรเกียรติ์ และคณะ (2559)

4. Vitellogenic Stage

ระยะนี้มีไข่แดงสะสมอยู่ในไซโทพลาสซึม การเจริญของ Oocyte ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระยะนี้ โดย Oocyte ที่เจริญเต็มที่พบ Yolk Globules (Granules หรือ Platelets) เพิ่มขึ้นมากและกระจายเต็มไซโทพลาสซึม ไข่แดงที่สะสมอยู่ในไซโทพลาสซึมเกิดจากโปรตีนชนิดที่เรียกว่า Vitellogenin

(ภาพที่ 22) ซึ่งสร้างจากตับแล้วปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดและขนส่งไปยังรังไข่เข้าสะสมใน Oocyte (ขจรเกียรติ์, 2561)

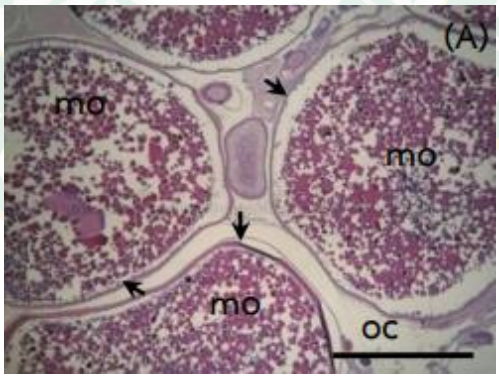


ภาพที่ 22 พัฒนาการของ Oocyt ระยะ Vitellogenic Stage

ที่มา: ขจรเกียรติ์ และคณะ (2559)

5. Maturation Stage

เป็นระยะที่ Germinal Vesicle มีการเคลื่อนที่จากตรงกลางไปอยู่ที่ขั้ว (Animal Pole) และในที่สุดจะสลายไป ปลาบางชนิดพบหยดไขมันรวมกันมีขนาดใหญ่จำนวน 1-3 อัน (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 พัฒนาการของ Oocyte ระยะ Maturation Stage

ที่มา: ขจรเกียรติ์ และคณะ (2559)

6. Ovulation

เป็นกระบวนการที่ทำให้ไข่ที่แก่สมบูรณ์เต็มที่ (Mature Eggs) แยกตัวออกจากเซลล์ฟอลลิเคิล แล้วหลุดเข้ามาอยู่ในช่องว่างของรังไข่ (Lumen of The Ovary) การตกไข่ของปลาจะเกิดขึ้นหลังจากไข่ปลาเจริญสมบูรณ์เต็มที่เท่านั้น ดังนั้นการทำให้ไข่เจริญสมบูรณ์เต็มที่และการตกไข่จึงเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่พร้อมกันแต่มีความสัมพันธ์กัน การตกไข่ของปลาเกิดขึ้นได้เนื่องจากมีการยืดหยดตัว (Contraction) ของใยกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle Fibers) บริเวณเซลล์ธิคาภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมนทำให้ไข่แยกตัวออกจากเซลล์ฟอลลิเคิลหลังจากการตกไข่และวางไข่แล้วภายในรังไข่จะพบ Postovulation Follicle, Oogenia และ Oocyte ที่เจริญอยู่ในระยะต่าง ๆ ขึ้นกับชนิดของปลา นอกจากนี้ปลาบางชนิด พบ Postovulation Follicle คงอยู่เป็นระยะเวลานานเพื่อสร้าง Steroid Hormone

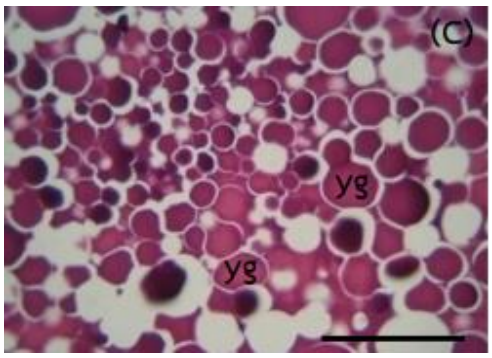
กระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงของปลา

กระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงของปลา (Vitellogenesis In Fish) เป็นกระบวนการที่ไข่ปลามีการสร้าง และสะสมไข่แดงภายในเซลล์ไข่ โดยทั่วไปการสร้างและสะสมไข่แดงของไข่ปลาเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ ทำให้ได้ไข่แดง หรือ โยลค์ (Yolk) มีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

1. การสร้างไข่แดงขึ้นเองภายใน Oocyte (Endogenous Vitellogenesis) เมื่อไข่ปลาพัฒนาเข้าสู่ระยะที่สองจะเริ่มปรากฏ Vesicle หรือ Vacuoles ขึ้นภายในไซโตพลาสซึม โดยทั่วไป Vesicle มีไกลโคโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เรียกว่า Intravesicular Yolk ซึ่งจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีจำนวนมากขึ้นในตามการพัฒนาของไข่ปลา และต่อมาจะพัฒนาไปเป็น Cortical Alveoli

2. หยดไขมัน (Lipid Yolk) ในไซโตพลาสซึมของปลากระดูกแข็ง ส่วนมากจะมีไขมันสะสมอยู่ภายในไข่ (Lipid Inclusions) ในลักษณะที่เป็นหยดไขมัน (Oil Droplet) นอกเหนือไปจากมีไข่แดงประเภทอื่น ที่สะสมอยู่ภายในไข่ เช่น Vesicile และ Protein Yolk Granules และปลาบางชนิดอาจมีหยดไขมันเกิดก่อน Yolk Granules แต่ปลาบางชนิดมีหยดไขมันเกิดขึ้นหลังจากมีการสร้าง Yolk Granules

3. การสร้างไข่แดงจากภายนอก Oocyte (Exogenous Vitellogenesis) โดยทั่วไปการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของไข่ปลากระดูกแข็ง เกิดขึ้นเมื่อไข่ปลาอยู่ระยะที่สอง การที่ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะนี้ ส่วนมากเกิดจากมีการสะสม โยลค์ (Yolk) ภายในไข่ โดยตับมีการปล่อยสารที่มีชื่อว่า ไวเทโลจินิน (Vitellogenin) เข้ามาสะสมภายในไข่ และเปลี่ยนรูปไปเป็น โยลค์โปรตีน (Yolk Protein) ทำหน้าที่เป็นอาหารสำรองแก่ลูกปลาวัยอ่อนที่จะฟักออกมาในภายหลังต่อไป (ขจรเกียรติ์, 2561) (ภาพที่ 24)

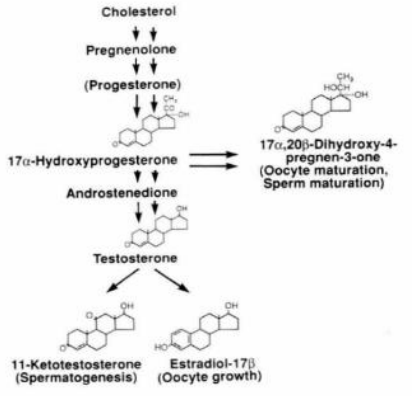


ภาพที่ 24 Yolk granula ภายใน Oocyte

ที่มา: ขจรเกียรติ์ และคณะ (2559)

ฮอร์โมนที่ควบคุมกระบวนการสร้างไข่แดง

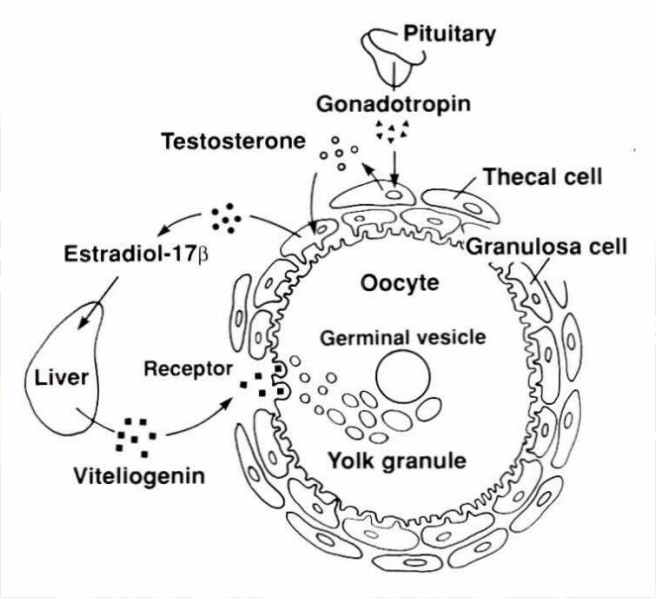
ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน โดยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน จะทำงานผ่านระบบ Hypothalamic-Pituitary-Gonadal (HPG) Axis สมองส่วนไฮโปทาลามัสหลั่งฮอร์โมน Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH) ไปกระตุ้นเซลล์ Gonadotroph ในต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้ ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Gonadotropin (GtH) มากระตุ้นการพัฒนาและเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ (Final Oocyte Maturation) โดยฮอร์โมน GtH I จะกระตุ้น Theca Cell ของรังไข่ให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Testosterone (T) จากนั้นฮอร์โมน Testosterone (T) จะมายัง Granulosa Cell ที่อยู่ติดกับ Theca Cell และถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล โดยการทำงานของเอนไซม์ Cytochrome P450 Aromatase ผ่านกระบวนการ Aromatization (Nagahama and Yamashita, 2008) เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการสร้างไข่แดง (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 กลไกการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่มีผลต่อการพัฒนาของไข่ปลา

ที่มา: Nagahama (1994)

การเจริญพัฒนาของไข่มีกระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงภายในเซลล์ไข่ (Vitellogenesis) (ภาพที่ 26) ควบคุมโดยฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล โดยมีฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนเป็นฮอร์โมนตัวตั้งต้นในกระบวนการทำงานโดย ฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล จะถูกลำเลียงเข้าไปในกระแสเลือด และไปกระตุ้นเซลล์ตับให้ผลิตและหลั่ง Vitellogenin ออกสู่กระแสเลือดและกลับเข้ามาสะสมภายในเซลล์ไข่ผ่านตัวรับสัญญาณ Vitellogenin Receptor ที่ผิวเซลล์ไข่ทำหน้าที่จับกับ Vitellogenin อย่างจำเพาะ ดังนั้น Vitellogenin จึงสะสมภายในไข่ และทำให้ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามระยะการพัฒนาของไข่ปลา (Lubzens et al., 2010; Nagahama and Yamashita, 2008)

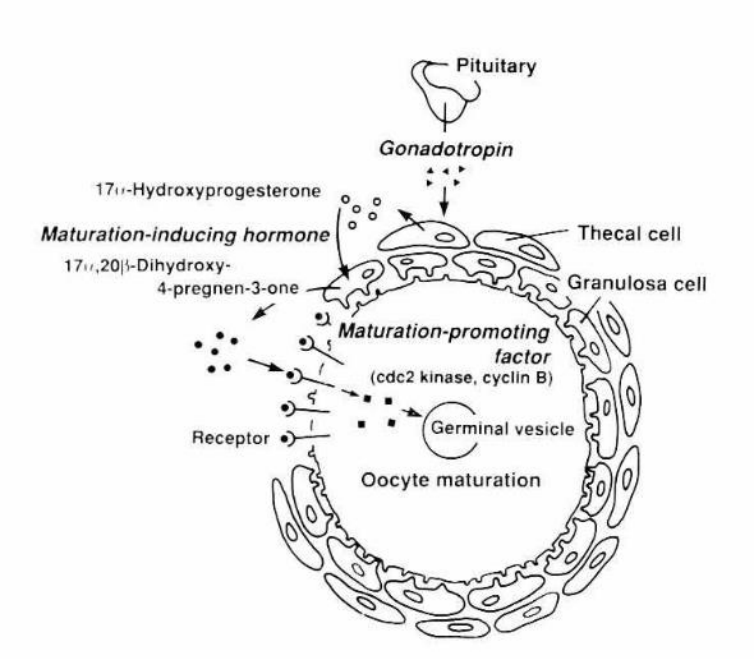


ภาพที่ 26 กระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงของปลา

ที่มา: Nagahama (1994)

ฮอร์โมนที่ทำให้ไข่ปลาเจริญสมบูรณ์เต็มที่

การเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ปลา ฮอร์โมนโกนาโดโทรปินทู หรือ GtH II (Gonadotropin) จะกระตุ้น Theca Cell ให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน 17α-Hydroxyprogesterone ซึ่งจะเคลื่อนที่ผ่าน Basement Membrane และถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมน 17α, 20β-Dihydroxy-4-Pregnen-3-One (17α, 20β-DP) ใน Granulosa Cell โดยการทำงานของเอนไซม์ 20β-Hydroxysteroid Dehydrogenase จากนั้นฮอร์โมน 17α, 20β-DP จะกระตุ้นไข่ปลาให้พัฒนาเจริญสมบูรณ์เต็มที่ก่อนที่จะมีการตกไข่ (Ovulation) (ภาพที่ 27) (Liu et al., 2008; Lubzens et al., 2010; Nagahama and Yamashita, 2008; วีรพงศ์, 2546)



ภาพที่ 27 กระบวนการควบคุมการเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ปลา

ที่มา: Nagahama (1994)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

1. การเตรียมตัวอย่างจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

ซากพ่อแม่เพรียงทรายที่ใช้ในการศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก ศรีเพชรเพรียงทราย ฟาร์ม จังหวัดชุมพร ขนส่งโดยสภาพแช่แข็ง นำมาแช่ไว้ในตู้แช่เก็บที่ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2. การผลิตพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย

แช่เยือกแข็งไว้ที่ -50 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดจึงทำการปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศาเซลเซียส ทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส จึงปิดเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งนำซากพ่อแม่เพรียงทรายผงที่ผ่านการทำแห้งแล้วออกมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh ใส่ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึก นำไปดำเนินการขั้นต่อไป ดัดแปลงตามวิธีของ เศรษฐการ (2554)

3. การสกัดสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether

ทำความสะอาดซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วยน้ำกลั่น บดเนื้อเยื่อซากพ่อแม่เพรียงทรายทั้งตัวใช้ Tissue Homgenizer ใน 4 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคลอไรด์ (4 เปอร์เซ็นต์ NaCl) ชั่งตัวอย่างที่บด 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 30 มิลลิลิตร สกัดตัวอย่างด้วย ไดเอททิล อีเธอร์ (Diethyl Ether) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นแยกส่วนผสมทั้งสองที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที เมื่อตัวอย่างแยกชั้นจึงเก็บส่วนน้ำใสชั้นบนเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดัดแปลงตามวิธีของ Khonmee et al. (2016)

4. การวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน

นำตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether มาตรวจวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์ชันสูตรโรคสัตว์ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ฮอร์โมน คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ดัดแปลงตามวิธีของ Brown et al. (2004) ด้วยวิธี Enzyme

Immunoassay แบบ Competitive ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในเพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether

ลำดับ	ตัวอย่าง (1 กรัม)	ปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)
1.	เพรียงทรายในรูปแบบฟรีซดราย	0.897851
2.	สารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether	0.02330

5. การเตรียมอาหารทดลอง

ชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) ใช้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ T2 ใช้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน (อนุตตร, 2553) และชุดการทดลองที่ T3 ใช้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether นำมาสเปรย์กับอาหารใน อัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/อาหาร 1 กิโลกรัม (Bodmeier and Paeratakul, 1989) จากนั้นนำอาหารไปผึ่งลมจนแห้ง และบรรจุเก็บใส่ภาชนะให้มิดชิด เก็บไว้ในตู้เย็นที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (จิตติมา, 2561)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แม่พันธุ์ปลาชะโอน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 16.86±0.55 กรัม อัตราการปล่อยความหนาแน่น 60 ตัว/บ่อ ให้อาหารด้วยอาหารควบคุมเม็ดลอยที่มีระดับโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วันเพื่อให้แม่พันธุ์ปลาชะโอนปรับสภาพ (กานตกานท์, 2561) ก่อนเริ่มให้อาหารทดลอง วันละ 5 ครั้ง (08.00 น., 12.00 น., 16.00 น., 20.00 น. และ 24.00 น.) โดยให้อาหารแบบให้กินจนอิ่ม (Satiation) ด้วยการสังเกตพฤติกรรมการกินอาหาร (Appetite) ของปลา บันทึกปริมาณอาหารที่ปลากิน (เลขใบขออนุญาตใช้สัตว์ทดลอง U1-01478-2558) (กานตกานท์, 2561)

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

การจัดการคุณภาพน้ำด้วยระบบ IOT (Internet of Thing) ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมาโดยทีมวิจัยของ Duangwongsa et al. (2021) ควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 7.20-7.44 มิลลิกรัม/ลิตร ค่ากรด-ด่าง มีค่าระหว่าง 6.62-6.91 อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 26.97-29.69 องศาเซลเซียส และความขุ่นในน้ำมีค่าระหว่าง 13.36-13.45 NTU

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารทดลอง

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารทดลอง ผสมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดรายและ แบบผสมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether โดยวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารทดลอง (ตารางที่ 2) ดังนี้ ดัดแปลงตามวิธีของ นิวุฒิ (2542)

1) การวิเคราะห์หาความชื้น
2) การวิเคราะห์หาเถ้า
3) การวิเคราะห์หาไขมัน
4) การวิเคราะห์หาโปรตีน

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีในอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether (Mean±SD)

ชุดการทดลอง	องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์)			
	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน
T1 (ชุดควบคุม)	9.06±0.05^{c}	6.61±0.11^{c}	11.14±0.20^{b}	30.82±0.03^{c}
T2 (ฟรีซดราย)	11.89±0.01^{b}	9.69±0.04^{a}	12.72±0.02^{a}	35.31±0.07^{a}
T3 (สกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether)	13.45±0.05^{a}	7.61±0.23^{b}	11.79±0.13^{b}	31.44±0.01^{b}
p-value	0.011	0.034	0.02	0.011

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

การวางแผนการทดลอง

แผนการทดลอง

การศึกษานี้ทดลองโดยการเลี้ยงแม่พันธุ์ปลาชะโอน อายุ 3 เดือน อัตราการปล่อยความหนาแน่น 60 ตัว/บ่อ ในบ่อพลาสติก ขนาด 1,000 ลิตร บรรจุน้ำ 800 ลิตร เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนให้อาหารทดลอง เป็นเวลา 30 วัน โดยวางแผนงานทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลอง แบ่งเป็น 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ T1 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ T2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ T3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether อัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/อาหาร 1 กิโลกรัม

วิธีการรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บตัวอย่างซีรั่ม และวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล

นำตัวอย่างแม่พันธุ์ปลาชะโอนทั้ง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ตัวอย่าง มาทำให้สลบโดยแช่ในน้ำแข็ง ประมาณ 10 นาที จากนั้นใช้กระบอกฉีดยา ขนาด 1 มิลลิลิตร และเข็มฉีดยาเบอร์ 26Gx1 เจาะเลือดปลาชะโอนจากเส้นเลือด Ventral Aorta นำเลือดที่ได้ใส่ในหลอดไมโครทิวป์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (ยี่ห้อ Centurion, รุ่น K240R) ที่ความเร็ว 12,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (Nozu et al., 2009) จากนั้นดูดแยกตัวอย่างซีรั่มใสในหลอดไมโครทิวป์ใหม่ เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ด้วยวิธี Electrochemiluminescence Immunoassay (ECLIA) โดยใช้ชุดทดสอบ Elecsys Estradiol II Reagent (Lower detection limit = 0.005 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (ยี่ห้อ Cobas, Roche Diagnostics, Switzerland) (Tao et al., 1993 อ้างใน ขจรเกียรติ์ และคณะ, 2559)

2. การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์

2.1 ดัชนีความสมบูรณ์เพศ

สุ่มแม่พันธุ์ปลาชะโอน ชุดการทดลองละ 3 ตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักตัว ผ่าท้องเปิดช่องลำตัว และรังไข่ออกมาชั่งน้ำหนัก โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล (ยี่ห้อ Ohaus รุ่น AR2140) และคำนวณค่า GSI ดัดแปลงตามวิธีของ Jahan et al. (2014) ดังสมการ

GSI (เปอร์เซ็นต์) = (น้ำหนักของรังไข่/น้ำหนักตัวปลา) x100

2.2 ความดกไข่

นำตัวอย่างรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน ชุดการทดลองละ 3 ตัว ทำการสุ่มตัวอย่างไข่จากส่วนต้น กลาง และปลายของรังไข่ รวมประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักรังไข่ทั้งหมด จากนั้นศึกษาความดกไข่ด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยชั่งน้ำหนัก (Gravimetric Method) และนับจำนวนเม็ดไข่ที่สุ่มมาทั้งหมด โดยคำนวณกลับหาปริมาณความดกไข่ทั้งรังไข่ (Jahan et al., 2014)

2.3 ขนาดเม็ดไข่

สุ่มเม็ดไข่จำนวน 100 ฟอง เพื่อหาขนาดเม็ดไข่ (Egg diameter) ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Jahan et al., 2014) โดยใช้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล (ยี่ห้อ Hummer)

3. การศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์

เก็บตัวอย่างรังไข่บางส่วน (บริเวณส่วนต้น กลาง และปลาย) ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนทั้งหมดมาแช่ในฟอร์มาลีน (Formalin) 4 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาสภาพ จากนั้นเตรียมชิ้นเนื้อเยื่อรังไข่ตามขั้นตอนการเตรียมเนื้อเยื่อ (Tissue Preparation) นำไปฝังในพาราฟิน (Paraffin-Embedding) และตัดเนื้อเยื่อ (Sectioning) ขนาดความหนา 4-7 ไมโครเมตร (ขึ้นอยู่กับลักษณะรังไข่) หลังจากนั้นย้อมสีเนื้อเยื่อด้วย Haematoxylin และ Eosin (H&E) แล้วนำสไลด์เนื้อเยื่อรังไข่ที่ได้มาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ยี่ห้อ Olympus, รุ่น CH30) ที่กำลังขยาย 100 และ 400 เท่า (Humason, 1979; Tao et al., 1993) เพื่อศึกษาระยะพัฒนาของไข่ (Oocyte) ต่อไป ดัดแปลงตามวิธีของกรรณิกา (2539) และ Ravaglia and Maggese (2002 อ้างใน ขจรเกียรติ์ และคณะ (2559)

4. การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

นับและชั่งน้ำหนักแม่พันธุ์ปลาชะโอนในแต่ละชุดการทดลอง ทุก ๆ 2 สัปดาห์ และนำข้อมูลที่ได้คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้ ดัดแปลงตามวิธีของ Halver (1972)

4.1 อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) x 100

4.2 อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน/น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

4.3 น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

= น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักสุดท้าย

4.4 ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร)

= ความยาวเริ่มต้น - ความยาวสุดท้าย

5. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

พิจารณาต้นทุนการผลิตการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย วิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ดัดแปลงตามวิธีของ ไพบูลย์ และวรรเพ็ญ (2558)

6. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether แล้วจะนำซากพ่อแม่เพรียงทรายในแบบที่ให้ผลดีที่สุดเพื่อมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม จากซากพ่อแม่เพรียงทรายเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมกระตุ้นการเจริญพันธุ์ในแม่พันธุ์ปลาต่อไป

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีการของ Duncan’s Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P< 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic Package Social Science (SPSS) version 28.0

ระยะเวลาในการวิจัยและสถานที่ดำเนินงาน

ระยะเวลาในการวิจัย เป็นเวลา 4 เดือน ระหว่างเดือน กรกฎาคม - ตุลาคม 2564 ระยะเวลา 1-3 เดือน แรก เป็นขั้นตอนการเพาะและอนุบาล เดือนที่ 4 เริ่มให้อาหารทดลอง สถานที่ดำเนินการทดลองโดยใช้ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ระดับปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล

แม่พันธุ์ปลาชะโอนชุดการทดลองที่ T2 มีปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล สูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.63±0.16 , 1.22±0.16 และ 0.45±0.08 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในซีรั่มของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (Mean±SD)

ชุดการทดลอง	**ฮอร์โมน**
	17β-estradiol (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)
T1 (ชุดควบคุม)	0.45±0.08[c]
T2 (ฟรีซดราย)	1.63±0.16[a]
T3 (สารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether)	1.22±0.16[b]
p-value	0.001

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (p<0.01)

การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์

ผลการศึกษาผลของการเสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารต่อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ ขนาดเม็ดไข่ ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน แสดงใน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic Index; GSI) ความดกไข่ (Fecundity) ขนาดเม็ดไข่ (Egg Diameter) ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน (Mean±SD)

ชุดการทดลอง	ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (เปอร์เซ็นต์)	ความดกไข่ (ไข่)	ขนาดเม็ดไข่ (มิลลิเมตร)
T1 (ชุดควบคุม)	0.01±0.00^{c}	0.00±0.00^{c}	0.00±0.00^{c}
T2 (ฟรีซดราย)	5.17±2.59^{b}	4385.66±1872.84^{b}	0.71±0.19^{a}
T3 (สารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether)	7.65±2.63^{a}	5778.00±710.51^{a}	0.45±0.20^{b}
p-value	0.02	0.035	0.022

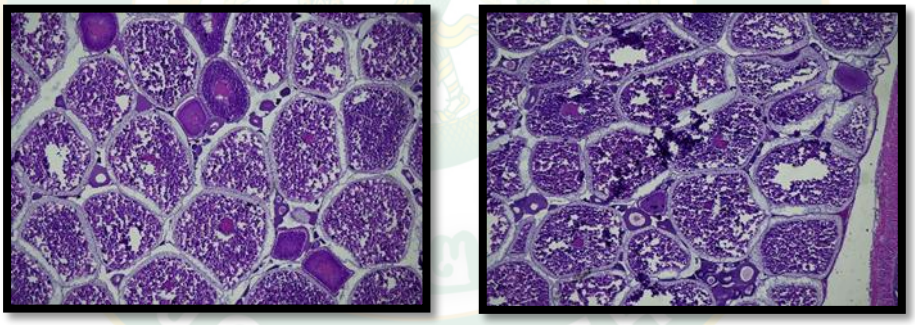
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ ขนาดเม็ดไข่ ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนที่เสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหาร พบว่า ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และความดกไข่ชุดการทดลองที่ T3 และ T2 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 7.65±2.63, 5.17±2.59 และ 0.01±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความดกไข่ เท่ากับ 5778.00±710.51, 4385.66±1872.84 และ 0.00±0.00 ฟอง ตามลำดับ ส่วนขนาดเม็ดไข่

ชุดทดลองที่ T2 และ T3 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 0.71±0.19 , 0.45±0.20 และ 0.00±0.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ

การศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์

ผลการศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์ ระยะพัฒนาของไข่ พบว่าแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ T2 และ T3 มีระยะพัฒนาของ Oocyte ส่วนใหญ่เจริญอยู่ในระยะ Late Vitellogenic Stage กล่าวคือ Oocyte มีการสะสมของไข่แดง (Yolk Granule) กระจายเต็มพื้นที่ไซโทพลาสซึม พบ Cortical Alveoli กระจายเล็กน้อยบริเวณขอบของ Oocyte ชั้น Vitelline Envelope มีลักษณะหนาชัดเจน และยังปรากฏ Germinal Vesicle นอกจากนี้ Oocyte บางส่วนพัฒนา อยู่ในระยะ Maturation Stage ซึ่งมีการกระจายของ Yolk Granule เต็มพื้นที่ไซโทพลาสซึม และไม่ปรากฏ Germinal Vesicle (ภาพที่ 28) ส่วนชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) ไม่มีการพัฒนาของเม็ดไข่



(T2) **(T3)**

ภาพที่ 28 ตัดเนื้อเยื่อรังไข่ ขนาดความหนา 4-7 ไมโครเมตร ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน (T2) แบบฟรีซดราย และ (T3) แบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทราย ด้วย Diethyl Ether, Olympus; Model CH30x 400

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลของอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารต่อการเจริญเติบโต โดยชุดการทดลองที่ T1 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) โปรตีนมากกว่า 30 ปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ T2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ T3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether อัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/อาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า อัตรารอดตาย ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.000 , 96.993±0.333 และ 95.333±0.333 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) พบว่า ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.261±0.000 , 0.257±0.003 และ 0.650.0033 ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.833±0.0333, 45.643±0.333 และ 42.633±0.333 กรัม ตามลำดับ ความยาวสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.146±0.666 , 16.623±0.333 และ 13.830±1.000 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของแม่พันธุ์ปลาชะโอนที่เสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether (Mean±SD)

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์การเจริญเติบโต			
	อัตรารอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	**อัตราการแลกเนื้อ (FCR)**	**น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)**	**ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร)**
T1 (ชุดควบคุม)	95.333±0.333^{c}	0.650±0.033^{a}	42.633±0.333^{c}	13.830±1.000^{c}
T2 (ฟรีซดราย)	100.000±0.000^{a}	0.257±0.003^{c}	48.833±0.333^{a}	17.146±0.666^{a}
T3 (สารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether)	96.993±0.333^{b}	0.261±0.000^{b}	45.643±0.333^{b}	16.623±0.333^{b}
p-value	0.043	0.021	0.014	0.035

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

ต้นทุนทั้งหมดของการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether เท่ากับ 3,300 และ 1,300 บาท และต้นทุน/อาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 660 และ 130 บาท ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ต้นทุนการผลิตอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether

ชุดการทดลอง	ต้นทุนการผลิต (บาท)				
	ค่าซากพ่อแม่เพรียงทราย (1 กิโลกรัม)	ค่าเช่าเครื่องฟรีซดราย (ต่อ 6 ชั่วโมง)	ค่าสารเคมี (2.5 ลิตร) (บาท/ขวด)	รวมต้นทุน	ต้นทุน/อาหาร 1 กิโลกรัม
T1 (ชุดควบคุม)	-	-	-	-	-
T2 (ฟรีซดราย)	300	3,000	-	3,300	660
T3 (สารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether)	300	-	1,000	1,300	130

หมายเหตุ 1. การผลิตซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย ซากพ่อแม่เพรียงทรายสด 1 กิโลกรัม จะได้ซากพ่อแม่เพรียงทรายในรูปแบบฟรีซดราย 140 กรัม

2. การผลิตซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ซากพ่อแม่เพรียงทรายสด 1 กิโลกรัม จะได้สารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether 10 ลิตร

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทราย

ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether แล้วพบว่าส่วนใหญ่ซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดรายให้ผลดีที่สุด และคำนึงจาก ความคุ้มทุน อายุการเก็บรักษา ที่สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 1-2 ปี (Xie et al., 2019) ซึ่งดีกว่าซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether จึงนำซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย มาทำเป็นรูปแบบแคปซูล ขนาด 500 มิลลิกรัม เพื่อง่ายต่อการเก็บรักษาและใช้งาน (ภาพที่ 29)

ภาพที่ 29 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย แบบแคปซูล

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

ระดับปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล

ปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล มีผลเกี่ยวข้องมาจากฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในกลไกการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนมีผลต่อการพัฒนาของไข่ กล่าวคือ กลไกการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนนั้น ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เป็นฮอร์โมนตั้งต้น โดย จะเปลี่ยนเป็น 17α- Hydroxy progesterone ซึ่งต่อมาจะเปลี่ยนเป็น Androstenedione และ ฮอร์โมน Testosterone โดยฮอร์โมน Testosteron จะเคลื่อนที่มายัง เซลล์แกรนูโลซาที่ติดกัน และถูกเปลี่ยนรูปเป็นฮอร์โมน17 เบต้า-เอสตราไดออล โดยเอนไซม์อะโรมาเทส ที่อยู่ในเซลล์แกรนูโลซา (ขจรเกียรติ์ และคณะ, 2559) จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่เสริมลงไปในอาหารทั้ง 2 แบบมีความสอดคล้องกับผลของฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในซีรั่มของแม่พันธุ์ปลาชะโอน ที่ชุดการทดลองที่ T2 มีปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล สูงสุด รองลงมาเป็น ชุดการทดลองที่ T3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.63±0.16 และ 1.22±0.16 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่สูงทำให้ระดับฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล นั้นสูงตามไปด้วย และยังแตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ได้เสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายทั้ง 2 แบบอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากในซากพ่อแม่เพรียงทรายมี ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เป็นองค์ประกอบสำคัญ (Koskela et al., 1992)

โดยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน จะทำงานผ่านระบบ Hypothalamic-Pituitary-Gonadal (HPG) Axis สมองส่วนไฮโปทาลามัสหลั่งฮอร์โมน Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH) ไปกระตุ้นเซลล์ Gonadotroph ในต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Gonadotropin (GtH) มากระตุ้นการพัฒนาและเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ โดยฮอร์โมน GtH I จะกระตุ้น Theca Cell ของรังไข่ให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Testosterone (T) จากนั้นฮอร์โมน Testosterone (T) จะมายัง Granulosa Cell ที่อยู่ติดกับ Theca Cell และถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล โดยการทำงานของเอนไซม์ Cytochrome P450 Aromatase ผ่านกระบวนการAromatization (Nagahama and Yamashita, 2008) ทำให้ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ที่อยู่ในเพรียงทรายนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ของปลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรินทร์ (2562) ศึกษาผลของฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ที่เสริมในไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน และเพรียงทรายต่อความสมบูรณ์เพศของแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ พบว่า แม่พันธุ์กุ้งกุลาดำมีปริมาณฮอร์โมน 17

เบต้า-เอสตราไดออลสูงขึ้นเมื่อได้รับไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน และเพรียงทราย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hosseinzadeh Sahafi et al. (2020) ศึกษาระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนโปรเจสเตอโรน และฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในพ่อแม่พันธุ์ปลาไน จากคูเซสถาน ประเทศอิหร่าน พบว่า หากระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในเลือดสูงขึ้นจะทำให้ฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล นั้นสูงขึ้นตามไปด้วย กล่าวว่า ระดับฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศเมีย (Estrogen) ที่จะถูกหลั่งออกมาจากรังไข่ในระหว่างกระบวนการสร้างเซลล์ไข่ (Oogenesis) โดย ฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ที่ถูกหลั่งออกมาจะไปกระตุ้นให้ไข่ในระยะเริ่มการพัฒนา (Primary Growth Phase) พัฒนาเข้าสู่ระยะสะสมไข่แดง (Vitellogenesis) (Secondary Growth Phase) และพัฒนาต่อไปจนเข้าสู่ระยะสมบูรณ์ (Final Oocyte Maturation) ในที่สุด (Lubzens et al., 2010; Nagahama and Yamashita, 2008; Zohar et al., 2010)

การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์

ผลการศึกษาผลของการเสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารต่อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ ขนาดเม็ดไข่ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ T2 ฟรีซดราย และชุดการทดลองที่ T3 แบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether มีผลต่อดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ ขนาดเม็ดไข่ ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน เนื่องจาก เพรียงทรายอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูงทั้งคุณค่าของ โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่าง ๆ รวมทั้งประกอบด้วยฮอร์โมน เช่น โปรเจสเตอโรน ซึ่งมีรายงานว่าช่วยส่งเสริมการเจริญพันธุ์ในกุ้งกุลาดำ รวมทั้งยังเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับปลาสวยงาม และปลาเศษฐกิจ มีการทดลองวัดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ในกุ้งมังกร (Indian Spiny Lobster) พบว่าในช่วงระยะไข่ที่เริ่มพัฒนาสะสมสารไวเทลลิน (Vitellin) ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจะต่ำ และระดับจะสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อไข่สะสมสารไวเทลลินจนกระทั่งไข่สุก (Raghuveer et al., 2005) ด้วยเหตุผลนี้ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่อยู่ในเพรียงทรายจึงมีผลต่อความดกไข่ และ ขนาดของเม็ดไข่ในแม่พันธุ์ปลาชะโอนในงานทดลองนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุตตร (2553) ศึกษาผลของอาหารเสริมฮอร์โมนซีโรโทนิน และฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ต่อการพัฒนารังไข่ในกุ้งขาว พบว่า ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ กลุ่มกุ้งที่ไม่ได้ตัดตาที่ให้อาหารสำเร็จรูปปกติมีค่าสูงที่สุดคือ 1.827±0.670 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มกุ้งที่ตัดตาที่ให้อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนซีโรโทนิน สลับกับอาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน อย่างละ 1 สัปดาห์มีค่าสูงสุดคือ 2.89±1.547 เปอร์เซ็นต์ โดยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน จะทำงานผ่านระบบ Hypothalamic-Pituitary-Gonadal (HPG) axis สมองส่วนไฮโปทาลามัสหลั่งฮอร์โมน Gonadotropin Releasing

Hormone (GnRH) ไปกระตุ้นเซลล์ Gonadotroph ในต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้ ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Gonadotropin (GtH) มากระตุ้นการพัฒนาและเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ (Final Oocyte Maturation) (Nagahama, 1994) โดยฮอร์โมน GtH I จะกระตุ้น Theca Cell ของรังไข่ให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Testosterone (T) จากนั้นฮอร์โมน T จะมายัง Granulosa Cell ที่อยู่ติดกับ Theca Cell และถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล โดยการทำงานของเอนไซม์ Cytochrome P450 Aromatase ผ่านกระบวนการ Aromatization จากนั้นฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออลหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดและไปกระตุ้นให้เซลล์ตับผลิตและหลั่ง Vitellogenin หรือโปรตีนไข่แดง (Yolk Protein) ออกมาสู่กระแสเลือดและถูกลำเลียงเข้าสะสมภายในเซลล์ไข่ผ่านตัวรับสัญญาณ Vitellogenin Receptor ที่ผิวเซลล์ไข่ ทำให้ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นและเกิดการพัฒนาของไข่ (Vitellogenesis) ขณะที่การเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ ฮอร์โมน GtH II จะกระตุ้น Theca Cell ให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน 17α-Hydroxyprogesterone ซึ่งจะเคลื่อนที่ผ่าน Basement Membrane และถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมน 17α, 20β-Dihydroxy-4-Pregnen-3-One (17α, 20β-DP) ใน Granulosa Cell โดยการทำงานของเอนไซม์ 20β-Hydroxysteroid Dehydrogenase จากนั้นฮอร์โมน 17α, 20β-DP จะกระตุ้นไข่ปลาให้พัฒนาเจริญสมบูรณ์เต็มที่ก่อนที่จะมีการตกไข่ (Ovulation) (Liu et al, 2008; Lubzens et al., 2010; Nagahama and Yamashita, 2008; วีรพงศ์, 2546)

การศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์

จากผลของปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ทำให้ระยะพัฒนาของไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ T2 และ T3 มีระยะพัฒนาของ Oocyte ส่วนใหญ่เจริญอยู่ในระยะ Late Vitellogenic Stage และบางส่วนพัฒนาอยู่ในระยะ Maturation Stage และในชุดการทดลองที่ T1 ไม่มีการพัฒนาของไข่นั้นอาจมาจากระดับฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในตัวแม่ปลานั้นมีปริมาณที่ไม่เยอะพอที่จะทำให้ไข่เกิดการพัฒนาขึ้นมาได้ กล่าวว่าการเจริญพัฒนาของไข่มีกระบวนการสร้างและสะสมไข่แดงภายในเซลล์ไข่ (Vitellogenesis) ควบคุมโดยฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล โดยมีฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เป็นฮอร์โมนตัวตั้งต้นในกระบวนการทำงานโดยฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล จะถูกลำเลียงเข้าไปในกระแสเลือด และไปกระตุ้นเซลล์ตับให้ผลิตและหลั่ง Vitellogenin ออกสู่กระแสเลือดและกลับเข้ามาสะสมภายในเซลล์ไข่ผ่านตัวรับสัญญาณ Vitellogenin Receptor ที่ผิวเซลล์ไข่ทำหน้าที่จับกับไวเทโลเจนินอย่างจำเพาะ ดังนั้นไวเทโลเจนินจึงสะสมภายในไข่ และทำให้ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามระยะการพัฒนาของไข่ปลา (Lubzens et al.,

2010; Nagahama and Yamashita, 2008) เมื่อพิจารณาผลการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาในปลาข้าวเม่า *Ambassis vachellii* ปิยากร และคณะ (2560) กล่าวว่าระยะแรกของการพัฒนาเซลล์ไข่ระยะแรก เริ่มปรากฏเม็ดไข่แดงขนาดเล็กภายในเซลล์ไข่ ไข่แดงเหล่านี้เกิดจากโปรตีนไวเทลโลจินิน (Vitellogenin) ที่ถูกสังเคราะห์จากตับ และลำเลียงผ่านกระแสเลือดเข้ามาสะสมในเซลล์ไข่ภายใต้กลไกการควบคุมของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Babin et al., 2007; Le Menn et al., 2007) โดยหน้าที่ของไข่แดงคือ เป็นสารอาหารและเกี่ยวข้องกับกระบวนเมทาบอลิซึมของปลาในระยะตัวอ่อน (Nagahama, 1983) ระยะท้ายของการพัฒนาเซลล์ไข่ระยะหลัง เป็นระยะที่ปรากฏเม็ดไข่แดงมากขึ้น และมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความแข็งแรงของชั้นห่อหุ้มไข่มากกว่าระยะแรกของการพัฒนาเซลล์ไข่ สุดท้ายระยะการเจริญเซลล์ไข่เต็มที่ มีการรวมตัวของเม็ดไข่แดงขนาดเล็กจนกลายเป็นแผ่นไข่แดง (Yolk Plate) ระยะนี้เป็นระยะที่พร้อมสืบพันธุ์จึงต้องการความแข็งแรงของชั้นที่ห่อหุ้มไข่ชั้นต่างๆ มากที่สุด (Dietrich and Kriegger, 2009)

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลของอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารต่อการเจริญเติบโต โดยชุดการทดลองที่ T1 อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม) โปรตีนมากกว่า 30 ปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ T2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ T3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เสริมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether อัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/อาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า อัตรารอดตาย ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.000, 96.993±0.333 และ 95.333±0.333 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) พบว่า ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.261±0.000 , 0.257±0.003 และ 0.650.0033 ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.833±0.0333 , 45.643±0.333 และ 42.633±0.333 กรัม ตามลำดับ ความยาวสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.146±0.666 , 16.623±0.333 และ 13.830±1.000

เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงผลของอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารต่อการเจริญเติบโต ที่มีผลต่ออัตรารอดตาย อัตราการแลกเนื้อ (FCR) น้ำหนักสุดท้าย และความยาวสุดท้าย เนื่องจากมีการรายงานของ ปริญญา (2546 อ้างใน พชรพล, 2560) รายงานว่าเพรียงทรายมีโปรตีน 51.24 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 17.80 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงแร่ธาตุต่าง สอดคล้องกับ ไพบูลย์ และวรรเพ็ญ (2558) เลี้ยงปลากะรังเสือ โดยใช้อาหารที่มีโปรตีนสูง และไขมันสูง พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และอัตรารอดตายดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน และไขมันต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อีกทั้งแม่พันธุ์ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง ยังส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์วิตามินเอ ซึ่งจำเป็นต่อระดับฮอร์โมนภายในรังไข่ (Kapateh, 2009)

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบผลของอาหารเสริมฮอร์โมนจากซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ต่อระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน พบว่า ในการศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ สรุปได้ว่า ซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether นั้นมีผลต่อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ และขนาดเม็ดไข่ ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน ดังนั้นฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่อยู่ในเพรียงทรายไม่ว่าจะเป็นแบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether มีผลต่อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ และขนาดของเม็ดไข่ ในแม่พันธุ์ปลาชะโอนในงานทดลองนี้ และผลของการศึกษาระดับปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล และจุลกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์ พบว่า การเสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย และแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ในอาหารนั้นมีผลต่อเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ซึ่งพบว่าชุดการทดลองที่ T2 นั้นมีปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล สูงที่สุดรองลงมาเป็น ชุดการทดลองที่ T3 และชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) เนื่องจากในซากพ่อแม่เพรียงทรายมีฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนเป็นองค์ประกอบสำคัญ มีส่วนสำคัญต่อระดับฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล ในปลาเพศเมีย ระยะพัฒนาของไข่ พบว่าแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ T2 และ T3 มีระยะพัฒนาของ Oocyte ส่วนใหญ่เจริญอยู่ในระยะ Late Vitellogenic Stage และบางส่วนพัฒนาอยู่ในระยะ Maturation Stage ชุดการทดลองที่ T1 (ชุดควบคุม) ไม่มีการพัฒนาของไข่ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ส่งผลต่อการทำงานของกระบวนการ Oogenesis และ Vitellogenesis ทำให้ไข่แม่พันธุ์ปลาชะโอนเกิดการพัฒนา ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต พบว่า อัตรารอดตาย ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 อัตราการแลกเนื้อ (FCR) พบว่า ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ชุดการทดลองที่ T2 และ T3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) น้ำหนักสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1 และความยาวสุดท้าย พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ T2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ T3 และ T1

แนวทางส่งเสริมเชิงพาณิชย์และการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของซากพ่อแม่เพรียงทรายเป็นผลิตภัณฑ์จากการศึกษานี้เมื่อทดลองเปรียบเทียบระหว่าง ซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดรายและแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether แล้ว พบว่าค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ การเสริมซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether มีค่าสูงกว่าซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย ส่วนของขนาดเม็ดไข่ ปริมาณฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดออล พบว่า การเสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบฟรีซดราย นั้นมีค่าสูงกว่าการเสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย แบบสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether เมื่อคำนึงถึงความคุ้มทุน อายุการเก็บรักษา และการใช้งานในการศึกษานี้จึงนำซากพ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย มาทำเป็นแบบแคปซูลเพื่อง่ายต่อการเก็บรักษาและการใช้งานเป็นการนำซากพ่อแม่เพรียงทรายมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาทดลองนำอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายมาเปรียบเทียบกับฮอร์โมนสังเคราะห์ เพิ่มเติมในอนาคต
2. ควรมีการศึกษาทดลองนำอาหารเสริมจากซากพ่อแม่เพรียงทรายไปใช้กับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ในอนาคต
3. การวัดขนาดเม็ดไข่แม่พันธุ์ปลาชะโอนในการศึกษาครั้งต่อไปควรใช้ Ocular Micrometer แทนการใช้เวอรเนียร์คาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล เพราะมีความถูกต้องและแม่นยำสูงกว่าการใช้เวอรเนียร์คาร์ลิปเปอร์ดิจิตอลในการวัด

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2559. **ปลาประจำหน่วยงาน**. ชลบุรี: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.

กรรณิกา ชัชวาลวานิช. 2539. **ลักษณะโครงสร้างของระบบสืบพันธุ์ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสัตววิทยา.

กฤษฎา สุขเจริญ. 2563. เพรียงทรายกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 38(4), 581-587.

กานตกานท์ เทพณรงค์. 2561. ประสิทธิภาพการใช้ระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับผักตบชวาในการเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 26(7), 1150-1161.

การเปลี่ยนสถานะของสาร. 2554. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://pattra15.wordpress.com (24 สิงหาคม 2564).

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2561. **วิทยาต่อมไร้ท่อการสืบพันธุ์ของปลา: เอกสารประกอบการสอน**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, ทัศนีย์ อนุกูลประเสริฐ, ศตพร โนนคู่เขตโขง, ธนสรณ์ รักดนตรี และรักพงษ์ เพชรคำ. 2559. ชีววิทยาการสืบพันธุ์และระดับฮอร์โมนเพศของแม่พันธุ์ปลาไหลนาที่พร้อมและไม่พร้อมผสมพันธุ์ในช่วง ฤดูกาลผสมพันธุ์. **วารสารวิจัย และส่งเสริมวิชาการเกษตร**, 35(1), 34-44.

จิตติมา หมั่นกิจ. 2561. ผลของอาหารผสมไข่น้ำที่ระดับต่างกันต่อการเจริญเติบโตของปลากระแห. **วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร**, 2(2), 10-18.

ดวงดาว อุปสิทธิ์, จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ และ สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ. 2560. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาจวด *Johnius carouna* (Cuvier, 1830) บริเวณชายฝั่งจังหวัดสงขลา. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**, 29(ฉบับพิเศษ), 43-50.

ด่านตรวจสัตว์น้ำจังหวัดสุรินทร์. 2562. **ภาพรวมสถานการณ์การนำเข้าสินค้าสัตว์น้ำผ่านทางด่านตรวจสัตว์น้ำ จังหวัดสุรินทร์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www4.fisheries.go.th/local/file document/20191122132006_new.pdf (2 มีนาคม 2564).

ตลาดไท. 2564. **ราคาปลาเนื้ออ่อน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://talaadthai.com/product-search/result? (9 มีนาคม 2564).

นันทวัน ศานติสาธิตกุล. 2547. **การศึกษาเบื้องต้นของการเพาะเลี้ยงและอนุบาลเพรียงทราย (*Perinereis* sp.) ในโรงเพาะฟัก**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.nicaonline.com (16 มีนาคม 2564).

นิวุฒิ หวังชัย. 2542. **หนังสือโภชนศาตร์สัตว์น้ำ**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เบญญาภา วัชรงค์. 2558. **เทคโนโลยีและความปลอดภัยด้านอาหาร**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://thaicosmosfoods.co.th/th/technology-and-food-safety.php (24 สิงหาคม 2564).

ประจิต วงศ์รัตน์. 2541. **มีนวิทยา (ปฏิบัติการ)**. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปริญญา ลีฬหานนท. 2546. **การพัฒนาอาหารเม็ดที่มีกรดไขมันไมอิ่มตัวสูงเพื่อความสมบูรณของพันธุกุงกุลาดำ (*Penaeus monodon*) เพศเมีย**. วิทยานิพนธปริญญาโท. จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ปิยากร บุญยัง, ศิลปชัย เสนารัตน์, เจษฎ์ เกษตระฑัต, พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ และ วรรณีย์ จิรอังกูรสกุล. 2560. โครงสร้างของรังไข่และกระบวนการพัฒนาของเซลล์ไข่ปลาข้าวเม่า *Ambassis vachellii* Richardson, 1846 จาก ปราณบุรี ประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 25(4), 571-578.

พชรพล รักษ์แป้น และ ศุภณัฐ ไพโรหกุล. 2560. ผลของอาหารผสมต่อการเติบโตและผลผลิตของเพรียงทราย (*Perinereis*sp.). น. 2329-2340. ใน **การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 7**. 24 พฤศจิกายน 2560 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พอจำ อรัณยกานนท์ และ สุรพล ชุณหบัณฑิต. 2550. บทสรุปเรื่องการวิจัยและเพาะเลี้ยงเพรียงทรายปลอดเชื้อระหว่างปี พ.ศ. 2547-2549. น. 1-21. ใน **การอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีเรื่องการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงเพรียงทรายปลอดเชื้อเชิงพาณิชย์**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และ วรรเพ็ญ คำมี. 2558. **ผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* Forsskal, 1775 ต่ออัตรารอดตายและต้นทุน: เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 9**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง.

วิมล เหมะจันทร. 2540. **ชีววิทยาปลา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2546. **วิทยาต่อมไร้ท่อของปลาและครัสเตเซีย**. ชลบุรี: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศรินทิพ สุกใส. 2552. ประโยชน์และคุณค่าของเพรียงทราย. น. 9-12. ใน **การสัมมนาเรื่อง วช.กับการวิจัยและพัฒนาเพรียงทรายสู่การใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรม**. 2 มีนาคม 2552 โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ณ โรงแรมเมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต.

ศูนยวิจัยและพัฒนาประมงชายฝงภูก็ต. 2548. **การเพาะเลี้ยงเพรียงทราย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.fisheries.go.th/cf-phuket (2 ธันวาคม 2564).

เศรษฐการ นุชนิยม. 2554. การผลิตตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 19(2), 51-63.

สืบสิน สนธิรัตน. 2527. **ชีววิทยาปลา**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพ มงคลประสิทธิ์. 2538. **บทปฏิบัติการมีนวิทยา**. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรินทร์ ทิพย์กองลาศ. 2562. **ผลของฮอร์โมน 17 β-estradiol ที่เสริมในไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันต่อความสมบูรณ์เพศของแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยบูรพา.

อดิภัทร สุขเกื้อ. 2554. **อัตราการรอดของเพรียงทรายในระยะ Nectochaete ที่ฟักในอัตราความหนาแน่นตางกัน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแมโจ-ชุมพร.

อนุตตร โพคะรัตน์ศิริ. 2553. **ผลของอาหารเสริมฮอร์โมนซีโรโทนิน และโปรเจสเตอโรนต่อการพัฒนารังไข่ในแม่พันธุ์กุ้งขาว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภินันท์ สุวรรณรักษ์. 2540. **ชีววิทยาและชีวประวัติบางประการของปลาแดง (*Kryptopterus bleekeri* Gunther).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2561. **มีนวิทยา**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อิสราภรณ์ จิตรหลัง, ปณต กลิ่นเชิดชู, นงลักษณ์ สำราญราษฎร์ และ สุพิศ ทองรอด. 2550. ไขมันและวิตามินอีในเพรียงทราย (*Perinereis nuntia,* Savigny). น. 342-354. ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45**. 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอกชัย ดวงใจ, อรพร หมื่นพล และ เรืองวิชญ์ ยุ้นพันธ์. 2549. การสกัดฮอร์โมนโพรสตาแกลนดินจากแม่พันธุ์เพรียงทรายและผลของสารสกัดฮอร์โมนต่อการพัฒนาของไข่แม่กุ้งกุลาดำ. น. 77-

84. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาประมง**. 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Babin, P. J., Carnevali, O., Lubzens, E. & Schneider, W. J. (2007). Molecular aspects of oocyte vitellogenesis. pp. 39–76. In P. J. Babin, Cerdà, J. & Lubzens, E. (Ed.), **The Fish Oocyte: From Basic Studies to Biotechnological Applications**. Dordrecht: Springer.

Banik, S., Goswami, P. & Malla, S. 2011. Ex-situ studies of captive breeding of *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794) in Tripura. **Journal of Advanced Laboratory Research in Biology**, 2(3), 112-115.

Bodmeier, R. & Paeratakul, O. 1989. Spherical Agglomerates of Water-Insoluble Drugs. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, 78(11), 964-967.

Bond, C. E. 1979. **Biology of fishes**. USA: Suanders College Publishing.

Bradbrook, D. A., Clement, C. Y., Cook, B. & Dinan, L. 1990. The occurrence of vertebrate-type steroids in insects and a comparison with ecdysteroid levels. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, 95(2), 365-374.

Brown, J., Walker, S. & Steinman, K. 2004. **Endocrine manual for the reproductive assessment of domestic and non-domestic species**. Virginia: Endocrine Research Laboratory, Department of Reproductive Sciences, Conservation and Research Center, National Zoological Park, Smithsonian Institution.

Buaklin, A., Sittikankaew, K., Phinyo, M., Prasertlux, S., Janpoom, S., Klinbunga, S., Menasveta, P. & Khamnamtong, B. 2016. Expression of *catechol O-methyltransferase* during ovarian development and association between its SNP and reproduction-related parameters of the giant tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, 465, 245-257.

Dietrich, D. R. & Kriegger, H. O. 2009. **Histological Analysis of Endocrine Disruptive Effects in Small Laboratory Fish**. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc.

Dofing, S. M., D'Croz-Mason, N. & Thomas-Compton, M. A. 1991. Inheritance of Expansion Volume and Yield in Two Popcorn Dent Corn Crosses. **Crop Science**, 31(3), 715-718.

Duangwongsa, J., Ungsethaphand, T., Akaboot, P., Khamjai, S. & Unankard, S. 2021. Real-time Water Quality Monitoring and Notification System for Aquaculture. p. 9-13. In **2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering**. 3-6 March 2021 at Cha-am, Thailand.

Evans, D. H. 1993. **The Physiology of Fishes**. Florida: CRC press.

Ferreira, M. F., Varela, M. L., Lo Nostro, F., Ansaldo, M. & Genovese, G. 2017. Reproductive aspects of Notothenia rossii and *N. coriiceps* (Perciformes, Nototheniidae) at Potter Cove, 25 de Mayo (King George) Island during austral summer. **Polar Biology**, 40(1), 1-11.

Ghosh, P. & Thomas, P. 1995. Binding of metals to red drum vitellogenin and incorporation into oocytes. **Marine Environmental Research**, 39(1), 165-168.

Giese, A. C. & Pearse, J. S. 1975. Chordata: tunicata. **Reproduction of marine invertebrates**, 2, 241-282.

Gomelsky, B. 2011. **Fish genetics: theory and practice**. Saarbrücken, Germany: VDM Publishing.

Halver, J. 1972. **Fish Nutrition**. New York: Academic Press.

Harder, W. 1975. **Anayomy of Fishes Part I-II**. Stuttgart: E.Schweizerbart'sche Verlagsbuc-handlung.

Helfman, G. S., Collette, B. B. & Facey, D. E. 1997. **The Diversity of Fishes**. Malden, MA: Blackwell Science.

Holden, M. J. & Raitt, D. F. S. 1974. **Manual of fisheries science. Part 2-Methods of resource investigation and their application**. Michigan: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hosseinzadeh Sahafi, H., Dehghan Madiseh, S., Koohilai, S., Hamidinejad, M. & Velayatzadeh, M. 2020. Plasma levels of sex steroids (testosterone, progesterone and 17β-estradiol) in Rohu Carp *Labeo rohita* broodstock from Khuzestan, Iran. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, 19(6), 3063-3074.

Humason, G. L. 1979. **Animal tissue technique**. San Francisco: W.H. Freeman Co.

Jahan, D. A., Rashid, J., Khan, M. M. & Mahmud, Y. 2014. Reproductive biology and gonad histology of mud eel, *Monopterus cuchia* (Hamilton, 1822). **International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research**, 3(1), 231-239.

Janz, D. M. (2000). Endocrine system. In G. K. Ostrander (Ed.), **The Laboratory Fish**. Sandiago: Academic Press.

Kapateh, A. H. 2009. **Effect of dietary lipid sources on the reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*.** Doctoral dissertation. University of Stirling.

Khonmee, J., Vorawattanatham, N., Pinyopummin, A., Thitaram, C., Somgird, C., Punyapornwithaya, V. & Brown, J. L. 2016. Assessment of faecal glucocorticoid metabolite excretion in captive female fishing cats (*Prionailurus viverinus*) in Thailand. **Conservation Physiology**, 4(1), 10.1093/conphys/cow1021.

Koskela, R. W., Greenwood, J. G. & Rothlisberg, P. C. 1992. The influence of prostaglandin E2 and the steroid hormones, 17α-hydroxyprogesterone and 17β-estradiol on moulting and ovarian development in the tiger prawn, *Penaeus esculentus* Haswell, 1879 (Crustacea: Decapoda). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, 101(2), 295-299.

Lagler, K. F., Bardach, J. E. & Miller, R. R. 1962. **Ichthyology: the study of fish**. London: John Wiley and Sons, Inc.

Laufer, B. & Hadar, L. 1997. Assessing the Effectiveness of Monolingual, Bilingual, and "Bilingualised" Dictionaries in the Comprehension and Production of New Words. **The Modern Language Journal**, 81(2), 189-196.

Le Menn, F., Cerdà, J. & Babin, P. J. 2007. Ultrastructural aspects of the ontogeny and differentiation of ray-finned fish ovarian follicles. In P. J. Babin, Cerdà, J., Lubzens, E. (Ed.), **The Fish Oocyte: From Basic Studies to Biotechnological Applications**. Dordrecht: Springer.

Leelatanawit, R., Uawisetwathana, U., Khudet, J., Klanchui, A., Phomklad, S., Wongtripop, S., Angthoung, P., Jiravanichpaisal, P. & Karoonuthaisiri, N. 2014. Effects of

polychaetes (*Perinereis nuntia*) on sperm performance of the domesticated black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). **Aquaculture**, 433, 266–275.

Liu, J.-F., Guiguen, Y. & Liu, S.-J. 2008. Aromatase (P450arom) and 11β-hydroxylase (P45011β) genes are differentially expressed during the sex change process of the protogynous rice field eel, *monopterus albus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, 35(3), 511-518.

Lubzens, E., Young, G., Bobe, J. & Cerdà, J. 2010. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. **General and Comparative Endocrinology**, 165(3), 367-389.

Malla, S. & Banik, S. 2015. Reproductive biology of an endangered catfish, *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794) in the lotic waterbodies of Tripura, North-East India. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, 2(4), 251-260.

Matsuyama, M., Nagahama, Y. & Matsuura, S. 1991. Observations on ovarian follicle ultrastructure in the marine teleost, *Pagrus major*, during vitellogenesis and oocyte maturation. **Aquaculture**, 92, 67-82.

Meunpol, O., Duangjai, E. & Yoonpun, R. 2005. Determination of prostaglandin E_2 (PGE2) in polychaetes (*Perinereis* sp.) and its effect on *Penaeus monodon* oocyte development in Vitro. In **Proceedings of Larvi'05-Fish & Shellfish Larviculture Symposium European Aquaculture Society**. September 5-8, 2005 at Gent, Belgium.

Moyle, P. B. & Cech, J. J. 2004. **Fish: an introduction to ichthyology**. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Naeve, I., Mommens, M., Arukwe, A. & Kjørsvik, E. 2018. Ultrasound as a noninvasive tool for monitoring reproductive physiology in female *Atlantic salmon* (*Salmo salar*). **Physiological reports**, 6(9), e13640.

Nagahama, Y. 1983. The functional morphology of teleost gonads. **Fish Physiology**, 9(pt.A), 223–275.

_____. 1994. Endocrine regulation of gametogenesis in fish. **International Journal Developmental Biology**, 38(2), 217-229.

Nagahama, Y. & Yamashita, M. 2008. Regulation of oocyte maturation in fish. **Development, growth & differentiation**, 50, S195-S219.

Nozu, R., Kojima, Y. & Nakamura, M. 2009. Short term treatment with aromatase inhibitor induces sex change in the protogynous wrasse, *Halichoeres trimaculatus*. **General and Comparative Endocrinology**, 161(3), 360-364.

Ostrander, G. K. & Barnes, S. S. 2000. **The Laboratory Fish**. San Diego, Calif: Academic Press.

Pait, A. S. & Nelson, J. O. 2002. **Endocrine Disruption in Fish: An Assessment of Recent Research and Results**. Silver Spring, MD: NOAA/National Ocean Service/National Centers for Coastal Ocean Science.

Pavlov, E. D., Ganzha, E. V., Ha, V. T., Tien, N. A. & Pavlov, D. S. 2018. Condition of Sex Glands in the Young of the Current Year of Rainbow Trout Subjected to Surfagon Injections. **Russian Journal of Developmental Biology**, 49(2), 108-116.

Poltana, P. 2004. Development of the polychaete *Perinereis nuntia brevicirrus* and its prostaglandin F_2 alpha content in the atokous stage. p. 8-23. In **10th International Congress on Invertebrate Reproduction and Development**. 18-24 July 2004 at Newcastle upon Tyne, UK.

Raghuveer, K., Garhwal, R., Wang, D. S., Bogerd, J., Kirubagaran, R., Rasheeda, M. K., Sreenivasulu, G., Bhattachrya, N., Tarangini, S. & Nagahama, Y. 2005. Effect of methyl testosterone-and ethynyl estradiol-induced sex differentiation on catfish, *Clarias gariepinus:* expression profiles of DMRT1, Cytochrome P450aromatases and 3 β-hydroxysteroid dehydrogenase. **Fish Physiology and Biochemistry**, 31(2), 143-147.

Ravaglia, M. A. & Maggese, M. C. 2002. Oogenesis in the swamp eel *Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795) (Teleostei; Synbranchidae). Ovarian anatomy, stages of oocyte development and micropyle structure. **Biocell**, 26(3), 325-337.

Rodgveller, C. J. 2018. A Comparison of Methods for Classifying Female Sablefish Maturity and Skip Spawning Outside the Spawning Season. **Marine and Coastal Fisheries Dynamics Management and Ecosystem Science**, 10(6), 563-576.

Sandipan, P. B. & Jagtap, P. K. 2015. Honeybee-a natural pollinator in increasing the seed yield and income in the Niger (*Guizotia abyssinica* Cass) a traditional tribal

crop of South Gujarat region. **Journal of Plant Development Sciences**, 7(6), 499-502.

Schmidt-Nielsen, K. 1997. **Animal Physiology: adaptation and environment**. Cambridge: Cambridge University Press.

Tao, Y.-X., Lin, H.-R., Van Der Kraak, G. & Peter, R. E. 1993. Hormonal induction of precocious sex reversal in the ricefield eel, *Monopterus albus*. **Aquaculture**, 118(1), 131-140.

Tomkiewicz, J., Tybjerg, L., Holm, N., Hansen, A., Broberg, C. & Hansen, E. 2002. **Manual to determine gonadal maturity of Baltic cod**. Denmark: Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute for Fisheries Research.

Trant, J. M. & Thomas, P. 1989. Isolation of a novel maturation-inducing steroid produced in vitro by ovaries of *Atlantic croaker*. **General and Comparative Endocrinology**, 75(3), 397-404.

Withers, P. C. 1992. **Comparative Animaal Physiology**. Fort Worth: Saunders College Publishing.

Xie, H.-K., Zhou, D.-Y., Liu, Z.-Y., Li, D.-Y., Tan, Z.-F., Dong, X.-F., Liu, X.-Y., Shahidi, F. & Zhu, B.-W. 2019. Effects of natural phenolics on shelf life and lipid stability of freeze-dried scallop adductor muscle. **Food Chemistry**, 295, 423-431.

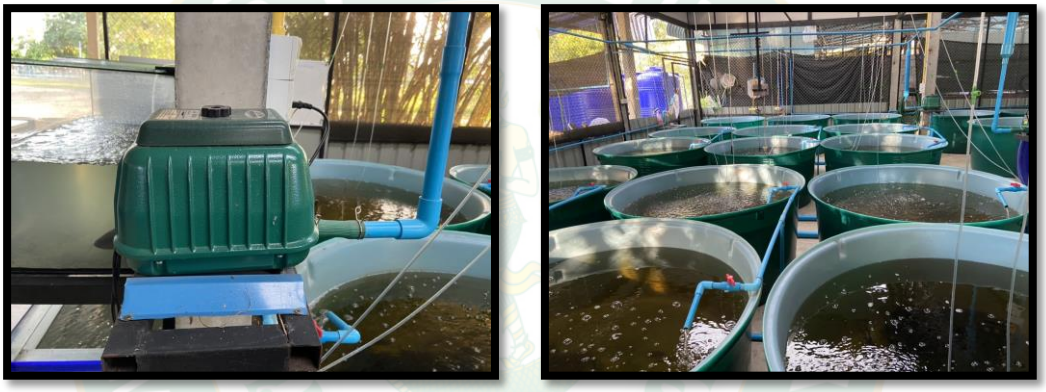
Zohar, Y., Muñoz-Cueto, J. A., Elizur, A. & Kah, O. 2010. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. **General Comparative Endocrinology**, 165(3), 438-455.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพการทำวิจัย

ภาพผนวกที่ 1 เตรียมบ่อทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปลาชะโอน ใช้บ่อพลาสติกขนาด 1,000 ลิตร บรรจุน้ำ 800 ลิตร



ภาพผนวกที่ 2 ระบบให้อากาศในบ่อทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปลาชะโอน

ภาพผนวกที่ 3 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

ภาพผนวกที่ 4 การเตรียมตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่จะใช้ในการทดลอง

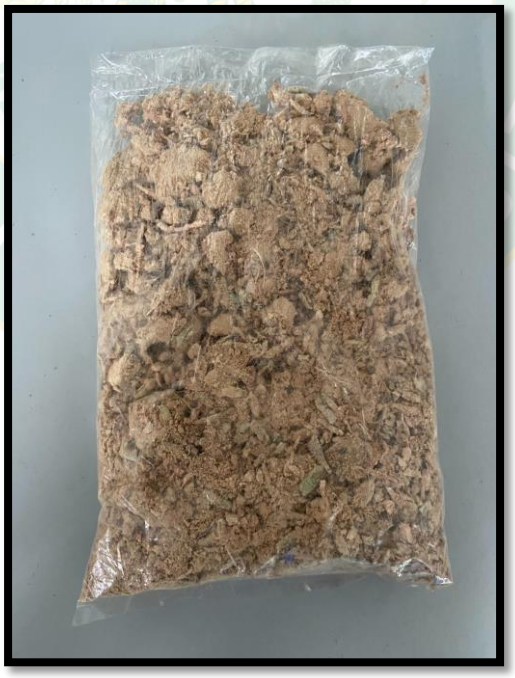
ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายใส่ในถาดฟรีซดราย

ภาพผนวกที่ 6 เครื่องฟรีซดราย รุ่น DW-50F Freeze Dryer

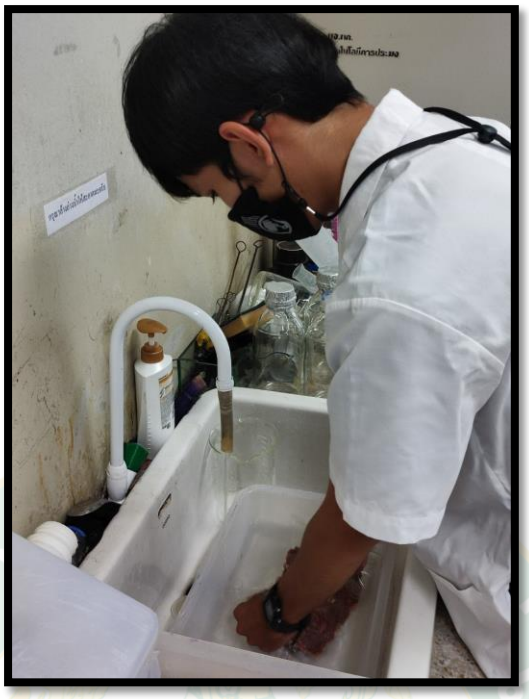
ภาพผนวกที่ 7 นำตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายในถาดใส่ในเครื่องฟรีซดราย

ภาพผนวกที่ 8 ตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายในเครื่องระหว่างฟรีซดราย

ภาพผนวกที่ 9 การเก็บตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่ฟรีซดรายแล้ว

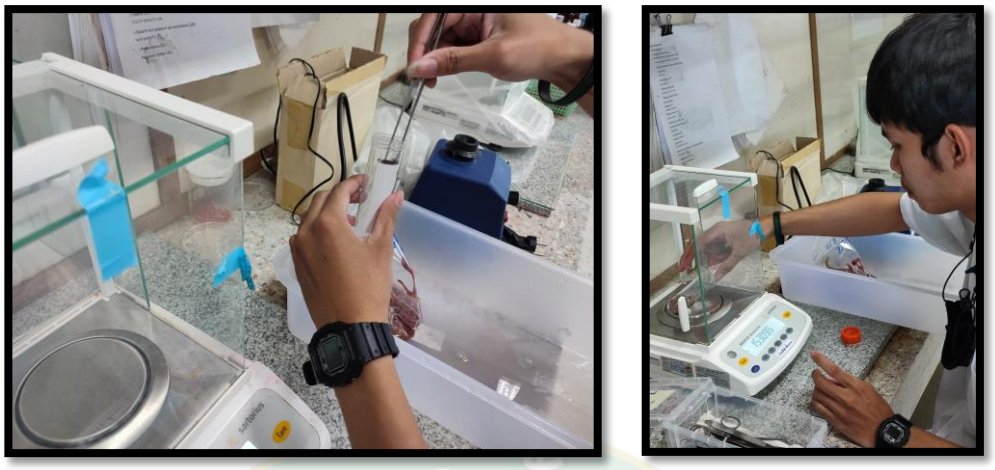


ภาพผนวกที่ 10 ตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่ผ่านการฟรีซดรายแล้ว



ภาพผนวกที่ 11 เตรียมตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายในการสกัดสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether

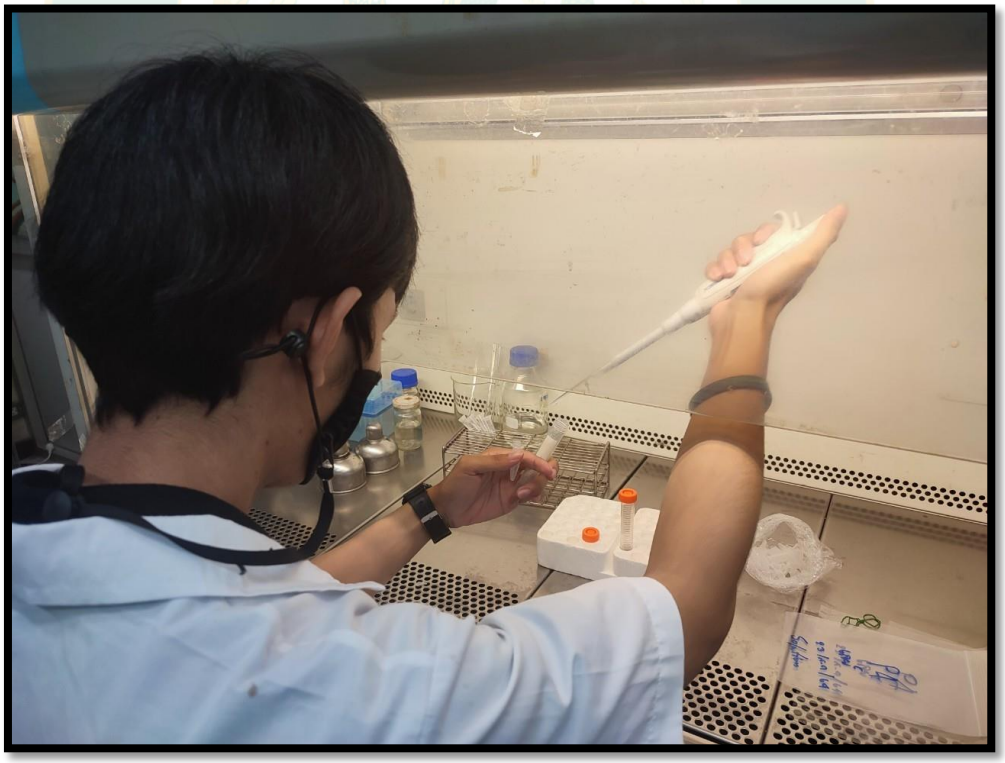
ภาพผนวกที่ 12 บดเนื้อเยื่อซากพ่อแม่เพรียงทรายทั้งตัวใช้ Tissue Homgenizer ใน 4 เปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์



ภาพผนวกที่ 13 ชั่งตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายที่บดแล้ว 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 30 มิลลิลิตร

ภาพผนวกที่ 14 สกัดตัวอย่างซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วยไดเอทิล อีเธอร์ (Diethy Ether) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

ภาพผนวกที่ 15 ปั้นแยกส่วนผสมระหว่างซากพ่อแม่เพรียงทราย และไดเอททิล อีเธอร์ ที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที

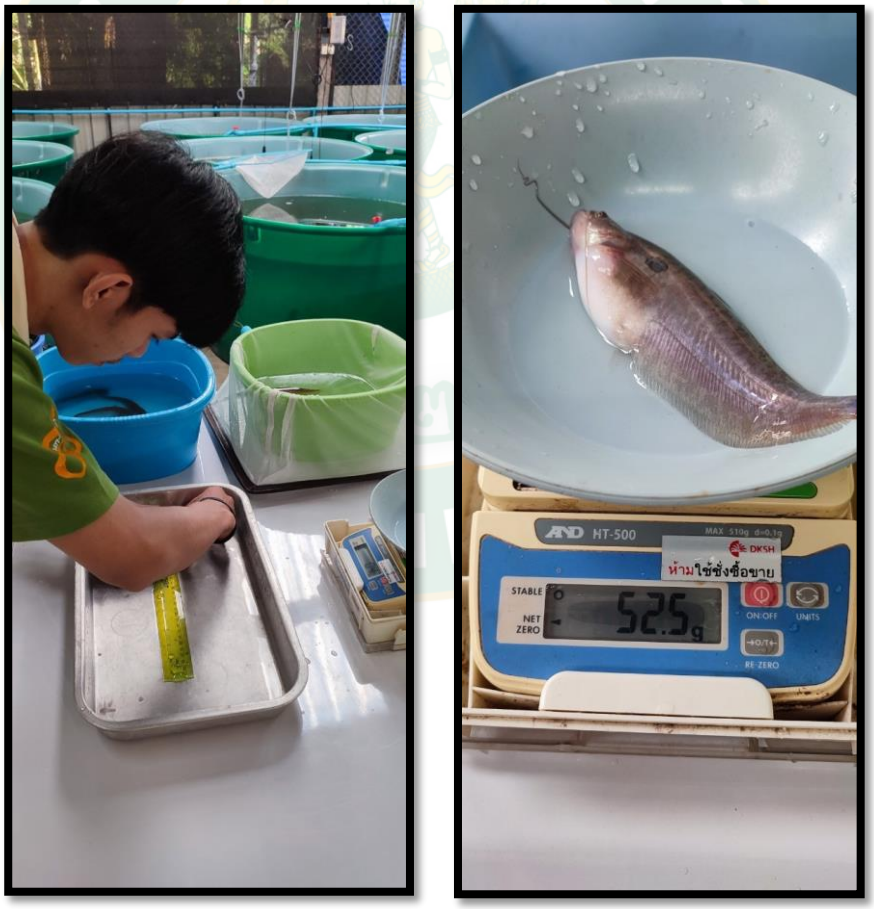


ภาพผนวกที่ 16 เก็บสารสกัดด้านบน และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ภาพผนวกที่ 17 อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมซาก พ่อแม่เพรียงทรายแบบฟรีซดราย อัตราส่วน 20 กรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม

ภาพผนวกที่ 18 อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารสกัดหยาบจากซากพ่อแม่เพรียงทรายด้วย Diethyl Ether ด้วยวิธีการนำมาสเปรย์กับอาหาร ในอัตราส่วน 3 มิลลิลิตร/ อาหาร 1 กิโลกรัม

ภาพผนวกที่ 19 การรวบรวมแม่พันธุ์ปลาชะโอนจากบ่อทดลอง

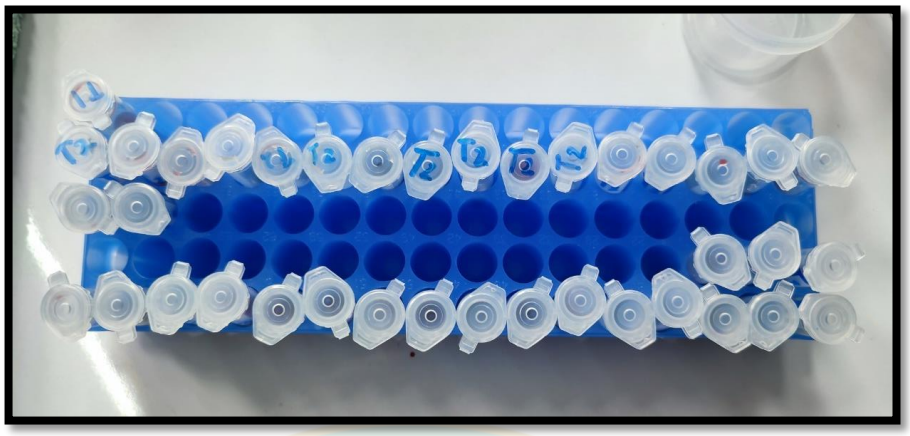


ภาพผนวกที่ 20 การสุ่มวัดความยาว และชั่งน้ำหนักแม่พันธุ์ปลาชะโอน

ภาพผนวกที่ 21 ทำการสลบแม่พันธุ์ปลาชะโอนแช่ในน้ำแข็งประมาณ 10 นาที

ภาพผนวกที่ 22 เจาะเลือดแม่พันธุ์ปลาชะโอนจากเส้นเลือด Ventral Aorta

ภาพผนวกที่ 23 นำเลือดที่ได้ใส่ในหลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

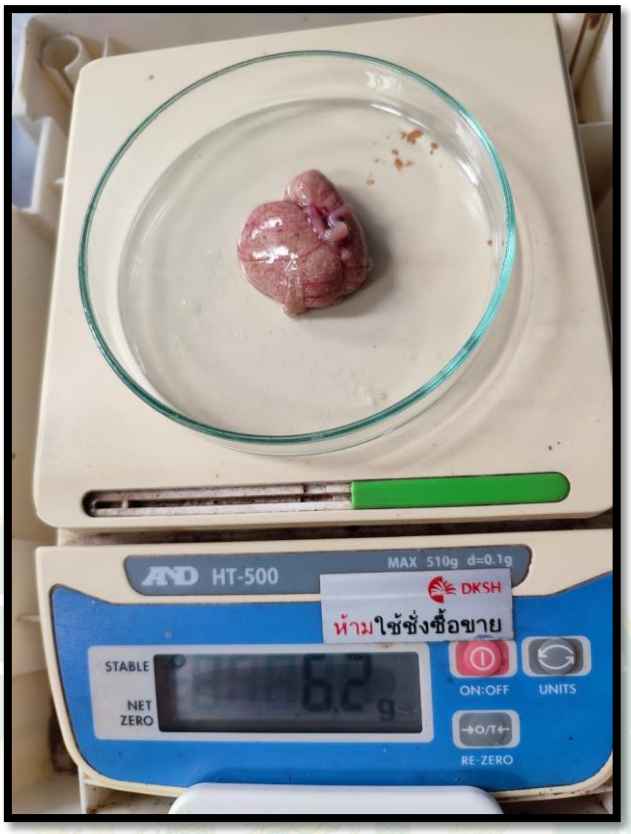


ภาพผนวกที่ 24 ตัวอย่างเลือดแม่พันธุ์ปลาชะโอนในหลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

ภาพผนวกที่ 25 ตัวอย่างเลือดแม่พันธุ์ปลาชะโอนในหลอดไมโครทิวป์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกซีรั่มในเลือด

ภาพผนวกที่ 26 ชั่งน้ำหนักแม่พันธุ์ปลาชะโอนเพื่อนำมาหาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ

ภาพผนวกที่ 27 ผ่าเปิดช่องท้องแม่พันธุ์ปลาชะโอน



ภาพผนวกที่ 28 ชั่งน้ำหนักรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอน

ภาพผนวกที่ 29 เก็บตัวอย่างรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนไว้ในฟอร์มาลีน 4 เปอร์เซ็นต์

ภาพผนวกที่ 30 สุ่มตัวอย่างรังไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนเพื่อหาค่าความดกไข่

ภาพผนวกที่ 31 วัดขนาดเม็ดไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนโดยใช้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล (ยี่ห้อ Hummer)

ภาคผนวก ข

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

ภาณพัช รอดคง, ชนกันต์ จิตมนัส, ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม และ จอมสุดา ดวงวงษา. 2564. ผลของการเสริมซากพ่อแม่เพรียงทราย (*Perinereis quatrefagesi*) ในรูปแบบ ฟรีซดราย (Freeze-Dried) และสารสกัดฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone) ในอาหารต่อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความดกไข่ ขนาดเม็ดไข่ในแม่พันธุ์ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*). น. 268-275. ใน **รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 18.** 8 – 9 ธันวาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายภาณพัช รอดคง

เกิดเมื่อ 23 มกราคม 2541

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนจะนะชนูปถัมภ์ จังหวัดสงขลา

พ.ศ. 2559 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ จังหวัดสงขลา

พ.ศ. 2561 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Mini English Program)
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ จังหวัดสงขลา

พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ)
สาขาวิชาการประมง
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่