



รายงานการวิจัย

ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

Effects of fresh foods and formulated diets on reproductive performance of female sesarmid crab *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936)

ชาญยุทธ สุตทองคง	Chanyut Sudtongkong
วัฒนา วัฒนกุล	Wattana Wattanakul
ธำมรงค์ ตันภิบาล	Thummarong Tunphiban

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2557

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พ.ศ. 2557 และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนปัจจัยพื้นฐานการวิจัย เช่น โรงเรือน ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ทำให้การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และใคร่ขอขอบคุณนายมุฮัมหมัด จิตรณรงค์ และ นส.ศุภรัตน์ คงโอ ซึ่งเป็นทีมวิจัยห้องปฏิบัติการวิจัยปูน้ำเค็ม (Marine Crab Research Laboratory) ที่ช่วยเก็บข้อมูลการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936)
ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

ชาญยุทธ สุดทองคง วัฒนา วัฒนกุล และอัมรงค์ ตันภิบาล

บทคัดย่อ

การวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูแสม *Episesarma singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ได้ดำเนินการโดยเลี้ยงปูแสมด้วยพลาสติก กุ้งสด อาหารสำเร็จรูป และอาหารร่วมระหว่างอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป จากผลการศึกษาพบว่าปูแสมที่เลี้ยงด้วยพลาสติก กุ้งสดและอาหารสำเร็จรูปสามารถสร้างไข่นอกกระดองได้ โดยพบอัตราการรอดตายของปูเพศเมียก่อนมีไข่นอกกระดอง อัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดอง และความดกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง 90.0-100.0%, 47.6-76.7% และ 23,612-36,372 ฟองตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างอัตราการรอดตายของปูเพศเมียก่อนมีไข่นอกกระดอง อัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดอง และความดกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน อย่างไรก็ตามจากการทดลองครั้งนี้พบว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีอัตราการรอดตายก่อนมีไข่นอกกระดองค่อนข้างสูง (90.0%) และมีอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดองมากที่สุด (76.7%) นอกจากนี้ความดกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปพบใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงปูแสม *E. singaporense* ให้มีไข่นอกกระดอง เพื่อผลิตเป็นแม่พันธุ์ปูแสมจากโรงเพาะฟัก

คำสำคัญ: ปูแสม *Episesarma singaporense* ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ อาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

Effects of fresh foods and formulated diets on
reproductive performance of female sesarmid crab
Episesarma singaporense (Tweedie, 1936)

Chanyut Sudtongkong Wattana Wattanakul and Thummarong Tunphiban

Abstract

The research on reproductive performance of female sesarmid crab *Episesarma singaporense* affected by fresh foods and formulated diets was conducted by fed those crabs with fresh shrimp, fresh fish, formulated diet and combination of fresh foods and formulated diets. The results revealed that, the female sesarmid crab can spawn after feed with different diets. The survival rate of females before spawning, percentage of female spawned and fecundity were recorded with the range of 90.0-100.0%, 47.6-76.7% and 23,612-36,372 eggs, respectively. There were no significantly different ($P>0.05$) of survivals of females before spawning, percentage of female spawned and fecundity among the females that fed with different diets. However, the results showed that survival rate before spawning was high (90.0%) and percentages of female spawned were highest (76.7%) when fed the females with formulated diet. In addition, fecundity of the females fed with fresh foods and formulated diet were remarkably similar. Thus, formulated diet can be feed to the sesarmid females for produce spawned female from the hatchery system.

Keywords: Sesarmid crab *Episesarma singaporense*, fresh foods and formulated diets

สารบัญ

เนื้อเรื่อง	หน้า
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	3
ผลการวิจัย	13
วิจารณ์ผลการวิจัย	21
สรุปผลการวิจัย	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	29

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 อัตราการรอดตายก่อนมีไข่นอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	13
ตารางที่ 2 อัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) ของ ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	14
ตารางที่ 3 อัตราส่วนร้อยละความสำเร็จของการฟักไข่ (Percentage of berried females successfully hatched; PBFSH) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	15
ตารางที่ 4 ความดกไข่ (Fecundity) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	15
ตารางที่ 5 ขนาดของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	16
ตารางที่ 6 ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	17
ตารางที่ 7 ระยะเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development time) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	18
ตารางที่ 8 อัตราการฟักไข่ (Egg hatchability) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน	19
ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ของอาหารธรรมชาติ และอาหารสำเร็จรูป ที่ใช้เลี้ยงปูแสม <i>E. singaporense</i>	19

สารบัญภาพ

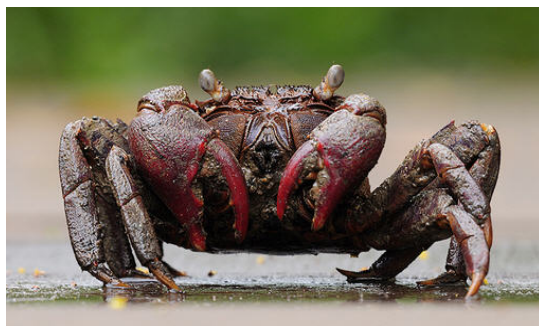
ภาพ	หน้า
ภาพที่ 1 ปูแสม <i>Episesarma singaporense</i> (Tweedie, 1936)	1
ภาพที่ 2 การเตรียมน้ำทะเลเพื่ออนุบาลตัวอ่อนปูแสม	4
ภาพที่ 3 การเพาะพันธุ์สาหร่าย <i>Chlorella</i> sp. และการเพาะไรติเฟอร์	5
ภาพที่ 4 การเพาะอาร์ทีเมียสำหรับเป็นอาหารของตัวอ่อนปูแสม	5
ภาพที่ 5 การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูแสม	6
ภาพที่ 6 การเตรียมตัวอ่อนปูแสมเพื่อใช้ในทดลอง	7
ภาพที่ 7 การอนุบาลลูกปูแสมระยะวัยรุ่นในบ่อซีเมนต์เพื่อใช้ในการทดลอง	7
ภาพที่ 8 การทดลองประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม	8
ภาพที่ 9 การศึกษาการฟักไข่ของปูแสม	12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทนำ

ปูแสม (Sesamid crab) เป็นปูน้ำเค็มที่อาศัยในบริเวณป่าชายเลน ปูแสมกินเศษใบไม้ อินทรีย์วัตถุ สาหร่ายและสัตว์ขนาดเล็กที่อยู่ตามผิวดินในป่าชายเลนเป็นอาหาร (Bouillon *et al.* 2002; Thimdee *et al.* 2004; Thongtham and Kristensen, 2005; Thongtham *et al.* 2008) นอกจากนี้ปูแสมมีบทบาทในห่วงโซ่อาหาร โดยทำหน้าที่ย่อยสลายใบไม้ที่ร่วงหล่นในป่าชายเลนให้เป็นชิ้นเล็กๆ อย่างรวดเร็ว และเศษใบไม้เหล่านั้นถูกย่อยสลายต่อโดยแบคทีเรียและรา หลังจากนั้นแบคทีเรียจะถูกกินโดยผู้บริโภคชั้นสูงกว่า เกิดการถ่ายทอดพลังงานเป็นสายใยอาหารในป่าชายเลน (Thimdee *et al.* 2004)

ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) (ภาพที่ 1) เป็นปูวงศ์ Sesarmidae และเป็นปูที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นปูแสมชนิดหนึ่งในทั้งหมด 4 ชนิดที่คนไทยนิยมจับมาบริโภคสดและแปรรูปเป็นปูเค็ม (บรรจง เทียนสงรัศมี, 2552) ปัจจุบันประชากรปูแสมในธรรมชาติของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงและไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ซึ่งเห็นได้จากในปัจจุบันปูแสมที่บริโภคในประเทศบางส่วนต้องนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งจากเอกสารของ บรรจง เทียนสงรัศมี (2552) ได้ประมาณการบริโภคปูแสมของคนไทยเท่ากับ 18,000 ตันต่อปี แต่ปูแสมที่จับจากธรรมชาติของประเทศไทยประมาณ 12,000 ตันต่อปี ไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ จึงต้องนำเข้าปูแสมจากประเทศเพื่อนบ้านแต่ละปีไม่ต่ำกว่า 5,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณปีละ 82 ล้านบาท ซึ่งแนวโน้มการขาดแคลนปูแสมเพื่อการบริโภคในประเทศจะมีมากยิ่งขึ้นในอนาคต เนื่องจากผลผลิตปูแสมทั้งหมดได้จากการจับจากแหล่งอาศัยในธรรมชาติ แม้ว่าปูแสมชนิดนี้เป็นปูที่มีความสำคัญทั้งนิเวศชายฝั่งและเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่ความรู้เกี่ยวกับการเพาะพันธุ์ปูแสมในประเทศไทยยังมีน้อยมาก โดยเฉพาะความรู้ด้านอาหารของแม่พันธุ์ปูแสมที่มีผลการสร้างไข่ ความดกไข่ การฟักไข่ และคุณภาพของตัวอ่อน



ภาพที่ 1 ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936)

การศึกษาเกี่ยวกับอาหารของแม่พันธุ์สัตว์น้ำกลุ่มคริสต์เตเซียนเริ่มเป็นที่สนใจในรอบ 20 ปีที่ผ่านมา เพื่อควบคุมคุณภาพการเพาะพันธุ์ตัวอ่อนในเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับอาหารที่มีผลจำเพาะกับการสมบูรณ์เพศ และการสืบพันธุ์ของคริสต์เตเซียนแต่ละชนิดยังคงมีจำกัด (Harrison, 1990; Djunaidah *et al.*, 2003) อาหารของแม่พันธุ์สัตว์น้ำกลุ่มคริสต์เตเซียน มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ และส่งผลต่อการสมบูรณ์ของรังไข่ ความตกไข่ และการฟักไข่ (Millamena and Quintio, 2000) จากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่ามีการใช้อาหารธรรมชาติ เช่น ปลาสด หอย ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูชนิดต่างๆ เนื่องจากอาหารธรรมชาติมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Cahu *et al.*, 1995) แต่คุณค่าทางโภชนาการของอาหารธรรมชาติเหล่านั้นมีความแปรปรวนสูง นอกจากนี้อาหารธรรมชาติจะเน่าเสียง่ายทำให้คุณภาพน้ำในบ่อที่เลี้ยงปูวัยอ่อนลดลงอย่างรวดเร็ว และยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบาด (Wu *et al.*, 2007) จึงได้มีการวิจัยการใช้อาหารสำเร็จรูปทดแทนอาหารธรรมชาติในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูชนิดต่างๆ เพื่อให้การอนุบาลตัวอ่อนมีอัตราการรอดสูงและประสบความสำเร็จ (Alava *et al.*, 2007) เช่น รายงานของ Wen *et al.* (2002); Wu *et al.* (2007) นอกจากนี้แม้ว่าเทคโนโลยีการเพาะพันธุ์ตัวอ่อนของปูชนิดต่างๆ จะมีการศึกษาพัฒนา แต่พบว่าคุณภาพของไข่และตัวอ่อน ยังคงแปรปรวนสูงและเป็นอุปสรรคต่อการผลิตปูจากโรงเพาะฟัก (Wen *et al.*, 2002) ดังนั้นโจทย์วิจัยที่สำคัญประการหนึ่งของการผลิตและอนุบาลปูวัยอ่อนคือคุณภาพของตัวอ่อน โดยทั่วไปการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของไข่และตัวอ่อนของปู จะเน้นศึกษาเกี่ยวกับอาหารของแม่พันธุ์ (Harrison, 1990; Lavens and Sorgeloos, 2000; Wouters *et al.*, 2001; Wu *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2009; Alava *et al.*, 2007; Sui *et al.*, 2009) เนื่องจากคุณภาพของการสืบพันธุ์จะสัมพันธ์กับองค์ประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงแม่พันธุ์ (Primavera *et al.*, 1979) ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับอาหารที่เหมาะสมกับแม่พันธุ์ปูจึงมีความจำเป็น เพื่อพัฒนาคุณภาพของตัวอ่อนและทำให้การอนุบาล ตัวอ่อนมีอัตราการรอดสูงและประสบความสำเร็จ (Alava *et al.*, 2007) นักวิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับถึงอาหารที่ใช้เลี้ยงแม่พันธุ์ ที่ส่งผลต่อพัฒนาการและความสมบูรณ์ของรังไข่ ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ คุณภาพไข่ของปูและ คริสต์เตเซียนกลุ่มต่างๆ เช่น รายงานของ Alava *et al.* (1993); Xu *et al.* (1994); Cahu *et al.* (1995); Cavalli *et al.* (1999); Millamena and Quintio, (2000); Wouters *et al.* (1999), (2001); Djunaidah *et al.* (2003) Alava *et al.* (2007) เป็นต้น สำหรับประเด็นวิจัยอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับอาหารของแม่พันธุ์ปูคือ การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทดแทนอาหารธรรมชาติ เนื่องจากอาหารธรรมชาติจะเน่าสลายอย่างรวดเร็วและทำให้คุณภาพน้ำลดลง (Sheen and Wu, 1999) นักวิจัยจึงได้พยายามพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงแม่พันธุ์ ที่ไม่มีผลเสียต่อคุณภาพน้ำ และลดต้นทุนนอกจากนี้อาหารเม็ดสำเร็จรูปยังเป็นเครื่องมือที่จำเป็นที่สามารถตอบสนองความต้องการอาหารของแม่พันธุ์แต่ละชนิดได้อีกด้วย (Djunaidah *et al.*, 2003)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ซึ่งยังไม่ปรากฏในรายงานการวิจัยมาก่อน เพราะหากทราบอาหารที่เหมาะสมกับแม่พันธุ์ปูแสมชนิดนี้ จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพของตัวอ่อน ช่วยให้การอนุบาลตัวอ่อนมีอัตราการรอดสูงและประสบความสำเร็จ นอกจากนี้ความรู้เกี่ยวกับการใช้อาหารเม็ดเลี้ยงแม่พันธุ์ปูแสม จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงแม่พันธุ์ รวมทั้งการผลิตอาหารให้ตอบสนองต่อความต้องการของแม่พันธุ์ปูแสมชนิดนี้ในลำดับต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ได้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการวิจัยปูน้ำเค็ม (Marine Crab Research Laboratory) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

1. การเตรียมการทดลอง ซึ่งเป็นการเตรียมลูกปูแสมระยะวัยอ่อนเพื่อใช้ในการทดลอง ตามวิธีของชาญยุทธ สุตทองคง และวัฒนา วัฒนกุล (2556) โดยแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้แก่

1.1 การเตรียมน้ำทะเล

นำน้ำทะเลธรรมชาติมาใส่ถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร โดยปรับให้น้ำทะเลมีระดับความเค็มตามความต้องการโดยการเติมน้ำจืดลงไป หลังจากนั้นเติมคลอรีนผงในอัตราส่วน 50 กรัมต่อน้ำทะเล 1 ตัน ให้อากาศแรงๆ และทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วันจนหมดคลอรีน ก่อนนำน้ำทะเลที่เตรียมไว้มาอนุบาลลูกปูแสมต้องตรวจสอบการตกค้างของคลอรีนด้วยโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) ก่อนและต้องกรองน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนพีชก่อนนำไปอนุบาลทุกครั้ง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การเตรียมน้ำทะเลเพื่ออนุบาลตัวอ่อนปูแสม

1.2 การเตรียมอาหารสำหรับการทดลองอนุบาลปูแสมวัยอ่อน

-การเพาะขยายสาหร่าย *Chlorella* sp. เพื่อเป็นอาหารโรติเฟอร์ โดยนำหัวเชื้อสาหร่าย *Chlorella* sp. จากหลอดแก้วมาขยายต่อในพลาสติก 1 ลิตรและจากพลาสติก 1 ลิตรมาขยายในโหลแก้วขนาด 10 ลิตร โดยใช้ น้ำทะเลที่เตรียมไว้ เติมปุ๋ยเป็นอาหารของ *Chlorella* sp. คือ แอมโมเนียมซัลเฟต 100 กรัมต่อน้ำ 1 ตัน แคลเซียมซูปเปอร์ฟอสเฟต 15 กรัมต่อน้ำ 1 ตันและยูเรีย 5 กรัมต่อน้ำ 1 ตัน นำโหลไปวางในที่ที่มีแสงสว่างพร้อมให้อากาศ เมื่อ *Chlorella* sp. ขยายจนมีสีเขียวเข้มแล้ว จึงนำไปขยายในถังไฟเบอร์ขนาด 1 ตัน เพื่อเตรียมไว้เลี้ยงโรติเฟอร์ และต้องเก็บหัวเชื้อสาหร่าย *Chlorella* sp. ไว้ เพื่อเตรียมไว้ขยายสำหรับเลี้ยงโรติเฟอร์ในโอกาสต่อไป

-การเพาะขยายโรติเฟอร์เพื่อเป็นอาหารปูแสมวัยอ่อน โดยเตรียมถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร แล้วนำ *Chlorella* sp. มาใส่ประมาณ 60 ลิตร นำโรติเฟอร์มาใส่ 15 ลิตร ปรับความเค็มของน้ำทะเลให้ได้ 15-20 psu เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญของโรติเฟอร์และลดการเพิ่มจำนวนของโคพีพอด เมื่อโรติเฟอร์มีความหนาแน่นเพียงพอ จึงทำการกรองด้วยสวิงเพื่อนำไปอนุบาลปูแสมวัยอ่อน โรติเฟอร์ส่วนหนึ่งต้องนำไปเลี้ยงในถังเพาะโรติเฟอร์เพื่อเตรียมไว้ใช้ในโอกาสต่อไป (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การเพาะพันธุ์สาหร่าย *Chlorella* sp. และ การเพาะโรติเฟอร์

-การเพาะอาร์ทีเมีย โดยนำไข่ของอาร์ทีเมียมาแช่คลอรีนไว้ประมาณ 5 นาที ล้างคลอรีนออกให้หมดแล้วนำไปเพาะในโหลขนาด 10 ลิตร โดยใช้น้ำทะเลที่เตรียมไว้และให้อากาศแรงๆ เพื่อให้ไข่อาร์ทีเมียกระจายทั่วโหล ทิ้งไว้ประมาณ 24-48 ชั่วโมง จึงทำการรวบรวมตัวอ่อนอาร์ทีเมียไปใช้อุบลาลูกปัดเพื่ออำนวยความสะดวกในการเก็บเกี่ยว อาร์ทีเมีย ทำโดยใช้ผ้าเทปสีดำปิดรอบโหลโดยเว้นข้างล่างไว้ประมาณ 1 นิ้ว ปิดอากาศเพื่อให้ตัวอาร์ทีเมียร่วงลงมาอยู่บริเวณก้นโหล จากนั้นใช้สายยางดูดเอาตัวอ่อนอาร์ทีเมียที่อยู่ข้างล่างไปอนุบาลลูกปูวัยอ่อนต่อไป (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การเพาะอาร์ทีเมียสำหรับเป็นอาหารของตัวอ่อนปูแสม

1.3 การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูแสม

ทำการรวบรวมปูแสมเพศเมียชนิด *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่มีไข่นอกกระดอง จากป่าชายเลนในจังหวัดตรัง ปูแสมเพศเมียที่รวบรวมได้จะถูกนำมาเลี้ยงที่โรงเพาะฟัก โดยทำแยกปูแสมเพศเมียแต่ละตัวเลี้ยงในกล่องโฟมขนาด 30×50×30 เซนติเมตรที่มีน้ำมีทะเลบรรจุอยู่ 20 ลิตร (ภาพที่ 5) สำหรับความเค็มที่ใช้เลี้ยงปูแสมเพศเมียอยู่ที่ระดับ 25-30 PSU. ให้อาหารประเภทอาหารกุ้ง อาหารธรรมชาติและอาหารเสริม

และต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน หลังจากนั้นเฝ้าสังเกตการฟักไข่ของปูแสมเพศเมีย โดยทั่วไปปูแสมเพศเมียจะฟักไข่ในช่วงกลางคืนระหว่าง 2 ทุ่มถึงเที่ยงคืน



ภาพที่ 5 การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูแสม

1.4 การเตรียมลูกปูแสมระยะวัยอ่อนเพื่อใช้ในการทดลอง

โดยทั่วไปแม่ปูจะออกไข่ในช่วงกลางคืนระหว่าง 2 ทุ่มถึงเที่ยงคืน เมื่อปูแสมฟักไข่จะคัดแยกตัวอ่อนโดยใช้สายยางดูดหรือใช้ภาชนะตักขึ้นมา ซึ่งการคัดแยกจะเลือกเอาเฉพาะลูกปูที่แข็งแรงคือตัวที่ว่ายน้ำอยู่ที่ผิวน้ำ ลูกปูวัยอ่อนจะรวบรวมมาไว้ในกล่องโฟมขนาด 30×50×30 เซนติเมตรที่มีน้ำมีทะเลบรรจุอยู่ 20 ลิตร สำหรับความเค็มที่ใช้เลี้ยงลูกปูใช้ระดับความเค็มเดียวกับที่ไข่ของปูแสมฟักออกมาเป็นตัว หลังจากนั้นจึงย้ายตัวอ่อนจากกล่องโฟมนำไปเลี้ยงอนุบาลในถังอนุบาลซึ่งเป็นถังไฟเบอร์ขนาด 500 ลิตร (ภาพที่ 6) เพื่ออนุบาลลูกปูให้มีชีวิตรอดและพัฒนาจากระยะ Zoea 1 จนถึงระยะ Crab 1 ขณะที่ทำการอนุบาลจะให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำ สำหรับอาหารที่ใช้อนุบาลลูกปูแสมเป็นอาหารที่มีชีวิต เช่น โรติเฟออร์ และ อาร์ทีเมีย หลังจากนั้นลูกปูระยะ Crab 1 จะถูกย้ายไปอนุบาลในบ่อซีเมนต์ เพื่อเลี้ยงเป็นแม่พันธุ์สำหรับการทดลองในลำดับถัดไป



ภาพที่ 6 การเตรียมตัวอ่อนปูแสมเพื่อใช้ในการทดลอง

1.5 การอนุบาลลูกปูแสมระยะวัยรุ่นเพื่อใช้ในการทดลอง

หลังจากอนุบาลจนลูกปูพัฒนาเข้าสู่ระยะ Crab 1 จึงย้ายไปอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาด 2.0×4.0×0.8 เมตร (ภาพที่ 7) ในอัตราความหนาแน่น 1,000 ตัวต่อบ่อ รวมทั้งหมด 8 บ่อ ใส่กิ่งใบสน เป็นวัสดุหลบซ่อน สำหรับอาหารหลักที่ใช้ในการอนุบาลปูวัยอ่อนในระยะ Crab 1 คือ อาหารธรรมชาติ เช่น กุ้งสด สลับกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งทะเล และให้ใบไม้ของพรรณไม้ชายเลนและสาหร่าย *Caulerpa* spp. เป็นอาหารเสริม โดยทำการให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน หลังจากอนุบาลลูกปูแสมระยะวัยรุ่นจนลูกปูมีอายุ 12 สัปดาห์ จึงแยกไปทดลองเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกัน



ภาพที่ 7 การอนุบาลลูกปูแสมระยะวัยรุ่นในบ่อซีเมนต์เพื่อใช้ในการทดลอง

2. การวิจัยประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.1 การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ (Reproductive performance) ของแม่พันธุ์ปูแสมที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป แบ่งได้เป็นการศึกษาด้านต่างๆ (ภาพที่ 8) ดังนี้

2.1.1 ศึกษาอัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมีย ก่อนมีไข่นอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS) อัตราส่วนของปูที่มีไข่นอกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) และ อัตราส่วนความสำเร็จของการฟักไข่ของปูแสมเพศเมีย (Percentage of berried females successfully hatched; PBFSH) จะดำเนินการหลังจากอนุบาลลูกปูแสมระยะวัยรุ่นเพื่อเป็นแม่พันธุ์ในข้อ 1.5 จนมีอายุ 12 สัปดาห์ จึงย้ายมาแยกเลี้ยงในถังไฟเบอร์ขนาด 1.0×1.0×0.5 เมตร โดยเลี้ยงลูกปู 30 ตัวต่อถังในอัตราส่วนปูเพศเมียและปูเพศผู้เท่ากับ 2:1 และทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตามแผนการทดลองดังนี้

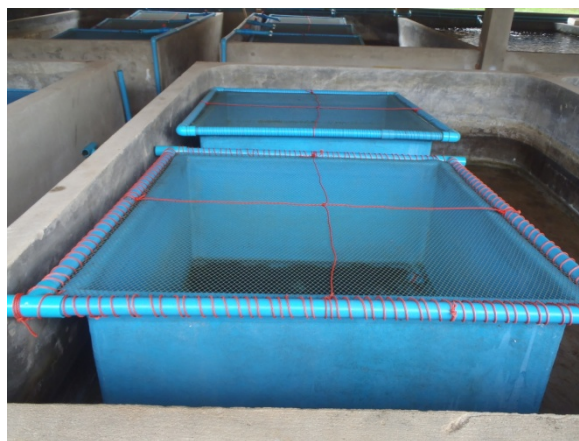
ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงด้วยกุ้งทะเลสด

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงด้วยปลาทะเลสด

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป เช่น อาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงกุ้งทะเล

ชุดทดลองที่ 4 เลี้ยงด้วยกุ้งทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป

ชุดทดลองที่ 5 เลี้ยงด้วยปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป



ภาพที่ 8 การทดลองประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม

อาหารที่เป็นกุ้งสดคือกุ้งทะเลสดขาว (*Penaeus vannamei*) ส่วนปลาสดคือเนื้อปลาหูแหกครีบยาว (*Decapterus maruadsi*) สำหรับอาหารสำเร็จรูปคืออาหารกุ้งสำเร็จรูปชนิดเม็ดจมน้ำ (อาหารกุ้งขาว *P. vannamei*) ยี่ห้อไฮเกรด เบอร์ 5303S ใช้กับกุ้งเล็ก ขนาด 1-3 กรัม ที่มีคุณค่าทางอาหารประกอบด้วยโปรตีนไม่น้อยกว่า 34% และไขมันไม่น้อยกว่า 5%) ผลิตโดยบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะให้อาหารในอัตราส่วนดังนี้คือให้อาหารสำเร็จรูป ในอัตราการ 10% ของน้ำหนักตัว ส่วนอาหารธรรมชาติให้อัตรา 50% ของน้ำหนักตัว (เนื่องจากอาหารธรรมชาติ มีองค์ประกอบของน้ำมากกว่าอาหารเม็ด (อาหารเม็ดที่ใช้มีความชื้นไม่เกิน 11%) ซึ่งจากการนำอาหารธรรมชาติไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะมีน้ำหนักลดลงเทียบเท่าเป็นน้ำหนักแห้ง 10%) ซึ่งการทดลองขั้นตอนนี้จะเลี้ยงปูแสมด้วยอาหารตามแผนการทดลองข้างต้น เป็นระยะเวลาประมาณ 16 สัปดาห์ สำหรับเหตุผลที่ไม่ใช้ใบไม้ของพรรณไม้ชายเลนเป็นอาหารในการเลี้ยงปูแสม เนื่องจากนักวิจัยสรุปว่าใบไม้ไม่ใช่อาหารหลักของปูแสม เพราะใบไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการน้อย เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนของ C:N (Skov and Harnoll, 2002; Bouillon *et al.*, 2002) นอกจากนี้ในระหว่างเลี้ยงปูจะให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน พร้อมตรวจสอบการตายและแม่ปูที่มีไขนอกกระดอง เพื่อเก็บข้อมูลการตายของแม่ปูก่อนการมีไขนอกกระดอง และจำนวนแม่ปูที่มีไขนอกกระดอง หากตรวจพบปูตายก็จะนำออกจากถังทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์อัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมีย ก่อนมีไขนอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS) และอัตราส่วนของปูที่มีไขนอกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) ตามเอกสารของ Wu *et al.* (2010) ดังนี้

$$\text{ค่า SFBS} = \frac{100 \times \text{จำนวนปูแสมเพศเมีย ที่มีชีวิตก่อนมีไขนอกกระดอง}}{\text{จำนวนปูแสมเพศเมีย ตอนเริ่มการทดลอง}}$$

$$\text{ค่า PFS} = \frac{100 \times \text{จำนวนปูแสมเพศเมีย ที่สามารถวางไข่}}{\text{จำนวนปูแสมเพศเมีย ที่มีชีวิตรอดทั้งหมด}}$$

สำหรับกรณีที่พบปูมีไขนอกกระดอง จะบันทึกข้อมูลนำไปแยกเลี้ยงอิสระในกล่องโฟมขนาด 30×50×30 เซนติเมตรที่มีน้ำมีทะเลบรรจุอยู่ 20 ลิตร ทำการให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน จนกว่าไข่จะพัฒนาจนใกล้ฟักเป็นตัว หลังจากนั้นเฝ้าสังเกตการวางไข่ของแม่ปู เมื่อไข่ฟักออกเป็นตัวอ่อน จึงบันทึกข้อมูลแม่ปูที่มีไข่ฟักออกเป็น ตัว เพื่อวิเคราะห์อัตราความสำเร็จของการฟักไข่ของปูแสมเพศเมีย (Percentage of berried females successfully hatched; PBFSH) ตามตามเอกสารของ Wu *et al.* (2010) ดังนี้

$$\text{ค่า PBFSh} = 100 \times \frac{\text{จำนวนแม่ปูที่มีไข่นอกกระดองและสามารถฟักออกเป็นตัว}}{\text{จำนวนแม่ปูที่มีไข่นอกกระดองทั้งหมด}}$$

2.1.2 ศึกษาความดกไข่ (Fecundity) ขนาด ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ (Size mass and volume) การฟักไข่ (Egg hatchability) และระยะเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development time) จะดำเนินการหลังจากอนุบาลลูกปูแสมระยะวัยรุ่นเพื่อเป็นแม่พันธุ์ในข้อ 1.5 จนมีอายุ 12 สัปดาห์ จึงย้ายมาแยกเลี้ยงในถังไฟเบอร์ขนาด 1.0×1.0×0.5 เมตร โดยเลี้ยงลูกปู 30 ตัวต่อถังไฟเบอร์ในอัตราส่วนเพศเมียและเพศผู้เท่ากับ 2:1 แยกเลี้ยงด้วยอาหารต่างกันและทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตามแผนการทดลองดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงด้วยกุ้งทะเลสด

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงด้วยปลาทะเลสด

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป เช่น อาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงกุ้งทะเล

ชุดทดลองที่ 4 เลี้ยงด้วยกุ้งทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป

ชุดทดลองที่ 5 เลี้ยงด้วยปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป

ซึ่งการทดลองขั้นตอนนี้จะเลี้ยงปูแสมด้วยอาหารตามแผนการทดลองข้างต้น เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 16 สัปดาห์ ในระหว่างเลี้ยงปูแสมต้องให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน พร้อมตรวจสอบการตายและจำนวนปูแสมที่มีไข่นอกกระดอง หากตรวจพบปูตายก็นำออกจากถังทดลอง แต่หากพบปูแสมที่มีไข่นอกกระดอง นำไปแยกเลี้ยงอิสระในกล่องโฟมขนาด 30×50×30 เซนติเมตรที่มีน้ำมีทะเลบรรจุอยู่ 20 ลิตร ทำการให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ในระหว่างเลี้ยงปูแสมจะทำการเก็บข้อมูลดังนี้

-การศึกษาความดกไข่ (Fecundity)

สุ่มจับปูแสมเพศเมีย ที่มีไข่นอกกระดอง (ระยะ gastrulae stage) ที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างๆ นำมาวัดความกว้างกระดอง (Carapace width; CW) ด้วย digital vernier calipers แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักเปียกของปูแสมเพศเมีย และน้ำหนักไข่ที่อยู่บริเวณจับปิ้ง ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 2 ตำแหน่ง ก่อนซึ่งจะต้องใช้กระดาษซับน้ำที่ติดอยู่ให้แห้งก่อน สำหรับการหาจำนวนไข่ทั้งหมดของปูแสมเพศเมีย แต่ละตัว (total number of eggs per female; eggs/female) จะคิดจากตัวอย่างของไข่ที่สุ่มจากปูแสมเพศเมีย แต่ละตัวอย่างน้อย 5 ซ้ำ (ประมาณ 0.1 กรัม) นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 2 ตำแหน่ง และนับจำนวนไข่ในแต่ละตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus CX31) หลังจากนั้นจึงคำนวณค่าความดกไข่ (Fecundity) ตามวิธีของ Wu *et al.* (2010)

-การศึกษาขนาด ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ปู (Size mass and volume)

การวัดขนาดของไข่ปู จะทำการสุ่มไข่ปูระยะต่างๆ ระยะจำนวน 30 ฟอง จากแม่ปูที่มีไข่นอกกระดองที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกัน นำมาวัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus CX31) ตามวิธีของ Garcia-Guerrero and Hendrickx (2004) ดังนี้

Length of larger diameter (LA) คือค่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่กว้างที่สุดของไข่ โดยวัดจากขอบด้านหนึ่งถึงขอบอีกด้านหนึ่งของไข่

Length of smaller diameter (SA) คือค่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่แคบที่สุดของไข่ โดยวัดจากขอบด้านหนึ่งถึงขอบอีกด้านหนึ่งของไข่

Mean diameter คือค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของไข่ คำนวณจาก $(LA+SA)/2$

Volume (V) คือค่าปริมาตรของไข่ สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$V = 4/3(\pi r^2 R) \text{ โดย } r = SA/2 \text{ และ } R = LA/2$$

สำหรับการหาน้ำหนักเปียกของไข่ปูแต่ละฟอง (wet weight of individual egg) จะต้องสุ่มตัวอย่างไข่ และชั่งน้ำหนักเปียกของไข่ปูแต่ละฟอง (wet weight of individual egg) ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง ข้อมูลที่ได้จะได้นำไปเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักและขนาดของไข่ปูจากแม่ปูที่มีไข่นอกกระดองที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกัน สำหรับไข่ที่เหลือจะถูกนำไปวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทางชีวเคมี (biochemical analysis) ต่อไป

-การศึกษาการฟักไข่ (Egg hatchability) และระยะเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development time) ดัดแปลงจากวิธีของ Wu *et al.* (2010) โดยนำไข่ปูระยะ blastula stage จากปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันจำนวน 50 ฟอง นำมาใส่ในหลอดทดลองที่เป็นหลอดแก้ว 50 มิลลิลิตร (ภาพที่ 9) โดยทำการทดลอง 5 ซ้ำกับไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน สำหรับความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้ฟักไข่อยู่ในช่วง 25 PSU. อุณหภูมิ 26-28 °C และให้อากาศในระดับปานกลางเพื่อเพิ่มออกซิเจนและป้องกันไม่ให้ไข่จมลงสู่ก้นหลอดแก้ว หลอดแก้วแต่ละหลอดจะเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100 % ทุกวัน ในระหว่างทดลองต้องตรวจเช็คการฟักไข่ทุก 12 ชั่วโมงนับตั้งแต่เริ่มการทดลอง บันทึกข้อมูลเมื่อไข่เริ่มฟักออกเป็นตัวอ่อน และตัวอ่อนระยะ zoea 1 ที่แรกฟักจะถูกแยกออกจากหลอดทดลอง การทดลองจะดำเนินการจนกระทั่งไข่ทุกฟองฟักเป็นตัวอ่อนหมดหรือแน่ใจว่าไข่ที่เหลืออยู่เป็นไข่เสีย เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะทราบข้อมูลอัตราการฟักไข่ (Hatching rate) และช่วงเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development duration) ของแม่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด



ภาพที่ 9 การศึกษาการฟักไข่ของปูแสม

2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ของไข่จากแม่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีคล้ายคลึงกับรายงานของ Lemos and Rodriguez (1998); Naz (2008); Alava *et al.* (2007) นอกจากนี้จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปที่ใช้ในการเลี้ยงแม่ปูครั้งนี้ด้วยเช่นกัน

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ (Reproductive performance) ของแม่พันธุ์ปูแสมที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป เช่น อัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมียก่อนมีไข่นอกกระดอง อัตราส่วนของปูที่มีไข่นอกกระดอง อัตราส่วนความสำเร็จของการฟักไข่ของปูแสมเพศเมีย ความดกไข่ ขนาด ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ปู การฟักไข่ และระยะเวลาการพัฒนาของไข่ ด้วยค่าสถิติ ANOVA (Analysis of Variances) ตามเอกสารของ Sokal and Rohlf (1995)

2.4.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางชีวเคมีอาหารที่ใช้เลี้ยงปูแสม ด้วยค่าสถิติ ANOVA (Analysis of Variances) ตามเอกสารของ Sokal and Rohlf (1995)

ผลการวิจัย

การศึกษาอัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมียก่อนมีไข่นอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS)

จากการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป พบว่าปูแสม *E. singaporense* เพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ เช่น กุ้งทะเลสด ปลาทะเลสด และอาหารกุ้งสำเร็จรูป สามารถมีไข่นอกกระดองได้ ซึ่งจากการวิจัยพบอัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมียก่อนมีไข่นอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS) อยู่ในช่วง 90.0-100.0% และปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยปลาทะเลสดมีอัตราการรอดตายก่อนมีไข่นอกกระดองสูงสุด (100.0%) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างอัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมียก่อนมีไข่นอกกระดองที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการรอดตายก่อนมีไข่นอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	อัตราการรอดตายของปูแสมเพศเมียก่อนสร้างไข่นอกกระดอง (%)
กุ้งทะเลสด	96.7±5.8 ^{ns}
ปลาทะเลสด	100.0±0.0 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	90.0±17.3 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	93.3±11.6 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	93.3±11.6 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

การศึกษาอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่ออกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) ของปูแสม *E. singaporense* เพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

จากการศึกษาอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่ออกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) ของปูแสม *E. singaporense* เพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป พบว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันมีอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่ออกกระดองอยู่ในช่วง 47.6-76.7% และปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่ออกกระดองสูงสุด (76.7%) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่ออกกระดองของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนร้อยละของการมีไข่ออกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนร้อยละของปูแสมเพศเมียที่มีไข่ออกกระดอง (%)
กุ้งทะเลสด	47.6±50.2 ^{ns}
ปลาทะเลสด	62.7±11.3 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	76.7±28.9 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	66.67±38.19 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป	53.57±46.70 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

สำหรับการวิเคราะห์อัตราส่วนร้อยละความสำเร็จของการฟักไข่ (Percentage of berried females successfully hatched; PBFSH) ของปูแสม *E. singaporense* เพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป พบว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันมีอัตราส่วนความสำเร็จของการฟักไข่อยู่ในช่วง 50.00-88.89 % และปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยกุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูปมีอัตราส่วนความสำเร็จของการฟักไข่สูงสุด (88.89%) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างอัตราส่วนความสำเร็จของการฟักไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ส่วนการศึกษาคความดกไข่ (Fecundity) ของปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป พบว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันมีความดกไข่ในช่วง 23,612.2-

36,372.2 ฟอง (ตารางที่ 3) โดยปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูปมีความตกไข่สูงสุด (31,278.2 ฟอง) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างความตกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 อัตราส่วนร้อยละความสำเร็จของการฟักไข่ (Percentage of berried females successfully hatched; PBFSH) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนความสำเร็จของการฟักไข่ (%)
กุ้งทะเลสด	60.00±52.92 ^{ns}
ปลาทะเลสด	81.11±20.09 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	80.56±17.35 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	88.89±19.24 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป	50.00±44.10 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

ตารางที่ 4 ความตกไข่ (Fecundity) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	ความตกไข่ (ฟอง)
กุ้งทะเลสด	23,612.22±1,1430.38 ^{ns}
ปลาทะเลสด	31,278.22±14,085.60 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	28,079.11±7,234.46 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	23,970.67±15,501.72 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป	36,372.22±73,85.57 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

การศึกษาขนาด ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ (Size volume and mass) จากไข่ของปูแสม *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาขนาด ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ (Size mass and volume) จากไข่ของปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป และพบค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่กว้างที่สุด (Length of larger diameter; LA) ของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง 309.58-321.94 μm ส่วนค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่แคบที่สุด (Length of smaller diameter; SA) ของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง 309.58-321.94 μm และค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Mean diameter) ของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง 309.58-321.94 μm แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างขนาดของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ขนาดของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	ขนาดของไข่ปูแสม		
	LA (μm)	SA (μm)	Mean diameter (μm)
กุ้งทะเลสด	309.58 \pm 1.25 ^{ns}	294.03 \pm 2.77 ^{ns}	301.80 \pm 1.87 ^{ns}
ปลาทะเลสด	314.17 \pm 2.50 ^{ns}	297.22 \pm 2.37 ^{ns}	305.69 \pm 0.94 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	317.50 \pm 10.83 ^{ns}	296.94 \pm 10.88 ^{ns}	307.22 \pm 10.78 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	312.64 \pm 5.29 ^{ns}	293.61 \pm 3.01 ^{ns}	303.13 \pm 4.15 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป	321.94 \pm 3.24 ^{ns}	300.14 \pm 3.78 ^{ns}	311.04 \pm 3.44 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

สำหรับการศึกษาปริมาตร และน้ำหนักของไข่ปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป พบปริมาตรของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง 14.03-15.20 $\mu\text{m}^3 \times 10^6$ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างปริมาตรของไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน (ตารางที่ 6) ส่วนน้ำหนักของไข่ปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้พบในช่วง 12.33 -14.83 wt. μg แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างน้ำหนักของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	ปริมาตร และน้ำหนักของไข่ปูแสม	
	ปริมาตร ($\mu\text{m}^3 \times 10^6$)	น้ำหนัก (wt. μg)
กุ้งทะเลสด	14.03±0.32 ^{ns}	14.83±1.04 ^{ns}
ปลาทะเลสด	14.53±0.15 ^{ns}	14.83±0.58 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	14.67±1.61 ^{ns}	12.50±2.18 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	14.10±0.52 ^{ns}	13.83±1.89 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป	15.20±0.50 ^{ns}	12.33±0.29 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

การศึกษาระยะเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development time) และการฟักไข่ (Egg hatchability) ของปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

จากการศึกษาระยะเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development time) และการฟักไข่ (Egg hatchability) ของปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

พบระยะเวลาการพัฒนาของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง 20.78-22.77 วัน แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างระยะเวลาการพัฒนาของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน (ตารางที่ 7) ส่วนการฟักไข่ (Egg hatchability ของปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้พบในช่วง 61.33-68.53% แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างน้ำหนักของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ระยะเวลาการพัฒนาของไข่ (Egg development time) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	ระยะเวลาการพัฒนาของไข่ปูแสม (วัน)
กุ้งทะเลสด	21.00±0.86 ^{ns}
ปลาทะเลสด	22.22±2.51 ^{ns}
อาหารกุ้งสำเร็จรูป	21.84±1.20 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	22.77±1.86 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	20.78±1.51 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

ตารางที่ 8 อัตราการฟักไข่ (Egg hatchability) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง	อัตราการฟักไข่ (%)
กุ้งทะเลสด	66.13±5.33 ^{ns}
ปลาทะเลสด	68.53±6.33 ^{ns}

อาหารกุ้งสำเร็จรูป	61.60±7.21 ^{ns}
กุ้งทะเลสดสลับกับอาหารกุ้งสำเร็จรูป	61.33±4.77 ^{ns}
ปลาทะเลสดสลับกับอาหารสำเร็จรูป	67.87±6.99 ^{ns}

หมายเหตุ ns คือ ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% (P>0.05)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ของอาหารและไขปูแสม

จากการส่งตัวอย่างอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปูแสม *E. singaporense* ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด พบว่ามีองค์ประกอบทางชีวเคมี ดังรายละเอียดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ของอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปูแสม *E. singaporense*

	กุ้งทะเลสด	ปลาทะเลสด	อาหารกุ้งสำเร็จรูป
Protein	15.58±0.55 ^b	21.59±0.13 ^c	35.52±0.03 ^a
Crude Fat	0.58±0.01 ^b	1.31±0.03 ^c	6.11±0.05 ^a
Carbohydrate	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	34.42±0.10 ^a
Ash	0.86±0.02 ^b	1.39±0.01 ^c	12.04±0.03 ^a
Moisture	83.68±0.53 ^b	77.32±0.85 ^c	11.91±0.05 ^a

หมายเหตุ ความแตกต่างของตัวอักษรที่ข้อมูลในแถว คือ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% (P<0.05)

นอกจากนี้จากการส่งตัวอย่างไขปูแสม *E. singaporense* ที่ได้จากปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด พบว่ามีองค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ด้วยเช่นกัน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ในครั้งนี้พบว่าปูแสม *E. singaporense* เพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ (ปลาทะเลสด กุ้งทะเลสด) และอาหารสำเร็จรูป (อาหารกุ้งสำเร็จรูปชนิดเม็ดจมน้ำ) สามารถมีไข่นอกกระดองได้ ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้คล้ายกับรายงานวิจัยอื่นที่พบว่าปูเพศเมียชนิดต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปสามารถสร้างไข่นอกกระดองได้ (Millamena and Qunitio 2000; Millamena and Bangcaya, 2001; Djunaidah *et al.*, 2003; Alava *et al.*, 2007; Azra and Ikhwanuddin, 2015) โดยการศึกษาครั้งนี้พบอัตราการรอดตายก่อนมีไข่นอกกระดอง (Survival of females before spawning; SFBS) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยปลาทะเลสด กุ้งทะเลสด และอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดอยู่ในช่วง 90.0-100.0% ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wu *et al.* (2010) ซึ่งได้ศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปู *Portunus trituberculatus* ที่ได้นำปูเพศเมียตัวเต็มวัยในธรรมชาติมาเลี้ยงในโรงเพาะฟักโดยให้อาหารธรรมชาติคือเนื้อหอย *Sinonovacula constricta* เป็นอาหาร และพบอัตราการรอดตายสูงอยู่ในช่วง 92.9-100.0% นอกจากนี้จากรายงานการศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูทะเล *Scylla serrata* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ (เนื้อหมึก ปลาทะเลสดเนื้อหอย) อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีระดับไลปิดต่างกัน (10%, 12%, 14%) และอาหารธรรมชาติร่วมกับอาหารสำเร็จรูป พบอัตราการรอดตายสูงอยู่ในช่วง 70-100% (Alava *et al.*, 2007) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้พบปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติคือปลาทะเลสด กุ้งทะเลสด มีอัตราการรอดตายของก่อนมีไข่นอกกระดองมากกว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Millamena and Qunitio (2000) ที่ทดลองเลี้ยงปูทะเล *Scylla serrata* เพศเมียให้มีไข่นอกกระดองด้วยอาหารต่างกัน คือ อาหารธรรมชาติ (เนื้อหอย *Perna veridis* หมึก *Loligo* sp. และปลาเป็ด) อาหารสำเร็จรูป (ใช้สูตรอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงแม่พันธุ์กุ้งที่พัฒนาโดย SEAFDEC) และอาหารธรรมชาติร่วมกับอาหารสำเร็จรูป ซึ่งพบปูทะเล *Scylla serrata* เพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารธรรมชาติร่วมกับอาหารสำเร็จรูปมีอัตราการรอดตายสูงกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว สำหรับเหตุผลอัตราการรอดตายที่แตกต่างกันระหว่างปูสองชนิดที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน อาจเกิดจากความแตกต่างทางชีววิทยาของปูต่างชนิดกัน และอาจเป็นผลมาจากการให้อาหารต่างชนิดที่มีสารอาหารต่างกัน

จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดอง (Percentage of female spawned; PFS) ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีแนวโน้มอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดองสูงกว่าปูแสมเพศเมียระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ จากเอกสารต่างๆ พบว่าอาหารสำเร็จรูปมีองค์ประกอบของโปรตีนรูปแบบต่างๆ (Millamena and Qunitio, 2000; Millamena and Bangcaya, 2001) ไลปิดและกรดอะมิโนที่

จำเป็นต่างๆ (Djunaidah *et al.*, 2003; Alava *et al.*, 2007) ซึ่งสำคัญต่อความสมบูรณ์ของรังไข่ปู (ovarian maturation) และการพัฒนาของตัวอ่อนในไข่ (embryonic development) สารอาหารเหล่านั้นมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อรูปร่างของไข่ (egg morphology) อัตราการฟักไข่ (hatching rate) และการสังเคราะห์ไวเทลโลจีนิน (vitellogenin synthesis) ที่เกี่ยวข้องกับการสะสมไข่แดง (yolk) เช่น กรดอะมิโน (amino acids) วิตามิน (vitamins) และกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acids) (Azra and Ikhwanuddin, 2015) ดังนั้นอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดองของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติที่มีแนวโน้มต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป จึงอาจเกิดจากอาหารธรรมชาติอาจมีสารอาหารไม่ครบถ้วนเท่ากับอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนและไขมันสูงกว่าอาหารธรรมชาติ (ตารางที่ 9) เนื่องจากการผลิตอาหารสำเร็จรูปสามารถใส่สารอาหารให้ครบถ้วนตามความต้องการสัตว์น้ำได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Millamena and Qunitio (2000) พบว่าการขาดกรดไขมัน (essential fatty acids) ในอาหารธรรมชาติทำให้ปูทะเลเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูทะเลเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปหรือการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดองของปูแสมเพศเมีย *E. singaporense* ระยะวัยรุ่นกับปูชนิดอื่น เช่น ปู *Portunus trituberculatus* (Wu et al. 2010) พบว่าในการอัตราการสร้างไข่นอกกระดองของปูแสมเพศเมียต่ำกว่า (47.6-67.7%) เมื่อเทียบกับอัตราการมีไข่นอกกระดองของปู *Portunus trituberculatus* (90.8%) หรือการวิจัยของ Djunaidah *et al.*, (2003) ที่การศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูทะเล *Scylla paramamosain* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติ (เนื้อหมึก เนื้อปลา) และอาหารสำเร็จรูป และพบว่าอัตราการมีไข่นอกกระดอง 100% สำหรับสาเหตุที่อัตราการสร้างไข่นอกกระดองของปู *Portunus trituberculatus* สูงกว่า เป็นเพราะความแตกต่างทางชีววิทยาระหว่างปูต่างชนิดกัน นอกจากนี้ ปู *Portunus trituberculatus* ที่นำศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์เป็นปูแสมเพศเมียตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์เพศ (fully matured females) จึงมีอัตราการสร้างไข่นอกกระดองสูง เพราะใช้พลังงานจากอาหารเพื่อการเติบโตน้อยกว่าปูวัยรุ่นที่ต้องจัดสรรพลังงานบางส่วนเพื่อใช้ในการเติบโตและสร้างไข่ ดังรายงานของมูฮัมหมัด (2558) ที่พบว่าปูแสม *E. singaporense* เริ่มมีไข่นอกกระดองที่ความกว้างกระดองต่ำสุดคือ 2.0 เซนติเมตร ซึ่งจัดเป็นขนาดแรกเริ่มสมบูรณ์เพศ (size at first maturity) ของปูแสมชนิดนี้ โดยปูแสม *E. singaporense* ที่มีความกว้างกระดอง 2.0-2.4 เซนติเมตรมีการสร้างไข่นอกกระดองน้อยกว่าปูแสมขนาดโตกว่าที่มีความกว้างกระดอง 2.5-3.0 เซนติเมตร ซึ่งการทดลองครั้งนี้เป็นการเลี้ยงปูแสมวัยรุ่นที่มีความกว้างกระดอง 2.0 เซนติเมตร ให้เติบโตและมีไข่นอกกระดอง ปูแสมวัยรุ่นจึงทำให้ต้องนำพลังงานบางส่วนไปใช้ในการเติบโต ทำให้เหลือพลังงานในการสร้างไข่น้อยกว่า จึงพบอัตราส่วนร้อยละของการมีไข่นอกกระดองต่ำกว่า

ส่วนการศึกษาความดกไข่ (Fecundity) ของของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพบความดกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกันอยู่ในช่วง

23,612.2-31,278.2 ฟอง ใกล้เคียงกับรายงานของสริณา แดงดี และคณะ (2557) ที่ได้ศึกษาความดกไข่ของปูแสม *E. singaporense* ที่ลุ่มจับจากป่าชายเลนในจังหวัดตรัง และพบความดกไข่เฉลี่ยเท่ากับ $25,191 \pm 10,121$ ฟอง โดยความดกไข่สูงสุดในเดือนพฤษภาคมเท่ากับ $38,031 \pm 7,139$ ฟอง การพบความดกไข่ของปูแสมเพศเมียระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงในโรงเพาะฟักใกล้เคียงกับความดกไข่ของปูแสมที่อาศัยในแหล่งอาศัยธรรมชาติ

สำหรับข้อมูลอื่นๆ ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เช่น อัตราส่วนร้อยละความสำเร็จของการฟักไข่ (Percentage of berried females successfully hatched; PBFSh) ขนาด ปริมาตร และน้ำหนัก (Size volume and mass) ของไข่ปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงถึงความความเป็นปกติของการสร้างไข่นอกกระดองของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน สำหรับข้อมูลที่น่าสนใจที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้คือ การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทดแทนอาหารธรรมชาติ ซึ่งเป็นประเด็นวิจัยอีกประการหนึ่งที่เกี่ยวกับอาหารของแม่พันธุ์ปู เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการของอาหารธรรมชาติมีความแปรปรวนสูง นอกจากนี้อาหารธรรมชาติจะเน่าเสียง่ายทำให้คุณภาพน้ำในบ่อที่เลี้ยงปูวัยอ่อนลดลงอย่างรวดเร็ว และยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบาด (Sheen and Wu, 1999; Wu *et al.*, 2007) นักวิจัยจึงได้พยายามพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงแม่พันธุ์ ที่ไม่มีผลเสียต่อคุณภาพน้ำ และลดต้นทุนนอกจากนี้อาหารเม็ดสำเร็จรูปยังเป็นเครื่องมือที่จำเป็นที่สามารถตอบสนองความต้องการอาหารของแม่พันธุ์แต่ละชนิดได้อีกด้วย (Djunaidah *et al.*, 2003) ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงปูแสมเป็นแม่พันธุ์ปูแสมจากโรงเพาะฟัก เพื่อลดความเสี่ยงต่อโรค ลดต้นทุนลดการใช้แม่พันธุ์ที่จับจากธรรมชาติ และเพื่อผลิตตัวอ่อนปูแสมที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัยเพื่อผลิตอาหารสำเร็จรูปให้ตอบสนองต่อความต้องการของแม่พันธุ์ปูแสมชนิดนี้ในลำดับต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของปูแสม *Episesarma singaporense* ที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป ได้ดำเนินการโดยเลี้ยงปูแสมด้วยปลาสด กุ้งสด และอาหารสำเร็จรูป จากผลการศึกษาพบว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยปลาสด กุ้งสดและอาหารสำเร็จรูป สามารถสร้างไขนอกกระดองได้ โดยพบอัตราการรอดตายของปูเพศเมียก่อนมีไขนอกกระดอง อัตราส่วนร้อยละของการมีไขนอกกระดองอยู่ และความตกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน อยู่ในช่วง 90.0-100.0%, 47.6-76.7% และ 23,612-36,372 ฟองตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างอัตราการรอดตายของปูเพศเมียก่อนมีไขนอกกระดอง อัตราส่วนร้อยละของการมีไขนอกกระดอง และความตกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน อย่างไรก็ตามจากการผลทดลองครั้งนี้พบว่าปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีอัตราการรอดตายก่อนมีไขนอกกระดองค่อนข้างสูง (90.0%) และมีอัตราส่วนร้อยละของการมีไขนอกกระดองมากที่สุด (76.7%) นอกจากนี้ความตกไข่ของปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูปพบใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงปูแสม *E. singaporense* ให้มีไขนอกกระดอง เพื่อผลิตเป็นแม่พันธุ์ปูแสมจากโรงเพาะฟัก

เอกสารอ้างอิง

- ชาญยุทธ์ สุตทองคง และวัฒนา วัฒนกุล. 2556. การรอดตาย การเจริญเติบโต และระยะเวลาพัฒนาการของตัวอ่อนปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปและอาหารที่มีชีวิต. รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2556, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- บรรจง เทียนสงรัมย์. 2552. ปูแสม...กำลังวิกฤติ ร่วมคิดร่วมเลี้ยงปู ดูแลป่า แก้ปัญหา พัฒนาป่าชุมชน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.
- มูอัมหมัด จิตรณรงค์. 2558. อิทธิพลของความเค็มต่อการเพาะและอนุบาลปูแสม *Episesarma singaporense* (Tweedie, 1936). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- สรินาแดงดี ศุภรัตน์ คงโอ และชาญยุทธ์ สุตทองคง. 2557. ความดกไข่และอัตราการฟักไข่ของปูแสม *Episesarma singaporense*. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 8 (2): 1-9.
- Alava, V.R., Kanazawa, A., Teshima, S., and Sakamoto, S. 1993. Effect of dietary phospholipids and n-3 highly unsaturated fatty acids on ovarian development of kuruma prawn. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 345-351.
- Alava *et al.*, 2007. Reproductive performance, lipids and fatty acids of mud crab *Scylla serrata* (Forsskal) fed dietary lipid levels. *Aquaculture Research* 38: 1442-1451.
- Azra, M.N. and Ikhwanuddin, M. 2015. A review of maturation diets for mud crab genus *Scylla* broodstock: Present research, problems and future perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Available online 27 March 2015 [doi:10.1016/j.sjbs.2015.03.011](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.03.011)
- Bouillon, S., Koedam, N., Raman, A.V. and Dehairs, F. 2002. Primary producers sustaining macro-invertebrate communities in intertidal mangrove forests. *Oecologia* 130: 441-448.
- Cahu, C.L., Cuzan, G., and Quazuguel, P. 1995. Effect of highly unsaturated fatty acid, α -tocopherol and ascorbic acid in broodstock diet on egg composition and development of *Penaeus indicus*. *Comparative Biochemical Physiology* 112A (3-4): 417-424.
- Cavalli, R.O., Lavens, P., and Sorgeloos, P. 1999. Performance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock fed diets with different fatty acid composition. *Aquaculture* 179: 387 - 402.

- Djunaidah, I.S., Wille, M., Kontara, E.K., and Sorgeloos, P. 2003. Reproductive performance and offspring quality in mud crab (*Scylla paramamosain*) broodstock fed different diets. *Aquaculture International* 11: 3–15.
- Garcia-Guerrero, M. and Hendrickx, M.E.. 2004. Embryology of decapod crustaceans I. embryonic development of the mangrove crabs *Goniopsis pulchra* and *Aratus pisonii* (decapoda: brachyura). *Journal of crustacean biology* 24 : 666 - 672.
- Harrison, K.E. 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. *Journal of Shellfish Research* 9: 1-28.
- Lavens, P. and Sorgeloos, P. 2000. Experiences on importance of diet for shrimp postlarval quality. *Aquaculture* 191:169–176.
- Lemos, D., and Rodriguez, A. 1998. Nutritional effects on body composition, energy content and trypsin activity of *Penaeus japonicus* during early postlarval development. *Aquaculture* 160: 103–116.
- Millamena, O.M., and Qunitio, E. 2000. The effects of diets on reproductive performance of eyestalk ablated and intact mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture* 181: 81–90.
- Millamena, O.M., Bangcaya, J.P., 2001. Reproductive performance and larval quality of pond-raised *Scylla serrata* females fed various broodstock diets. *Asian Fisheries Science*. 14, 153–159.
- Naz, M. 2008. The changes in the biochemical compositions and enzymatic activities of rotifer (*Brachionus plicatilis*, Muller) and *Artemia* during the enrichment and starvation periods. *Fish physiology Biochemistry* 34: 391–404.
- Primavera, J.H., Lim, C., Borlongan, E., 1979. Feeding regimes in relation to reproduction and survival of ablated *Penaeus monodon*. *Kalikasan Philippines Journal of Biology* 8: 227-235.
- Sheen, S.S., and Wu, S.W. 1999. The effects of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture* 175: 143–153.
- Skov, M.W. and Hartnoll, R.D. (2002). Paradoxical selective feeding on a low-nutrient diet: why do mangrove crabs eat leaves? *Oecologia* 131: 1-7.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J.. 1995. Biometry, The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. Freeman, New York, NY. 887 pp.

- Sui, L.Y., Wu, X.G., Wille, M., Cheng, Y.X., and Sorgeloos, P., 2009. Effect of dietary soybean lecithin on reproductive performance of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock. *Aquaculture International* 17: 45-56.
- Thimdee, W., Deen, G., Sangrungruang, C., and K. Matsunaga. 2004. Analysis of primary food sources and trophic relationships of aquatic animals in a mangrove-fringed estuary, Khung Krabaen Bay (Thailand) using dual stable isotope techniques. *Wetland Ecology and Management* 12: 135-144.
- Thongtham, N., and E. Kristensen. 2005. Carbon and nitrogen balance of leaf-eating sesarmid crabs (*Neopisesarma versicolor*) offered different food sources. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 65 : 213-222.
- Thongtham, N, Kristensen, E., and S. Puangprasan, 2008. Leaf removal by sesarmid crabs in Bangrong mangrove forest, Phuket, Thailand; with emphasis on the feeding ecology of *Neopisesarma versicolor*. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 80 (4): 573-580.
- Wen *et al.*, 2002. Reproductive response of Chinese mitten-handed crab (*Eriocheir sinensis*) fed different sources of dietary lipid. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 131: 675–681.
- Wouters, R., Gomez, L., Lavens, P., and Calderon, J. 1999. Feeding enriched *Artemia* biomass to *Penaeus vannamei* broodstock: Its effect on reproductive performance and larval quality. *Journal of Shellfish Research* 18: 651 – 656.
- Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J., and Sorgeloos, P. 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture* 202: 1 – 21.
- Wu *et al.*, 2007. Effect of dietary supplementation of phospholipid and highly unsaturated fatty acids on reproductive performance and offspring quality of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards), female broodstock. *Aquaculture* 273: 602–613.
- Wu *et al.*, 2009. Reproductive performance and offspring quality of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) females fed an optimized formulated diet and the razor clam *Sinonovacula constricta*. *Aquaculture Research* 40: 1335-1349.
- Wu *et al.*, 2010. Reproductive performance and offspring quality of the first and the second brood of female swimming crab, *Portunus trituberculatus*. *Aquaculture* 303: 94–100.

Xu, X.L., Ji, W.J., Castell, J.D., and O'Dor, R.K. 1994. Influence of dietary lipid sources on fecundity, egg hatchability and fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. *Aquaculture* 119: 359 – 370.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. หลักฐานการการนำเสนอผลงานวิจัย (เอกสารตอบรับการตีพิมพ์ในวารสาร)

ภาคผนวก ข. ข้อมูลองค์ประกอบทางชีวเคมี (biochemical analysis) ของไขปูแสม *E. singaporense* ที่ได้จากปูแสมเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย