

**ผลของการเช็ดไข่ที่มีต่อการพัฒนาการของตัวอ่อนและอัตราการฟักของ
ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ไข่นอกกระดอง**
Effect of Egg Brushing on the Development of Embryo and Hatching Rate of
Ovigerous Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*)

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์^{1*} ปาลิดา ยิ้มศรี¹ และ อรรถวุฒิ กันทะวงศ์²
Puntip Wisespongpan^{1*}, Palida Yimsri¹ and Atthavut Kanthawong²

บทคัดย่อ

ธนาคารปูมีบทบาทสำคัญในการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าในทะเล โดยการนำแม่ปูไข่นอกกระดองมาเลี้ยงให้ปล่อยตัวอ่อนก่อนนำไปบริโภค ในขณะนี้ได้มีการใช้วิธีเช็ดไข่ด้วยแปรงในการจัดการแม่ปูม้าไข่นอกกระดอง ซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเช็ดไข่จากแม่ปูไข่นอกกระดองส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของตัวอ่อนและอัตราการฟัก จากการนำปูไข่นอกกระดองที่มีสีไข่แตกต่างกัน 4 สี คือ เหลือง ส้ม น้ำตาล และดำ มาทำการเพาะฟัก โดยเปรียบเทียบระหว่างแม่ปูที่มีการเช็ดไข่และไม่เช็ดไข่ ผลการศึกษพบว่า การเช็ดไข่สีเหลืองและไข่สีส้มทำให้ตัวอ่อนไม่มีพัฒนาการและไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ ในขณะที่ไข่สีน้ำตาลและไข่สีดำทั้งที่มีการเช็ดและไม่เช็ดไข่มีพัฒนาการของตัวอ่อนใกล้เคียงกัน แต่ปูที่มีการเช็ดไข่จะมีระยะเวลาในการฟักไข่นานกว่าและอัตราการฟักต่ำกว่าปูที่ไม่มีการเช็ดไข่ โดยไข่สีน้ำตาลที่เช็ดและไม่เช็ดไข่มีระยะเวลาในการฟักไข่ 70 และ 64 ชั่วโมง และอัตราการฟัก 65.44 ± 4.55 และ $70.26 \pm 1.13\%$ ตามลำดับ ส่วนไข่สีดำที่เช็ดและไม่เช็ดไข่มีระยะเวลาในการฟักไข่ 28 และ 24 ชั่วโมง และอัตราการฟัก 74.05 ± 2.42 และ $76.15 \pm 9.27\%$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปูม้าไข่นอกกระดองทุกสีที่มีการเช็ดไข่มีปริมาณไข่น้อยกว่าปูม้าไข่นอกกระดองที่ไม่ได้มีการเช็ดไข่ การศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลสำคัญในการจัดการธนาคารปูม้าอย่างยั่งยืน สามารถปล่อยคืนลูกปูม้ากลับสู่ทะเลอย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

Crab bank play an important role for restoration and conservation on the stock of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) resources in the sea. The ovigerous crabs have been reared until they released their larvae before consuming. Recently, the egg brushing method have been applied for ovigerous female blue swimming crab management. This study indicated that egg brushing method from ovigerous crabs affected to embryonic development and hatching rate. The ovigerous crabs with 4 different egg colors; yellow, orange, brown and black were used in this study comparing between egg brushing and non egg brushing method. The egg brushing of yellow and orange eggs showed no embryonic development with 0% hatching rate. While the egg brushing and non egg brushing of brown and black eggs had similar embryonic development but the egg brushing showed the longer incubation period and lower hatching rate than non egg brushing. The brown eggs with egg brushing and non egg brushing had the incubation period 70 and 64 hrs. and hatching rate at 65.44 ± 4.55 and $70.26 \pm 1.13\%$, respectively. The black eggs with egg brushing and non egg brushing had the incubation period 28 and 24 hrs. and hatching rate at 74.05 ± 2.42 and $76.15 \pm 9.27\%$, respectively. Furthermore, the egg volumes of egg brushing in all colors were lower than non egg brushing. This study provided the information for sustainable crab bank management and efficiently restoration for blue swimming crab in Thai seas.

Key words: *Portunus pelagicus*, embryo, ovigerous crab, egg brushing crab

* Corresponding author; e-mail address: ffisptp@ku.ac.th

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

²สถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20110

²Sriracha Fisheries Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chonburi 20110

คำนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus*) เป็นปูที่มีการบริโภคมากที่สุดในประเทศไทย และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูงสุด โดยในปี พ.ศ.2559 มีปริมาณการจับ 31,200 ตัน คิดเป็น 86.43% ของปริมาณปูทั้งหมด และมูลค่า 5,453.1 ล้านบาท คิดเป็น 91.67% ของมูลค่าปูทั้งหมด (กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, 2561) ความต้องการในการบริโภคปูม้ามามีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ปริมาณปูม้าในทะเลมีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการทำการประมงปูม้าเกินกำลังผลิต รวมทั้งการจับปูขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์ก่อนเวลา การพัฒนาเครื่องมือจับปูม้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และที่สำคัญ คือ การจับปูไข่นอกกระดองขึ้นมาจำนวนมาก (บรรจง, 2551; จินตนา และ คณะ, 2551; ประจวบ, 2561)

ปูไข่นอกกระดอง (ovigerous or berried crab) คือ ระยะหนึ่งของปูเพศเมียที่มีการส่งผ่านไข่ที่ปฏิสนธิแล้วจากภายในตัวมาไว้ที่ส่วนท้องหรือจับปิ้งเพื่อรอการฟักเป็นลูกปูตัวอ่อน ซึ่งตัวอ่อนของปูที่อยู่ภายในไข่นอกกระดองนี้มีการพัฒนาการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีไข่ที่อยู่นอกกระดอง ซึ่งพัฒนาจากสีเหลือง ไปเป็นสีส้ม สีน้ำตาล และสีดำ ตามลำดับ (Warner, 1977; Arshad et al., 2006; จินตนา และ คณะ, 2553ข; นงนุช และ ศุภางค์, 2550) ซึ่งจินตนา และ คณะ (2553ข) ได้รายงานไว้ว่าไข่สีส้ม-เหลือง สีน้ำตาล สีเทา และสีดำ ไข่เวลาในการฟักเป็นตัวอ่อนแตกต่างกัน คือ 4-7, 2-4, 1-3 และ 1-2 วัน ตามลำดับ ไข่จะพัฒนาเป็นลูกปูม้าวัยอ่อนระยะแรกที่เรียกว่าซุเอีย (zoea) ซึ่งแม่ปูจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและพัฒนาเป็นลูกปูเจริญเติบโตที่พื้นทะเลต่อไป มีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าหากนำปูไข่นอกกระดอง 1 กิโลกรัม จำนวน 11 ตัว ปล่อยสู่ธรรมชาติหรือเข้าธนาคารปูจะสามารถผลิตลูกปูม้าวัยใหม่มาทดแทนได้ 280,668 ตัว (จินตนา และ คณะ, 2551) ดังนั้นการจับปูไข่นอกกระดองขึ้นมาจำนวนมากก่อนที่แม่ปูจะมีโอกาสได้วางไข่ จะทำให้เกิดการสูญเสียไข่ที่จะพัฒนาเป็นตัวอ่อนทดแทนปูในธรรมชาติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตของทรัพยากรปูม้าในท้องทะเล

มาตรการและแนวทางต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้ในการจัดการการใช้ประโยชน์และอนุรักษ์ปูม้าไข่นอกกระดอง เช่น การใช้ไข่นอกกระดองที่หักดับปิ้งออกมาเพาะเลี้ยง (วารินทร์ และ คณะ, 2547) การพัฒนาวิธีการเลี้ยงปูม้าไข่นอกกระดองในกระชัง (จินตนา และ คณะ, 2553ก) และวิธีการที่ถือว่าเป็นวิถีของประมงพื้นบ้านซึ่งทำกันมาเป็นเวลานาน คือ ธนาคารปู โดยมีวิธีการต่าง ๆ เช่น การนำปูม้าไข่นอกกระดองมาปล่อยในกระชังในทะเล ตะกร้าลอยน้ำ หรือคอนโดปูไข่ หรือการเลี้ยงแม่ปูไข่นอกกระดองในถังหรือบ่อภายในโรงเรือน และการเพาะพันธุ์ปูโดยเชื้อไขจากจับปิ้งในระบบน้ำหมุนเวียน (ประจวบ, 2561) ธนาคารปูเป็นโครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่งโดยชุมชนท้องถิ่นแบบบูรณาการที่มีความสำคัญมาก ซึ่งรัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของธนาคารปู ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 จึงมีมติคณะรัฐมนตรีเห็นชอบการขยายผลธนาคารปูม้าในโครงการ “คืนปูม้าสู่ทะเลไทย” จึงทำให้ในขณะนี้ธนาคารปูกว่า 500 ชุมชนแล้ว (คมชัดลึก, 2562)

วิธีการหนึ่งที่ธนาคารปูมีการเลือกใช้ในการจัดการปูไข่นอกกระดอง ซึ่งมีการนำเสนอผ่านสื่อต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นข่าวโทรทัศน์ และสื่ออินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง คือ วิธีการเชียวไข่ (egg brushing) หรือการปัดไข่ หรือการยีไข่ (ประจวบ, 2561; กรุงเทพมหานคร, 2562; เนชั่นทีวี, 2562; NBT central news, 2562) เป็นวิธีการแยกไข่นอกจากแม่ปูก่อนที่จะเพาะฟักเป็นตัวไปใส่ในถังฟัก โดยส่วนใหญ่ใช้แปรงเชียวหรือปัดไข่ หรือมีการใช้มือเชียวไข่โดยตรง หรือมีการหักส่วนของจับปิ้งและนำมาเชียวไข่ โดยจะพบว่ามีการนำไข่นอกกระดองทุกสีมาใช้ในการเชียวไข่ (Figure 1) ซึ่งการเชียวไข่เป็นวิธีที่เชื่อว่าทำให้ไข่ฟักเป็นตัวได้เร็วขึ้น ลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงดูแม่ปูไข่นอกกระดอง หรือเพื่อคืนแม่ปูให้กับชาวประมงเพื่อนำไปขายต่อภายในเวลาสั้น ๆ ทั้งนี้การเชียวไข่นอกกระดองเป็นวิธีที่ไม่เป็นไปตามธรรมชาติ เนื่องจากไข่นอกกระดองถูกยึดติดกับรยางค์ว่ายน้ำที่จับปิ้งอย่างแน่นหนาด้วยสารเหนียวซึ่งถูกสร้างขึ้นจากต่อมบริเวณโคนของรยางค์ว่ายน้ำ (นงนุช และ ศุภางค์, 2550) ซึ่งเมื่อไข่ปูพัฒนาเป็นตัวอ่อนในระยะที่เหมาะสมแล้ว แม่ปูจะไข้ขาเดินเชียวไข่นอกจากกระดองเอง (Warner, 1977) ดังนั้นการเชียวไข่จึงน่าจะส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของตัวอ่อนและอัตราการฟักเป็นตัวในปูไข่นอกกระดองสีต่าง ๆ ได้แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการฟักตัวอ่อนในปูม้าที่มีสีไข่นอกกระดองแตกต่างกัน 4 สี เปรียบเทียบระหว่างวิธีใช้แปรงเชียวไข่กับการไม่เชียวไข่ และศึกษาอัตราการฟักเป็นตัวอ่อนระยะแรกที่เรียกว่า zoea เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการธนาคารปูที่ได้ลูกปูคืนสู่ธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป



Figure 1 Ovigerous (berried) blue swimming crab were transferred to crab bank with various color of eggs (A) and the eggs were removed from abdomen by brushes (A,B,C) or hand (D).

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างปูไข่นอกกระดอง

เก็บรวบรวมแม่ปูไข่นอกกระดองจากท่าเรืออวนจมปูบริเวณอ่าวบางพระ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (13°12'44.9"N, 100°56'01.5"E) และจากธนาคารปูม้าของผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 3 บ้านโรงโป๊ะ ตำบลบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (13°01'13.8"N, 100°55'37.2"E) ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 โดยตัวอย่างแม่ปูที่ใช้ในการศึกษามีขนาดความกว้างกระดอง 7.29-13.65 เซนติเมตร เฉลี่ย 9.79 ± 1.77 เซนติเมตร และน้ำหนัก 89.2-188.31 กรัม เฉลี่ย 123.75 ± 29.01 กรัม เก็บตัวอย่างปูให้ได้ปูที่มีไข่นอกกระดอง 4 สี คือ เหลือง ส้ม น้ำตาล และสีดำ (Figure 2) นำแม่ปูมาพักในบ่อ 2 ตัน ที่มีน้ำทะเลความเค็ม 32 ส่วนในพัน และให้อากาศตลอดเวลา



Figure 2 Ovigerous crab carried different color of eggs which will be changed from yellow (A) to orange (B) to brown (C) and black color (D), respectively before being released zoea larvae to the sea.

2. การศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนของปูไข่นอกกระดอง ตามวิธีของ นงนุช และ ศุภางค์ (2550)

2.1 เตรียมถังเพาะฟักโดยใช้ถังพลาสติกขนาด 10 ลิตร ใส่น้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 7 ลิตร ซึ่งมีความเค็ม 32 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 26-28°C และ pH 7.8-8.1 ให้อากาศตลอดเวลา

2.2 นำแม่ปูไข่นอกกระดองที่มีไข่สีเหลือง ซึ่งเป็นไข่ที่มาจากปูที่นอกกระดองเป็นระยะแรก ใส่ลงในถังเพาะฟัก ถึงละ 1 ตัว รวม 5 ตัว ถ่ายน้ำทุก ๆ 2 วัน ให้อาหารแม่ปูเป็นเนื้อปลาสดหั่นวันละ 1 ครั้ง เวลา 9.00 น.

2.3 เก็บตัวอย่างไข่ปูครั้งละ 10 ใบ ที่ชั่วโมงที่ 4, 6, 8, 12 และ 24 จากนั้นเก็บตัวอย่างต่อทุก ๆ 24 ชั่วโมงจนครบ 212 ชั่วโมง นำไปส่องดูพัฒนาการภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนที่อยู่ภายในไข่ตามสีภายนอกของไข่ที่เปลี่ยนแปลงไป บันทึกภาพระยะพัฒนาการของตัวอ่อนในไข่นอกกระดอง

3. การเปรียบเทียบพัฒนาการตัวอ่อนและปริมาตรของไข่ของปูม้านอกกระดองที่มีและไม่มีการเชื้อไข

3.1 เตรียมถังเพาะฟักโดยใช้ถังพลาสติกขนาด 10 ลิตร ใส่น้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3.5 ลิตร ซึ่งมีความเค็ม 32 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 26-28°C และ pH 7.8-8.1 ให้อากาศตลอดเวลา

3.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการไม่เชื้อไขซึ่งจะใช้เป็น control เตรียมจากปูม้าไข่นอกกระดอง 4 สี ได้แก่ เหลือง ส้ม น้ำตาล และดำ โดยใส่ตัวอย่างแม่ปูไข่นอกกระดอง 1 ตัวต่อ 1 ถัง แต่ละสีทำการทดลอง 10 ถัง (10

replication) สำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการขยายไข่ นำปูม้าไข่นอกกระดอง 4 สีเช่นเดียวกับ control มาทำการขยายไข่ออกด้วยแปรงสีฟันเบาๆ ให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม แล้วใส่ในถังเพาะฟัก 1 ตัวต่อ 1 ถัง แต่ละสีทำการทดลอง 10 ถัง (10 replication) เปิดให้อากาศอย่างแรงป้องกันไม่ให้ไข่จม ถ่ายน้ำทุกๆ 2 วัน ถึงที่ไข่แม่ปูไม่ขยายไข่จะมีการให้อาหารแม่ปูเป็นเนื้อปลาสดหั่นวันละ 1 ครั้ง เวลา 9.00 น.

3.3 สุ่มตัวอย่างไข่ปูจากแม่ปูที่ไม่ขยายไข่มาครั้งละ 10 ฟอง และตัวอย่างไข่ในถังที่มีการขยายไข่ สุ่มตัวอย่างมาครั้งละ 5 มิลลิลิตร ทำการสุ่มตัวอย่างแต่ละตัวอย่าง 3 ครั้ง เก็บรักษาตัวอย่างในเอทิลแอลกอฮอล์ 70% แล้วนำตัวอย่างไข่มาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนเช่นเดียวกับข้อ 2.3 รวมทั้งจดบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการในแต่ละระยะจนกระทั่งไข่ฟักเป็นตัว (incubation time)

3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ตามระยะพัฒนาการเปรียบเทียบระหว่างการขยายและไม่ขยายไข่ โดยในขณะที่ทำการตรวจสอบพัฒนาการ จะวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไข่โดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่กล้องจุลทรรศน์ โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุด (L) และสั้นที่สุด (I) จากนั้นคำนวณปริมาตรไข่ปู (μm^3) โดยใช้สูตร $V = 4/3 \pi (L/2)(I/2)^2$ (Valdes *et al.*, 1991)

4. การเปรียบเทียบอัตราการฟักระหว่างปูม้าไข่นอกกระดองที่มีการขยายไข่และไม่ขยายไข่

เมื่อไข่ปูสีต่าง ๆ ที่มีการขยายและไม่ขยายไข่ในข้อ 3.2 มีพัฒนาการเข้าสู่ระยะ zoea ซึ่งเป็นระยะตัวอ่อนระยะแรกของลูกปูที่ออกจากไข่ และหลุดจากจับปิ้งมาเคลื่อนไหวในมวลน้ำ ทำการสุ่มตัวอย่างมาถังละ 30 มิลลิลิตร 3 ครั้ง นับจำนวน zoea ที่มีการฟักเป็นตัวและนับไข่ที่ไม่ฟักเป็นตัว เพื่อหาอัตราการฟัก และนำมาคำนวณหาอัตราการฟัก (%) โดยใช้สูตร จำนวน zoea / จำนวนไข่ปู $\times 100$

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรไข่และอัตราการฟักที่เกิดจากการขยายและไม่ขยายไข่ โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่โดยการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey Post-Hoc test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปูไข่นอกกระดองเป็นปูที่มีการเคลื่อนย้ายไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิภายในตัวให้มาอยู่ที่นอกกระดอง โดยไข่ท่อไข่งเกาะติดกับขาว่ายน้ำ 4 คู่บริเวณส่วนท้องหรือจับปิ้ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเป็นอวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์ของเพศเมีย (gonopod) เพื่อให้ไข่ได้รับออกซิเจนเพียงพอและปกป้องไข่จากเชื้อโรคและปรสิตต่าง ๆ ในระหว่างที่มีการพัฒนาของตัวอ่อน (embryo) เมื่อตัวอ่อนในไข่มีพัฒนาการสมบูรณ์แล้ว ไข่จะฟักเป็นตัวโดยแม่ปูจะขยับส่วนจับปิ้งด้วยความถี่สูงแล้วไข่จะคุดน้ำเข้าไปจนบวมและทำให้เกิดแรงดันทำให้เยื่อเมมเบรนแตกออก และลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea ก็จะถูกพัดออกสู่น้ำทะเลพร้อมๆ กันภายในช่วงเวลาสั้น ๆ (Warner, 1977; Saigusa, 1992) ตัวอ่อนของปูที่อยู่ภายในไข่นอกกระดอง จะมีพัฒนาการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสีไข่ที่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนจากสีเหลือง เป็นสีส้ม สีส้มตาล และสีดำ ตามลำดับ (นงนุช และ สุภางค์, 2550; Arshad *et al.*, 2006) จากการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนตามสีของไข่ม้าไข่นอกกระดอง พบว่าระยะพัฒนาการของตัวอ่อนแบ่งเป็น 4 ระยะดังแสดงใน Figure 3 โดยเริ่มต้นพัฒนาการไข่เป็นสีเหลือง ตัวอ่อนมีพัฒนาการอยู่ในระยะ Cleavage-blastula ไข่มีการแบ่งเซลล์และภายในมีไข่แดง (yolk) เต็มเซลล์ ซึ่งไข่แดงเป็นอาหารของตัวอ่อนที่ใช้ในขณะพัฒนาการ จากนั้นพัฒนาเป็นไข่สีส้มเข้าสู่ระยะ Gastrula โดยจะเห็นรอยคอดเว้าของไข่แดง และเริ่มเห็นเนื้อเยื่อใส ๆ แล้วจึงพัฒนาเป็นไข่สีน้ำตาลเข้าสู่ระยะ Eyespot-pigmentation เริ่มเห็นจุดตาเป็นสีดำและมีการสร้างรงควัตถุ (pigment) และสุดท้ายพัฒนาเป็นไข่สีดำเข้าสู่ระยะ Heart-beating มีการเต้นของหัวใจและส่วนของตาจะมีขนาดใหญ่ชัดเจน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาของตัวอ่อนในแต่ละระยะจะแตกต่างกัน คือ ระยะ Cleavage-blastula, Gastrula, Eyespot-pigmentation และ Heart-beating ใช้เวลาเท่ากับ 50 ± 3.46 , 46 ± 3.46 , 48 ± 6.00 และ 44 ± 0.10 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นตัวอ่อนในไข่จะฟักเป็นตัวเกิดเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะแรกของตัวอ่อนที่เรียกว่า zoea ผลการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อน

ปูไข่นอกกระดองในการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของนงนุช และ ศุภางค์ (2550) ซึ่งได้สรุปไว้ว่าในระหว่างการพัฒนาของตัวอ่อนในไข่นอกกระดองนั้น ปริมาตรของไข่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการพัฒนา มีรงควัตถุสีดำเพิ่มขึ้น และปริมาณของไข่แดง ค่อยๆ ลดลง ทำให้สีของไข่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะพัฒนาการ

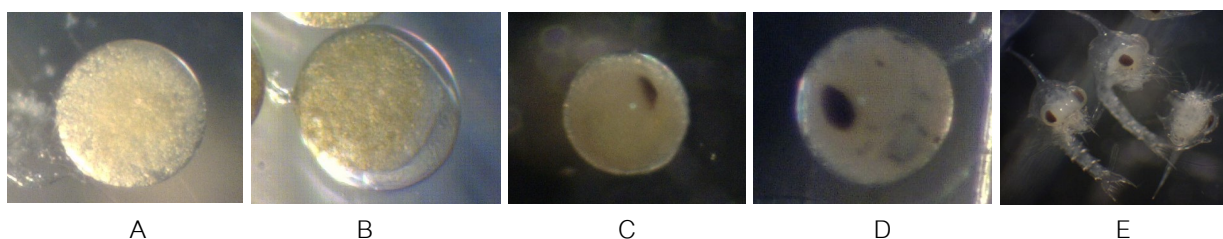


Figure 3 Embryonic development in ovigerous *Portunus pelagicus* A. Cleavage-blastula stage in yellow eggs; B. Gastrula stage in orange eggs; C. Eyespot-pigmentation in brown eggs; D. Heart-beating stage in black eggs; E. Larval stage: zoea.

เมื่อนำแม่ปูไข่นอกกระดองที่มีสีไข่แตกต่างกัน 4 สี มาศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการไข่ม้วนอกกระดองที่มีและไม่มีการเชื้อไข่ (Figure 4) พบว่าปูไข่นอกกระดองที่มีการเชื้อไข่ในระยะสีเหลืองและสีส้มไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวอ่อน zoea ได้เมื่อครบ 212 ชั่วโมง ในขณะที่ปูไข่นอกกระดองทุกสีที่ไม่มีการเชื้อไข่สามารถพัฒนาเป็นตัวอ่อนได้ โดยไข่สีเหลือง สีส้ม สีน้ำตาล และสีดำ จะใช้เวลาในการพัฒนาเป็นตัวอ่อนแต่ละระยะแตกต่างกัน โดยพบว่าที่ชั่วโมงที่ 72 ไข่ของแม่ปูไข่สีเหลืองที่ไม่เชื้อไข่เริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะการเกิดจุดตา (Eyespot-pigmentation) ในขณะที่ไข่ของแม่ปูไข่สีเหลืองที่มีการเชื้อไข่ยังไม่มีการพัฒนาการเกิดจุดตาแต่อย่างใด จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 212 ซึ่งเป็นเวลาที่ไข่ควรจะพัฒนาเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea ก็ยังไม่พบว่าไข่สีเหลืองที่มีการเชื้อไข่จะมีพัฒนาการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับที่ไม่เชื้อไข่ จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปอีก 48 ชั่วโมง ก็ไม่พบว่าไข่สีเหลืองที่เชื้อไข่จะมีพัฒนาการไปเป็นตัวอ่อน zoea ได้เลย สำหรับไข่สีส้มพบว่าที่ชั่วโมงที่ 48 ไข่ของแม่ปูไข่สีส้มที่ไม่เชื้อไข่เริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะการเกิดจุดตาอย่างชัดเจน ในขณะที่ไข่สีส้มที่มีการเชื้อไข่มีการพัฒนาเห็นจุดตาเล็ก ๆ ที่ชั่วโมงที่ 96 และหลังจากนั้นก็ไม่มีพัฒนาการใด ๆ ต่อจนถึงชั่วโมงที่ 212 เช่นเดียวกับไข่สีเหลือง สำหรับไข่น้ำตาลและสีดำที่เชื้อไข่และไม่เชื้อไข่ (Figure 4) พบว่ามีพัฒนาการของตัวอ่อนไปเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea ได้ทั้งสองแบบ เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการฟักไข่ (incubation time) ของไข่น้ำตาลและดำที่เชื้อไข่และไม่เชื้อไข่ พบว่าการเชื้อไข่ทำให้ระยะเวลาฟักไข่นานกว่าที่ไม่เชื้อไข่ (Table 1) โดยไข่น้ำตาลที่มาจากการเชื้อไข่ต้องใช้ระยะเวลา 70 ± 3.46 ชั่วโมง ซึ่งยาวนานกว่าที่ไม่เชื้อไข่ซึ่งใช้ระยะเวลา 64 ± 6.96 ชั่วโมง ส่วนไข่สีดำที่มีการเชื้อไข่ต้องใช้ระยะเวลา 28 ± 3.46 ชั่วโมงในการฟักเป็นตัว ซึ่งยาวนานกว่าที่ไม่เชื้อไข่ซึ่งใช้ระยะเวลา 24 ± 3.41 ชั่วโมง แสดงว่าการเชื้อไข่ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการฟักไข่นานขึ้น การที่ธนาคารปูพยายามลดเวลาในการเลี้ยงแม่ปูโดยการเชื้อไข่ แต่ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเพื่อรอการฟักเป็นตัว ดังนั้นการเชื้อไข่จึงไม่มีผลดีในแง่ของระยะเวลาการฟักตัวเช่นเดียวกับพัฒนาการของตัวอ่อน

สีของไข่ม้วนอกกระดองมีผลต่อปริมาณของไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) และไข่ม้วนอกกระดองที่มีการเชื้อไข่มีปริมาตรไข่น้อยกว่าไข่ม้วนอกกระดองที่ไม่ได้มีการเชื้อไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มีรายงานการศึกษาว่าปริมาตรของไข่เพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการของตัวอ่อน โดยไข่ม้วนตั้งแต่เริ่มต้นจนระยะสุดท้ายก่อนฟักออกเป็นตัวอ่อนมีปริมาตรไข่เพิ่มขึ้น 85.36% เพราะมีการเจริญเพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่อคัพภะที่อยู่ภายในไข่ และมีการนำน้ำเข้าภายในไข่เพื่อปรับสมดุลความเข้มข้นของออสโมติกภายในไข่ และขณะเดียวกัน

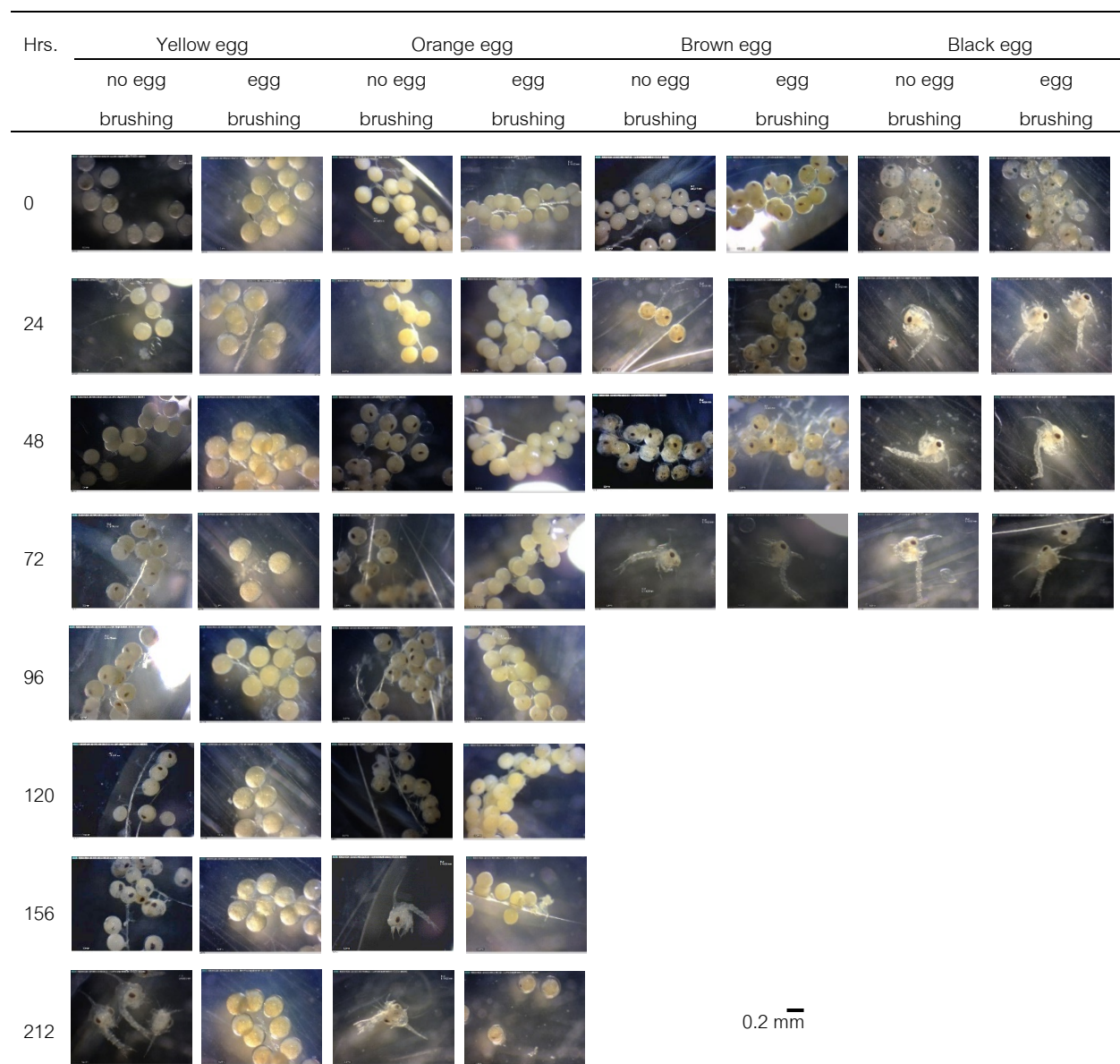


Figure 4 The embryonic development between no egg brushing and egg brushing of yellow, orange, brown and black eggs of ovigerous *Portunus pelagicus*.

Table 1 The comparison of of volumes of 4 colors of eggs, incubation time and hatching rate of ovigerous *Portunus pelagicus* between no egg brushing and egg brushing mehod.

Eggs color	Eggs volume ($\times 10^6 \mu\text{m}^3$)		Incubation time (hrs)		Hatching rate (%)	
	non-brushed eggs	brushed eggs	non-brushed eggs	brushed eggs	non-brushed eggs	brushed eggs
Yellow	15.65 ± 2.02^{bc}	14.48 ± 1.52^c	168 ± 6.00	nd*	54.19 ± 3.20^c	0^d
Orange	16.13 ± 2.68^{abc}	15.29 ± 1.67^{bc}	126 ± 10.39	nd	62.07 ± 6.79^{bc}	0^d
Brown	17.11 ± 1.15^{ab}	16.74 ± 0.84^{ab}	70 ± 3.46	64 ± 6.96	70.26 ± 1.13^{ab}	65.44 ± 4.55^{abc}
Black	17.11 ± 1.15^{ab}	16.74 ± 0.84^{ab}	28 ± 3.46	24 ± 3.41	76.15 ± 9.27^a	74.05 ± 2.42^{ab}

*nd= not developed to zoea stage

กันปริมาณไข่แดงลดลง (นงนุช และ ศุภางค์, 2550) ปริมาตรไข่แดงที่ลดลงเกิดจากการใช้ปริมาณไข่แดงซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารเพื่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของตัวอ่อน ซึ่งไข่แดงเต็มไปด้วยโปรตีน ไขมัน น้ำตาล และฮอร์โมนสเตอรอยด์ (Couch and Hagino, 1983; Adiyogi, 1985)

จากการศึกษายังพบว่าอัตราการฟักของปูม้าไขนอกกระดองที่ทำการแช่ไข่และไม่แช่ไข่ทั้ง 4 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) โดยพบว่าไข่สีเหลืองและไข่สีส้มที่ทำการแช่ไข่ ไม่สามารถฟักเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea ได้เลย ซึ่งหมายความว่าอัตราการฟักเป็น 0 % ในขณะที่ไข่สีน้ำตาลและไข่สีดำที่มีการแช่ไข่มีอัตราการฟักเป็น zoea แตกต่างกัน โดยการแช่ไข่ทำให้อัตราการฟักต่ำกว่าที่ไม่แช่ไข่ ไข่สีน้ำตาลที่มีการแช่ไข่มีอัตราการฟัก $65.44 \pm 4.55\%$ ซึ่งต่ำกว่าที่ไม่มีการแช่ไข่ซึ่งมีอัตราการฟัก $70.26 \pm 1.13\%$ ในไข่สีดำก็เช่นกันมีอัตราการฟักของการแช่ไข่ต่ำกว่าที่ไม่แช่ไข่ คือ 74.05 ± 2.42 และ $76.15 \pm 9.27\%$ ดังนั้นการแช่ไข่นอกจากส่งผลต่อพัฒนาการของตัวอ่อนแล้วยังส่งผลต่ออัตราการฟักด้วย ในการศึกษาของจินตนา และ คณะ (2553) ซึ่งทำการเพาะฟักปูไขนอกกระดองสีต่าง ๆ พบว่าไข่สีส้มเหลืองมีอัตราการฟักสูงกว่าไข่สีอื่น ๆ โดยไข่สีดำมีอัตราการฟัก 65.23 % แตกต่างจากการศึกษานี้ นอกจากนั้นวารินทร์ และ คณะ (2547) ได้ทำการเพาะฟักไข่วิธีการหัดดับบั้งของปูไขนอกกระดองที่มีสีน้ำตาล และแยกไข่ออกจากดับบั้งโดยใช้มือถูไข่หรือแช่ไข่ออกมา พบว่ามีอัตราการฟัก 26.21-75.98% ขึ้นอยู่กับปริมาณการลำเลียงจากโรงต้มปู และพบว่าการฟักไข่วิธีหัดดับบั้งส่วนไข่นอกกระดองสีเทาดำมีอัตราการฟักต่ำมากเพียง 5.5% เนื่องจากไข่สีเทาดำมีผนังเซลล์บอบบาง การแช่ไข่ในระยะนี้อาจทำให้ไข่ได้รับความกระทบกระเทือนจนเกิดเน่าเสีย ดังนั้นไข่นอกกระดองสีเทาและดำจึงเหมาะกับการฟักแบบธรรมชาติโดยแม่ปูแช่ไข่เอง (วารินทร์ และคณะ, 2547) ดังนั้นการใช้แปรงแช่ไข่สีดำก็ไม่เหมาะสม เพราะทำให้ไข่มีโอกาสได้รับความเสียหายสูง และอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อัตราการฟักต่ำลงได้ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการฟักมีมากมาย เช่น ขนาดแม่ปู ความแข็งแรงของแม่ปู ฤดูกาล สถานที่ในการเลี้ยง ช่วงเวลาที่แม่ปูติดอวน ขั้นตอนการลำเลียงแม่ปู ระยะฟักเพื่อปรับตัวของแม่ปูระหว่างอยู่ในธนาคารปู และความหนาบางของผนังเซลล์ไข่ในแต่ละระยะพัฒนาการ เป็นต้น (วารินทร์ และคณะ, 2547; จินตนา และคณะ, 2553) นอกจากนั้นไข่ที่เคลื่อนมาอยู่นอกกระดองถูกยึดติดไว้กับรยางค์ 4 คู่ที่ส่วนท้องหรือจับบั้งซึ่งมีการแตกแขนงเป็นเส้นเล็กจำนวนมากเหมือนขนนก และมีการสร้างสารเหนียวจากต่อมบริเวณโคนของรยางค์ว่ายน้ำเพื่อทำหน้าที่ยึดติดอย่างแน่นหนา (นงนุช และ ศุภางค์, 2550) ดังนั้นการแปรงไข่ออกมาก่อนถึงระยะเวลาที่กำหนดจะทำให้รยางค์เหล่านี้หลุดออกมาด้วย จึงทำให้ไข่น้ำหนัก การเพาะฟักต้องใช้อากาศที่มีแรงสูง เพื่อป้องกันไม่ให้ไข่ตกลงไปกองที่พื้นถัง และรยางค์ที่หลุดออกมาพร้อมไข่จะเน่าเสียทำให้คุณภาพน้ำเสียไม่เหมาะสมต่อการเพาะฟักของไข่ด้วย ดังนั้นการแช่ไข่จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำมากกว่าการปล่อยให้แม่ปูวางไข่ตามปกติ

Saigusa (1992) ทำการเพาะฟักไข่วิธีผสมชนิด *Sesarma haematocheir* เปรียบเทียบระหว่างไข่ที่ยังติดอยู่ที่จับบั้งและไข่ที่ถูกดึงออกจากจับบั้ง ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับการแช่และไม่แช่ไข่ในการศึกษานี้ ซึ่งได้รายงานไว้ว่าเมื่อไข่ยังคงเกาะติดอยู่ที่จับบั้ง ไข่จะเพาะฟักเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea พร้อม ๆ กันทั้งหมดในระยะเวลานั้น ๆ เมื่อมีการดึงไข่ออกจากจับบั้ง จะพบทั้งไข่ที่ฟักและไม่ฟักเป็นตัว และใช้เวลาในการฟักเป็นตัวนานกว่าไข่ที่ติดอยู่กับตัวแม่ รวมทั้งไข่ไม่ฟักเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea พร้อมกัน ซึ่งสันนิษฐานว่าแม่ปูน่าจะมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นกระบวนการฟักเป็นตัว โดยน่าจะมีสิ่งเร้าทางกายภาพและเคมีที่ส่งผ่านมาจากตัวแม่ที่มากระตุ้นการฟักเป็นตัวของไข่นอกกระดองด้วย ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าแม่ปูไข่นอกกระดองไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเริ่มต้นกระบวนการสร้างไข่แต่ยังมีหน้าที่สำคัญในการทำให้ไข่เพาะฟักเป็นลูกปูวัยอ่อนด้วย การเพาะฟักของไข่เป็นลูกปูวัยอ่อนจึงถูกควบคุมด้วยปัจจัยทั้งภายในไข่เองและจากตัวแม่ปูด้วย ข้อสรุปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการแช่ไข่เป็นการดึงไข่ออกจากจับบั้ง

จึงทำให้การทำหน้าที่ร่วมของแม่ปูในกระบวนการเพาะฟักไม่สามารถดำเนินไปได้ จึงส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของตัวอ่อนและการเพาะฟักของไข่

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงไข่เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมต่อการจัดการแม่ปูไข่นอกกระดองไม่สามารถช่วยฟื้นฟูทรัพยากรปู และอาจจะเป็นการทำลายไข่ปูที่จะมีโอกาสเจริญเป็นลูกปูให้น้อยลงมากกว่าการปล่อยให้แม่ปูวางไข่ตามปกติ รวมทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการฟักเป็นตัวมากกว่าด้วย นอกจากนี้การให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภคถึงองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของไข่ม้วนช่วงการพัฒนาต่างๆ ก็น่าจะช่วยให้แม่ปูไข่นอกกระดองถูกจับมาขายน้อยลง ซึ่งสุพิศ และคณะ (2548) รายงานว่าไข่ม้วนระยะการพัฒนาต่างๆ มีการสะสมทั้งโปรตีนและไขมันอยู่ในปริมาณสูง และจะค่อยๆ ลดลงในช่วงการพัฒนามาก่อนการฟักเป็นตัว โดยมีปริมาณโปรตีนในไข่สีเหลือง ส้ม น้ำตาล และดำ 63.74, 60.03, 57.51, 58.23% ตามลำดับ และปริมาณไขมัน 19.27, 16.52, 13.25 และ 13.36% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ารสชาติที่อร่อยของไขมันในไข่น้อยลงตามสี ซึ่งหมายความว่าไข่นอกกระดองไม่ใช่ไข่ปู แต่มันคือตัวอ่อนของปูที่กำลังพัฒนาเป็นลูกปูวัยอ่อน การบริโภคปูไข่นอกกระดองจึงไม่มีรสชาติที่อร่อยแต่อย่างใดและที่สำคัญยังมีคุณค่าทางอาหารต่ำด้วย

สรุป

วิธีการเลี้ยงไข่โดยการใส่แม่ปูหรือใช้มือเลี้ยงไข่ เป็นวิธีที่ส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของตัวอ่อนและอัตราการฟักของไข่ปู โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงไข่ปูในระยะที่ไข่สีเหลืองและสีส้มที่ทำให้ตัวอ่อนไม่มีพัฒนาการและไม่สามารถฟักเป็นลูกปูวัยอ่อนได้เลย ส่วนการเลี้ยงไข่ปูในระยะสีน้ำตาลและดำก็ส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการฟักตัวของไข่ยาวขึ้นและอัตราการฟักต่ำลง ซึ่งทำให้การเลี้ยงไข่ในระยะไข่สีน้ำตาลและสีดำไม่มีผลดีเช่นกัน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้วิธีการเลี้ยงไข่ในการจัดการธนาครปู เพราะไม่ใช่วิธีที่ทำให้เพิ่มผลผลิตลูกปูแต่อย่างใด และอาจเป็นการทำลายลูกพันธุ์ปูให้น้อยลงด้วย การเลี้ยงไข่จึงไม่ใช่การจัดการธนาครปูที่ดีก่อให้เกิดการพัฒนาทรัพยากรปูอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง. 2561. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2559**. เอกสารฉบับที่ 12/2561, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรุงเทพธุรกิจ. 2562. **ธนาครปูไขโซลาร์เซลล์ ตามรอยพระราชดำริเพื่อความยั่งยืน**. แหล่งที่มา: <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/790243>, 10 ตุลาคม 2562.
- ข่าว NBT Central News. 2562. **เลี้ยงไข่นอกกระดอง**. แหล่งที่มา: [youtube.com/watch?v=dJDn7wbkbmc](https://www.youtube.com/watch?v=dJDn7wbkbmc), 1 พฤศจิกายน 2562.
- คมชัดลึก. 2562. **ธนาครปูม้า สร้างชาติ**. แหล่งที่มา: <https://www.komchadluek.net/news/agricultural/389302>, 20 กันยายน 2562.
- จินตนา จินดาลิขิต, จักรพันธ์ ปิ่นพุทธศิลป์, ชนิษฐา เสรีรักษ์ และ สุวัชร วงษ์โท. 2551. **ชีววิทยาและการประเมินทรัพยากรปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยตอนบน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2551, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง.
- จินตนา จินดาลิขิต, อังสุณีย์ ชุณหพราน, ปิยวรรณ หัสดี, จักรพันธ์ ปิ่นพุทธศิลป์, ชนิษฐา เสรีรักษ์, สุวัชร วงษ์โท และ ปุณณวิทย์ แก้วมูล. 2553ก. **การเลี้ยงปูม้าไข่นอกกระดองในธนาครปู อำเภอสระใคร จังหวัดเพชรบุรี**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2553, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง.
- จินตนา จินดาลิขิต, ลิขิต บุญสิทธิ์ และ สุวัชร วงษ์โท. 2553ข. **ปูม้าไข่นอกกระดองที่เหมาะสมสำหรับการเพาะฟักในธนาครปู**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2553, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง.

- นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร และศุภางค์ ข้าปฏิ. 2550. พัฒนาการของคัพภะและระยะเวลาของการฟักไข่ในปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** 12 (2): 55-62.
- เนชั่นทีวี. 2562. เดินทางฟ่อ: สานต่อที่ฟ่อทำ คุ้งกระเบน ธนาครปูดูบ้านปลาเขียไข่กับสิงโต นำโชค. แหล่งที่มา: <http://oknation.nationtv.tv/blog/print.php?id=1011617>, 16 กันยายน 2562.
- บรรจง เพียนสงฆ์. 2551. ถอดรหัสปูม้า “จากวิกฤตสู่ระบบการผลิตที่ยั่งยืน..เพื่อความอยู่ดีมีสุขของชุมชนประมง” **บนฐานความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากร**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.) กรุงเทพฯ.
- ประจวบ ลิรักษากีเกียรติ. 2561. การบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ธนาครปูไข่โซล่าเซลล์. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมประมง.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง, สง่า สิงห์หงษ์ และ ชัยยุทธ พุทธิจัน. 2547. ปริมาณการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ต่ออัตราการฟักไข่. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 36/2547**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, กรมประมง.
- สุพิศ ทองรอด, วารินทร์ ธนาสมหวัง, มณฑานติ ท้วมดิน, จีรวัฒน์ เกื้อแก้ว และ สิริพร ลือชัย ชัยกุล. 2548. การผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปูม้า, น. 277-338. ใน วารินทร์ ธนาสมหวัง, สุพิศ ทองรอด และลิลา เรืองแป้น. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.), กรุงเทพฯ.
- Adiyodi, R. 1985. Reproduction and its Control, pp. 147-217. In, Bliss, D. R. and L. H. Mantel, eds. **The Biology of Crustacea**. Vol. 9, Academic Press, New York.
- Arshad, A., M. S. Kamarudin Efrizal, and C. R. Saad. 2006. Study on Fecundity, Embryology and Larval Development of Blue Swimming Crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) under Laboratory Conditions. **Journal of Fisheries and Hydrobiology** 1 (1): 35-44.
- Couch, E. F. and N. Hagino. 1983. Correlation of progesterone and estradiol production by the mandibular organ and other tissues with egg development in the American lobster. **Journal of Cell and Biology** 97: 58-158.
- Saigusa, M. 1992. Control of Hatching in an Estuarine Terrestrial Crab I. Hatching of Embryos Detached From the Female and Emergence of Mature Larvae. **Biology Bulletin** 183(3):401-408.
- Valdes, L., M. T. Alvarez, and E. Gozalez. 1991. Incubation of eggs of *Necora puber* (Decapoda, Brachyura, Portunidae), Volume and biomass changes in embryonic development. **Crustaceana** 60 (2): 163-177.
- Warner, G. F. 1997. **The Biology of crabs**. Elek Science, London.