
พัฒนาการของคัพภะและระยะเวลาของการฟักไข่ในปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง
Embryonic Development and Incubation Period of Egg in Ovigerous Female
Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758)

นนนุช ตั้งเกริกโอฬาร และศุภางค์ ชำปภา

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Nongnud Tangkrock-olan and Supang Champati

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi, 20131, Thailand

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาพัฒนาการของคัพภะและระยะเวลาของการฟักไข่ในปูม้า (*Portunus pelagicus*) เพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง ที่ปล่อยไข่ออกมาติดไว้ที่ส่วนท้องใหม่ๆ จากการศึกษาพบว่า ไข่ปูม้าใช้เวลาในการพัฒนาของคัพภะตั้งแต่ไข่เริ่มออกมาติดที่บริเวณส่วนท้องจนกระทั่งฟักออกเป็นชูเอียประมาณ 211 ชั่วโมง หรือประมาณ 9 วัน ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 85.36 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะการพัฒนา คือ ระยะคลีเวจและบลาสตูลา ระยะแกสตรูลา ระยะเกิดจุดตาและเม็ดสี และระยะหัวใจเต้น ตามลำดับ ซึ่งในระหว่างการพัฒนา นั้น ปริมาตรของไข่ปูจะเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนา มีรงควัตถุสีดำเพิ่มขึ้น และมีปริมาณของไข่แดงลดลง ทำให้สีของไข่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะการพัฒนา

คำสำคัญ : พัฒนาการของคัพภะ ระยะเวลาการฟักของไข่ ปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง

Abstract

Embryonic development and incubation period of portunid crab eggs were studied in newly spawned ovigerous female blue swimming crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758. It has been found that incubation period was approximately 211 hours or 9 days at temperature 25-27 °C. Egg volume increased by 85.36%. Stages of development are cleavage-blastula stages, gastrula stage, eyespot and pigmentation stages and heart-beating stage, respectively. During development, egg volume consistently increased. The dark pigment also increased, whereas the amount of yolk decreased which result in changing the color of egg during development.

Keywords : egg development, incubation period of egg, ovigerous female blue swimming crab

*Corresponding author. Email: nongnud@buu.ac.th

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่เป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูง (กรมประมง, 2548) เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ประชาชนนิยมบริโภคปูม้ากันอย่างแพร่หลาย เพราะมีรสชาติดีและมีปริมาณโปรตีนสูง แต่ในปัจจุบันปริมาณประชากรปูม้าในท้องทะเลไทยที่มีอยู่ตามธรรมชาติลดลงมาก ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากปูม้ามีราคาดี ตลาดมีความต้องการสูง จึงเป็นแรงจูงใจให้ชาวประมงหันมาจับปูม้ามากขึ้น ทำให้ผลผลิตปูม้าในธรรมชาติลดลง ทำให้หน่วยงานต่างๆ หันมาสนใจทางด้านการเพาะเลี้ยงปูม้ามากขึ้น (บรรจง เทียนสงครัมภ์, 2549) อย่างไรก็ตาม การเพาะเลี้ยงปูม้าให้ประสบความสำเร็จนั้น นอกจากจะใช้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแล้วยังต้องอาศัยความรู้ในหลายๆ ด้าน เช่น ความรู้พื้นฐานทางชีววิทยาและสรีรวิทยาของปูม้า โดยเฉพาะความรู้ทางด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์และการเจริญของตัวอ่อนและตัวอ่อน เป็นต้น

ในอ่าวไทย ปูม้าสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปี โดยแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม โดยปกติ ปูม้าเพศเมียที่เจริญเต็มวัย (mature) จะมีรังไข่ที่พัฒนาดี สามารถสร้างไข่ (ova) ได้ โดยไข่จะถูกสร้างอยู่ภายในรังไข่และมีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งไข่แก่และสุกเต็มที่ซึ่งสามารถมองเห็นผิวกระดองเห็นเป็นสีออกส้มเข้มอย่างชัดเจน เรียกปูม้าที่มีไข่อยู่ในกระดองนี้ว่า ปูม้าที่มีไข่ในกระดอง ไข่ที่พัฒนาเต็มที่ดังกล่าวจะถูกส่งไปตามท่อหน้าไข่และถูกผสมกับน้ำเชื้อตัวผู้ หลังจากนั้นจะถูกส่งออกมาสู่ภายนอกทางรูเปิดบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 3 ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิที่ถูกปล่อยออกมานี้จะเกาะติดกับทรายค้ำ้วยน้ำหรือทรายค้ำ้วยน้ำห่อ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเพื่อรองรับการเกาะของไข่โดยมีสารเหนียวซึ่งถูกสร้างขึ้นจากต่อมบริเวณโคนของทรายค้ำ้วยน้ำทำหน้าที่ยึดไข่ไว้ ปูม้าที่มีไข่เกาะติดบริเวณส่วนท้องและสามารถมองเห็น

ไข่ได้ชัดเจน จะถูกเรียกว่า ปูม้าที่มีไขนอกกระดอง (ovigerous or berried crab) ตัวอ่อนของปูที่อยู่ในไข่ที่อยู่ในไขนอกกระดองนี้จะมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ในขณะที่เดียวกันสีของไข่ที่มีตัวอ่อนอยู่ภายในดังกล่าวจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองอมส้ม เป็นสีเหลืองออกน้ำตาล และสีเทาอมดำตามลำดับ ปูม้าที่มีไข่สีเทาอมดำนั้นจะปล่อยตัวอ่อนภายใน 1-2 วัน (สุเมธ ดันติกุล, 2527; บรรจง เทียนสงครัมภ์, 2549)

ปูม้าที่ถูกจับมาจากธรรมชาติในปัจจุบันนั้น พบว่ามีแม่ปูไขนอกกระดองรวมอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก ซึ่งไขปูดังกล่าวไม่เป็นที่นิยมรับประทานและมักถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ เป็นการทำลายทรัพยากรพันธุ์ปูเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันงานวิจัยทางด้านชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงเกี่ยวกับปูม้าตัวเต็มวัยนั้นมีอยู่ค่อนข้างมาก (สุเมธ ดันติกุล, 2527; เขียน สิ้นนวงศ์, 2520; กรุณาสัตตมาศ, 2532) แต่การให้ความสำคัญในด้านของการศึกษาเกี่ยวกับไขปูม้านั้นยังมีอยู่น้อย ส่วนใหญ่เป็นการทดลองนำไขปูม้าจากส่วนท้องของแม่ปูไขนอกกระดองมาทำการเพาะฟักและหาอัตราการฟักหรือเปอร์เซ็นต์การรอดตายของตัวอ่อนที่ฟักออกมาจากไข่ (วารินทร์ ธนาสมหวัง และคณะ, 2545) สำหรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องช่วงเวลาของการฟักไข่ (incubation period of eggs) และรายละเอียดเกี่ยวกับการเจริญหรือพัฒนาการของตัวอ่อน (embryonic development) ที่อยู่ในไขของปูม้านี้ยังมีอยู่น้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในปูชนิดอื่นในต่างประเทศ (Valdes et al., 1991; Helly and Beltz, 1991; Leelapiyanart, 1996; Li, 2000; Hamasaki, 2002 และ Taylor and Seneviratna, 2005) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาถึงพัฒนาการของตัวอ่อนและระยะเวลาของการฟักออกเป็นตัวอ่อน (larva) ของไขในปูม้าเพศเมียที่มีไขนอกกระดอง เพื่อเป็นข้อมูล

พื้นฐานทางด้านชีววิทยาสืบพันธุ์ของปูม้าและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงปูม้าชนิดนี้ต่อไปในอนาคตข้างหน้า

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง

สัตว์ที่ใช้ทดลองคือ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) เพศเมียจำนวน 15 ตัว ที่มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 11.7-15.5 เซนติเมตร หรือเฉลี่ย 13.81 ± 1.13 เซนติเมตร และมีไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้วหรือไข่นอกกระดองที่ปล่อยออกมาติดไว้ที่ส่วนท้องใหม่ๆ โดยสังเกตจากลักษณะสีของไข่ที่เห็นได้จากภายนอกเป็นสีเหลืองนวล และเมื่อนำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วไข่ยังไม่มี การแบ่งเซลล์

วิธีการทดลอง

นำปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง มาเลี้ยงไว้ใน น้ำทะเลที่มีระดับความเค็ม 30 ppt และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-27 องศาเซลเซียส แล้วทำการศึกษาพัฒนาการของ คัพภะที่อยู่ในไข่ทุก 4-6 ชั่วโมง โดยใช้ปากคีบดึงไข่ปูม้า ออกมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ วัดขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางโดยใช้ ไมโครมิเตอร์ จากนั้นคำนวณปริมาตร ของไข่ปู

ทำการวัดขนาดของไข่ปูโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (micrometer) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุด (L) และ เส้นผ่านศูนย์กลางที่สั้นที่สุด (l) คำนวณหน่วยที่ใช้วัด ออกมาเป็นไมโครเมตร (μm) จากนั้นคำนวณปริมาตร ของไข่ปู ตามวิธีของ Valdes et al. (1991) โดยใช้สูตร $V = \frac{4}{3} \pi (L/2) (l/2)^2$ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ไมโครเมตร (μm^3) เมื่อ V คือ ปริมาตรของไข่ปู L คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด และ l คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่สั้นที่สุด

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาพัฒนาการของคัพภะที่อยู่ในไข่ปูม้า นอกกระดอง พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการฟักของไข่ตั้งแต่ไข่เริ่มถูกปล่อยออกมาติดที่บริเวณส่วนท้องจนกระทั่ง ก่อนฟักออกเป็นตัวอ่อนระยะซูเอีย (zoea) ใช้เวลาเฉลี่ยทั้งหมดประมาณ 211 ชั่วโมง มีปริมาตรของไข่ เริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ $14.05 \pm 1.40 \times 10^6$ ลูกบาศก์ไมโครเมตร และปริมาตรสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ $26.05 \pm 1.00 \times 10^6$ ลูกบาศก์ไมโครเมตร ปริมาตรที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 85.36 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของไข่ ปริมาตรเฉลี่ยของไข่ ปริมาณของไข่แดง (yolk) เวลาที่อยู่ในระยะ และเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการฟักของไข่ ปูม้านอกกระดองในแต่ละระยะ ได้สรุปไว้ ดังแสดงใน ตารางที่ 2 ส่วนการศึกษาพัฒนาการของคัพภะที่อยู่ใน ไข่ นั้น สามารถแบ่งระยะการพัฒนาได้เป็น 4 ระยะ (ภาพที่ 1) คือ

1. ระยะคลีเวจและบลาสตูลา (Cleavage-Blastula stages) (ภาพที่ 1 ก และ ข) ไข่มีสีเหลืองนวล มีรูปร่าง กลมรี อ่อนนุ่ม ภายในไข่มีไข่แดง (yolk) บรรจุอยู่เต็ม และมีการแบ่งเซลล์ ในตอนท้ายของระยะนี้จะเห็นรอย แบ่งเซลล์จำนวนมาก ระยะนี้มีปริมาณของไข่แดงเต็ม เซลล์ไข่

2. ระยะแกสตรูลา (Gastrula stage) (ภาพที่ 1 ค และ ง) ไข่มีสีเหลืองส้ม ภายในไข่มีการคอดเว้าของ เซลล์ไข่แดง ทำให้เกิดช่องว่าง (blastocoel) ภายใน บริเวณ ช่องว่างจะสังเกตเห็นเป็นเนื้อเยื่อใสๆ ขดเป็นก้อน

3. ระยะเกิดจุดตาและเม็ดสี (Eyespot-Pigmentation stages) (ภาพที่ 1 จ) ไข่มีสีน้ำตาลดำ ภายในไข่มองเห็นเป็นเนื้อเยื่อของคัพภะ และมีจุดสีแดง เล็กๆ รูปร่างเป็นเส้น 2 จุด เป็นจุดสีตา (eye pigment) ของคัพภะ ระยะนี้เป็นระยะที่เริ่มเกิดเนื้อเยื่อและ อวัยวะของคัพภะ ในตอนท้ายของระยะนี้จะมีปริมาณ ของเม็ดสี (pigment) เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1 ระยะเวลาการพัฒนาคัพภะ ปริมาตรเริ่มต้น ปริมาตรสุดท้าย (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $n = 15$) และเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของปูม้าที่มีไข่นอกกระดอง

ระยะเวลาการพัฒนาคัพภะ (ชั่วโมง)	ปริมาตรเริ่มต้น (*10 ⁶ μm^3)	ปริมาตรสุดท้าย (*10 ⁶ μm^3)	เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (%)
211	14.05 \pm 1.39	26.06 \pm 1.46	85.36

ตารางที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ปริมาตร (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $n = 15$) ปริมาณของไข่แดง (yolk) เวลาที่อยู่ในระยะ และเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการพัฒนาคัพภะของไข่ม้วนอกกระดอง

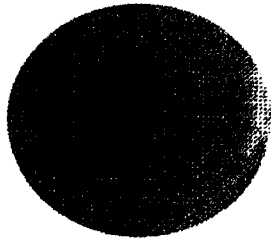
ระยะ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง ที่ยาวที่สุด (L) (μm)	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง ที่สั้นที่สุด (l) (μm)	ปริมาตรไข่ (*10 ⁶ μm^3)	ปริมาณของ ไข่แดง	เวลาที่อยู่ในระยะ (ชั่วโมง)	เวลาทั้งหมดที่ใช้ ในการพัฒนา ของคัพภะ (ชั่วโมง)
คลีเวลและบลาสตูลา	300 \pm 10	299 \pm 10	14.05 \pm 1.39	เต็มเซลล์ไข่	66.6 \pm 5.4	67
แกสตรูลา	334 \pm 8	333 \pm 8	19.42 \pm 0.94	9/10-3/5	45.2 \pm 2.2	112
จุดตาและเมดิลี	351 \pm 11	350 \pm 12	22.56 \pm 1.66	3/5-1/3	51.8 \pm 3.0	164
หัวใจเต้น	368 \pm 14	367 \pm 15	26.06 \pm 1.46	1/3	47.4 \pm 1.9	211

4 ระยะหัวใจเต้น (Heart-beating stage)
(ภาพที่ 1 ฉ) ไข่มีสีเทาดำและขนาดใหญ่ขึ้นมากเมื่อเทียบกับระยะคลีเวล พบการเต้นของหัวใจของคัพภะที่อยู่ในไข่ ในช่วงแรกจะมีการเต้นอย่างช้าๆ และช่วงท้ายจะเห็นการเต้นของหัวใจชัดเจนและเร็วขึ้น ส่วนของตาจะมีขนาดใหญ่เห็นเป็นสีดำชัดเจน สามารถมองเห็นเป็นโครงร่างของคัพภะที่อยู่ภายในไข่ได้ชัดเจน

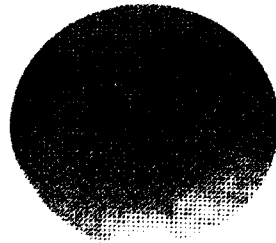
ระยะเวลาการพัฒนาคัพภะของไข่ม้วนขึ้นอยู่กับชนิดของปู (McLaren, 1966) จากการศึกษาพัฒนาการของคัพภะที่อยู่ในไข่นอกกระดองของปูม้า พบว่าสอดคล้องกับระยะการพัฒนาของคัพภะที่อยู่ในไข่ม้วนชนิดอื่นๆ โดยมีระยะของการพัฒนาดังนี้คือ คลีเวล บลาสตูลา แกสตรูลา ระยะเกิดจุดตาและเมดิลี และระยะหัวใจเต้นตามลำดับ (Leelapiyanart, 1996; Valdes et al., 1991;

Taylor and Seneviratna, 2005) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ ได้รวมระยะคลีเวลกับระยะบลาสตูลาเป็นระยะคลีเวล-บลาสตูลา ทั้งนี้เนื่องจากพัฒนาการของคัพภะที่อยู่ในระยะทั้งสองนี้สั้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปูชนิดอื่นๆ พบว่าช่วงเวลาในการพัฒนาคัพภะที่อยู่ในไข่ม้วนปูม้าสั้นกว่าปูชนิดอื่นแต่ค่อนข้างใกล้เคียงกับปูทะเล *S. serrata* (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากปูทั้งสองเป็นปูที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนเหมือนกันและมีขนาดของไข่ใกล้เคียงกัน (Hamasaki, 2002) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับปูบางชนิดที่อาศัยอยู่ในเขตหนาวพบว่า ช่วงเวลาในการพัฒนาคัพภะที่อยู่ในไข่ม้วนปูม้าเร็วกว่าไข่ม้วน *H. rotundifrons* สาเหตุอาจเนื่องมาจากขนาดของไข่ม้วนปูม้าเล็กกว่าไข่ม้วน *H. rotundifrons* มาก โดยมีรายงานว่าขนาดไข่ของพวกเดคาพอดครัสเตเชียน

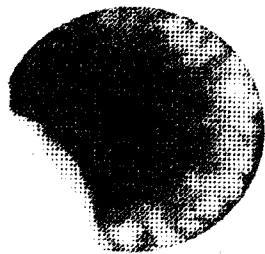
ก



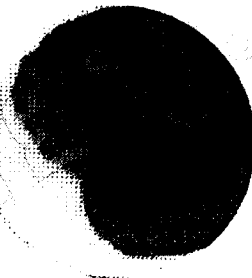
ข



ค



ง



จ



จุดตา

ฉ



หัวใจ

ภาพที่ 1 พัฒนาการของคัพภะในไขปูม้า (ก)-(ข) ระยะคลีเวลและบลาสตูลา (ค)-(ง) ระยะแกสตรูลา (จ) ระยะเกิดจุดตาและเมดลีส (ฉ) ระยะหัวใจเต้น

(decapod crustacean) ที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีช่วงเวลาการฟักเร็วกว่าไข่ที่มีขนาดใหญ่ (Wear, 1974) อย่างไรก็ตาม ไขปูม้ามีขนาดใกล้เคียงกับไขปู *C. lavauxi* ดังนั้น ความแตกต่างของช่วงเวลาในการพัฒนาของคัพภะที่อยู่ในไข่

อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยภายนอกโดยเฉพาะอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดต่อระยะเวลาการพัฒนาของคัพภะที่อยู่ในไข่ (Helly and Beltz, 1991; Li, 2000; Hamasaki, 2002)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาของคัพภะที่อุณหภูมิระดับต่างๆ และปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของไขปูชนิดต่างๆ

ชนิดของปู	ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาของคัพภะ (วัน)	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	แหล่งอ้างอิง
<i>Portunus pelagicus</i>	9	25-27	85.36	การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้
<i>Scylla serrata</i>	12-15	28-30	-	Hamasaki, 2002
<i>Necora puber</i>	33	17	88.35	Valdes et al., 1991
<i>Heterozius rotundifron</i>	194	15	76.96	Leelapiyanart, 1996
<i>Cyclograpsus lavauxi</i>	56	15	83.65	Leelapiyanart, 1996

ไขของปูแต่ละชนิดจะมีสีที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของปู ทั้งนี้พบว่า ไขปูที่เพิ่งวางใหม่ๆ อาจจะมีสีเหลือง เช่นในไขปู *H. rotundifron* หรือมีสีม่วงในไขปู *C. lavauxi* (Leelapiyanart, 1996) สำหรับไขปูม้านั้นพบว่า ไขปูที่ออกวางใหม่ๆ จะมีสีเหลืองนวล หลังจากนั้นสีของไขจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นเป็นสีส้ม สีน้ำตาล สีเทา และสีเทาดำตามลำดับ การเปลี่ยนสีในไขปูดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนของเม็ดสีหรือรงควัตถุ (pigment) ภายใน และในขณะเดียวกันปริมาณของไข่แดงจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากถูกใช้ในการเจริญของคัพภะที่อยู่ภายในไข่

ปริมาตรของไขปูเพิ่มขึ้นระหว่างที่มีพัฒนาการของคัพภะที่อยู่ภายในไข่ จากการศึกษาพบว่าไขปูม้าตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งระยะสุดท้ายก่อนฟักออกเป็นตัวอ่อนมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 85.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปู *H. rotundifron* และปู *C. lavauxi* ที่มีค่าเท่ากับ 76.96 และ 83.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Leelapiyanart, 1996) ทั้งนี้ ปริมาตรของไขที่เพิ่มขึ้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการ

เพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่อของคัพภะที่อยู่ภายใน การเพิ่มขึ้นดังกล่าวส่งผลให้ความเข้มข้นของไอออนที่อยู่ภายในไขสูงกว่าความเข้มข้นของไอออนในน้ำที่อยู่รอบๆ ไข่ คัพภะที่อยู่ภายในไข่ จึงต้องพยายามรักษาสมดุลของน้ำและและไอออนภายในไว้ โดยการนำน้ำเข้าผ่านขบวนการออสโมซิส (osmotic uptake of water) จึงส่งผลให้ปริมาตรของไขเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนา (Davies, 1968)

การศึกษาพัฒนาการของคัพภะและระยะเวลาของการฟักของไขปูม้าครั้งนี้ ยังพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของวารินทร์ ธนาสมหวัง และคณะ (2545) ที่ได้ทำการฟักไขปูม้าจากตับบั้งของแม่ปูไขนอกกระดอง ที่พบว่าไขปูม้าสีเหลืองจะฟักเป็นตัวในวันที่ 3-6 นับจากวันที่ทำการทดลอง ซึ่งไขสีเหลืองนี้เทียบได้กับระยะคลีเวจและบลาสตูลาหรืออาจเป็นระยะแกสตรูลาได้ ส่วนไขสีน้ำตาลจะฟักเป็นตัวในวันที่ 2-4 แสดงว่าอาจตรงกับระยะเกิดจุดตาและเม็ดสี และไขสีน้ำตาลมีพัฒนาการ มากกว่าไขสีเหลืองจึงใช้เวลาในการฟักออกเป็นตัวน้อยกว่าไขสีเหลือง

สรุปผลการศึกษา

1. ไช้ปูม้ามีระยะเวลาในการฟักที่ค่อนข้างเร็ว คือ ประมาณ 211 ชั่วโมงหรือประมาณ 9 วันเพราะเป็นปูในเขตร้อน เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อระยะเวลาที่ใช้ในการฟัก โดยทั่วไป อุณหภูมิสูง ไช้จะใช้เวลาในการฟักที่สั้นกว่าอุณหภูมิต่ำ
2. สีของไข่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะการพัฒนาของคัพภะที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการลดลงของปริมาณไข่แดงที่ถูกใช้เป็นอาหารในพัฒนาการของคัพภะและการเพิ่มจำนวนชั้นของรงควัตถุสีดำภายใน
3. ระยะการพัฒนาของไช้ปูม้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะคือ คลีเวลและบลาสตูลา แกสตรูลา ระยะเกิดจุดตาและเมดิสี และระยะหัวใจเต้น ตามลำดับ
4. ปริมาตรของไช้ปูเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนา เพราะมีการเจริญเพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่อของคัพภะที่อยู่ภายในไข่

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. (2548). สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2546. เอกสารฉบับที่ 6/2548. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 91 หน้า.
- กรรณ สัตตมาศ. (2532). การอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนให้มีอัตราการรอดสูง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2. กลุ่มพัฒนาแหล่งประมง ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน กองประมงทะเล กรมประมง. กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- เชียน ลินอววงศ์. (2520). การศึกษาชีววิทยาของปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus) ในอ่าวไทย. รายงานวิชาการ ฉบับที่ 14/2520. งานสัตว์น้ำอื่นๆ กองประมงทะเล กรมประมง. กรุงเทพฯ. 24 หน้า.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ. (2549). ปูม้า สัตว์เศรษฐกิจพื้นฟูชีวิตชาวประมง. วารสารอัปเดต, 37-46.

บรรจง เทียนสงรัสมิ และบุญรัตน์ ประทุมชาติ. (2545). ปูทะเล. เอกสารเผยแพร่เครือข่ายวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมพืชและสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบญจ. 264 หน้า.

วารินทร์ ธนาสมหวัง, พรทิพย์ อังศุกาญจนกุล และ จิรานุวัฒน์ ชูเพชร. (2545). การฟักไช้ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) จากตับปิ้งของแม่ปูไข่นอกกระดอง. วารสารกรมประมง. 55(4). 319-323.

สุเมธ ดันติกุล. (2527). ชีววิทยาการประมงปูม้าในอ่าวไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ กองประมงทะเล กรมประมง. กรุงเทพฯ.

Davies, P.S. (1968). A constant pressure respirometer for medium-sized animals. *Oikos*, 17, 108-112.

Hamasaki, K. (2002). Effect of Temperature on the egg incubation period, survival and developmental period of larvae of the mud crab *Scylla serrata* (Forsk.) (Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory. *Aquaculture*, 219, 561-572.

Helluy, S.M., & Beltz, B.S. (1991). Embryonic development of the American lobster (*Homarus americanus*) : Quantitative staging and characterization of an embryonic molt cycle. *Biol. Bull.*, 180, 355-371.

Leelapiyanart, N. (1996). *Ecophysiology Studies on Developing and Ovigerous Females of Intertidal Crabs*. Thesis submitted in fulfillment on the requirements for degree of doctor of physiology in Zoology, University of Canterbury, New Zealand.

- Li, D. (2002). The combined effects of temperature and diet on development and survival of a spider crab, *Misumenops tricuspidatus* (Fabricius) (Araneae: Thomisidae). *Journal of Thermal Biology*, 27, 83-93.
- Taylor, H.H., & Seneviratna, D., (2005). Ontology of salinity tolerance and hyperosmoregulation by embryos of the intertidal crabs *Hemigrapsus edwardsi*, *Hemigrapsus crenulatus* (Decapoda, Grapsidae): Survival of acute hyposaline exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 140A, 495-505.
- Valdes, L., Alvarez, M.T. & Gozalez, E. (1991). Incubation of eggs of *Necora puber* (L., 1767) (Decapoda, Brachyura, Portunidae). Volume and biomass changes in embryonic development. *Crustaceana*, 60(2), 163-177.
- Wear, R.G. (1974). Incubation in British decapod crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *Journal of Marine Biology*, 54, 745-762.