
ผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ในปูม้า (*Portunus pelagicus*) เพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง
Effect of Salinity on Egg Volume of Ovigerous Female Blue Swimming Crab
(*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758)

นนนุช ตั้งเกริกโอฬาร* และ ศุภางค์ ชำปภู
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย

Nongnud Tangkrock-olan* and Supang Champati
Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University.

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ในปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดองในระยะต่างๆ พบว่าไข่ปูม้าในระยะสุดท้ายหรือไข่แก่จะมีความสามารถในการควบคุมสมดุลของน้ำและไอออนได้ดีกว่าไข่ระยะแรกหรือไข่อ่อน ไข่ปูม้าที่ระยะหัวใจเต้นมีความสามารถในการควบคุมการเข้าออกของน้ำและไอออนได้ดีที่สุด คือสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 20-40 พีเอสยู รองลงมาคือ ระยะเกิดจุดตาและเม็ดสีสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็ม 25-35 พีเอสยู ระยะคลีเวลและบลาสตูลามีความสามารถในการควบคุมเข้าออกของน้ำและไอออนได้น้อยที่สุด คือสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็ม 30-35 พีเอสยู

คำสำคัญ : ปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง ความเค็ม ปริมาตรของไข่

Abstract

Studies on effect of salinity on volume change in different stages of eggs of ovigerous female blue swimming crabs. It has been found that late stage eggs had abilities to osmoregulate better than early stage eggs. Crab egg at the heart-beating stage showed the best osmoregulator as they can osmoregulate and survive in salinity 20-40 psu. Egg at the eyespot and pigmentation stages can osmoregulate and survive in salinity 25-35 psu. Egg at the cleavage and blastula stages was the weakest osmoregulator as they can osmoregulate and survive in salinity 30-35 psu.

Keyword : blue swimming crab, *Portunus pelagicus*, ovigerous female, salinity, egg volume

*Corresponding author. E-mail: nongnud@buu.ac.th

บทนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus*) จัดเป็นปูที่มีขนาดใหญ่ชนิดหนึ่ง และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก เนื่องจาก นอกจากจะถูกนำมาบริโภคเป็นอาหารแล้ว ยังสามารถส่งเป็นสินค้าออกทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นมูลค่าสูง (กรมประมง, 2548) คนนิยมบริโภคปูม้ายกกันอย่างแพร่หลายเพราะมีรสชาติดีและมีโปรตีนสูง ปูม้าจึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันปริมาณประชากรปูม้าในท้องทะเลไทยที่มีอยู่ตามธรรมชาติลดลงมาก ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากปูม้ามีราคาดี ตลาดมีความต้องการสูงเป็นแรงจูงใจให้ชาวประมงหันมาจับปูม้ามากขึ้น ทำให้ผลผลิตปูม้าในธรรมชาตินั้นลดลง ทำให้หน่วยงานต่างๆ หันมาสนใจทางด้านการเพาะเลี้ยงปูม้ามากขึ้น (บรรจง เทียนสงครัมภ์, 2549)

การเพาะเลี้ยงปูม้านั้นต้องอาศัยความรู้ในหลายๆ ด้าน นอกจากความรู้พื้นฐานทางด้านชีววิทยาเกี่ยวกับพัฒนาการของ ศัพพะและระยะเวลาของการฟักไข่ในปูแม่เพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง (นงนุช และศุภางค์, 2550) แล้ว การศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของ ไข่ปูม้าก็มีความสำคัญและน่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะในด้านที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของ ไข่ปูในการปรับตัวต่อสภาพความเค็มต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ความเค็มของน้ำ จัดเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ทะเลหลายชนิด (Ramano & Zeng, 2006) รวมถึงไข่และตัวอ่อนของสัตว์ทะเลเหล่านี้ด้วย โดยมีความเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกระบวนการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนต์ภายใน ร่างกายของสัตว์ (Gilles, 1983; Louis & Gainey, 1994; Taylor & Seneviratna, 2005) ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยา ปูม้าตัวเต็มวัยนั้นมีอยู่น้อยมาก (สุเมธ ตันติกุล, 2527; เขียน สีนวงค์, 2520; กรุณา สัตตมาศ, 2532) และไม่พบการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาของไข่ปูม้า โดยเฉพาะเกี่ยวกับความสามารถ ในการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนต์ของไข่ปู ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการปรับตัวของไข่ปู โดยสามารถดูได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ปริมาตรของไข่เมื่อความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถในการอยู่รอดของไข่ปูในสภาพความเค็ม ต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญเนื่องจากข้อมูลเหล่านี้จะเป็นความรู้พื้นฐาน และนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะพันธุ์และการอนุรักษ์ปูม้า

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาผล ของความเค็มต่อการควบคุมปริมาตร (Volume Regulation) หรือการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (volume Change) ของไข่ปูม้า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่นั้นเป็นรูปแบบหนึ่งของการ ปรับตัวด้านการควบคุมปริมาตรน้ำในตัว เป็นความสามารถของสัตว์

ที่จะรักษาสมดุลการเข้าออกของน้ำและออสโมไนต์ (osmoregulation) (Gilles, 1983) ในการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ปูม้า ต่อระดับความเค็มต่างๆ นั้นสามารถที่จะบอกได้ว่าไข่นั้นจะมี ความสามารถในการควบคุมการเข้าออกของน้ำภายนอกตัวได้หรือไม่ มีการปรับตัวอย่างไร และสามารถทนอยู่ในน้ำที่มีระดับ ความเค็มต่างๆ มากน้อยอย่างไร

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง

สัตว์ที่ใช้ทดลองคือ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) เพศเมีย จำนวน 9 ตัว โดยมีไข่นอกกระดอง (ovigerous female crabs) ที่อยู่ในระยะคลีเวลและบลาสตูลา ระยะเกิดจุดตาและเมดิติ และ ระยะหัวใจเต้น (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร และศุภางค์ ชำปฏี, 2550) อย่างละ 3 ตัว ปูทั้งหมดมีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 11.7-15.5 เซนติเมตร หรือเฉลี่ย 13.81 ± 1.13 เซนติเมตร โดยนำมาเลี้ยง ปรับสภาพที่ความเค็ม 30 พีเอสยู และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การเตรียมน้ำสำหรับใช้ในการทดลอง

นำน้ำทะเลจากบ่อเก็บน้ำของภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีความเค็ม 33 พีเอสยู มาปรับให้ได้ความเค็ม 40 พีเอสยู โดยใส่เกลือแกงลงไป แล้วนำไป ฆ่าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดัน (autoclave) จากนั้นปรับความเค็มน้ำ ให้ได้ระดับความเค็มต่างๆ ด้วยการคำนวณแล้วเจือจาง (dilute) โดยใช้ น้ำกลั่นและปรับความเค็มเป็น 7 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 พีเอสยู

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ปูม้า

นำไข่ปูม้าระยะคลีเวลและบลาสตูลา ระยะเกิดจุดตาและ เมดิติ และระยะหัวใจเต้น จากปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง ที่ถูกเลี้ยงปรับสภาพ (acclimation) ที่ความเค็ม 30 พีเอสยู เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ปากคีบดึงไข่ปูม้าออกมาใส่ลงใน จานแก้วที่มีฝาครอบ (plate) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่มีน้ำความเค็มแตกต่างกัน 7 ระดับคือ 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 พีเอสยู ใส่ไข่ปูลงไปจานละ 5 ฟอง ทำการทดลองในไข่ปูทั้ง 3 ระยะ แต่ละระยะจะใส่ปู 3 ตัว โดยไข่จากปูแต่ละตัวจะถูกนำมา ใส่จานทดลองในทุกระดับความเค็มๆ ละ 3 จาน แต่ละจานจะใส่ไข่ปู ทั้งหมด 5 ฟอง ดังนั้น ปูแต่ละตัวจะถูกนำไข่ออกมาทดลอง 105 ฟอง รวมไข่ปูที่ถูกนำออกมาจากแม่ปู เพื่อใช้ในการทดลองทั้งสิ้น 945 ใบ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่ปูที่เปลี่ยนแปลง

ไปโดยใช้กล้องสเตอริโอ ที่มีไมโครมิเตอร์ (micrometer) ติดอยู่ที่เลนส์ตา ที่เวลา 0, 1, 3, 6, 9, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณปริมาตรของไข่มุ่ ตามวิธีของ Valdes *et al.* (1991) โดยใช้สูตร

$$V = 4/3 \pi (L/2) (l/2)^2$$

เมื่อ V = ปริมาตรของไข่มุ่ (ลูกบาศก์ไมโครเมตร (μm^3))
 L = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดของไข่มุ่ (μm)
 l = เส้นผ่านศูนย์กลางที่สั้นที่สุดของไข่มุ่ (μm)

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณปริมาตรของไข่มุ่แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเขียนกราฟระหว่างเวลาและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปของไข่มุ่ จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปของไข่มุ่ในระยะเดียวกันในระดับความเค็มต่างๆ โดยวิธีทางสถิติโดยใช้ One-way Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan Multiple range Test

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

โดยทั่วไปการวัดปริมาณความเข้มข้นของไอออนของสารละลาย สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดค่าออสโมติก หรือออสโมมิเตอร์ (osmometer) ซึ่งเป็นวิธีการวัดทางอ้อม ซึ่งวิธีการ

วัดโดยใช้ออสโมมิเตอร์ดังกล่าวมีความสะดวกและรวดเร็ว เช่นในการวัดค่าออสโมลาลิตีของเลือดสัตว์น้ำต่างๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม สำหรับสัตว์ที่มีลำตัวอ่อนนุ่มนั้นวิธีการวัดค่าออสโมลาลิตีอาจไม่เหมาะสม ดังนั้นการวัดค่าออสโมลาลิตีโดยตรงจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจึงถูกนำกลับมาใช้ได้อย่างเหมาะสม โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตีของไข่มุ่ก็อาจศึกษาได้โดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าออสโมลาลิตีที่วัดโดยใช้ออสโมมิเตอร์ได้ และวิธีนี้ก็ถูกใช้เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรในหอยแมลงภู่ (Louis & Gainey, 1994) และในโพลีคิต (Fletcher, 1974) เป็นต้น

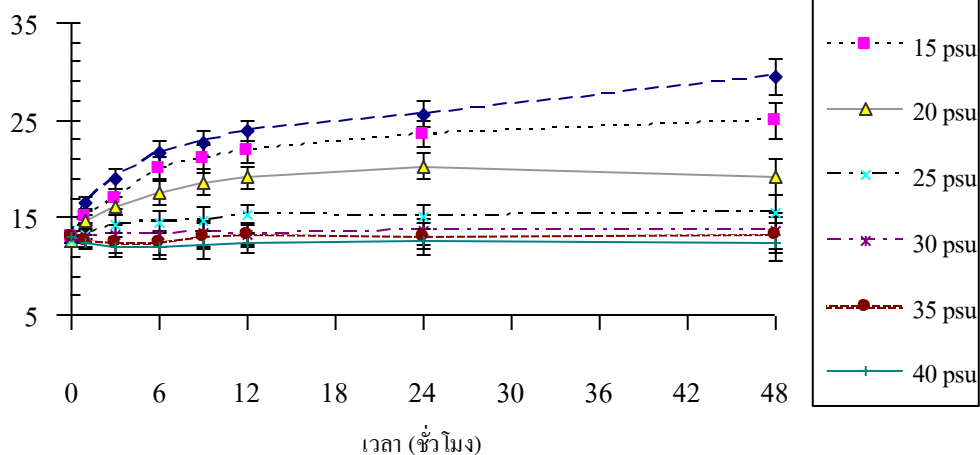
จากการทดลองนำไข่มุ่มานอกกระดองมา 3 ระยะ คือระยะคลีเวจและบลาสตูลา ระยะเกิดจุดตาและเมดิสี และระยะหัวใจเต้น นำมาปรับสภาพที่ความเค็ม 30 พีเอสยู เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาไว้ที่ระดับความเค็มน้ำ 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 พีเอสยู จากนั้นนำมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยไมโครมิเตอร์ ที่เวลา 0, 1, 3, 6, 9, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อคำนวณปริมาตรของไข่มุ่ จากการทดลองได้ปรับสภาพไข่มุ่ที่ระดับความเค็ม 30 พีเอสยู (control) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นที่ระดับความเค็มนี้จึงเป็นความเค็มควบคุม ปริมาตรของไข่มุ่จะค่อนข้างคงที่ เพราะการเข้าออกของน้ำและไอออนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนที่ระดับความเค็มอื่นๆ พบการเปลี่ยนแปลงปริมาตรแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ดังนี้

ตารางที่ 1 ปริมาตร (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $n=15$) ของไข่มุ่ในระยะคลีเวจและบลาสตูลา ระยะเกิดจุดตาและเมดิสี และระยะหัวใจเต้น ที่เวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มน้ำต่างๆ

ความเค็ม	ปริมาตร (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)		
	ระยะคลีเวจและบลาสตูลา	ระยะเกิดจุดตาและเมดิสี	ระยะหัวใจเต้น
10 พีเอสยู	25.62 \pm 1.58*	34.37 \pm 1.29*	35.64 \pm 1.67*
15 พีเอสยู	23.54 \pm 1.74*	28.80 \pm 1.44*	29.65 \pm 1.44*
20 พีเอสยู	20.27 \pm 1.45*	25.80 \pm 1.66*	28.34 \pm 1.76
25 พีเอสยู	15.05 \pm 1.31*	23.65 \pm 1.27	28.07 \pm 1.63
30 พีเอสยู	13.55 \pm 1.64	23.25 \pm 1.38	27.94 \pm 1.52
35 พีเอสยู	13.05 \pm 1.36	22.44 \pm 1.47	28.04 \pm 1.83
40 พีเอสยู	12.37 \pm 1.65*	21.73 \pm 1.16*	27.15 \pm 1.72

หมายเหตุ เครื่องหมาย * แสดงว่ามีความแตกต่างกับที่ระดับความเค็ม 30 พีเอสยู (กลุ่มควบคุม) อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาตร (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ปูม้าระยะคลีเวลและบลาสตูลา ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มน้ำต่างๆ

ไข่ปูม้าระยะคลีเวลและบลาสตูลา (ภาพที่ 1)

ที่ระดับความเค็ม 10, 15 และ 20 พิเอสยู ปริมาตรของไข่ปูจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างรวดเร็ว ในช่วงเวลา 12 ชั่วโมงแรก และไม่มีแนวโน้มที่จะคงที่ แสดงให้เห็นว่าไข่ไม่มีความสามารถในการควบคุมปริมาณน้ำและอออน และระบบควบคุมสมดุลของน้ำ ยังไม่มีการพัฒนา และอาจเป็นไปได้ว่าไข่ปูบางส่วนน่าจะตายลงแล้วในเวลา 3 ชั่วโมงแรก ของการทดลอง

ที่ระดับความเค็ม 25 พิเอสยู ที่เวลา 12 ชั่วโมงแรกของการทดลอง ปริมาตรของไข่ปูค่อยๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยตามเวลา และมีแนวโน้มคงที่ ที่เวลา 24 ชั่วโมงเริ่มมีมา แสดงให้เห็นว่า

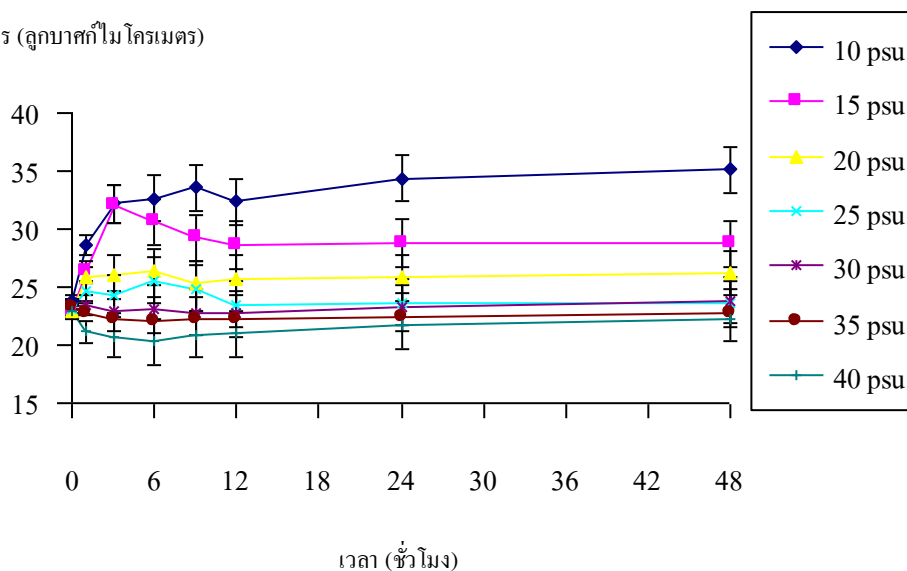
น้ำภายนอกค่อยๆ ออสโมซิสเข้าสู่ภายในไข่ ใน 12 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นอาจเป็นไปได้ที่มีไข่ปูบางส่วนสามารถควบคุมปริมาณน้ำได้ และบางส่วนตายลง ปริมาตรไข่จึงไม่เพิ่มขึ้น

ที่ระดับความเค็ม 35 และ 40 พิเอสยู ปริมาตรของไข่ปูจะลดลงในช่วงเวลา 6 ชั่วโมงแรก และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกมีการออสโมซิสของน้ำออกจากตัวเนื่องจากความเข้มข้นของอออนภายนอกสูงกว่าภายในไข่ และไข่สามารถปรับตัวได้โดยการดื่มน้ำกลับเข้าไปและขับอออนส่วนที่เกินออกได้

ไข่ปูม้าระยะเกิดจุดตาและเมดิติ (ภาพที่ 2)

ที่ระดับความเค็ม 10 พิเอสยู ในช่วงเวลา 9 ชั่วโมงแรก

ปริมาตร (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่ปูม้าระยะเกิดจุดตาและเมดิติ ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มน้ำต่างๆ

ปริมาตรของไข่มุมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีการลดลงเพียงเล็กน้อยที่เวลา 12 ชั่วโมง เช่นเดียวกับที่ระดับความเค็ม 15 พิเอสยู ซึ่งปริมาตรมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 ชั่วโมงแรก แต่จะค่อยๆ ลดลงและค่อนข้างคงที่ ที่เวลา 6 ชั่วโมงเรื่อยมา แต่ปริมาตรยังคงสูงกว่าที่เวลาเริ่มต้น แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกน้ำภายนอกจะไหลเข้าสู่ไข่มุอย่างรวดเร็ว จากนั้นไข่มุจะพยายามปรับตัวโดยการขับน้ำออกและดึงอออนกลับเข้าสู่ตัว แต่ความเค็มน้ำทั้ง 2 ระดับนี้มีความเจือจางมากเกินไปอาจต้องใช้พลังงานในการขับน้ำออกจากตัวมาก และเป็นไปได้ที่ไข่มุส่วนใหญ่จะตายลงในเวลา 6 ชั่วโมงแรกของการทดลอง

ที่ระดับความเค็ม 20 และ 25 พิเอสยู ที่เวลา 6 ชั่วโมงแรก ปริมาตรของไข่มุค่อยๆ เพิ่มขึ้นและมีการลดลงที่เวลา 9 ชั่วโมง แล้วค่อยๆ คงที่เรื่อยมา แสดงให้เห็นว่าน้ำเข้าสู่ตัวไข่มุในช่วงแรก หลังจากนั้นไข่มุบางส่วนจะปรับตัวได้ ปริมาตรจึงยังคงสูงกว่าที่ปริมาตรเริ่มต้น

ที่ระดับความเค็ม 35 และ 40 พิเอสยู ปริมาตรของไข่มุค่อยๆ ลดลงจนถึงเวลา 9 ชั่วโมง และค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนมีค่าใกล้เคียงกับปริมาตรเริ่มต้น แสดงว่าไข่มุสามารถปรับตัวได้ โดยดึงน้ำกลับเข้ามาได้ ปริมาตรจึงใกล้เคียงกับปริมาตรเริ่มต้น

ไข่มุมีระยะหัวใจเต้น (ภาพที่ 3)

ที่ระดับความเค็ม 10 พิเอสยู และ 15 พิเอสยู ปริมาตรของไข่มุมีการเพิ่มขึ้นต่อเนื่องในช่วงเวลา 6-12 ชั่วโมงแรก และต่อมาจะค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกน้ำภายนอกจะไหลเข้าสู่ไข่มุอย่างรวดเร็ว จากนั้นไข่มุจะพยายามปรับตัวโดยการขับน้ำออกและดึงอออนกลับเข้าสู่ตัว แต่ปริมาตรเฉลี่ยยังคงสูงกว่าที่เวลาเริ่มต้น

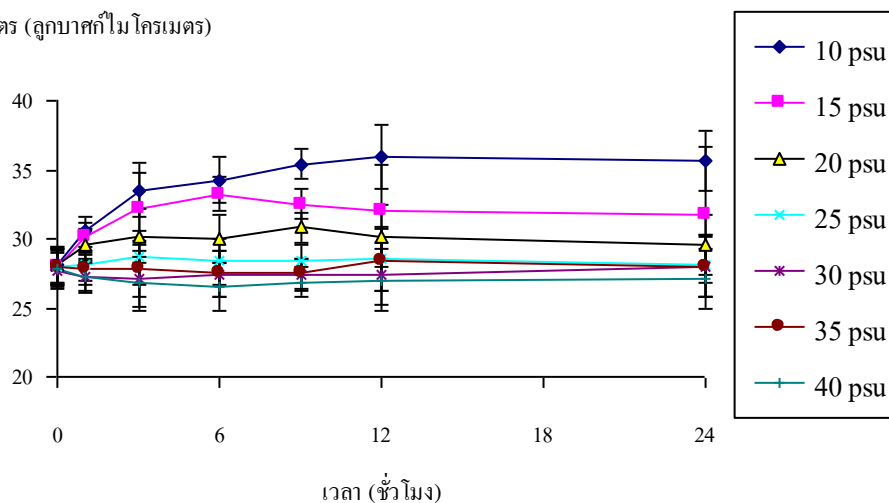
อาจเป็นไปได้ที่ไข่มุส่วนใหญ่ตายลงเพราะไม่สามารถปรับตัวได้

ที่ระดับความเค็ม 20 และ 25 พิเอสยู ปริมาตรของไข่มุมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่เวลา 3 ชั่วโมงแรก และค่อยๆ คงที่ที่เวลา 6 ชั่วโมงเรื่อยมา แต่ที่ระดับความเค็ม 25 พิเอสยู ปริมาตรของไข่มุจะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาตรเริ่มต้นมากกว่าที่ระดับความเค็ม 20 พิเอสยู แสดงว่าที่ระดับความเค็ม 25 พิเอสยู ไข่มุมีการปรับตัวได้ดีกว่าที่ 20 พิเอสยู เพราะความเข้มข้นของอออนใกล้เคียงกับความเข้มข้นของกลุ่มควบคุมมากกว่า

ที่ระดับความเค็ม 35 พิเอสยู และ 40 พิเอสยู ปริมาตรของไข่มุค่อนข้างคงที่ ปริมาตรของไข่มุ ค่อยๆ ลดลงในช่วงเวลา 6 ชั่วโมงแรก แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่เวลา 9 ชั่วโมง และมีแนวโน้มคงที่จนใกล้เคียงกับปริมาตรเริ่มต้น แสดงว่าไข่มุมีการปรับตัวได้ สามารถดึงน้ำกลับเข้าตัวได้ดี

จากการทดลองผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่มุมี ระยะคลีเวลและบลาสตูลา ระยะเกิดจุดตาและเม็ดสี และระยะหัวใจเต้น ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ปริมาตรของไข่มุที่เวลา 24 ชั่วโมง มาทำการทดสอบทางสถิติพบว่า ไข่มุมีที่ระยะหัวใจเต้นมีความสามารถในการควบคุมเข้าออกของน้ำและอออนได้ดีที่สุด คือสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 20 พิเอสยู จนถึง 40 พิเอสยู รองลงมาคือ ระยะเกิดจุดตาและเม็ดสีสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็ม 25 ถึง 35 พิเอสยู และระยะคลีเวลและบลาสตูลามีความสามารถในการควบคุมเข้าออกของน้ำและอออนได้น้อยที่สุด คือสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็ม 30-35 พิเอสยู เพราะที่ระดับความเค็มของไข่มุแต่ละระยะดังกล่าวจะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อ

ปริมาตร (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไข่มุมีระยะหัวใจเต้น ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มน้ำต่างๆ

เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ระดับความเค็ม 30 พิเอสยู (control) ดังตารางที่ 1

จากการศึกษาและเปรียบเทียบ พบว่าระบบการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนท์ในไข่มุกร้าระยะคลีเวลและบลาสตูลายังไม่มีการพัฒนา เช่นเดียวกับไข่มุกร้าชนิดอื่น เช่น ปู *Hemigrapsus edwardsi*, *H. crenulatus*, *Heterozius rotundifrons* และ *C. lavauxi* (Taylor & Seneviratna, 2005; Leelapiyanart, 1996) และเมื่อไข่มุกร้ามีการพัฒนามากขึ้นระบบการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนท์จะมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะไข่มุกร้าในระยะหัวใจเต้นั้น น่าจะมีระบบการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนท์ที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากเป็นไข่มุกร้าในระยะสุดท้ายก่อนที่จะฟักออกเป็นตัวอ่อนในระยะซูเอีย (zoea) แต่ไข่มุกร้านั้นจะมีช่วงความสามารถในการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนท์ น้อยกว่าปูชนิดอื่นที่ได้กล่าวมาข้างต้น เพราะปูม้าม้าเป็นปูที่อาศัยอยู่ในทะเลความเค็ม น้ำทะเลปกติ ส่วนปูที่กล่าวมาข้างต้นเป็นปูที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง เป็นพวกที่ทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง (euryhaline)

การควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนท์ในไข่มุกร้านั้นเกิดขึ้นบริเวณเยื่อหุ้มไข่ (egg membrane) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเยื่อหุ้มที่ยอมให้น้ำผ่านเข้าออกได้ (permeable membrane) โดยพบว่าเยื่อหุ้มไข่มุกร้านั้นประกอบด้วยเยื่อ 2 ชั้น คือ เยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) จะมีลักษณะที่หยาบและเหนียว และเยื่อหุ้มชั้นใน (inner membrane) มีลักษณะที่บางและใส (Leelapiyanart, 1996) โดยระหว่างเยื่อหุ้ม 2 ชั้นนี้จะมีช่องว่างอยู่ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มไข่มุกร้าสองชั้นนี้น่าจะช่วยป้องกันหรือชะลอการเคลื่อนที่ของน้ำและออสโมไนท์ระหว่างภายนอกและภายในตัวอ่อน ทำให้ตัวอ่อนของปูที่อยู่ภายในสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำได้ แต่การแลกเปลี่ยนน้ำและออสโมไนท์ระหว่างของเหลวภายในและสิ่งแวดล้อมภายนอกก็มีขีดจำกัดเช่นกัน (Leelapiyanart, 1996) นอกจากนี้ยังมีรายงานในทางชีวเคมีว่า เยื่อหุ้มไข่มุกร้าเป็นสารประกอบพวกไขมัน (lipoid) อาจมีหน้าที่ป้องกันไข่ที่อ่อนนุ่ม โดยจะติดกับตัวอ่อนตลอดจนกระทั่งฟักออกเป็นตัว ส่วนเยื่อหุ้มชั้นนอก เป็นไคติน (chitin) และมีคิวติเคิล (cuticle) เคลือบอยู่ จะติดกับไข่และจะแตกออกเมื่อฟักออกเป็นตัว (El-Sherief, 1993)

สรุปผลการวิจัย

1. ระบบการควบคุมสมดุลของน้ำและออสโมไนท์จะมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นเมื่อไข่มุกร้ามีการพัฒนาเพิ่มขึ้น หรือไข่มุกร้าจะมีการควบคุม

สมดุลของน้ำและออสโมไนท์ได้ดีกว่าไข่มุกร้า หรืออาจกล่าวได้ว่าไข่มุกร้าในระยะนี้จะแสดงความเป็นออสโมเรกูเลเตอร์ (osmoregulator) ส่วนไข่มุกร้าในระยะอ่อนจะแสดงความเป็นออสโมคอนฟอร์เมอร์ (osmoconformer)

2. ไข่มุกร้าในระยะหัวใจเต้นมีความสามารถในการควบคุมเข้าออกของน้ำและออสโมไนท์ได้ดีที่สุด คือสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 20 ถึง 40 พิเอสยู รองลงมาคือ ระยะเกิดจุดตาและเมดิสสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็ม 25 ถึง 35 พิเอสยู และระยะคลีเวลและบลาสตูลามีความสามารถในการควบคุมเข้าออกของน้ำและออสโมไนท์น้อยที่สุด คือสามารถปรับตัวได้ที่ระดับความเค็ม 30 ถึง 35 พิเอสยู

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. (2548). สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2546. เอกสารฉบับที่ 6/2548 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 91 หน้า.
- กรุณา สัตตมาศ. (2532). การอนุบาลลูกปูม้าม้าวัยอ่อนให้มีอัตราการรอดสูง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2. กลุ่มพัฒนาแหล่งประมงศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน. กองประมงทะเล กรมประมง. กรุงเทพฯ: 32 หน้า.
- เขียน สีนอนวงศ์. (2520). การศึกษาชีววิทยาของปูม้าม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus). ในอ่าวไทย. รายงานวิชาการ ฉบับที่ 14/2520. งานสัตว์น้ำอื่นๆ กองประมงทะเล. กรมประมง. กรุงเทพฯ: 24 หน้า.
- นงนุช ตั้งเกริกไธพาร และศุภางค์ ขำปูล. (2550). พัฒนาการของคัพภะและระยะเวลาของการฟักไข่ในปูม้าม้าเทศเมียมที่มีไข่นอกกระดอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 12(2), 55-62.
- บรรจง เทียนสงครัมภ์. (2549). ปูม้าม้า สัตว์เศรษฐกิจพื้นฟูชีวิตชาวประมง. วารสารอัมพเขต, 37-46.
- สุเมธ ดันติกุล. (2527). ชีววิทยาการประมงปูม้าม้าในอ่าวไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ. กองประมงทะเล กรมประมง. กรุงเทพฯ: 58 หน้า.
- El-Sherief, S.S. (1993). Histochemical characteristics of the egg membranes of *Portunus pelagicus* (L.). *Acta Biologica Hungarica*, 44(2-3), 269-280.
- Fletcher, C.R. (1974). Volume Regulation in Neries diversicolor-III. adaption to a reduce salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 47A, 1221-1234.

- Gilles, R. (1983). Volume maintenance and regulation in animal cells : Some features and trends. *Molecular Physiology*, 4, 3-16.
- 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.
- Louis, F. & Gainey, JR. (1994). Volume regulation in tree species of marine mussels. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 181, 201-211.
- Ramano, N. & C. Zeng (2006) The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. *Aquaculture*, 260, 151-162.
- Taylor, H.H. & Seneviratna, D. (2005). Ontology of salinity tolerance and hyper-osmoregulation 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.