

ผลของความเค็ม น้ำ ชนิดอาหาร และสิ่งหลบซ่อนต่อการพัฒนาการ การเจริญเติบโต
และการรอดตายของการอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus)

Effects of Salinity, Type of Feed, and Shelter on Development, Growth and
Survival Rate for Larviculture of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*)

ผศ. ดร. บุญรัตน์ ประทุมชาติ¹ และ ดร. สุรียัน ัญญกิจจานุกิจ²

BU 0085156
23 มี.ค. 2552
249075

เริ่มบริการ
123 มี.ค. 2552

¹ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

²ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

ทำการทดลองอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus*) เจริญเติบโต 3 ระยะ ได้แก่ ระยะซุเอีย (Zoea Stage) เมกาโลปา (Megalopa Stage) และระยะตัวปู (Crab Stage) ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ในบ่อคอนกรีตขนาด 1.3 เมตร x 3.35 เมตร x 0.70 เมตร โดยใช้ระดับความหนาแน่น 225 ตัว/ลิตร, 20 ตัว/ลิตร และ 2 ตัว/ตารางนิ้ว ตามลำดับ ภายใต้ระดับความเค็มน้ำ 24, 27 และ 30 ppt โดยมีชนิดของอาหารเป็นปัจจัยร่วมในการอนุบาลลูกปูระยะซุเอีย และการใช้วัสดุหลบซ่อนของการอนุบาลในระยะเมกาโลปาและระยะตัวปู เพื่อตรวจสอบการรอดตาย การเจริญเติบโต และการพัฒนาการของลูกปูม้า

ผลจากการอนุบาลในระยะซุเอีย พบว่า ชนิดอาหารมีผลต่อการรอดตาย กล่าวคือการอนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์กับอาร์ทีเมียวัยอ่อน มีอัตราการรอดตายสูงสุด ($56.1 \pm 1.8 \%$) โดยสูงกว่าการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก ($42.4 \pm 2.1 \%$) ($p < .05$) ขณะที่ไม่แตกต่างไปจากการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง ($p > .05$) ชนิดอาหาร ความเค็มน้ำ และความเค็มน้ำร่วมกับอาหาร มีผลต่อการเจริญเติบโต ($p < .05$) การอนุบาลที่ความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt ลูกปูจะมีความยาวสูงกว่าการอนุบาลในความเค็มน้ำ 30 ppt ($p < .05$) ซึ่งการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ลูกปูมีความยาวเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($p < .05$) หากพิจารณาทั้งสองปัจจัยร่วมกันแล้ว พบว่าลูกปูที่อนุบาลที่ความเค็มน้ำ 24, 27 และ 30 ppt ที่อนุบาลด้วยโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน และความเค็มน้ำ 27 ppt ที่อนุบาลด้วยโรติเฟอร์ร่วมกับไรแดงมีความยาวสูงสุด และไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าลูกปูมีความยาวเพิ่มขึ้นต่ำสุดเมื่ออนุบาลด้วยโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก โดยมีความยาวลดลง ($p < .05$) เมื่อความเค็มน้ำสูงขึ้น ความเค็มน้ำที่สูงขึ้นส่งผลให้ปูใช้ระยะเวลาการพัฒนารั้งตั้งแต่แรกฟักจนถึงเริ่มเข้าระยะเมกาโลปาสั้นลง ($p < .05$) ความเค็มน้ำ 30 ppt ส่งผลให้ลูกปูระยะซุเอียใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด (8.1 ± 0.4 วัน) การใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก ส่งผลให้ใช้เวลาในการพัฒนาการของลูกปูระยะซุเอียนานที่สุด ($p < .05$) ขณะที่ความเค็มน้ำร่วมกับชนิดอาหารไม่มีผลต่อระยะเวลาการพัฒนารั้ง ($p > .05$)

ผลการอนุบาลปูม้าระยะเมกาโลปาและตัวปู (C1-C5) พบว่าความเค็มน้ำ และความเค็มน้ำร่วมกับการใช้วัสดุหลบซ่อนไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต และการพัฒนาการของลูกปูทั้งสองระยะ ($p > .05$) การใช้วัสดุหลบซ่อนแขวนในแนวดิ่ง ส่งผลให้ลูกปูระยะเมกาโลปามีอัตราการรอดตาย ($58.9 \pm 1.9 \%$) สูงกว่าการใส่วัสดุกองพื้น และให้ผลในทางกลับกันในระยะตัวปู ($p < .05$) ในทางตรงกันข้ามการใส่วัสดุหลบซ่อนแขวนแนวดิ่ง ส่งผลให้ลูกปูระยะเมกาโลปามีการเจริญเติบโตช้ากว่าการใช้วัสดุหลบซ่อนกองที่พื้น และให้ผลในทางกลับกันในระยะตัวปู ($p < .05$)

Abstract

Crab (*Potunus pelagicus*) larval stages (zoea, megalopa, and crab) were commercially cultured in 1.3 m x 3.35 m x 0.70 m concrete tank under factorial design at densities of 225 zoea/L, 20 megalop/L and 2 crab/inch², respectively. The three levels of salinity of 24 ppt, 27 ppt and 30 ppt were the main factors for larviculture. Type of feed was the co-factor for zoeal culture while shelter was co-factor for megalopa and crab culture. Survival rate, growth and metamorphosis period were examined.

The result of the study indicated that the survival rate was significantly affected by type of feed ($p < .05$). The highest survival rate ($56.1 \pm 1.8 \%$) was found in zoea fed on rotifer (*Brachionus plicatilis*) + newly-hatched *Artemia*. This value was significantly higher than that of zoea fed on rotifer and artemia flake group ($p < .05$) but it was not significant different from zoea fed on rotifer + water flea (*Moina macroopa*). Growth was significantly effected ($p < .05$) by salinity, type of feed and co-factor of salinity and feed. The length gain of zoea in 24 ppt and 27 ppt showed significantly ($p < .05$) higher than that of 30 ppt. The significant growth in length gain was found in zoea fed on rotifer + artemia nauplii. Furthermore, interaction between salinity and feed was also significantly ($p < .05$) affected on growth. The results revealed that zoea fed on rotifer + artemia nauplii under 24 ppt, 27 ppt and 30 ppt and rotifer + water flea under 27 ppt were significant highest ($p < .05$) but it was not significantly different among these groups ($p > .05$). The significant lowest in length gain was found in zoea fed with rotifer + artemia flake and its growth would be significantly decreased ($p < .05$) when the salinity increased. Metamorphosis period (from hatch to the initial period of metamorphosed megalopa) significantly decreased when salinity increased. The significant ($p < .05$) shortest period (8.1 ± 0.4 day) from zoea to megalopa stages was found in zoea under 30 ppt. The significant ($p > .05$) longest period was found in zoea fed on rotifer + artemia flake. However, the metamorphosis period was not significantly influenced by the interaction of salinity and feed.

For megalopa and crab culture, survival rate, growth and metamorphosis period were not significantly affected by salinity as well as salinity and shelter. Survival rate of megalopa ($58.9 \pm 1.9 \%$) using vertical line of oyster shell was significantly higher than that of using horizontal one and *vice versa* for crab stage ($p < .05$). On the contrary, growth of megalopa using vertical shelter showed significantly lower than that of using horizontal one and *vice versa* for crab stage ($p < .05$).

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
4 ผลการวิจัย.....	36
การทดลองที่ 1 การอนุบาลลูกปูม้าระยะซุเอีย.....	36
การทดลองที่ 2 การอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา.....	47
การทดลองที่ 3 การอนุบาลลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5.....	54
คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง.....	59
5 อภิปรายและสรุปผล.....	64
ระยะซุเอีย (Zoea stage).....	64
ระยะเมกาโลปา (Megalopa stage).....	71
ระยะตัวปู (Crab Stage).....	73
คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง.....	75
สรุปผลการวิจัย.....	77
ข้อเสนอแนะ.....	78
เอกสารอ้างอิง.....	79

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 วิธีการอนุบาลลูกปู การเจริญเติบโต อัตราการรอด และช่วงเวลาของการพัฒนาการของปูชนิดต่าง ๆ	21
2 วิธีการอนุบาลลูกปูมีระยะชูเอียง 1 ถึงชูเอียง 4 ภายใต้ความเค็มน้ำ 3 ระดับและอาหาร 3 สูตร.....	28
3 วิธีการอนุบาลลูกปูมีระยะเมกาโลปา 1 ถึงเมกาโลปา 3 ภายใต้ความเค็มน้ำ 3 ระดับและการใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ.....	31
4 วิธีการอนุบาลลูกปูมีระยะเป็นตัวปูวันแรกถึงลูกปูอายุ 5 วัน ภายใต้ความเค็มน้ำ 3 ระดับ และการใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ.....	34
5 อัตราการรอดตายของลูกปูมีในระยะชูเอียงที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตรและความเค็มน้ำ 3 ระดับ.....	39
6 ระยะเวลาที่ใช้พัฒนาการ (วัน) ของลูกปูมีระยะชูเอียง ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร และความเค็มน้ำ 3 ระดับ.....	44
7 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูมีระยะชูเอียงที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับการให้อาหาร 3 สูตร.....	46
8 อัตราการรอดตายของลูกปูมีในระยะเมกาโลปาที่อนุบาลโดยใช้ความเค็มน้ำ 3 ระดับร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อน 2 วิธี.....	49
9 ช่วงเวลาที่ใช้พัฒนาการของลูกปูมีระยะเมกาโลปา ที่อนุบาลในความเค็มน้ำ 3 ระดับและการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	50
10 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูมีระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี	53
11 อัตราการรอดตายของลูกปูมีในระยะเป็นตัวปูอายุ 5 วัน ที่อนุบาลโดยใช้ความเค็มน้ำ 3 ระดับร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อน 2 วิธี.....	56
12 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูมีระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี	58
13 คุณภาพน้ำจากการทดลองเพาะเลี้ยงลูกปูมีระยะต่าง ๆ	60

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่นอกกระดองสีดำ.....	26
2 บ่ออนุบาลใช้อนุบาลปูม้า.....	27
3 การเตรียมการฟักไข่แม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่นอกกระดองสีดำ.....	28
4 ความยาวลำตัว (Body length) ของลูกปูม้าระยะชูเอียง.....	30
5 การใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวนิ่ง.....	32
6 การใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้น.....	32
7 ความยาวทั้งหมด (Total length) ของลูกปูระยะเมกาโลปา.....	33
8 การวัดความกว้างของกระดองลูกปู.....	35
9 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะชูเอียงที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ....	37
10 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าจากกระยะชูเอียง 1 ถึง ชูเอียง 4 ที่อนุบาลด้วยระดับความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ.....	37
11 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะชูเอียง ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร.....	38
12 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าจากกระยะชูเอียง 1 ถึง ชูเอียง 4 ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร.....	38
13 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะชูเอียงที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร และความเค็มน้ำ 3 ระดับ.....	39
14 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูม้าระยะชูเอียง ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ.....	41
15 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูม้าระยะชูเอียงในแต่ละช่วงเวลา ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร.....	42
16 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูม้าระยะชูเอียงในแต่ละช่วงเวลา ที่อนุบาลที่ความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ และใช้อาหารต่างกัน 3 สูตร.....	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
17 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะชูเอียงที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ	45
18 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะชูเอียงที่อนุบาลด้วยอาหาร ต่างกัน 3 สูตร.....	46
19 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะชูเอียงที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับการให้อาหาร 3 สูตร.....	47
20 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ.....	48
21 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	48
22 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อน 2 วิธี.....	49
23 ระยะเวลาการพัฒนารูปร่างของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ ต่างกัน 3 ระดับในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	51
24 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ ต่างกัน 3 ระดับ.....	52
25 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุ หลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	53
26 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ ต่างกัน 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	54
27 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าในระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความ เค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ.....	55
28 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าในระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยการ วางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
29 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าในระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลโดยใช้ความเค็มน้ำ 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อน 2 วิธี	56
30 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ.....	57
31 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	58
32 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี.....	59
33 ค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูม้าระยะต่าง ๆ.....	62
34 ปริมาณไนโตรเจนในบ่ออนุบาลลูกปูม้าระยะต่าง ๆ.....	62
35 ปริมาณแอมโมเนียในบ่ออนุบาลลูกปูม้าระยะต่าง ๆ.....	63

บทที่ 1

บทนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) แพร่กระจายอยู่ทั่วไปทั้งชายฝั่งทะเลอันดามันและฝั่งอ่าวไทย เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นสัตว์น้ำที่ประชาชนหันมานิยมบริโภคกันมากขึ้น ทำให้ราคาปูมีค่าสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้การทำประมงมีแนวโน้มมากขึ้น ปี พ.ศ. 2530 ปริมาณปูม้าที่จับได้ทั่วประเทศประมาณ 34,707 ตัน คิดเป็นมูลค่า 744.7 ล้านบาท (ฝ่ายสถิติการประมง, 2532) ปี พ.ศ. 2540 ปริมาณปูม้าที่จับขึ้นมามีมูลค่าประมาณ 40,089 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,704.4 ล้านบาท (กองเศรษฐกิจการประมง, 2543) ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีปูม้าถูกจับจากทะเลขึ้นมาใช้อย่างมากจนเกินกำลังการผลิตทดแทนของธรรมชาติ (Over Fishing) รวมทั้งขนาดของปูที่จับได้โดยเฉลี่ยก็มีขนาดเล็กลงมาก ส่งผลให้ปริมาณปูม้าในท้องทะเลไทยในปัจจุบันลดลง แต่ความต้องการของตลาดกลับเพิ่มมากขึ้น ทำให้ราคาปูม้าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จากกิโลกรัมละ 35 บาท เมื่อ พ.ศ. 2532 (กองนโยบายและแผนงาน, 2532) เป็นกิโลกรัมละ 150-200 บาทในปัจจุบัน

ในปี พ.ศ. 2526 รัฐได้วางมาตรการในการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำประเภทปูที่อาศัยอยู่ในทะเล ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 ที่ห้ามมิให้บุคคลใดทำการประมงปูในทะเลไม่ว่าด้วยวิธีใดแก่ปูที่มีไข่นอกกระดอง ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมของทุกปี (ฝ่ายนิติการ, 2530) เพื่อให้โอกาสมีปูได้แพร่ขยายพันธุ์ นอกจากนี้ หน่วยงานหลายแห่งของกรมประมงยังได้เพาะพันธุ์ปูม้าแล้วนำไปปล่อยลงสู่ทะเลเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับธรรมชาติเรื่อยมา แต่การผลิตพันธุ์ปูม้ามักประสบปัญหาอัตราการรอดต่ำและไม่แน่นอน จนกระทั่งในปัจจุบันมาตรการอนุรักษ์เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เนื่องจากปริมาณปูม้าที่จับจากธรรมชาติมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนี้จำเป็นต้องเข้ามามีบทบาทในการช่วยเหลือเพิ่มผลผลิตอีกทางหนึ่ง แต่ความรู้หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงปูม้าในประเทศไทยยังมีน้อย ปัญหาหลักที่ยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนี้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากปูม้าเป็นสัตว์กินเนื้อ มีนิสัยดุร้ายและอาศัยการลอกคราบในการเจริญเติบโต เมื่อต้องมาอยู่ร่วมกันอย่างหนาแน่นในที่กักขัง ตัวที่เล็กและอ่อนแอกว่าจะถูกจับกินเป็นอาหาร นอกจากนี้ ยังมีปัญหาการติดเชื้อ โดยเฉพาะในลูกปูวัยอ่อนระยะซูลเลีย (Zoea) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ลูกปูตายเป็นจำนวนมาก (Muroga, Suzaki, & Ishimaru, 1994) ทำให้อัตราการรอดต่ำ ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงปูม้าจำเป็นต้องศึกษาและวิจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่องเพื่อหาเทคนิค หรือวิธีจัดการที่

เหมาะสมทั้งในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม อาหารและการให้อาหาร เพื่อให้ลูกปูม้ามีอัตราการรอดสูงขึ้นในระดับที่สามารถส่งเสริมให้เป็นการเลี้ยงในเชิงอุตสาหกรรมได้

การศึกษาชีววิทยาของปูม้าเพื่อนำไปสู่การเพาะเลี้ยงได้ดำเนินการมานานกว่า 20 ปีแล้ว (เขียน สีนอนวงศ์, 2520; บุญศรี วงศ์จิตต์ชื้อ และเจต พิมลจินดา, 2527 และ สุเมธ ตันติกุล, 2527) แต่ที่ผ่านมาการผลิตลูกปูพร้อมนำไปเลี้ยงยังได้ในอัตราลดต่ำมาก (สุเมธ ตันติกุล, 2527; กรุณา สัตยมาศ และสุชาติ ยงทรัพย์, 2532) ประกอบกับราคาปูม้าในขณะนั้นยังไม่สูงมากพอที่จะจูงใจให้เกษตรกรประกอบเป็นอาชีพ (สุเมธ ตันติกุล, 2527) ปัจจุบันสถานภาพด้านราคาของปูม้าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างชัดเจน การเพาะเลี้ยงปูม้าในเชิงพาณิชย์จึงได้รับความสนใจอย่างมาก ทั้งทางภาครัฐและเอกชน แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าความรู้หรือข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงปูม้าหรือด้านวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ในเชิงวิชาการมีน้อยมาก และขาดความต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศ แต่ก็ยังพอมีอยู่บ้าง จึงต้องใช้ข้อมูลเท่าที่สืบค้นได้มาเป็นแนวคิดและประยุกต์ใช้ในการวิจัยนี้ คาดว่าการวิจัยในครั้งนี้จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้อีกทางหนึ่ง หรืออย่างน้อยก็เป็นแนวทางที่กำลังไปสู่ความสำเร็จสัมฤทธิ์ผลทั้งในด้านการเสริมพันธุ์ให้กับแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อการอนุรักษ์ หรือเพื่อการเพิ่มผลผลิตในบ่อเลี้ยงก็ตาม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุกรมวิธานและลักษณะรูปร่างของปูม้า

ปูม้ามีชื่อภาษาอังกฤษว่า Blue Swimming Crab มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ที่มีโครงร่างแข็งห่อหุ้มลำตัว มีรยางค์เชื่อมเป็นข้อต่อ (สุเมธ ตันติกุล, 2527)

วงจรชีวิตของปูม้า

ปูม้า (*P. pelagicus*) เป็นสัตว์น้ำกร่อยประเภทหนึ่งที่มีการอพยพย้ายถิ่นเพื่อการแพร่พันธุ์ โดยปูม้าเพศเมียจะอพยพจากแหล่งหากินในบริเวณชายฝั่ง ออกไปวางไข่ในทะเล หรือในบริเวณปากแม่น้ำซึ่งติดกับชายฝั่งทะเล การอพยพนี้เพื่อเลือกแหล่งที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูวัยอ่อน (Meagher, 1971) เมื่อลูกปูฟักออกจากไข่แล้วจะลอยไปตามกระแสน้ำ ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอน ในระยะวัยอ่อนแบ่งเป็น 5 ระยะ คือระยะซุเอีย 4 ระยะ และระยะเมกาโลปา ระหว่างที่ดำรงชีวิตในวัยอ่อน อาจลอยไปได้ไกลถึง 80 กิโลเมตร ก่อนที่จะกลับเข้ามาอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งอีกครั้งหนึ่ง (Williams, 1982) การพัฒนาในระยะวัยอ่อนจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่ง จะใช้เวลาประมาณ 3 - 4 วัน รวมระยะเวลาในการเจริญเติบโตของลูกปู หลังจากออกจากไข่จนกระทั่งมีการเปลี่ยนรูปร่างเข้าสู่ระยะ เมกาโลปาจะใช้เวลาประมาณ 10 - 14 วัน และดำรงชีวิตในระยะเมกาโลปาอีกประมาณ 2-6 วัน จึงมีการลอกคราบเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะลูกปูวัยอ่อนระยะแรก (1st Crab) ซึ่งจะมีรูปร่างเหมือนตัวเต็มวัยรวมเวลาทั้งสิ้นประมาณ 12 - 20 วัน (บุญชัย เจริญปรีชา และทวี จันทศรี, 2523; บุญศรี วงศ์จิตต์ชื้อ และเจต พิมลจินดา, 2527; และ กรุณา สัตยมาศ, 2532)

การแพร่กระจายของปูม้า

ปูในครอบครัว Portunidae จะมีการแพร่กระจายที่กว้างมากจะพบในเขตร้อนบริเวณใกล้ชายฝั่ง ตั้งแต่ในมหาสมุทรอินเดียฝั่งตะวันตกและตะวันออก มหาสมุทรแปซิฟิกได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย มาเลเซีย ทางตอนบนของนิวซีแลนด์ จีน คาบสมุทรมาลายู

ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โมแซมบิก มาดากัสการ์ อ่าวเปอร์เซีย หมู่เกาะเมอร์ไก ศรีลังกา สำหรับในประเทศไทยพบทั้งฝั่งทะเลอันดามัน และฝั่งอ่าวไทย โดยปูม้าจะมีการแพร่กระจายโดยทั่วไปในระดับน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 50 เมตร ความเค็มตั้งแต่ 10 - 32 ppt อุณหภูมิสูงกว่า 20 °C และพบว่าจะมีชุกชุมมากที่สุดที่ระดับความลึก 10 - 20 เมตร ตั้งแต่ชายฝั่งตะวันออกในบริเวณของ เกาะช้าง เกาะกูด จังหวัดตราด หน้าอ่าวเพ จังหวัดระยอง ในอ่าวไทยตอนในพบบริเวณ อำเภอบางละมุง ตลอดแนวขึ้นมาถึงตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี และเพชรบุรี ส่วนบริเวณอ่าวไทยตอนใต้จะพบมากในบริเวณอ่าวบ้านดอน หมู่เกาะอ่างทอง เกาะสมุย และเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานีจนถึงอ่าวปัตตานี (พูนสุข นัยเนตร, 2520; สุเมธ ตันติกุล, 2526, 2527) ซึ่งมีปัจจัยที่มีผลการแพร่กระจายปูม้าดังนี้

สภาพพื้นที่ท้องทะเล ปูม้าจะอาศัยอยู่ทั้งในบริเวณพื้นที่ท้องทะเลที่เป็นโคลน ทราย และโคลนบนทราย ตลอดจนบริเวณหาดหิน อย่างไรก็ตามปูม้ามักจะชอบอาศัยอยู่บริเวณพื้นทรายหรือทรายปนโคลนมากกว่า (สุเมธ ตันติกุล, 2527)

ความเค็มน้ำ ปูม้าส่วนมากจะอาศัยอยู่ในที่ที่มีความเค็มสูงกว่า 20 ppt บางครั้งจะพบปูม้าบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งอาจจะเข้ามาหากินหรือทำการผสมพันธุ์ (Williams, 1965 cited in Huner & Brown, 1985) ปูเพศเมียที่มีไข่แก่จะออกทะเลเล็ก ที่มีความเค็มระหว่าง 28 - 32 ppt ที่ระดับความเค็มต่ำกว่า 17 ppt จะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การอนุบาลลูกปูวัยอ่อนและการเลี้ยงปูม้า เพราะจะมีผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตและวางไข่ (Pequeux, 1995)

อุณหภูมิ จัดว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่ง ในการกำหนดขอบเขตของการแพร่กระจาย ซึ่งพบว่าปูม้าจะพบในบริเวณเขตร้อนเป็นส่วนมาก โดยปกติจะดำรงชีวิตในระดับที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 20 °C มีปริมาณชุกชุมช่วงฤดูหนาวตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงต้นเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ หรืออาจกล่าวได้ว่าปูม้าวัยอ่อนชอบอาศัยในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำลงเล็กน้อย ขณะที่ตัวเต็มวัยชอบอยู่ในที่ที่อุณหภูมิสูงขึ้น (สุเมธ ตันติกุล, 2527)

ฤดูวางไข่ของปูม้า

การวางไข่ปูม้าจะมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทั่วไป จึงทำให้การวางไข่แตกต่างกันออกไป ปูม้าสามารถวางไข่ได้ตลอดปี (William & Felder, 1982) แต่จะมีช่วงการวางไข่สูงสุดแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่นในประเทศญี่ปุ่น พบว่าปูม้าวางไข่ตั้งแต่เดือนเมษายนจนถึงเดือนตุลาคม และมีช่วงการวางไข่สูงสุดราวกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ในอินเดียฝั่งตะวันตก ปูม้าสามารถวางไข่ได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนมีนาคม และมีช่วงการวางไข่สูงสุดในเดือน

ธันวาคมและเดือนมกราคม ขณะที่บริเวณอินเดียฝั่งตะวันออกปูม้จะวางไข่ในเดือนพฤศจิกายน มกราคม และมิถุนายน โดยจะวางไข่สูงสุดในเดือนพฤศจิกายนและเดือนมกราคม (Sastry, 1983)

ส่วนในอ่าวไทยปูม้สามารถวางไข่ได้ตลอดปี โดยแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม ปูม้ที่พบบริเวณทางชายฝั่งตะวันออกได้แก่ปูม้ในบริเวณเกาะกูด เกาะช้าง และอ่าวตราด สามารถวางไข่ได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนมกราคม โดยมีช่วงการวางไข่สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ปูม้ในบริเวณอ่าวไทยตอนในได้แก่ บริเวณอำเภอบางละมุง พัทยา บ้านอำเภอ จนถึงอำเภอนนทบุรีจะวางไข่ในเดือนกันยายนถึงเดือนมกราคม และวางไข่สูงสุดในเดือนพฤศจิกายนเช่นกัน ปูม้ในบริเวณอ่าวไทยตอนใต้ จะวางไข่ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนมีนาคม แต่พบช่วงการวางไข่สูงสุดในเดือนธันวาคม (สุเมธ ตันติกุล, 2527)

แหล่งวางไข่ของปูม้

ปูม้จะวางไข่ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งที่อยู่อาศัยของมันเอง แต่จะวางไข่ในบริเวณที่มีความเค็มสูงขึ้น และมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่มันอาศัย (Futch, 1965 cited in Huner & Brown, 1985) แหล่งวางไข่ของปูม้ในอ่าวไทยมี 3 แหล่งด้วยกันได้แก่ อ่าวไทยฝั่งตะวันออก จะพบปูม้วางไข่บริเวณเกาะกูด เกาะช้าง และบริเวณจังหวัดตราด บริเวณอ่าวไทยตอนใน จะพบปูม้วางไข่ในบริเวณเกาะคราม เกาะรีน ส่วนบริเวณอ่าวไทยตะวันตก ปูม้จะวางไข่บริเวณช่องเกาะพั่น หมู่เกาะอ่างทองและบริเวณรอบ ๆ เกาะสมุย (เขียน สีนอนวงศ์, 2520)

ความคดของไข่ปูม้

ความสัมพันธ์ของขนาดและจำนวนไข่ของปูม้ยังไม่ได้มีการยืนยันที่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากปูม้วางไข่ได้หลายครั้งตลอดชีวิต แต่อย่างไรก็ตามปูม้ (*Callinectes sapidus*) ในสหรัฐอเมริกาจะมีความคดของไข่อยู่ระหว่าง 700,000 – 2,000,000 ฟอง (Williams, 1965 cited in Huner & Brown, 1985) ส่วนปริมาณความคดของไข่ปูม้ที่พบในอ่าวไทยจะแตกต่างกันไปตามขนาดและพื้นที่ของการศึกษา เช่น ปูม้ที่ได้จากบริเวณจังหวัดสงขลาซึ่งมีความกว้างกระดองระหว่าง 14.00 - 17.50 เซนติเมตร หรือมีน้ำหนักตั้งแต่ 80 - 140 กรัม จะมีความคดของไข่อยู่ระหว่าง 300,000 - 1,900,000 ฟอง ในขณะที่ปูม้จากจังหวัดชุมพรซึ่งมีขนาดความกว้างกระดองตั้งแต่ 10.20 - 16.40 เซนติเมตร จะมีไข่ประมาณ 120,000 - 1,360,000 ฟอง (กรุณา สัตยมาศ, 2532) จากการศึกษาของฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ กรมประมง พบว่าค่าความคดของไข่โดยเฉลี่ยของปูม้อ่าวไทยเท่ากับ 713,000 ฟองต่อตัว โดยพบสูงสุดจากปูม้เพศเมียที่มีขนาดความกว้างของกระดอง 16.60 เซนติเมตร มีไข่เท่ากับ 2,340,000 ฟอง ไข่ของปูม้ที่พบจะมีขนาดประมาณ 295 - 420 ไมโครเมตร

(สุเมธ ตันติกุล, 2526) และจากการเพาะเลี้ยงแม่พันธุ์ที่มีความกว้างของกระดอง 11.74 - 12.57 เซนติเมตร น้ำหนัก 89 - 138 กรัม มีความคืบไข่ 270,000 ถึง 520,000 ฟอง (กรรณา สัตยมาศ, 2532)

การเพาะและอนุบาลปูม้า

การเพาะและการอนุบาลลูกปูม้าในประเทศไทย มีการศึกษาและวิจัยมานานกว่า 20 ปีแล้ว ได้เริ่มต้นในราว พ.ศ. 2523 โดยกองประมงทะเล โดยการริเริ่มของบุญชัย เจียมปรีชา และ ทวี จันทรศรี (2523) แต่การศึกษาการเพาะพันธุ์ปูม้าไม่ได้ก้าวหน้าไปเท่าที่ควร ยังคงจำกัดอยู่ในหน่วยงานของรัฐเท่านั้น ปัจจุบันกรมประมงดำเนินการเพาะฟักและอนุบาลลูกปูม้าในโรงเพาะฟักต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตปูม้าวัยอ่อนให้ได้จำนวนมากแล้วนำไปปล่อยในแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนหนึ่งเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ อีกส่วนหนึ่งเพื่อการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเท่านั้น (กรรณา สัตยมาศ, 2532) การเพาะพันธุ์ปูม้ามีขั้นตอนที่สำคัญอยู่ 3 ขั้นตอน คือ การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ปูม้า การเพาะฟัก และการอนุบาลลูกปูม้า (บรรจง เทียนสงรัสมิ, 2545)

การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ปูม้า

การเพาะพันธุ์ปูม้า โดยทั่วไปมักจะมีการจับเอาแม่พันธุ์ที่มีไข่แก่นอกกระดองมาจากแหล่งน้ำในธรรมชาติ ซึ่งหาได้ง่ายและราคาถูก นอกจากจะใช้แม่ปูที่มีไข่นอกกระดองซึ่งหาไม่ยากแล้ว จับปูเพศเมียที่มีไข่นอกกระดองที่โรงงานผลิตปูกระป๋องไม่ต้องการ และมีปริมาณมากนั้นก็สามารณนำมาใช้เพาะหรือผลิตลูกปูขนาดเล็กได้เช่นกัน (บรรจง เทียนสงรัสมิ, 2545)

การเพาะฟัก

เนื่องจากโรงเรือนและอุปกรณ์ในการเพาะลูกปูม้าวัยอ่อนไม่แตกต่างกับการเพาะลูกกุ้ง-ลูกปลา ดังนั้น โรงเพาะฟักกุ้งและโรงฟักปลาที่มีอยู่จำนวนมาก ก็สามารถเปลี่ยนจากผลิตลูกกุ้ง-ลูกปลาเป็นลูกปูได้ไม่ยาก อีกประการหนึ่ง เทคนิคการเพาะและอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อน คล้ายคลึงกับของปูทะเลและลูกกุ้ง (บรรจง เทียนสงรัสมิ, 2545)

การเพาะพันธุ์ปูม้าเริ่มจากการหาแม่พันธุ์ที่มีไข่นอกกระดองจากธรรมชาติที่มีลักษณะตัวสมบูรณ์ ไม่บอบช้ำจากการจับ หากไข่นอกกระดองมีสีเหลืองหรือสีส้มต้องขุนไว้ก่อน 3 - 4 วัน รอจนไข่เปลี่ยนเป็นสีดำจึงนำไปเพาะฟักต่อไป (วรเทพ มุฑรธรณ, 2542) เมื่อไข่นอกกระดองเป็นสีดำจึงนำแม่ปูดังกล่าวไปใส่ในตะกร้าพลาสติกลอยไว้ในถังไฟเบอร์กลาส ที่มีขนาดความจุของน้ำประมาณ 500 - 1,000 ลิตร โดยให้มีระบบน้ำหมุนเวียนผ่านถังเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้แม่ปูทำการวางไข่ต่อไป เหตุผลที่นำเอาแม่ปูไปใส่ในตะกร้าพลาสติก ก็เพื่อความสะดวกในการแยกแม่พันธุ์ปูม้าออกจากถังเพาะฟักหลังจากที่แม่ปูวางไข่แล้ว (ชลธิ ชีวะเศรษฐกรรม, 2539)

การเพาะพันธุ์โดยการฟักไข่ปูม้า (*P. pelagicus*) จากตับปิ้งที่หักจากตัวแม่ ขั้นตอนแรก นำจับปิ้งที่มีไข่ติดอยู่มาแช่ในกะละมังที่มีน้ำพอสมควรใช้มือถูเบาๆ เพื่อแยกไข่ออกจากจับปิ้ง จากนั้นทำความสะอาดไข่โดยนำไข่ไปล้างด้วยน้ำทะเลสะอาด แล้วกรองไข่ด้วยผ้ากรอง จากนั้นนำไข่ที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วไปทำการเพาะฟักในถังพลาสติก ถังพลาสติกที่ใช้เพาะฟักควรเป็นถังทรงสูง ขณะเพาะฟักจะต้องให้อากาศตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ไข่จมน้ำ ถ้าไข่จมน้ำถึงแม้จะทำได้ ไข่เน่า และถ้าถึงมีขนาดใหญ่เกินไปอาจทำให้อากาศมีแรงไม่พอทำให้ไข่จมน้ำได้ ระหว่างเพาะฟักจะต้องดูแลอย่างใกล้ชิด ไข่จะใช้เวลา 2-3 วัน จึงฟักเป็นตัว หากเกิน 5 วันไปแล้วไข่ยังไม่ฟักเป็นตัวแสดงว่าไข่เน่า หลังจากไข่ฟักออกเป็นตัวขั้นตอนต่อไปคือ นำตัวอ่อนไปเลี้ยงในบ่ออนุบาล (สุวดี บรรดาศักดิ์, 2545)

การอนุบาลลูกปูม้า

เมื่อลูกปูม้าฟักออกเป็นตัววันแรกจะใช้อาหารจากถุงไข่แดง (Yolk Sac) จึงยังไม่ต้องให้อาหาร (บุญศรี วงศ์จิตต์เชื้อ และเจต พิมลจินดา, 2527) ในวันต่อมาจึงเริ่มให้อาหารจำพวกโรติเฟอร์ เมื่อลูกปูเจริญเข้าสู่ระยะซุเอีย 2 ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3 - 5 วัน จึงเริ่มให้อาร์ทีเมียวัยอ่อน โดยค่อยๆ ลดการให้โรติเฟอร์ลง เมื่อลูกปูเจริญเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 11 - 14 วัน จึงให้เนื้อปลาสดหรือเนื้อหอยสับเป็นอาหาร จนกระทั่งลูกปูเจริญเป็นปูระยะแรก การให้อาหารจะให้ 4 - 6 ครั้งต่อวัน การเปลี่ยนถ่ายน้ำในระยะซุเอีย 1 - 4 ให้ถ่ายน้ำประมาณวันละ 30-50 % ในระยะเมกาโลปา ให้ถ่ายน้ำวันละ 70 % (กรรณ สัตยมาศ, 2532) เมื่อลูกปูเจริญเข้าสู่ระยะซุเอีย 4 ซึ่งจะเจริญต่อไปเป็นระยะเมกาโลปา ควรทำการลดปริมาณลูกปูในบ่ออนุบาลลง เพื่อช่วยลดปัญหาการกินกันเอง และควรใส่วัสดุกำบังเช่น เศษอวน เชือกฟาง เพื่อเป็นที่หลบซ่อนแก่ลูกปู (กรรณ สัตยมาศ และสุชาติ ยงทรัพย์, 2532)

จากการศึกษาการอนุบาลลูกปูม้าโดยนำแม่ปูม้า (*P. pelagicus*) ที่มีไข่นอกกระดอง มาเพาะและเลี้ยงแบบมวลรวม (Mass Culture) ไปฟักในถังไฟเบอร์ขนาด 1 ตันที่บรรจุน้ำทะเลความเค็มปกติ จนกระทั่งลูกปูวัยอ่อนฟักจากไข่ (เมื่อนำแม่ปูที่มีลักษณะสีเทาแก่หรือเกือบดำ แม่ปูจะวางไข่และฟักออกเป็นตัวภายใน 1 - 2 วัน) อาหารที่ใช้เลี้ยงลูกปูในระยะซุเอีย คือโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียวัยอ่อน และเมื่อเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ให้เนื้อปลาสดเป็นอาหารเสริมจนกระทั่งลูกปูพัฒนาเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูระยะแรก (First Crab) ใช้ระยะเวลาในการอนุบาลประมาณ 14 วัน หลังจากฟักเป็นตัว ผลของการทดลองอนุบาลลูกปูวัยอ่อนตั้งแต่แรกฟักถึงเริ่มพัฒนาการเข้าสู่เมกาโลปาที่ระดับความหนาแน่น 153.5 และ 111 ตัว/ ลิตร พบว่ามีอัตราการตาย 33.22 % และ 37.03 % ตามลำดับ (บุญชัย เจริญปรีชา และทวี-จันทร์ศรี, 2523) และจากการอนุบาลลูกปูชนิดเดียวกันนี้ในบ่อคอนกรีตกลมขนาด 5 ลูกบาศก์เมตร ที่ความเค็มน้ำ 28 - 36 ppt อุณหภูมิ 28.5 - 30.5 °C มีการ

บ่อคอนกรีตกลมขนาด 5 ลูกบาศก์เมตร ที่ความเค็มน้ำ 28 - 36 ppt อุณหภูมิ 28.5 - 30.5 °C มีการปรับคุณภาพน้ำด้วยการเติมสารละลายคลอเรลล่าในอัตรา 10,000 เซลล์/มิลลิลิตร เริ่มมีการถ่ายน้ำในช่วงวันที่ 2 ของซูเียระยะที่ 1 ประมาณ 30 % วันที่ 3 (ซูเีย 1 ถึง 2) ปริมาณ 50 % วันที่ 4 - 7 (ซูเีย 2 ถึง 3) ปริมาณ 70 % วันที่ 8 - 10 (ซูเีย 3 ถึง 4) และวันที่ 11 (ระยะเมกาโลปา) ปริมาณ 70 % ตามลำดับ การอนุบาลช่วงซูเียระยะที่ 1 (อายุ 1 วัน) อาหารที่ให้คือ โรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) ความหนาแน่น 3 ตัวต่อมิลลิลิตร เมื่อลูกปูมีอายุ 4-7 วัน (ซูเีย 2-3) ให้โรติเฟอร์ 5 ตัว/มิลลิลิตร และอาร์ทีเมียแรกฟัก 5 ตัว/มิลลิลิตร หลังจากนั้นจึงให้อาร์ทีเมียแรกฟักเพียงอย่างเดียวในอัตรา 3 ตัว/มิลลิลิตร จนเข้าสู่ระยะเมกาโลปา แบ่งให้อาหารวันละ 3 ครั้ง พบว่าการอนุบาลลูกปูม้าด้วยความหนาแน่นสูง 68.5 - 130 ตัว/ลิตร จะมีอัตราการรอดตายต่ำ (27.85 - 31.54 %) ขณะที่ ถ้าย้ายลูกปูตอนซูเียระยะที่ 4 กระจายออกไปให้มีความหนาแน่นลดลงเหลือ 19 - 37 ตัว/ลิตร การย้ายทำโดยการหยุดการให้ฟองอากาศลูกปูจะลอยขึ้นมาผิวน้ำแล้วจึงทำการตักแบ่งได้โดยง่าย จะทำให้ลูกปูมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น (93 - 96 %) เมื่ออนุบาลถึงระยะเมกาโลปา สาเหตุที่ทำให้ลูกปูตายสูงที่ความหนาแน่นนั้น เนื่องจากการกระทบกระเทือนในช่วงลอกคราบ พบว่าลูกปูมีการลอกคราบไม่ออก หรือที่ลอกคราบออกก็อ่อนแอและตายในที่สุด เพราะมีการเปลี่ยนแปลงสูงทางสรีรรวมทั้งการเกาะและกัดกินกันเอง อย่างไรก็ตาม พอเข้าสู่วันที่ 2 ของระยะเมกาโลปาจะมีอัตราการรอดลดลงเหลือ 70 - 80 % เนื่องจากลูกปูมีนิสัยเกาะกินกันเอง (กรรณา สัตยมาศ, 2532) จึงได้มีการทดลองอนุบาลลูกปูจากระยะเมกาโลปาไปจนมีอายุ 25 - 26 วัน โดยใช้ที่กำบัง และไม่ต้องใส่ทรายหยาบบนพื้นบ่อ พบว่า ลูกปูจะมีอัตราการรอดตายสูงกว่า (60 %) เปรียบเทียบกับการอนุบาลที่ไม่ใช้วัสดุกำบัง ซึ่งจะมีอัตราการรอดตายเพียง 45 % ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการรอดตายยังไม่สูงมากนัก แต่ก็ยังเป็นแนวทางที่จะหาวัสดุอื่นๆ ที่เหมาะสมมากกว่านี้มาใช้ในการเพิ่มพื้นที่เพื่อลดการกินกันเอง (กรรณา สัตยมาศ และสุชาติ ยงทรัพย์, 2532)

ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการรอดตายของลูกปูวัยอ่อน

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกปูโดยทั่วไปได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความเค็ม อาหาร ความหนาแน่นของลูกปูที่ปล่อยเลี้ยง ร่มเงาสำหรับปูใช้หลบซ่อน โรค คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาล (บรรจง เทียนสงรัสมิ และบุญรัตน์ ประทุมชาติ, 2545) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แสงสว่าง (Illumination)

โดยปกติลูกปูวัยอ่อนตั้งแต่เริ่มฟักออกจากไข่ จัดเป็นพวกเคลื่อนที่เข้าหาแสง (Photopositive reaction) ซึ่งการว่ายน้ำเข้าหาแสงของลูกปูวัยอ่อน นอกจากเพื่อการรวมกลุ่มกันแล้วยังช่วยให้ลูกปูหาอาหารกินได้มากขึ้นอีกด้วย (Bardach et al., 1972 อ้างถึงใน บุญชัย เจียมปรีชา

และทวิ จันทรศรี, 2523) โดยทั่วไปลูกปูจะเคลื่อนที่ในแนวตั้งด้วยความเร็วประมาณ 2.5 เซนติเมตร ต่อ 1 นาที ปริมาณการกินอาหารของลูกปูวัยอ่อนจะเริ่มลดลงหลังจากเที่ยงวันเป็นต้นไปจนถึงดวงอาทิตย์ตกดิน ในเวลากลางคืนลูกปูจะกินอาหารได้น้อยมาก เนื่องจากมองไม่เห็นเหยื่อ แต่ถ้าเปิดไฟให้มันแสงสว่างพอควร ลูกปูจะกินอาหารได้มากกว่าในเวลากลางวัน ดังนั้นการจัดความเข้มของแสงให้กระจายอย่างเท่ากันในบ่อ จะเป็นการช่วยลดการรวมกลุ่มของลูกปู ป้องกันการกินกันเอง และลดความเครียดของลูกปู และยังเป็นการช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกปูวัยอ่อนได้ (บุญรัตน์ ประทุมชาติ, 2544)

Juwana (2000) ได้ศึกษาผลของแสง อุณหภูมิและความเค็มน้ำ ต่ออัตราการรอดของปูม้า (*P. pelagicus*) ระยะ C1-C4 แนะนำว่า สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปูม้าระยะดังกล่าว คือการให้แสงประมาณ 3,300 ลักซ์ นาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ภายใต้อุณหภูมิ 28 -30.5 °C และความเค็ม 32 ppt สอดคล้องกับการรายงานของ Djunaidah, Mardjono, Laven, & Wille, (1998) ซึ่งรายงานว่าที่ระดับความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร ลูกปูทะเล (*Scylla* sp.) ระยะซุเอีย 1 ที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ในอัตรา 30 ตัว/มิลลิเมตร หากได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง ในระยะเวลา 18 วัน เมื่อถึงระยะซุเอีย 5 จะมีอัตราการรอดประมาณ 15.7 % สูงกว่าลูกปูที่ได้รับแสงประมาณวันละ 24 ชั่วโมง (อัตรารอดประมาณ 7.3 %)

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีผลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการกินอาหารของสัตว์น้ำ การเพิ่มอุณหภูมิทำให้เมตาโบลิซึมของสัตว์เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องการพลังงานในรูปของอาหารและการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณไม่เพียงพอจะทำให้สัตว์น้ำนำพลังงานที่สะสมอยู่ในร่างกายมาใช้ ผลก็คือเหลือพลังงานน้อยลงสำหรับการดำรงชีวิต สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างกัน (กเชนทร เกลิมวัฒน์, 2538) ในระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นถึงแม้ว่าจะทำให้ลูกปูเจริญเติบโตได้เร็ว เพราะมีตัวเร่งการใช้พลังงาน ทำให้ลูกปูมีการแก่งแย่งการกินอาหาร ลูกปูที่โตได้เร็วกว่าก็จะกินตัวอื่น ๆ ทำให้อัตราการตายสูงมาก แต่ในที่อุณหภูมิต่ำ แม้จะทำให้ระยะเวลาการพัฒนาการของลูกปูยาวนานออกไปก็ตาม แต่อัตราการรอดตายของลูกปูจะสูงกว่า (Pequeux, 1995)

Bryars (1997) ได้ทดลองเลี้ยงลูกปูม้า (*P. pelagicus*) ระยะซุเอีย ถึงระยะเป็นตัวปูในห้องปฏิบัติการ แล้วรายงานว่าการพัฒนาการของลูกปูม้า มีความสัมพันธ์ผกผันกับอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 25 °C ลูกปูม้าจะใช้เวลาพัฒนาการจากระยะซุเอียถึงระยะเป็นตัวปู นาน 21 วัน ขณะที่อุณหภูมิ 23 °C จะใช้เวลานาน 39.5 วัน และที่อุณหภูมิ 17 °C ใช้เวลานาน 62.2 วัน เช่นเดียวกัน Jong, Hue-Keuk, Bang-Yong, & Kil, (1971) รายงานว่าปูม้าชนิด *P. tritubercutus* ที่เลี้ยงภายใต้

อุณหภูมิ 15 — 24.5 °C จะใช้เวลาในการพัฒนาการช่วงเมทาโลปานาน 30 — 32 วัน แต่ถ้าเลี้ยง
ภายใต้อุณหภูมิ 21.5 — 25.5 °C จะใช้เวลาในการพัฒนาการช่วงเมทาโลปานาน 14 - 15 วัน

จากการทดลองเลี้ยงลูกปูทะเล (*Scylla* sp.) วัยอ่อนที่อุณหภูมิระหว่าง 22 — 31 °C ปรากฏ
ว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกปูทะเลในระยะซุเอีย 1 ถึงระยะเป็นตัวปูอายุ 1 วัน
อยู่ระหว่าง 28 — 31 °C (Marichamy & Rajpackiam, 1991; Zainoddin, 1991) ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านั้น
อัตราการรอดของลูกปูวัยอ่อนจะลดลง เช่นที่อุณหภูมิ 22 — 24 °C อัตราการรอดของลูกปูทะเลระยะ
ซุเอีย 1 ถึงระยะซุเอีย 4 จะลดลงจาก 24 % เหลือเพียง 7 % เท่านั้น เวลาที่ใช้ในการพัฒนาการทาง
รูปร่างแต่ละระยะก็ยาวนานขึ้นด้วย และไม่สามารถพัฒนาถึงระยะเป็นตัวปูได้ (Marichamy &
Rajpackiam, 1991)

ความเค็มน้ำ (Salinity)

ความเค็มของน้ำ หมายถึงปริมาณเกลือแร่ต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยคิดเป็นหน่วย
น้ำหนักของสารเป็นกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำ (Parts Per Thousand, ppt) แร่ธาตุหลักของน้ำทะเล คือ
คลอไรด์ (Cl^-), ซัลเฟต (SO_4^{2-}), ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) โซเดียม (Na^+) แมกนีเซียม (Mg^{2+}),
แคลเซียม (Ca^{2+}) และ โพแทสเซียม (K^+) แร่ธาตุดังกล่าวมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและเกี่ยว
ข้องกับการปรับสมดุลในร่างกาย เช่น คลอไรด์, โซเดียม และ โพแทสเซียม ทำหน้าที่รักษาสมดุล
ของแรงดันออสโมติก แมกนีเซียมช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ที่มีผลต่อการเผาผลาญ
อาหาร ส่วนแคลเซียมเป็นส่วนประกอบหลักของโครงร่างภายนอก (ประจวบ หล้าอุบล, 2538)
สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีช่วงของความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจาก
ความเค็มของน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยมีผลต่อระบบการควบคุมปริมาณน้ำภายใน
ร่างกาย ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ระหว่างภายในและ
ภายนอกร่างกาย สัตว์น้ำจืดและน้ำกร่อยจะมีแรงดันออสโมติกภายในตัวสูงกว่าน้ำที่อยู่ภายนอก
(Hyperosmotic) ดังนั้นน้ำภายนอกจึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย สัตว์น้ำจืดจึงต้อง
พยายามขจัดน้ำส่วนเกินออกไป ในทางตรงกันข้าม สัตว์น้ำเค็มที่อาศัยอยู่ในทะเล จะมีแรงดัน
ออสโมติกต่ำกว่าน้ำทะเล (Hypoosmotic) ดังนั้นน้ำภายในตัวจะออกนอกร่างกายได้ง่าย สัตว์ทะเล
จึงต้องพยายามรักษาปริมาณน้ำไว้ สำหรับสัตว์น้ำกร่อยที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความ
เค็มมาก จะมีความสามารถในการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออสโมติกได้
ดี (Boyd, 1990) การเปลี่ยนแปลงความเค็มนั้น ถ้ามักเกินกว่าที่สัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ จะสามารถ
ปรับตัวได้ก็จะทำให้สัตว์น้ำตาย แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงความเค็มนั้นยังอยู่ในระดับที่สัตว์น้ำทนได้
สัตว์น้ำก็จะยังมีชีวิตอยู่ได้ แต่ก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลง (ยงค์ มุสิก, 2542)

ระดับความเค็มที่เหมาะสมมีส่วนสำคัญต่อการเลี้ยงปู เพราะในน้ำเค็มมีธาตุอาหารที่สำคัญต่อการสร้างเปลือกของปู โดยที่ระดับความเค็มต่ำกว่า 17 ppt จะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การอนุบาลลูกปูวัยอ่อนและการเลี้ยงปูม้า (*P. pelagicus*) เพราะจะมีผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตและวางไข่ (Pequeux, 1995) มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับระดับความเค็มที่มีผลต่ออัตราการรอดและการพัฒนาของลูกปูชนิดต่าง ๆ เช่น ระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*Scylla serrata*) ระยะซุเอีย ในช่วง 30 – 34 ppt (Heasman & Fielder, 1983) ซึ่งขัดแย้งกับ Marichamy & Rajpackiam (1991) ที่รายงานว่าความเค็มน้ำ 34 – 35 ppt เป็นระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะซุเอีย ส่วนที่ระยะเมกาโลปา ลูกปูทะเลจะเติบโตเร็วและมีอัตราการรอดที่ความเค็มน้ำ 27 - 28 ppt ต่อมา Baylon & Failaman (1998) ได้ทดลองเลี้ยงลูกปูทะเลชนิดเดียวกันนี้ ระยะซุเอีย 1, 2, 3, 4, 5 และระยะเมกาโลปา ที่ระดับความเค็มน้ำ 32 ppt จากนั้นย้ายลูกปูในแต่ละระยะดังกล่าวไปเลี้ยงในน้ำความเค็ม 12, 16, 20, 24, 28 และ 32 ppt แล้วตรวจสอบการรอดชีวิตภายหลัง 1, 3, 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง แล้วรายงานว่าลูกปูทะเลระยะซุเอีย 1 ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 12 ppt จะตายหมดภายหลังจากเลี้ยงไปได้ 12 ชั่วโมง ในขณะที่ระยะซุเอีย 2 จะตายหมดภายหลังจากเลี้ยงไปได้ 48 ชั่วโมง ส่วนระยะซุเอีย 3 และ 4 จะตายหมดภายหลังจากเลี้ยงไปได้ 24 ชั่วโมง และแม้ว่าลูกปูระยะซุเอีย 5 สามารถรอดชีวิตได้ภายหลังจาก 72 ชั่วโมง แต่จะมีอัตราการรอดเพียง 3.3 % ส่วนที่ระดับความเค็มน้ำ 20, 24, 28 และ 32 ppt ลูกปูสามารถมีชีวิตรอดได้โดยมีอัตราการรอด 30 - 90 % นอกจากนี้ Tran, Anuar, Law, & Noor (1998) ได้ทดลองเลี้ยงลูกปูทะเลชนิดนี้เช่นกัน จากระยะเป็นตัวปูระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 7 (Crab 1 - 7) ที่ความเค็มน้ำต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 6, 12, 18, 24 และ 30 ppt พบว่าที่ความเค็มน้ำ 0 ppt ลูกปูไม่สามารถพัฒนาไปถึงระยะที่ 7 ได้ แต่มีลูกปูบางตัวที่สามารถพัฒนาไปถึงระยะที่ 3 ส่วนที่ความเค็มน้ำ 6, 12, 18, 24 และ 30 ppt ลูกปูสามารถพัฒนาไปถึงระยะที่ 7 ได้ โดยมีอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 6.7, 13.3, 26.7, 36.7 และ 26.7 % ตามลำดับ

จากการทดลองเพาะเลี้ยงลูกปูทะเล (*S. paramamosian*) ระยะซุเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปา ที่ระดับความเค็ม 30 ppt พบว่าระดับความเค็มดังกล่าว เป็นระดับความเค็มที่ลูกปูทะเลชนิดนี้มีชีวิตรอดได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลอง 22 ครั้ง พบว่า 12 ครั้งไม่ประสบผลสำเร็จ ส่วนการทดลองที่ประสบผลสำเร็จพบว่าอัตราการรอดในระยะระยะซุเอีย อยู่ในช่วง 2 - 24 % ส่วนในระยะเมกาโลปา ระดับความเค็มที่เหมาะสมคือ 22 - 25 ppt (Hoang, 1999) ขณะเดียวกัน Li, Zeng, Tang, Wang, & Lin, (1999) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงลูกปูทะเลชนิดนี้ด้วย แล้วรายงานว่าระดับความเค็มที่ลูกปูระยะซุเอีย 1 ถึงระยะซุเอีย 3 สามารถดำรงชีวิตอยู่ในช่วง 27 – 35 ppt ส่วนระยะซุเอีย 4 ถึงระยะเมกาโลปาอยู่ในช่วง 23 – 31 ppt และสรุปว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมที่สุดในการ

เพาะเลี้ยงลูกปูทะเลชนิดนี้ตั้งแต่ระยะชูเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปา คือ 27 ppt นอกจากนี้ Vu & Le (2000) ได้นำลูกปูทะเลชนิดเดียวกันนี้จากธรรมชาติ ที่มีขนาดความกว้างกระดอง 5.0 - 16.5 มิลลิเมตร มาเลี้ยงเดี่ยวในแก้วพลาสติกที่มีการเจาะรูพรุน แล้วนำแก้วพลาสติกนั้นวางลอยในอ่างพลาสติกที่มีระดับความเค็มต่างกัน 4 ระดับคือ 5, 10, 20 และ 30 ppt พบว่าลูกปูมีอัตราการรอด 61.4, 69.0, 70.4 และ 73.0 % ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่ออัตราการรอดและพัฒนาการของปูหิน *Minippe mercenaria* โดยการอนุบาลลูกปูระยะชูเอียด้วยความเค็มน้ำ 10, 20, 30 และ 40 ppt ภายใต้ อุณหภูมิ 20, 25, 30 และ 35 °C พบว่าที่ความเค็ม 30 ppt และอุณหภูมิ 30 °C ลูกปูระยะชูเอียมีอัตราการรอดดีที่สุด ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะลูกปูวัยรุ่นขนาดเล็ก (ความกว้างกระดอง ≤ 10 มิลลิเมตร) ด้วยความเค็ม 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt ภายใต้ อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °C พบว่าที่ความเค็มน้ำ ระหว่าง 25 - 40 ppt และอุณหภูมิระหว่าง 15 - 25 °C ลูกปูวัยรุ่นขนาดเล็กมีอัตราการรอดถึง 100 % ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่ออัตราการรอดในระยะ ชูเอีย 1 ถึง 3 แต่ผลของความเค็มต่ออัตราการรอดจะลดลงเมื่อลูกปูชนิดนี้พัฒนาการเข้าสู่ระยะชูเอีย 4 ถึง 5 ทั้งนี้ เพราะระบบการรักษาสมดุลเกลือแร่ของปูชนิดนี้ได้เริ่มขึ้นในระยะชูเอีย 4 นอกจากนี้การเปลี่ยนระยะและความถี่ในการลอกคราบของลูกปูชนิดนี้ทั้ง 2 ระยะจะถูกกระตุ้นโดยปัจจัยด้านอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น (Susan, Theresa, Wendy, Josept, & William, 1992)

ขณะที่จากการศึกษาผลของความเค็มต่อปู *Armases miersii* ระยะชูเอีย 1 ถึงระยะ ตัวปู (crab) ที่ระดับความเค็ม 5, 15, 25, 35, 45 และ 55 ppt พบว่า ที่ระดับความเค็ม 15 - 25 ppt ลูกปูมีอัตราการรอดและการพัฒนาการสูงกว่าที่ระดับความเค็ม 35 ppt ส่วนที่ระดับความเค็ม 5, 45 และ 55 ppt ลูกปูมีการพัฒนาการช้า และมีอัตราการตายสูง และจากการทดลองครั้งนี้ยังพบอีกว่าลูกปูระยะชูเอีย สามารถมีชีวิตและพัฒนาไปเป็นลูกปูระยะที่ 1 ได้เมื่อเลี้ยงที่ความเค็มน้ำ 15 - 35 ppt ส่วนลูกปูระยะอื่น ๆ คือ ระยะชูเอีย 2, 3, เมกาโลปา และ ลูกปูระยะที่ 1 สามารถมีชีวิตรอดและพัฒนาได้ในช่วงความเค็มที่กว้างขึ้น กล่าวคือ 15-45, 5-45 และ 5-55 ppt ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากลูกปูระยะดังกล่าวมีความสามารถในการรักษาสมดุลในร่างกายเพิ่มมากขึ้น เพื่อการปรับตัวที่จะเข้ามาอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำกร่อย (Anger, 1996) และจากการศึกษาผลของความเค็มน้ำต่อการพัฒนาและการใช้พลังงานในปู Shore crab (*Carcinus meanus*) โดยทดลองเลี้ยงลูกปูระยะชูเอีย 1 ที่ความเค็มน้ำ 15, 20, 25 และ 32 ppt พบว่าที่ความเค็มน้ำ 15 ppt ลูกปูระยะชูเอีย 1 ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ส่วนที่ความเค็มน้ำ 20, 25 และ 32 ppt ลูกปูระยะชูเอีย 1 สามารถพัฒนาไปสู่ระยะเมกาโลปาได้ โดยที่ความเค็มน้ำ 25 และ 32 ppt ลูกปูระยะชูเอียมีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าที่ความเค็มน้ำ 20 ppt (Anger, Spivak, & Luppi, 1998) และจากการ ศึกษาผลของความเค็มน้ำ 32, 35 และ 38 ppt และ

อุณหภูมิ 22, 25 และ 28 °C ต่ออัตราการรอดของปูแมงมุมวัยอ่อนชนิด *Mithrax caribbaeus* พบว่า อุณหภูมิ 25 °C และความเค็ม 32 - 35 ppt ลูกปูระยะซุเอีย มีอัตราการรอดสูงที่สุด (Larez, Palazon-Fernandez, & Bolanos, 2000)

ความหนาแน่นของลูกปู (Density)

ปริมาณที่เหมาะสมของลูกปูในปริมาตรน้ำหนึ่ง ๆ นับได้ว่าจำเป็นอย่างยิ่งต่อการรอดตายของลูกปูวัยอ่อน (กรรณา สัตยมาศ, 2532) เช่น ความหนาแน่นของลูกปูทะเลวัยอ่อน (*S. serrata*) ระยะซุเอีย 1 ถึงระยะเป็นตัวปูอายุ 1 วัน โดยทั่วไปประมาณ 25 - 100 ตัว/ลิตร แต่ระดับที่นิยมเลี้ยงอยู่ระหว่าง 25 - 30 ตัว/ลิตร สำหรับลูกปูในระยะหลังเป็นตัวปูอายุ 1 วัน ที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัว/น้ำ 1 ลิตร จะมีอัตราตายประมาณ 60 % เนื่องจากพฤติกรรมการกินกันเองของลูกปู แต่ถ้าเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 5 ตัว/น้ำ 1 ลิตรและมีอาหารสมบูรณ์ อัตราการรอดจะสูงขึ้น การนำลูกปูหลังระยะเป็นตัวปูอายุ 1 วัน ไปเลี้ยงในบ่อดินเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดอัตราการกินกันเองของลูกปูได้ (Zainoddin, 1991) นอกจากนี้ Pripanapong (1999) ได้ทดลองอนุบาลลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะซุเอีย 1 ถึง ระยะเมกาโลปา โดยทำการเลี้ยงในกล่องโฟมที่มีความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 20, 40 และ 60 ตัว/ลิตร โดยให้ไรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหาร และรักษาระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงอยู่ในช่วง 28 - 30 ppt พบว่าระดับความเค็มดังกล่าวลูกปูสามารถพัฒนาจนถึงระยะเมกาโลปาได้ โดยใช้เวลาในการพัฒนา 20 - 25 วัน แต่อัตราการรอดจะแตกต่างกัน โดยที่ความหนาแน่น 20 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดสูงที่สุด 23.32 % และสูงกว่า ($p < .05$) การอนุบาลระดับความหนาแน่น 60 ตัว/ลิตร (4.15 %) แต่อัตราการรอดทั้งสองระดับความหนาแน่นดังกล่าวไม่แตกต่าง ($p > .05$) จากที่ระดับความหนาแน่น 40 ตัว/ลิตร (16.22 %)

ชนิดของอาหาร (Type of Food)

อาหารที่ใช้เลี้ยงลูกปูวัยอ่อนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดและคุณภาพของลูกปูที่ผลิต การเตรียมอาหารสำหรับอนุบาลลูกปู เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่งในการเพาะเลี้ยงปู เนื่องจากลูกปูจะเริ่มกินอาหารทันที หลังจากที่พักออกจากไข่ อาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีความเหมาะสมในการนำมาอนุบาลลูกปู ได้เพลงกัตตอนสัตว์ 2 ชนิด คือ ไรติเฟอร์ (*Branchionus plicatilis*) และตัวอ่อนของอาร์ทีเมีย (*Artemia* sp.) (ชลธิ์ ชีวะเศรษฐกรรม, 2539)

ไรแดง (Water flea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Moina macrocopa* จัดเป็นอาหารธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย โปรตีน 74.09 % คาร์โบไฮเดรต 12.50 % ไขมัน 10.19 % และเถ้า 0.18% (สุทิน สมบูรณ์ และวิจิต เสงมาชัย, 2542) ไรแดงเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด เป็นสัตว์พวกครัสเตเชียน มีขนาด 0.1 - 1.8 มิลลิเมตร หนักประมาณ 0.2 มิลลิกรัม ถ้าตัวมีสีส้มก่อนข้างแดง โดยปกติไรแดงจะมีอายุระหว่าง 4 - 6 วัน แพร่พันธุ์ได้ 1 - 5 ครั้งหรือ

เฉลี่ย 3 ครั้ง ๆ ละ 19 - 23 ตัว ไรแดงเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ ขนาดเฉลี่ย 1.3 มิลลิเมตร ส่วนเพศผู้มีขนาดเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร ตัวอ่อนแรกเกิดที่ออกมาจากอุ้งไข่ของแม่ จะมีขนาด 0.22 - 0.35 มิลลิเมตร และมีสีจางกว่าตัวเต็มวัย ในสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ไรแดงจะมีประชากรเพศผู้ 5 % เพศเมีย 95 % นิสัยการกินอาหารของไรแดง จะกินพวกแบคทีเรีย โปรโตซัว และ แพลงก์ตอนพืช เนื่องจากไรแดงมีขนาดใหญ่กว่าอาร์ทีเมียวัยอ่อนเล็กน้อย แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพาะเลี้ยงง่าย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทดแทนอาร์ทีเมีย

อาร์ทีเมียเฟลก เป็นอาหารที่มีองค์ประกอบของอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยซึ่งเป็นแหล่ง โปรตีน สำคัญ ทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูง คุณค่าทางอาหารหลัก ๆ ประกอบด้วย โปรตีน 53% ไขมัน 8.2 % เซลลูโลส 9.4 % มีคุณสมบัติเป็นแผ่นบางและกรอบ หักง่ายจึงสามารถย่อยให้เด็กลง ได้ตามความเหมาะสมกับขนาดของสัตว์น้ำนั้น ๆ และสามารถเก็บไว้ได้นาน ในการผลิตยังสามารถเพิ่ม สารอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็นลงไป เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้อีกตามความเหมาะสม เช่น วิตามิน แร่ธาตุ น้ำมันปลา ทำให้เราสามารถนำอาหารชนิดนี้มาใช้ทดแทน หรือเสริมจากอาหารมีชีวิตอื่น ๆ อันเป็นการช่วยลดต้นทุนในด้านอาหารและสะดวกสำหรับการนำไปใช้อุบลสัตว์น้ำ การผลิต อาร์ทีเมียเฟลกจะใช้วิธีการอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum Drying) ซึ่งมีลักษณะเป็น ลูกกลิ้งโลหะที่มีผิวเรียบมัน 2 ลูก ลูกกลิ้งทั้งสองจะวางคู่กัน มีช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่ปรับ ระยะได้ สำหรับแหล่งความร้อนอาจได้จากไฟฟ้า หรือไอน้ำที่ส่งผ่านเข้าไปในลูกกลิ้ง การผลิตทำได้โดย นำวัตถุดิบเทลงระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง การหมุนของลูกกลิ้งจะรีดอาหารนั้น ๆ ออกเป็นแผ่น ดัดที่ผิวของลูกกลิ้ง ความร้อนจะทำให้อาหารนั้นแห้ง ซึ่งเป็นจังหวะเดียวกับที่ใบมีดจะตัดอาหาร แห้งออกจากลูกกลิ้ง ลักษณะของอาหารที่ได้จะเป็นแผ่นบางกรอบ และสามารถทำให้เป็นขนาดที่ต้องการได้ (ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง และสาคร มหาท่า, 2540)

ลูกปูวัยอ่อนหลังจากฟักเป็นตัวจะมีการพัฒนาการหลายระยะ จนกว่าจะเติบโตเป็นลูกปู ขนาดเล็ก แต่ละระยะมีนิสัยและพฤติกรรมการกินอาหารแตกต่างกันไป การให้อาหารลูกปูในระยะนี้ จึงต้องพิถีพิถันและรอบคอบในการเลือกชนิดอาหารที่เหมาะสมกับลูกปูแต่ละระยะ (บรรจง เทียนส่งรัมย์ และบุญรัตน์ ประทุมชาติ, 2545) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของอาหารที่มีผลต่ออัตราการรอดและการพัฒนาของลูกปูชนิดต่าง ๆ อาทิเช่น การทดลองเลี้ยงลูกปูม้า (*P. pelagicus*) วัยอ่อน ตั้งแต่ระยะชูเอีย ถึงระยะเมกาโลปา ด้วยอาหารต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช อาร์ทีเมียและ โรติเฟอร์ ผลปรากฏว่า การเลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืช ลูกปูตายทั้งหมด ส่วนลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย และ โรติเฟอร์มีอัตราการรอด 13.3 % และ 14.9 % ตามลำดับ (Jong et al., 1971) ส่วนการทดลอง เพาะเลี้ยงปูลาย (*Charybdis cruciata*) ระยะชูเอีย 1 ถึงอายุ 21 วัน โดยให้กินเตตราเซลมิส และ โรติเฟอร์ควบคู่กันไป และเปลี่ยน เป็นให้อาร์ทีเมียแรกฟัก เมื่อชูเอียมีอายุ 9 — 12 วัน ส่วนในระยะเม

กาโลปาให้เนื้อปลาสดเป็นอาหาร จากการศึกษาพบว่าอัตราการรอดจากระยะชูเอียง 1 ถึงลูกปุระยะที่ 1 เท่ากับ 0.06 % (จารุวัฒน์ นภิตะภัก และสมนึก กบิลรัมย์, 2526)

จากการทดลองอนุบาลลูกปูทะเล (*S. serrata*) ด้วยอาหาร 4 สูตร ได้แก่สูตร A (ให้โรติเฟอร์อัตราวันละ 10 ตัว/มิลลิลิตร ตั้งแต่ระยะชูเอียง 1 ถึงระยะเมกาโลปา และให้อาร์ทีเมียแรกฟักอัตราวันละ 0.5 ตัว/มิลลิลิตรในวันที่ 2 ของระยะชูเอียง 3 จนถึงระยะเมกาโลปา) สูตร B (ให้โรติเฟอร์อัตราวันละ 10 ตัว/มิลลิลิตร ตั้งแต่ระยะชูเอียง 1 ถึงระยะเมกาโลปา และให้อาร์ทีเมียแรกฟักอัตราวันละ 0.5 ตัว/มิลลิลิตร ในวันที่ 2 ของระยะชูเอียง 2 จนถึงระยะเมกาโลปา) สูตร C (ให้โรติเฟอร์อัตราวันละ 10 ตัว/มิลลิลิตร ตั้งแต่ระยะชูเอียง 1 ถึงระยะเมกาโลปา และให้อาหารสำเร็จรูปอัตราวันละ 3 มิลลิกรัม ในวันที่ 2 ของระยะชูเอียง 2 จนถึงระยะเมกาโลปา) สูตร D (ให้โรติเฟอร์อัตราวันละ 10 ตัว/มิลลิลิตร ตั้งแต่ระยะชูเอียง 1 ถึงระยะเมกาโลปา และให้อาหารสำเร็จรูปอัตราวันละ 3 มิลลิกรัมร่วมกับอาร์ทีเมียแรกฟักอัตรา 0.5 ตัว/มิลลิลิตร ในวันที่ 2 ของระยะชูเอียง 2 จนถึงระยะเมกาโลปา) และสูตร E (ให้อาร์ทีเมียแรกฟักตั้งแต่วันแรกจนเข้าระยะเมกาโลปา) โดยที่ในแต่ละวันทำการทดลองจะมีการเติมสาหร่าย (*Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis* sp. และ *Chaetoceros muelleri*) ที่ความหนาแน่น 5×10^4 cell/มิลลิลิตร ผลพบว่าอาหารทุกสูตร สามารถทำให้ลูกปูมีอัตราการรอดสูง ด้วยอัตราการรอดเฉลี่ยจากระยะชูเอียงถึงเริ่มพัฒนาการเข้าสู่เมกาโลปาตั้งแต่ 64.2 % ถึง 80.3 % ทั้งนี้อาหารสูตร B ทำให้ลูกปูมีอัตราการรอดสูงที่สุด คือ 80.3 % (Graham, John, & Brain, 1992) ต่อมา บังอร ศรีมุกดา (2538) ทำการเพาะเลี้ยงปูทะเลชนิดเดียวกันนี้ ในระยะชูเอียง 1 ถึงระยะชูเอียง 2 โดยให้อาหารต่างชนิดกันดังนี้ อาหารเทียม (Artificial Feed), แพลงก์ตอนพืช (เตตราเซลมิส, คีโตเซอรอส, สเกลลีโดนีมา) และแพลงก์ตอนสัตว์ (โรติเฟอร์) ส่วนระยะชูเอียง 3 ถึงชูเอียง 5 ให้อาร์ทีเมียแรกฟัก ผลปรากฏว่าลูกปูที่ให้กินโรติเฟอร์ในระยะแรกนั้น สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาและลูกปุระยะที่ 2 ได้ โดยมีอัตราการรอดสูงที่สุด 1.53 % และใช้เวลาพัฒนาเปลี่ยนระยะจากระยะชูเอียง 1 จนถึงระยะเมกาโลปานาน 18—25 วัน ส่วนลูกปูที่ให้กินอาหารชนิดอื่น ๆ จะตายหมดในวันที่ 4 และ วันที่ 5 หลังจากเริ่มทดลอง

นอกจากนี้จากการศึกษาหาชนิดของอาหารที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกปูทะเลวัยอ่อน (*S. serrata*) โดยการให้โรติเฟอร์จำนวน 60 ตัว/มิลลิลิตร เป็นอาหาร พบว่าลูกปุระยะชูเอียง 1 สามารถพัฒนาไปถึงระยะชูเอียง 3 ได้ และมีอัตราการรอดสูงถึง 94.7 % อย่างไรก็ตามเมื่อให้โรติเฟอร์เป็นอาหารต่อไปอย่างเดียวยกตลอด จนถึงระยะเมกาโลปา อัตราการรอดจะลดลงเหลือ 17.8 % และใช้ระยะเวลาในการลอกคราบไปเป็นเมกาโลปาเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบของการให้อาหารใหม่ โดยให้โรติเฟอร์ 40 ตัว/มิลลิลิตรในระยะชูเอียง 1 ถึงระยะชูเอียง 3 ส่วนระยะชูเอียง 4 ถึงระยะชูเอียง 5 ให้อาร์ทีเมีย 10 ตัว/มิลลิลิตร พบว่าอัตราการรอดเท่ากับ 58.7 % แต่ถ้าให้อาร์ทีเมียอย่าง

เดียว 10 ตัว/มิลลิลิตร ตั้งแต่ระยะชูเอีย 1 ไปจนถึงระยะเมกาโลปา พบว่าลูกปูมีอัตราการรอดเพียง 1.3 % (Zeng & Li, 1999) ขณะเดียวกัน จากการทดลองเลี้ยงลูกปูทะเลชนิดเดียวกันนี้ ตั้งแต่ระยะชูเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปา ด้วยอาหารต่างชนิดกัน พบว่าลูกปูระยะชูเอีย 1 ถึงชูเอีย 4 ที่ให้กินอาร์ทีเมียแรกฟัก 5 ตัว/มิลลิลิตร ผสมด้วยโรติเฟอร์ 12 ตัว/มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงถึง 69 % แต่ถ้าให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักอย่างเดียว 10 ตัว/มิลลิลิตร มีอัตราการรอด 47.78 % และให้กินโรติเฟอร์อย่างเดียว 25 ตัว/มิลลิลิตร มีอัตราการรอด 36.67 % แต่เมื่อเลี้ยงต่อไปจากระยะชูเอีย 4 จนถึงระยะเมกาโลปา พบว่าลูกปูที่ให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักผสมด้วยโรติเฟอร์มีอัตราการรอดลดลงเหลือ 56 % เมื่อให้กินโรติเฟอร์อย่างเดียวมีอัตราการรอดลดลงเหลือ 3.33 % และเมื่อให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักอย่างเดียวลูกปูตายทั้งหมด ส่วนจำนวนวันที่ลูกปูสามารถพัฒนาจากระยะชูเอีย 1 จนถึงระยะเมกาโลปานั้น พบว่าชุดการทดลองที่ให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักผสมด้วยโรติเฟอร์ ลูกปูใช้เวลา 15 วัน ขณะที่ชุดการทดลองที่ให้กินโรติเฟอร์อย่างเดียว ลูกปูใช้เวลา 21 วัน และชุดที่ให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักอย่างเดียวไม่มีจำนวนวันเนื่องจากลูกปูตายทั้งหมดตั้งแต่ระยะชูเอีย 5 ในทำนองเดียวกัน Juliana & Alan (2000) ได้ทดลองเลี้ยงลูกปูทะเลชนิดนี้ ตั้งแต่ระยะชูเอียถึงระยะเมกาโลปาด้วยอาหารต่างกัน 3 ชนิดได้แก่ชนิดที่ 1 ให้อาร์ทีเมียแรกฟักอย่างเดียวอัตรา 10 ตัว/มิลลิลิตร ชนิดที่ 2 ให้โรติเฟอร์อย่างเดียวอัตรา 25 ตัว/มิลลิลิตร และชนิดที่ 3 ให้โรติเฟอร์อัตรา 12 ตัว/มิลลิลิตรรวมด้วยอาร์ทีเมียแรกฟัก 5 ตัว/มิลลิลิตร ผลปรากฏว่า การเลี้ยงด้วยโรติเฟอร์อย่างเดียวแม้ว่าลูกปูทะเลจะมีอัตราการรอดสูงในช่วงชูเอียระยะแรก ๆ แต่ลูกปูทะเลไม่สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาได้ ขณะที่การเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักอย่างเดียว ลูกปูมีอัตราการรอด 24 % และการเลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมีย ลูกปูทะเลมีอัตราการรอดถึง 50 %

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของอาหารที่มีผลต่ออัตราการรอดและการพัฒนาของลูกปูชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียเป็นอาหารที่เหมาะสมต่ออนุบาลลูกปู แต่เนื่องจากอาหารทั้งสองชนิดมีความยุ่งยากในขั้นตอนการเตรียมอาหารเพื่อการอนุบาล และยังทำให้ต้นทุนการผลิตสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาร์ทีเมีย ซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหาชนิดอาหารที่สามารถนำมาทดแทนอาร์ทีเมีย เช่น การศึกษาผลของชนิดอาหารต่อการพัฒนาการและอัตราการรอดตายของลูกปูทะเล (*S. serrata*) จากระยะชูเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปาด้วยโรติเฟอร์, อาร์ทีเมียแรกฟัก และอาหารลูกกุ้ง พบว่าในชุดการทดลองที่ให้อาหารลูกกุ้ง ลูกปูระยะชูเอียจะตายก่อนที่จะพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ส่วนชุดการทดลองที่มีการให้อาหารลูกกุ้งร่วมกับโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟัก พบว่ามีอัตราการรอด 3.71 % และชุดการทดลองที่ให้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียแรกฟัก มีอัตราการรอด 1.84 % และใช้ระยะเวลาในการพัฒนาจากระยะชูเอียถึงระยะ

เมกาโลปา 15 — 17 วัน (Quinitio, Parado-Esteba & Alava, 1999) ในทำนองเดียวกัน Juliana & Alan (2000) ได้ทำการทดลองเลี้ยงลูกปูทะเล ชนิดเดียวกันระยะเมกาโลปาด้วยอาหารต่างกัน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ให้อาร์ทีเมียอัตรา 20 ตัว/มิลลิลิตร เพียงอย่างเดียว สูตรที่ 2 ให้อาร์ทีเมียอัตรา 20 ตัว/มิลลิลิตร ร่วมกับหมึกสับ สูตรที่ 3 ให้อาร์ทีเมียอัตรา 20 ตัว/มิลลิลิตร ร่วมกับเพรียงสับ และสูตรที่ 4 ให้อาร์ทีเมียอัตรา 20 ตัว/มิลลิลิตรร่วมกับกุ้งสับ ผลปรากฏว่าการเลี้ยงโดยใช้อาหาร สูตรที่ 1 ให้อัตราการรอดสูงที่สุด (72.22 %) ส่วนการเลี้ยงโดยใช้อาหารสูตรที่ 2, 3 และ 4 ลูกปูมีอัตรา รอดไม่แตกต่างกัน (33.33, 50.00 และ 38.89 % ตามลำดับ) นอกจากนี้ ประสิทธิภาพ เต็มภักดี (2545) ศึกษาการอนุบาลลูกปูทะเล (*S. olivacea*) จากระยะซุเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปา โดยทำการเลี้ยงลูกปู จำนวน 300 ตัว ในถังโฟมที่บรรจุน้ำความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 15 ลิตร โดยมีชนิดอาหารและการ ให้อาหารดังนี้ 1. ให้โรติเฟอร์เสริมด้วยอาร์ทีเมีย 2. ให้โรติเฟอร์เสริมด้วยโคฟีพอดแช่แข็ง 3. ให้ อาร์ทีเมียเสริมด้วยโรติเฟอร์ 4. ให้อาร์ทีเมียเสริมด้วยโคฟีพอดแช่แข็ง 5. ให้ microencapsulate เสริมด้วยอาร์ทีเมีย 6. ให้ microencapsulate เสริมด้วยโคฟีพอดแช่แข็ง ในการให้อาหารเสริมจะให้ ในช่วงระยะซุเอีย 2 เป็นต้นไป จากการศึกษาพบว่า ในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีอัตราการรอดและสามารถพัฒนาเข้าสู่ซุเอีย 5 เท่ากับ 13.89, 4.00, 2.50, 10.33, 0.11 และ 0.00 % ตามลำดับ โดยอัตราการรอดของซุเอียในชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 4 สูงกว่า ($p < .05$) ชุดการทดลองอื่น ๆ ในขณะที่อัตราการรอดของซุเอียในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 จะต่ำสุด ($p < .05$) ส่วนระยะเวลาเฉลี่ยในการพัฒนาจากระยะซุเอีย 1 ถึงระยะซุเอีย 5 พบว่าในชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า ($p < .05$) ชุดการทดลองอื่น ๆ โดยใช้ระยะเวลา 20.67 และ 21.67 วัน ตามลำดับ

ในทำนองเดียวกันได้มีการศึกษาหาชนิดของอาหารอื่น ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาล สัตว์น้ำวัยอ่อนในกลุ่มครัสเตเชีย เพื่อทดแทนการใช้อาร์ทีเมีย เช่น นิเวศน์ เรืองพานิช และธิดา เพชรมณี (2521) ได้เริ่มศึกษาหาอาหารชนิดอื่นมาทดแทนอาร์ทีเมีย โดยได้ทำการอนุบาลลูกกุ้ง กุลาดำ (*Penaeus monodon*) จากระยะไมซิดไปจนถึงระยะ P4 ในถังขนาด 30 ลิตร ความเค็ม 30 ppt พบว่าการใช้โรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*) และไรแดง (*Moina* sp.) มีความเป็นไปได้ในการ นำไปใช้ในการอนุบาลกุ้งกุลาดำทดแทนอาร์ทีเมีย เช่นเดียวกับ ฐานันดร ทัดตานนท์ และ สุจินต์ มณีวงศ์ (2520) ที่ได้ทดลองอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยไรแดงเปรียบเทียบกับอนุบาลด้วย อาร์ทีเมีย พบว่าไรแดงสามารถเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามได้เช่นเดียวกัน แต่มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าลูก กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย ขณะที่สมประสงค์ ชันถม, บัวคำ สัมสุรัตน์ และวิชัย ชัยชนะกสิกรรม (2543) ได้ทดลองอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ P5 - P14 โดยใช้ไรแดงและอาร์ทีเมียเป็นอาหาร ในบ่อ

คอนกรีตกลม ที่มีน้ำความเต็ม 30 ppt ปริมาตร 5 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยลูกกึ่งในอัตราความหนาแน่น 30 ตัว/ลิตร ให้อาหารวันละ 5 ครั้ง ผลปรากฏว่า อัตราการรอดตายของลูกกึ่งกุลาค่าที่อนุบาลด้วย ไรแดงสูงที่สุด (86 %) รองลงมาคือ ไรแดงสลับกับอาร์ทีเมีย (84 %) โดยสูงกว่าการอนุบาลด้วย อาร์ทีเมีย (78 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักและความยาวของ ลูกกึ่งกุลาค่าที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียมีค่าสูงที่สุด (0.0045 กรัม, 1.24 เซนติเมตร) โดยสูงกว่าอาหารอีก 2 ประเภทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ไรแดงสลับกับอาร์ทีเมีย (0.0036 กรัม, 1.22 เซนติเมตร) ซึ่งสูงกว่าการอนุบาลด้วยไรแดง (0.0026 กรัม, 1.09 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การนำไรแดงมาอนุบาลลูกกึ่งกุลาค่า จะให้แบบสลับหรือให้ไรแดง อย่างเดียวนั้น มีแนวโน้มที่สามารถใช้ทดแทนอาร์ทีเมียได้สำหรับลูกกึ่งระยะนี้ โดยที่มีอัตราการ รอดตายสูงถึงแม้ว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงถึง 2 เท่า เมื่อ ใช้อาร์ทีเมียร่วมกับไรแดง และ 16 เท่าเมื่อใช้ไรแดงเพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้ ก่อเกียรติ กุลแก้ว (2538) ได้ทดลองอนุบาลลูกกึ่งกุลาค่าระยะ P1 – P15 ด้วย อาหารสำเร็จรูปขนาด 100 – 400 ไมครอน มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 42 % ไขมันไม่ต่ำกว่า 7 % และ อาร์ทีเมียแรกฟักในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร อนุบาลที่ความหนาแน่น 30 ตัว/ลิตร ปรากฏ ว่า ลูกกึ่งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักมีอัตราการรอดตาย 81 % และการเจริญเติบโต (ความยาว) 11.9 มิลลิเมตร สูงมากกว่าลูกกึ่งที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตสำหรับอาร์ทีเมียมีต้นทุนที่สูงกว่าเล็กน้อย โดยมีต้นทุน 2.70 สตางค์/ตัว ขณะที่ อาหารสำเร็จรูปมีต้นทุน 2.10 สตางค์/ตัว เมื่อพิจารณาเรื่องคุณภาพประกอบด้วยแล้ว การใช้ อาร์ทีเมียจะได้เปรียบกว่า ซึ่งระดับโปรตีนของอาหารสำเร็จรูปอาจจะมีค่าต่ำเกินไป จึงส่งผลให้ ผลผลิตไม่ดี แต่จากการทดลองของสุพิศ ทองรอด, อนันต์ ต้นสุตะพานิช, ธนัญญ์ สังกรธนกิจ และปรานี สระบัว (2538) ที่ได้ทำการอนุบาลลูกกึ่งกุลาค่าระยะนอเพเลียสถึงไมซิส 3 พบว่า อาร์ทีเมียเฟลก ซึ่งมีองค์ประกอบของอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยเป็นแหล่งโปรตีน สามารถใช้ทดแทน อาหารมีชีวิตได้เป็นอย่างดี ขณะที่ชินินทร์ แสงรุ่งเรือง และสาคร มากท่า (2540) ได้ทดลองอนุบาล ลูกกึ่งกุลาค่าระยะ P1 - P15 ด้วยอาร์ทีเมียเฟลกขนาด 70 - 120 ไมครอน และอาหารสำเร็จรูปขนาด 100 - 700 ไมครอน โดยการควบคุมคุณภาพน้ำในระบบปิด ในบ่อคอนกรีตกลม ที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร ปรากฏว่าอัตราการรอดตายของลูกกึ่งที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปสูงกว่าอาร์ทีเมีย เฟลก โดยลูกกึ่งที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปและอาร์ทีเมียเฟลกที่ระยะ P 15 มีอัตราการรอดตาย 44% และ 24% ตามลำดับ

ที่กำบังหรือหลบซ่อน (Shelter)

ลูกปูมีพฤติกรรมชอบกินพวกเดียวกันเอง (Cannibalism) โดยตัวใหญ่จะกินตัวเล็กหรือที่มีการพัฒนาการช้ากว่า จึงมีผลทำให้มีอัตราการรอดตายลดลงอย่างมาก จึงควรที่จะหาวัสดุที่เหมาะสมเป็นแหล่งหลบซ่อนตัว หรือใช้เป็นที่กำบัง โดยเริ่มมีการใส่วัสดุหลบซ่อนตั้งแต่ลูกปูระยะซูเอียระยะที่ 4 เป็นต้นไป เนื่องจากลูกปูมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว ปัจจุบันได้ใช้เชือกในลอนคลายเกลียวเพื่อเป็นแหล่งซุกซ่อนตัว ซึ่งก็ได้ผลดีในระดับหนึ่ง (บุญรัตน์ ประทุมชาติ, 2544) ได้มีผู้ศึกษาการใช้วัสดุหลบซ่อนเพื่อการอนุบาลลูกสัตว์น้ำ เช่น จากการทดลองเลี้ยงลูกปูม้า (*P. pelagicus*) วัยอ่อนระยะเมกาโลปา อายุ 12 วัน จนมีอายุ 26 วัน ในตะกร้า 1 ใบ โดยเปรียบเทียบสภาพพื้นที่และกำบังต่างกัน พบว่าการใช้พื้นที่ว่างและมีสาหร่ายใบ (*Sargassum* sp.) เป็นที่กำบังทำให้ลูกปูม้าอายุ 26 วัน มีอัตราการรอดตายสูงสุดและสูงกว่าการใช้พื้นที่ทรายหยาบและมีสาหร่ายใบเป็นที่กำบังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนการใช้เชือกโพลีไคยาเกลียวทั้งพื้นที่ว่างและพื้นที่ทรายหยาบ มีอัตราการรอดตายของลูกปูม้าอายุ 26 วัน ไม่แตกต่างกัน พบว่าการไม่ใส่อะไรเป็นที่กำบังทั้งพื้นที่ว่างและพื้นที่ทรายหยาบ และได้สรุปว่า การเลี้ยงลูกปูม้าวัยอ่อนอายุ 12 วัน จนถึงอายุ 26 วัน ไม่จำเป็นต้องใส่ทรายเพื่อเป็นพื้นที่ให้ลูกปู (กรณา สัตยมาศ และสุชาติ ยังทรัพย์, 2532) นอกจากนี้ Juliana & Alan (2000) ได้ศึกษาผลของการใช้โคลนเป็นวัสดุรองพื้น ร่วมกับการใส่ใบมะพร้าวและกิ่งไม้โกงกางเป็นวัสดุกำบังต่ออัตราการรอดในการอนุบาลลูกปูทะเลขนาดเล็ก (*S. serrata*) พบว่าการใส่โคลนแต่เพียงอย่างเดียวให้อัตราการรอดสูงที่สุด 100 % และ Kumlu, Erodogan., Aktas & Saglamtimur, (2000) ได้ทดลองอนุบาลลูกกุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) ระยะ PL 20 ในตู้กระจกขนาด 30 x 20 x 22 เซนติเมตร ด้วยความหนาแน่น 120 ตัว/ตู้ เป็นเวลานาน 30 วัน เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกกุ้งตะกาดในตู้ที่ไม่มีการใส่วัสดุหลบซ่อน กับตู้ที่ใส่วัสดุหลบซ่อนแนวตั้งและแนวนอน วัสดุหลบซ่อนที่ใช้ได้แก่ ไม้สี่เหลี่ยม 15 x 15 เซนติเมตร จึงด้วยตาข่ายพลาสติกขนาดตา 0.5 เซนติเมตร ผลปรากฏว่าการใช้และไม่ใช้วัสดุหลบซ่อนให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน โดยที่ตู้ที่ไม่ใส่วัสดุหลบซ่อนให้อัตราการรอด 71 % ตู้ที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนในแนวตั้งให้อัตราการรอด 70 % ส่วนตู้ที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนในแนวนอนให้อัตราการรอด 63 % นอกจากนี้ยังไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอีกด้วย และได้แนะนำว่าไม่มีความจำเป็นต้องใส่วัสดุหลบซ่อนในการอนุบาลลูกกุ้งชนิดนี้ เนื่องจากเป็นการยุ่งยากในการจัดการ ซึ่งขัดแย้งกับ Tidwell, Coyle & Schulmeister (1998) ที่กล่าวว่ามีความเป็นไปได้ในการเพิ่มผลผลิตจากการใส่วัสดุหลบซ่อนในบ่ออนุบาลลูกกุ้ง และ Cohen, Ra'anan, Rappaport & Arieli (1983) รายงานว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนจะช่วยเพิ่มผลผลิต 14 % และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต 13 % เช่นเดียวกับ Sandifer, Hopskins, & Stokes (1987) ที่รายงานว่า การอนุบาล

ลูกกุ้งขาว (*P.vannamei*) ในบ่อที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนแนวตั้ง มีอัตราการรอดดีกว่าบ่อที่ไม่ใส่ แต่ อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน

ได้มีผู้ทำการศึกษาวิธีการอนุบาลลูกปูชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้มีความสนใจพารามิเตอร์ที่ แตกต่างกันไปจึงได้ทำการสรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการอนุบาลลูกปู การเจริญเติบโต อัตราการรอด และช่วงเวลาของการพัฒนาการของปูชนิดต่างๆ

ชนิด	ระยะที่	สภาวะการอนุบาล			ประเภท/ขนาด	ชนิดอาหาร	อัตราการรอด (%)	ช่วงเวลาการ พัฒนาการ (วัน)	ผู้ศึกษา
		อนุบาล	อุณหภูมิ (°C)	ความ เค็ม (ppt)	ความ หนาแน่น (ตัว/ลิตร)				
ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	Z1-M	26—32	32	153	ถึงไฟเบอร์ 500 ลิตร	โรติเฟอร์ + อาร์ทีเมีย	33..22 37.03	14 14	บุญชัย เจียมปรีชา และ ทวี จันทศรี (2523)
ปูม้า (<i>P.pelagicus</i>)	Z1-M	26—30	28 - 36	118	บ่อซีเมนต์ ขนาด 5 ตัน	โรติเฟอร์ + อาร์ทีเมีย	27.85 31.54	10 10	กรุณา ถิตย์มาศ (2532)
ปูม้า (<i>P.pelagicus</i>)	C1-C4	28—34	32	1 ตัว/ถึง	ถึงพลาสติก ขนาด 8 ลิตร	อาหารสำเร็จรูป	100 94.3	4	Juwana (2000)
ปูแมงมุม (<i>Mithrax caribbaeus</i>)	Z1—	22	32 - 35	10	ถึงพลาสติก	อาร์ทีเมีย	-	14.3	Larez et al. (2000)
	M	25			ขนาด 200 ลิตร		-	11.8	
		28					-	9.2	

(Z = Zoea stage; M = Megalopa stage; C = Crab stage)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิด	ระยะที่	สภาวะการอนุบาล				ประเภทบ่อ/ขนาด	ชนิดอาหาร	อัตราการรอด (%)	ช่วงเวลาการพัฒนากการ (วัน)	ผู้ศึกษา
		อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	ความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)	ความหนาแน่น					
ปูทะเล (Scylla serrata)	Z1 – M	24.5 – 31.5	30 – 35	10	ถึงปลาสดขนาด 6 ลิตร	อาร์ทีเมีย โรติเฟอร์	0 – 24 0	17 – 21 -	Juliana (2000)	
						โรติเฟอร์ + อาร์ทีเมีย	56	17 - 21		
ปูทะเล (S. serrata)	M - C	24.5 – 31.5	24 – 31	1	ถึงปลาสดขนาด 8 ลิตร	อาร์ทีเมีย	72.22 33.33 50.00 38.89	7 7 7 7	Juliana (2000)	
						อาร์ทีเมีย + หมึกสับ				
						อาร์ทีเมีย + เพรียงสับ				
						อาร์ทีเมีย + กุ้งสับ				
ปูทะเล (S. serrata)	C1 – C4	24.5 – 31.5	26	1 ตัว/ถึง	ถึงปลาสดขนาด 8 ลิตร	อาร์ทีเมีย	100 100 100 100	- - - -	Juliana (2000)	
						อาร์ทีเมีย + หอยสับ				
						อาร์ทีเมีย + กุ้งสับ				
						อาร์ทีเมีย + อาหารสำเร็จรูป				
						อาหารสำเร็จรูป	100	-		

(Z = Zoea stage; M = Megalopa stage; C = Crab stage)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิด	ระยะที่	สภาวะการอนุบาล				อัตรา	ช่วงเวลาร	ผู้ศึกษา
		อนุบาล	อุณหภูมิ (°C)	ความ เค็ม (ppt)	ความ หนาแน่น (ตัว/ลิตร)	ประภพบ่อ/ขนาด	ชนิดอาหาร	รอด (%)
ปูทะเล (<i>Scylla</i> <i>serrata</i>)	C1 -		25 - 32	30	2	ถึงปลาสดกขนาด	ปลาเล็ก 20 % ของ น้ำหนักตัว/วัน	26.7
	C7			24		6 ลิตร		36.7
				18				26.7
				12				13.3
				6				6.7
ปูทะเล (<i>S. olivacea</i>)				0				0
	Z1 - M		28 - 30	28 - 30	20	กล่องโฟมขนาด	โรติเฟอร์ + อาร์ทีเมีย	23.32
					40	31.5 ซม. x 43.5	แรกฟัก + คลอเรลล่า	16.22
					60	ซม. x 29.5 ซม.	น้ำเค็ม	4.15

(Z = Zoea stage; M = Megalopa stage; C = Crab stage)

249075

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิด	ระยะที่อนุบาล	สภาวะการอนุบาล				ชนิดอาหาร	อัตราการใช้ (%)	ช่วงเวลาที่พัฒนาการ (วัน)	ผู้ศึกษา
		อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	ความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)	ประเภทของขนาด				
ปูทะเล (<i>S. olivacea</i>)	Z1 - M	25 - 32	30	20	กล่องโฟมขนาด 31.5 ซม. x 43.5 ซม. x 29.5 ซม.	โรติเฟอร์ + อาร์ทีเมีย	13.89	21	ประภาพรรณ เตมียะกุล
						โรติเฟอร์ + โคพีพอดแช่แข็ง	4.00	28	
						อาร์ทีเมีย + โรติเฟอร์	2.50	26	
						อาร์ทีเมีย + โคพีพอดแช่แข็ง	10.33	22	
						Microencapsulate + อาร์ทีเมีย	0.11	29	
						Microencapsulate + โคพีพอดแช่แข็ง	0.00	-	

(Z = Zoea stage; M = Megalopa stage; C = Crab stage)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิด	ระยะที่อนุบาล	สภาวะการอนุบาล			ประเภทบ่อ/ขนาด	ชนิดอาหาร	อัตราการรอด (%)	ช่วงเวลาการพัฒนการ (วัน)	ผู้ศึกษา
		อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	ความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)					
ปูทะเล (<i>S. olivacea</i>)	M1-C	25 - 32	30	1 ตัว/แก้ว 1	แก้วพลาสติกทรง	อาร์ทีเมีย	75	12	ประภาพัน เต็มกิติ
				ใบ	สูง 11.5 ซม. เติ้น	เนื้อหอยสดสับ	19.4	15	
					ผ่านศูนย์กลางกัน	อาร์ทีเมีย + อาหารกุ้ง	63.89	11	
					แก้ว 8 ซม.และเส้น	กุลาดำวัยอ่อน			
					ผ่านศูนย์กลางปาก	อาร์ทีเมีย + เนื้อหอยสด	58.33	12	
					แก้ว 5.3 ซม.	สับ			
						อาหารกุ้งกุลาดำวัยอ่อน + เนื้อหอยสดสับ	47.22	11	

(Z = Zoea stage; M = Megalopa stage; C = Crab stage)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

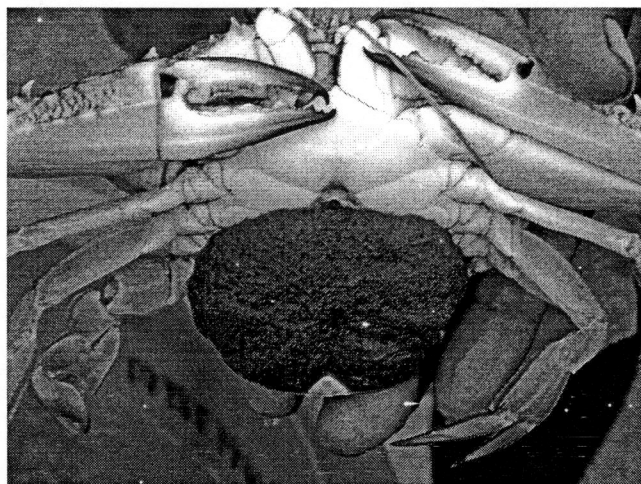
แผนการวิจัย

กำหนดแผนการดำเนินงานต่อขั้นตอนการวิจัยทดลองอนุบาลลูกปูออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

1. การอนุบาลลูกปูระยะซูเอีย 1 ถึง ซูเอีย 4
2. การอนุบาลลูกปูระยะเมกาโลปา 1 ถึงเมกาโลปา 3
3. การอนุบาลลูกปูระยะเป็นตัวปูวันแรก ถึง ลูกปูอายุ 5 วัน

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แม่พันธุ์ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ที่มีไข่นอกกระดองสีดำ ขนาดความกว้างของกระดอง (External Carapace Width) 10 – 12 เซนติเมตร (ภาพที่ 1) จำนวน 27 ตัว ที่จับด้วยเครื่องมือลอบพับ จากบริเวณตำบลเพ อำเภอมือง จังหวัดระยอง ภายหลังลำเลียงมาถึงฟาร์ม อำเภอ บางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ทำการคัดแยกแม่ปูพักในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 60 ลิตร ปริมาตรน้ำ 30 ลิตร ถึงละ 9 ตัว ที่บรรจุด้วย ความเค็ม 24, 27 และ 30 ppt ให้อากาศผ่านหัวทรายถึงละ 1 หัว ใช้เวลาพักเพื่อให้แม่ปูปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม นาน 3 ชั่วโมงก่อนสุมแม่พันธุ์ปูไปทำการเพาะฟักในบ่ออนุบาลต่อไป



ภาพที่ 1 แม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่นอกกระดองสีดำ

การเตรียมบ่อทดลอง

ตลอดการทดลองใช้บ่อซีเมนต์รูปสี่เหลี่ยมขนาด 1.30 เมตร x 3.35 เมตร x 0.70 เมตร (ภาพที่ 2) ที่เคยได้ออกแบบไว้สำหรับการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ ก่อนทำการทดลองผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคด้วยฟอร์มาลิน ความเข้มข้น 100 ppm ทำการสุ่มคัดเลือกบ่อเพื่อกำหนดใช้ในแต่ละการทดลอง ตลอดการอนุบาลทั้ง 3 ช่วงจะคลุมหลังคาด้วยกระเบื้อง ในช่วง 7 วันแรกหลังจากไข่ฟักเป็นตัวจะใช้ผ้าใบสีดำคลุมทับแผ่นกระเบื้องอีกชั้นหนึ่ง เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ หลังจากนั้นเปิดผ้าใบสีดำออก และเปิดกระเบื้องออกบ่อละ 1 แผ่น สำหรับเป็นช่องสำหรับให้อาหาร ให้อากาศผ่านหัวทรายโดยวางไว้บนพื้นบ่อ 18 จุดต่อบ่อ



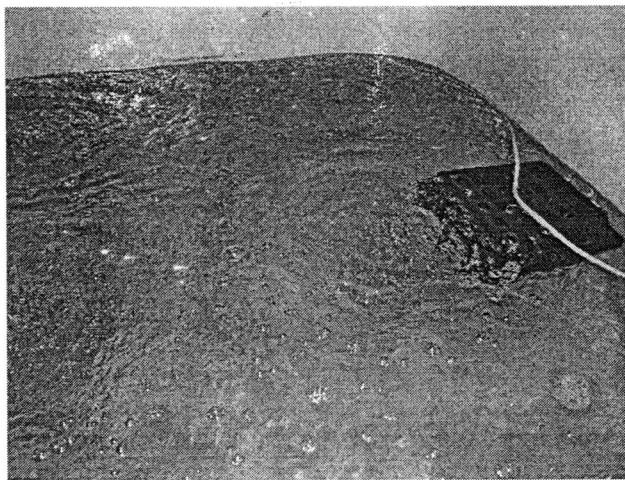
ภาพที่ 2 บ่ออนุบาลใช้ออนุบาลปูม้า

การเตรียมน้ำ

น้ำที่ใช้ในการทดลอง เป็นน้ำผสมระหว่างน้ำนาเกลือความเค็ม 90 ppt กับน้ำจืดกรองทราย ทำการเตรียมในบ่อคอนกรีตขนาด 4.0 เมตร x 4.0 เมตร x 1.5 เมตร จำนวน 3 บ่อ ปรับความเค็มน้ำให้ได้ระดับที่ต้องการใช้ทดลอง ได้แก่ 24, 27 และ 30 ppt จากนั้นเติมคลอรีนผง ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรเพื่อฆ่าเชื้อโรค พร้อมทั้งให้อากาศอย่างแรงเป็นเวลา 2 - 3 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายตัวไป แล้วจึงนำไปใส่บ่ออนุบาลที่เตรียมดังข้อ 3.3 บ่อละ 1,300 ลิตร ในการเตรียมน้ำสำหรับทดลองทุกครั้งจะทำการตรวจสอบความเค็มด้วยเครื่องวัดความเค็มแบบหักเหแสง (Refractometer)

การเตรียมการฟักไข่

นำแม่พันธุ์ปูม้าใส่ในตะกร้าชนิดมีฝาปิด ลงสู่บ่อเพาะฟัก ในอัตรา 1 ตัวต่อบ่อตามที่เตรียมดังข้อ 3.3 และ 3.4 แล้วปล่อยให้ไข่ฟักเป็นตัว (ภาพที่ 3) (ใส่สีน้ำเทียมนที่มีจำหน่ายในรูปแบบการค้าตราซูเปอร์ – แบลค (Super black) ในอัตรา 2.5 กรัมต่อบ่อ โดยใส่ครั้งแรกในวันที่ปล่อยแม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่นอกกระดองลงเพาะฟัก และใส่ทุกครั้งหลังการถ่ายน้ำ)



ภาพที่ 3 การเตรียมการฟักไข่แม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่นอกกระดองสีดำ

การอนุบาลลูกปูระยะซุเอีย

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) แบ่งออกเป็น 9 การทดลอง (Treatment) ตามปัจจัยจำกัด 2 ประการ ได้แก่ความเค็มน้ำ 3 ระดับ และ ชนิดของอาหาร 3 สูตร ในแต่ละการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 วิธีการอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย 1 ถึงซูเอีย 4 ภายใต้ความเค็มน้ำ 3 ระดับและอาหาร 3 สูตร

การทดลอง	ความเค็มน้ำ(ppt)	ชนิดอาหาร
1	24	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก
2	27	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก
3	30	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก
4	24	โรติเฟอร์+ไรแดง
5	27	โรติเฟอร์+ไรแดง
6	30	โรติเฟอร์+ไรแดง
7	24	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน
8	27	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน
9	30	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน

การดำเนินการทดลอง

ภายหลังจากไขฟักเป็นตัว ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปูในแต่ละบ่อทดลอง แล้วปรับความหนาแน่นของลูกปูในแต่ละบ่อเฉลี่ย 225 ตัวต่อลิตร

ในช่วง 4 วันแรกหลังจากลูกปูฟักเป็นตัว ทุกการทดลองให้สไปรูลิน่า (Spirulina) ผง ปริมาณ 2.5 กรัมต่อบ่อ วันละ 4 ครั้ง ร่วมกับโรติเฟอร์(*B. plicatilis*)มีชีวิต ในปริมาณที่มากเกินไป โดยให้ 40 กรัมต่อบ่อ วันละ 4 ครั้ง (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ 10 – 15 ตัวต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร) สไปรูลิน่าผงที่ใช้ในการทดลองมีโปรตีน 41 % , ไขมันอย่างน้อย 6.5 % , และความชื้นอย่างมาก 10 % วิธีการเตรียมโดยการนำสไปรูลิน่าผงละลายน้ำ 500 มิลลิลิตรผ่านสวิงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 125 ไมครอน แล้วนำไปสาดให้ทั่วบ่อทดลอง

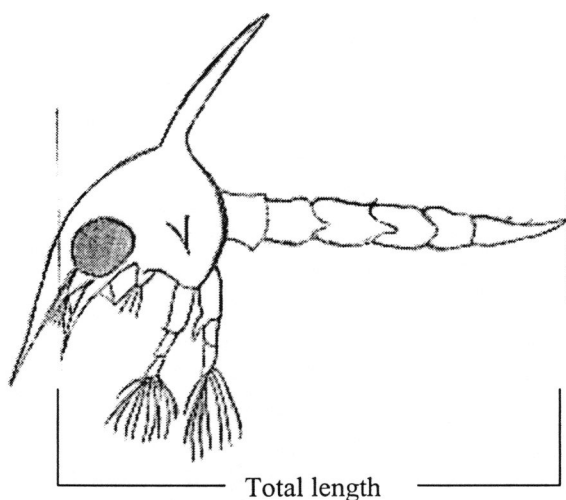
ช่วงหลังจาก 4 วันแรก ทุกการทดลองงดการให้สไปรูลิน่าผง ค่อย ๆ ลดการให้โรติเฟอร์ลง (ใช้เวลาการปรับลด 2 วัน) โดย 3 ชุดการทดลองแรกของการอนุบาลที่ความเค็มน้ำทั้ง 3 ระดับปรับเปลี่ยนอาหารเป็นให้อาร์ทีเมียเฟลกปริมาณ 35 กรัมต่อบ่อ วันละ 4 ครั้ง อาร์ทีเมียเฟลกที่ใช้ในการทดลองมีคุณค่าทางอาหารดังนี้ โปรตีน 53.0 % , ไขมัน 8.2 % , เยื่อใย 9.4 % ลักษณะของอาร์ทีเมียเฟลกเป็นแผ่นบางกรอบ ก่อนให้ลูกปูกินเป็นอาหารนำมบดให้มีขนาดประมาณ 250 ไมครอน (ด้วยเครื่องปั่นบดไฟฟ้า) อีก 3 ชุดการทดลองถัดมาปรับเปลี่ยนอาหารเป็นให้ไรแดง (*M. macrocopa*) แช่เย็นปริมาณ 60 กรัมต่อบ่อ วันละ 4 ครั้ง (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของไรแดง 1-2 ตัวต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร) และ 3 ชุดการทดลองที่เหลือ ปรับเปลี่ยนอาหารเป็นให้อาร์ทีเมียวัยอ่อน

(*Artemia* sp.) ปริมาณ 40 กรัมต่อบ่อ วันละ 4 ครั้ง (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของอาร์ทีเมีย 3-5 ตัวต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร)

อาหารทุกสูตรทำการแบ่งให้วันละ 4 ครั้ง ในเวลา 08.00, 14.00, 20.00 และ 02.00 น. ตามลำดับ หลังจากลูกปูฟักเป็นตัว จึงทำการเพิ่มน้ำที่เตรียมไว้ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ลงในแต่ละบ่อทดลองปริมาตรวันละ 200 ลิตร จนกระทั่งได้ปริมาตรน้ำในบ่อ 2,600 ลิตร จึงทำการถ่ายเปลี่ยนน้ำวันละ 400 ลิตร (15 % ของปริมาตรน้ำทั้งบ่อ) ทุกวัน

การบันทึกผลการทดลอง

- การรอดตาย ทำการสุ่มนับลูกปูในแต่ละบ่อทุกวัน โดยการสุ่มตัวอย่างด้วยบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิเมตร 3 จุดตามแนวยาวของบ่อ เพื่อคำนวณปริมาณลูกปูทั้งหมดในบ่อ และสุ่มนับด้วยวิธีนี้จนกว่าลูกปูจะเปลี่ยนระยะเป็นเมกาโลปา
- ระยะเวลาของการพัฒนาการ ทำการตรวจสอบระยะการพัฒนาการของลูกปูทุกบ่อ โดยการบันทึกวันที่พบว่าลูกปูในบ่อทดลองใดเริ่มมีการเปลี่ยนระยะเป็นเมกาโลปา และวันที่พบว่า เป็นเมกาโลปาหมดทั้งบ่อ
- การเจริญเติบโต เมื่อพบว่าบ่อทดลองใดมีการพัฒนาเปลี่ยนระยะเป็นซูเบีย 4 ทั้งหมด จึงทำการสุ่มตัวอย่างลูกปูด้วยสวิงการทดลองละ 30 ตัว / ซ้ำ เพื่อมาตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการวัดความยาวทั้งหมดของลำตัว (Body length) ตั้งแต่ปลายสุดของหัวถึงปลายสุดของหาง (Telson) ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์โดยใช้ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความยาวลำตัว (Body length) ของลูกปูมีารยะซูเบีย

การอนุบาลลูกปูระยะเมกาโลปา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) แบ่งออกเป็น 6 การทดลอง (Treatment) ตามปัจจัยจำกัด 2 ประการ ได้แก่ความเค็มน้ำ 3 ระดับ และ การใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ ในแต่ละการทดลองทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3

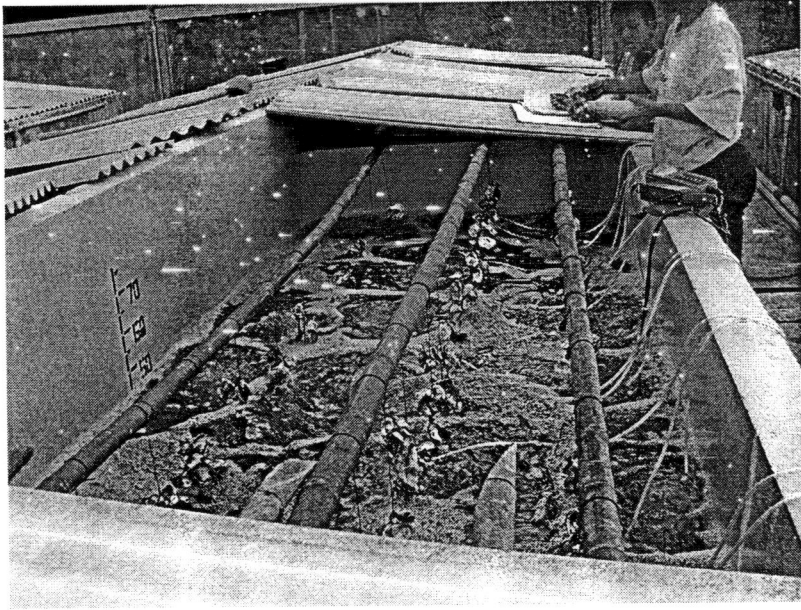
ตารางที่ 3 วิธีการอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา 1 ถึงเมกาโลปา 3 ภายใต้ความเค็มน้ำ 3 ระดับ และการใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ

การทดลอง	ความเค็มน้ำ(ppt)	วิธีการใส่วัสดุหลบซ่อน
1	24	แขวนแนวตั้ง
2	24	วางที่พื้นบ่อ
3	27	แขวนแนวตั้ง
4	27	วางที่พื้นบ่อ
5	30	แขวนแนวตั้ง
6	30	วางที่พื้นบ่อ

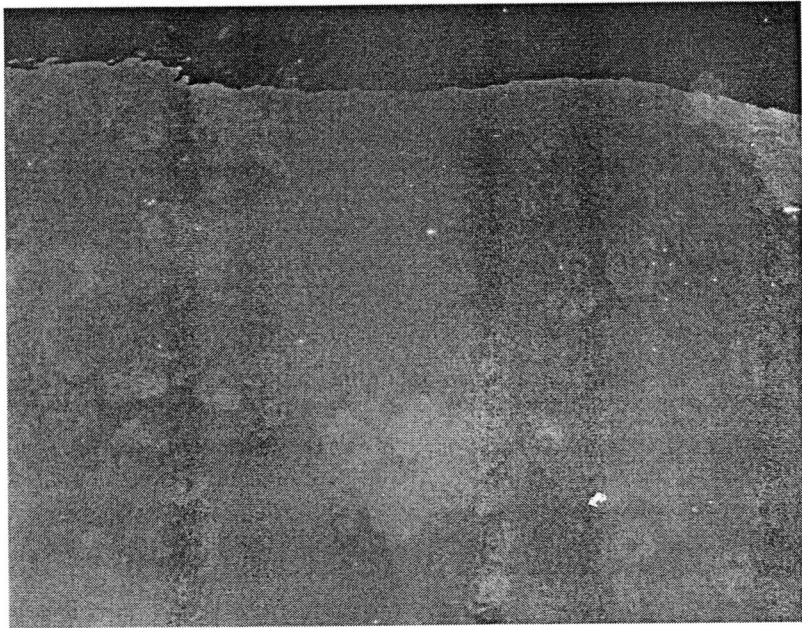
การดำเนินการทดลอง

ใช้ลูกปูม้าที่พัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาระยะที่ 1 วันแรก จากการอนุบาลลูกปูในระยะซุเอีย โดยการสุ่มเลือกจากความเค็มน้ำ 3 ระดับ โดยมีความหนาแน่นของลูกปูระยะเมกาโลปาเฉลี่ย 20 ตัวต่อลิตร และในแต่ละความเค็มน้ำจะทำการใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ รูปแบบการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวตั้ง โดยการนำเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการร้อยเชือกในล่อนความยาว 50 เซนติเมตร ผูกกับไม้ไผ่ซึ่งพาดอยู่บนขอบบ่อ บ่อละ 3 ลำ ไม้ไผ่ 1 ลำผูกเชือกร้อยหอยนางรมจำนวน 13 เส้น (เชือก 1 เส้นมีเปลือกหอยประมาณ 13 -15 ชิ้น) แต่ละเส้นผูกห่างกัน 25 เซนติเมตร คิดเป็น 20 % ของพื้นที่บ่อ (ภาพที่ 5)

รูปแบบการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้น โดยการนำเปลือกหอยนางรมที่ร้อยเชือกในล่อนเช่นเดียวกับวิธีแรก ผูกกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 เส้น วางเป็นจุดที่พื้นบ่อ ๆ ละ 13 กลุ่ม โดยจัดวางกระจายเต็มพื้นที่บ่อคิดเป็น 20 % ของปริมาตรน้ำทั้งบ่อ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 การใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวคิ่ง



ภาพที่ 6 การใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้น

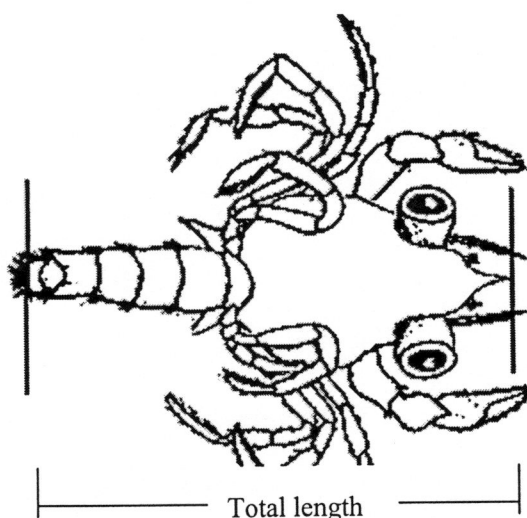
ระหว่างการทดลองของการอนุบาลลูกปูระยะเมกาโลปาทุกการทดลองให้ไรแดงแช่เย็น ปริมาณ 40 กรัมต่อบ่อ (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของไรแดง 0.5 – 1 ตัวต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร) รวม ด้วยอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยมีชีวิตปริมาณ 25 กรัมต่อบ่อ (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของอาร์ทีเมียตัวเต็มวัย 2-3 ตัวต่อน้ำ 1 ลิตร) แบ่งการให้อาหารวันละ 4 ครั้ง ในเวลา 08.00, 14.00, 20.00 และ 02.00 น. ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละบ่อทุกการทดลอง 15 % ของปริมาตรน้ำในแต่ละบ่อทุกวัน

การบันทึกผลการทดลอง

- การรอดตาย ทำการสุ่มนับลูกปูในแต่ละบ่อทุกวัน โดยการสุ่มตัวอย่างด้วยสวิงวงกลม พื้นที่ 64 ตารางนิ้ว 3 บริเวณ ได้แก่ ที่พื้น ผิวน้ำ และในพวงหอย บริเวณละ 3 ชั่วโมง เพื่อคำนวณปริมาณลูกปูทั้งหมดในบ่อ

- ระยะเวลาของการพัฒนาการ ทำการตรวจสอบระยะการพัฒนาการของลูกปูทุกบ่อ โดยการบันทึกวันที่พบว่าลูกปูในบ่อทดลองใดเริ่มมีการเปลี่ยนระยะเป็นตัวปูวันแรก และวันที่พบว่าเป็นตัวปูหมดหมดทั้งบ่อ

- การเจริญเติบโต เมื่อพบว่าบ่อทดลองใดมีการพัฒนาเปลี่ยนระยะเป็นเมกาโลปา 3 ทั้งหมดจึงทำการสุ่มตัวอย่างลูกปูด้วยสวิงการทดลองละ 30 ตัว / ชั่วโมง เพื่อมาตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการวัดความยาวทั้งหมดของลำตัว (Total length) จากปลายสุดของกรี (Rostrum) ถึงปลายสุดของหางภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้ไมโครมิเตอร์ (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ความยาวทั้งหมด (Total length) ของลูกปูระยะเมกาโลปา

การอนุบาลลูกปูระยะเป็นตัวปูวันแรกถึงลูกปูอายุ 5 วัน

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) แบ่งออกเป็น 6 การทดลอง (Treatment) ตามปัจจัยจำกัด 2 ประการ ได้แก่ความเค็มน้ำ 3 ระดับ และ การใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ ในแต่ละการทดลองทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิธีการอนุบาลลูกปูระยะเป็นตัวปูวันแรกถึงลูกปูอายุ 5 วัน ภายใต้ความเค็มน้ำ 3 ระดับ และการใส่วัสดุหลบซ่อน 2 รูปแบบ

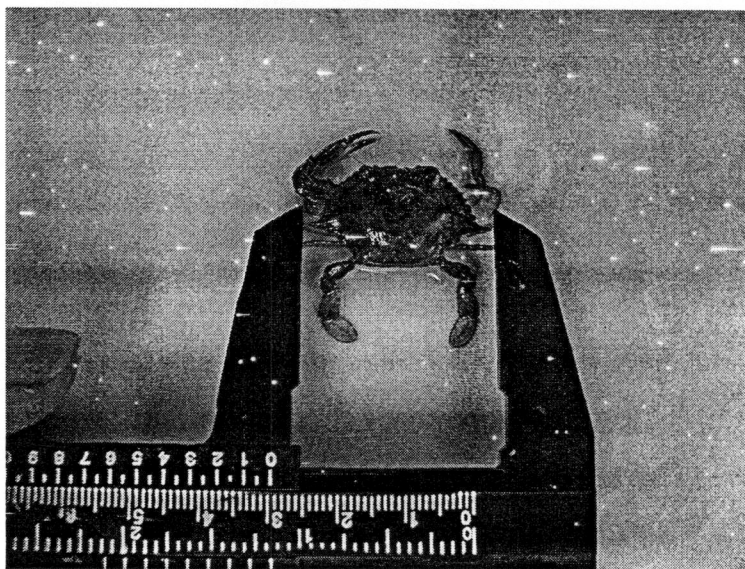
การทดลอง	ความเค็มน้ำ(ppt)	วิธีการใส่วัสดุหลบซ่อน
1	24	แขวนแนวตั้ง
2	24	วางที่พื้นบ่อ
3	27	แขวนแนวตั้ง
4	27	วางที่พื้นบ่อ
5	30	แขวนแนวตั้ง
6	30	วางที่พื้นบ่อ

การดำเนินการทดลอง

ใช้ลูกปูม้าที่พัฒนาเข้าสู่ระยะตัวปูวันแรก จากข้อ 3.7 โดยอนุบาลที่ความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ตัวต่อตารางนิ้ว ระหว่างการทดลองให้ไรแดงแช่เย็นปริมาณ 30 กรัมต่อบ่อ (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของไรแดง 0.5 ตัวต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร) ร่วมกับอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยมีชีวิตปริมาณ 40 กรัมต่อบ่อ (ระดับความหนาแน่นเฉลี่ยของอาร์ทีเมียตัวเต็มวัย 3 – 4 ตัวต่อน้ำ 1 ลิตร) แบ่งการให้อาหารวันละ 4 ครั้ง ในเวลา 08.00, 14.00, 20.00 และ 02.00 น. ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละบ่อทุกการทดลอง 15 % ของปริมาตรน้ำในแต่ละบ่อทุกวัน

การบันทึกผลการทดลอง

หลังจากทำการอนุบาลลูกปูเป็นเวลา 5 วัน ทำการตรวจสอบการรอดตายโดยการนับลูกปูที่เหลือในแต่ละซ้ำของการทดลอง และตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการสุ่มตัวอย่างลูกปูการทดลองละ 30 ตัว / ซ้ำ มาวัดความความกว้างของกระดอง (External Carapace Width) ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การวัดความกว้างของกระดองลูกปู

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ก่อนการเปลี่ยนน้ำทุก ๆ วัน จะทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลทุกบ่อ ได้แก่ พีเอช (pH) ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ด้วยเครื่อง YSI model 85 และเก็บตัวอย่างน้ำทุกบ่อไปตรวจสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นด่างของน้ำตามวิธีการของ APHA (1980) ปริมาณความเข้มข้นของไนไตรท์ (NO_2) และ แอมโมเนีย (NH_3) ตามวิธีการของ Stickland and Parson (1972)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ ความยาวตัวที่เพิ่มขึ้น การรอดตาย และระยะเวลาที่ใช้พัฒนาการเปลี่ยนระยะของลูกปูมาในแต่ละระยะของการพัฒนาการไปทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างของข้อมูลระหว่างชุดการทดลองด้วย Analysis of Variance แล้วจึงทดสอบความแตกต่างระหว่างการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรม SPSS 11.0 for Window

บทที่ 4

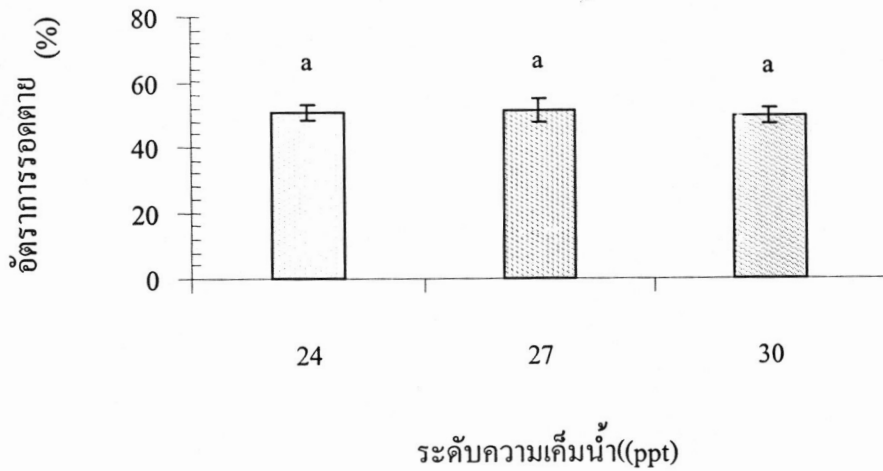
ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย

จากการทดลองอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย 1 ถึงซูเอีย 4 ที่ระดับความเค็มน้ำ 24, 27 และ 30 ppt แต่ละความเค็มใช้อาหารต่างกัน 3 สูตร โดยสูตรที่ 1 ให้โรติเฟอร์ ในช่วง 4 วันแรก และให้อาร์ทีเมียเฟลกต่อจาก 4 วันแรกจนกระทั่งลูกปูเป็นระยะเป็นเมกาโลปา สูตรที่ 2 ให้โรติเฟอร์ ในช่วง 4 วันแรก และให้ไรแดงต่อจาก 4 วันแรกจนกระทั่งลูกปูเป็นระยะเป็นเมกาโลปา สูตรที่ 3 ให้โรติเฟอร์ ในช่วง 4 วันแรก และให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนต่อจาก 4 วันแรกจนกระทั่งลูกปูเป็นระยะเป็นเมกาโลปา ปรากฏผลดังนี้

1. อัตราการรอดตาย

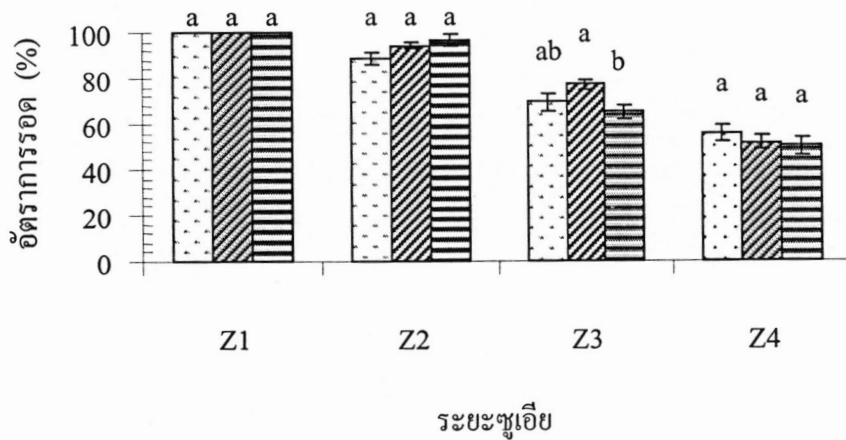
ความเค็มน้ำเพียงปัจจัยเดียวไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะซูเอีย (ภาพที่ 9) ลูกปูจะมีอัตราการรอดตายลดลงจากระยะซูเอีย 1 จนมีอัตราการรอดตายใกล้เคียงกันทุกระดับความเค็มน้ำจนลดลงเหลือเฉลี่ย 52.75 % ในระยะซูเอีย 4 (ภาพที่ 10) ขณะที่ชนิดอาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย กล่าวคือ ลูกปูม้าที่อนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน ให้อัตราการรอดตายสูงสุด ($56.1 \pm 1.8 \%$) โดยสูงกว่าลูกปูที่อนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง ($52.45 \pm 1.94 \%$) และโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก ($42.38 \pm 2.10 \%$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) ระหว่างลูกปูที่อนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน และโรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง (ภาพที่ 11) โดยจะเห็นได้ชัดเจนว่าลูกปูมีอัตราการรอดตายดีตลอดระยะซูเอีย 1 ถึงซูเอีย 4 หากมีการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารในการอนุบาล (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 9 อัตราการดูดน้ำของลูกปูม้าระยะซูเอียที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

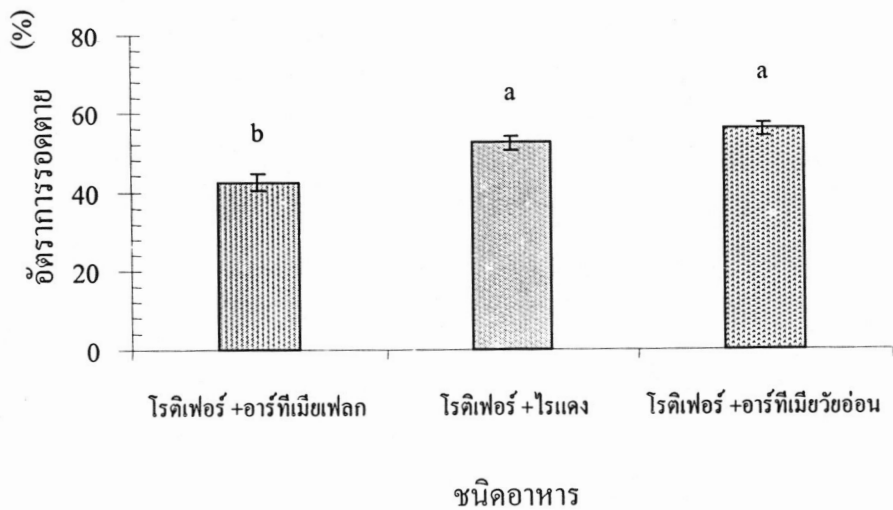


□ ความเค็มน้ำ 24 ppt ▨ ความเค็มน้ำ 27 ppt ▤ ความเค็มน้ำ 30 ppt

ภาพที่ 10 อัตราการดูดน้ำของลูกปูม้าจากระยะซูเอีย 1 ถึง ซูเอีย 4 ที่อนุบาลด้วยระดับความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันในแต่ละระยะแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

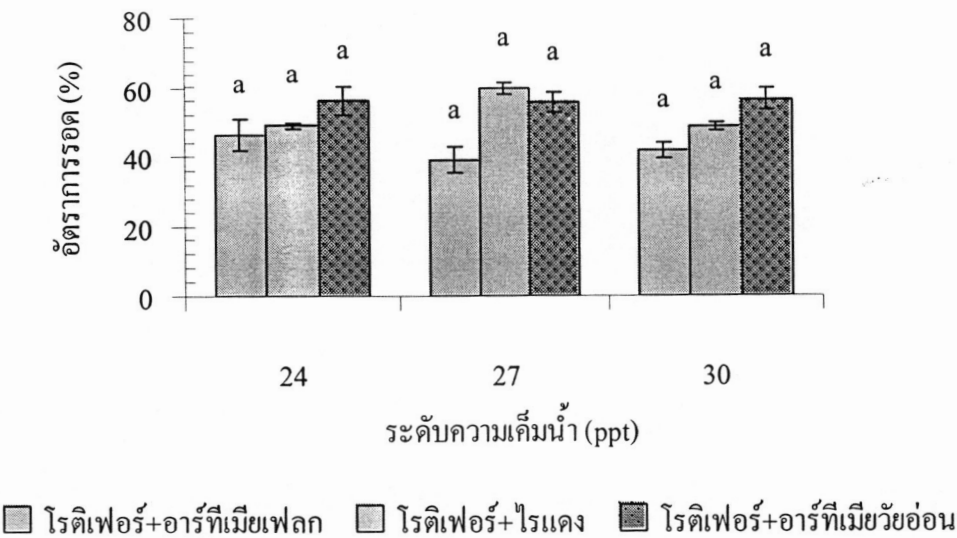
- อักษรที่ต่างกันในแต่ละระยะแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 11 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะชูเอีย ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 12 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าจากระยะชูเอีย 1 ถึง ชูเอีย 4 ที่อนุบาลด้วยอาหาร

ต่างกัน 3 สูตร

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันในแต่ละระยะแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

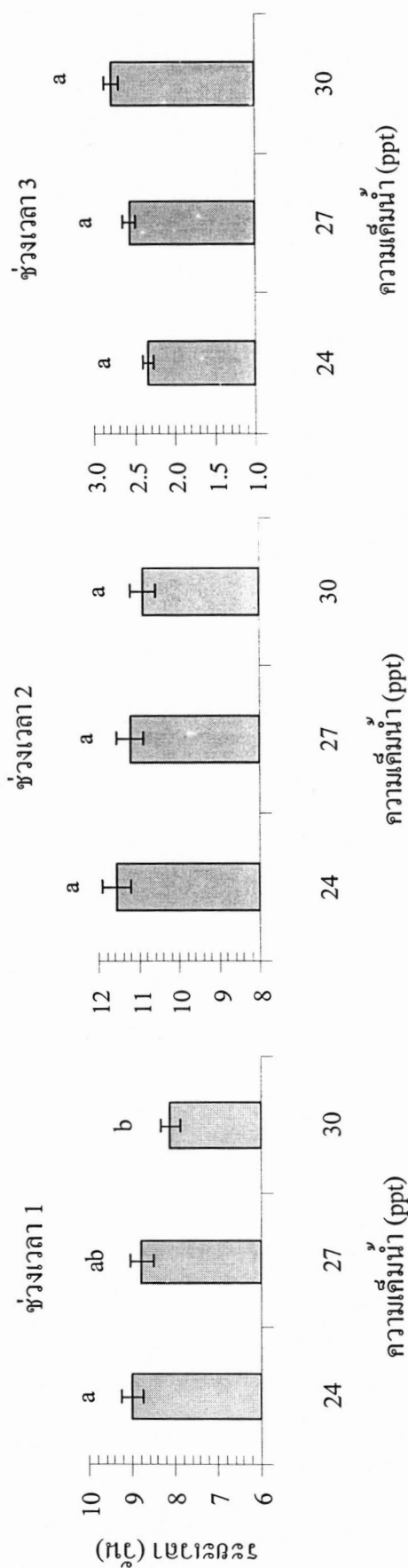
- อักษรที่ต่างกันในแต่ละระยะแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

2. การพัฒนาการ

ความเค็มน้ำ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ชูเอียระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (40%) (ช่วงเวลา 1) กล่าวคือ การอนุบาลลูกปู ที่ความเค็มน้ำ 30 ppt ส่งผลให้ลูกปูใช้เวลาพัฒนาการเร็วที่สุด แต่ความเค็มน้ำไม่มีผลต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ชูเอียระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา 100% (ช่วงเวลา 2) และช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเข้าสู่ระยะเมกาโลปาจนเป็นเมกาโลปา 100% (ช่วงเวลา 3) (ภาพที่ 14)

อาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อช่วงระยะเวลาการพัฒนาการทั้ง 3 ช่วงของลูกปู ระยะชูเอีย กล่าวคือการอนุบาลลูกปูมาโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง และโรติเฟอร์ร่วมกับ อาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ลูกปูใช้เวลาการพัฒนาการทั้ง 3 ช่วงเวลาเร็วกว่าลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) ระหว่างการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง และโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน (ภาพที่ 15)

อิทธิพลร่วมกันระหว่างความเค็มน้ำและอาหารไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการทั้ง 3 ช่วงเวลาของลูกปูมาระยะชูเอีย อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่าจะให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) ที่ทุกระดับความเค็มน้ำ แต่การอนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง และโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ลูกปูมีแนวโน้มใช้เวลาการพัฒนาการทั้ง 3 ช่วงเวลาเร็วกว่าลูกปูที่อนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก (ภาพที่ 16 และตารางที่ 6)



ภาพที่ 14 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูมีาระยะชุกชี ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

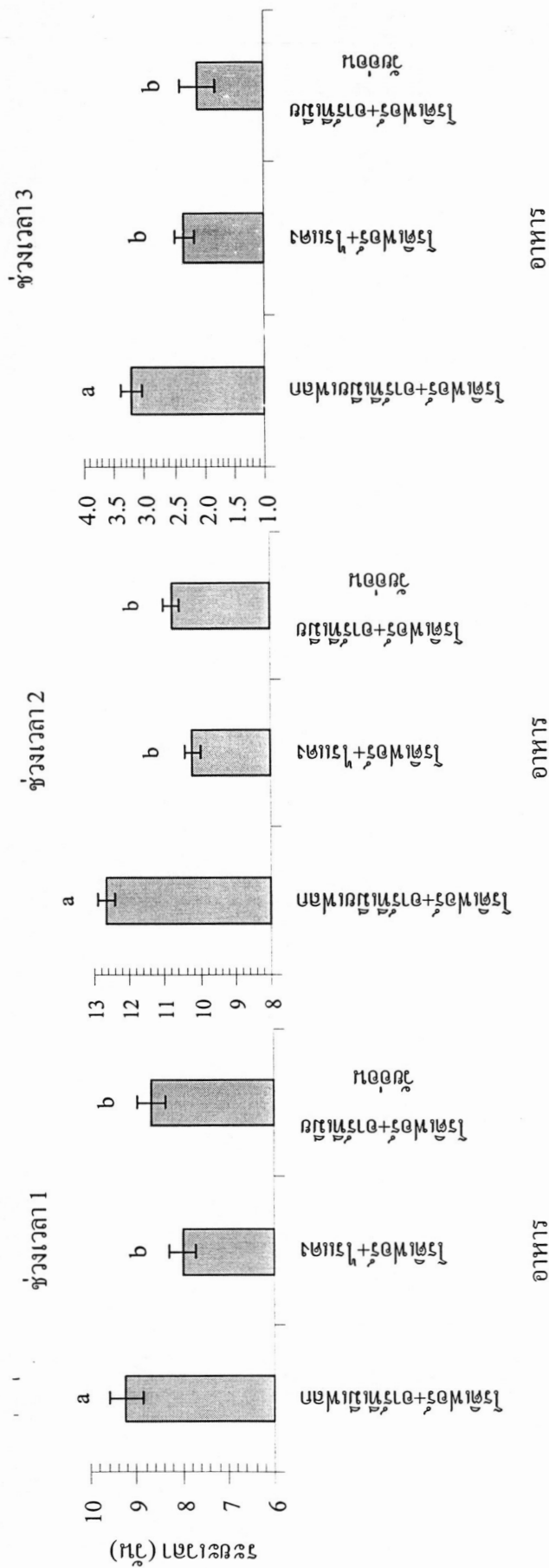
หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

- ช่วงเวลา 1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ชุกชีระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา 1 (40 %)

- ช่วงเวลา 2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ชุกชีระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมกาโลปา 100 %

- ช่วงเวลา 3 หมายถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเข้าสู่ระยะเมกาโลปาจนเป็นเมกาโลปา 100%



ภาพที่ 15 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูมีระยะเวลาอยู่ในแต่ละช่วงเวลา ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร

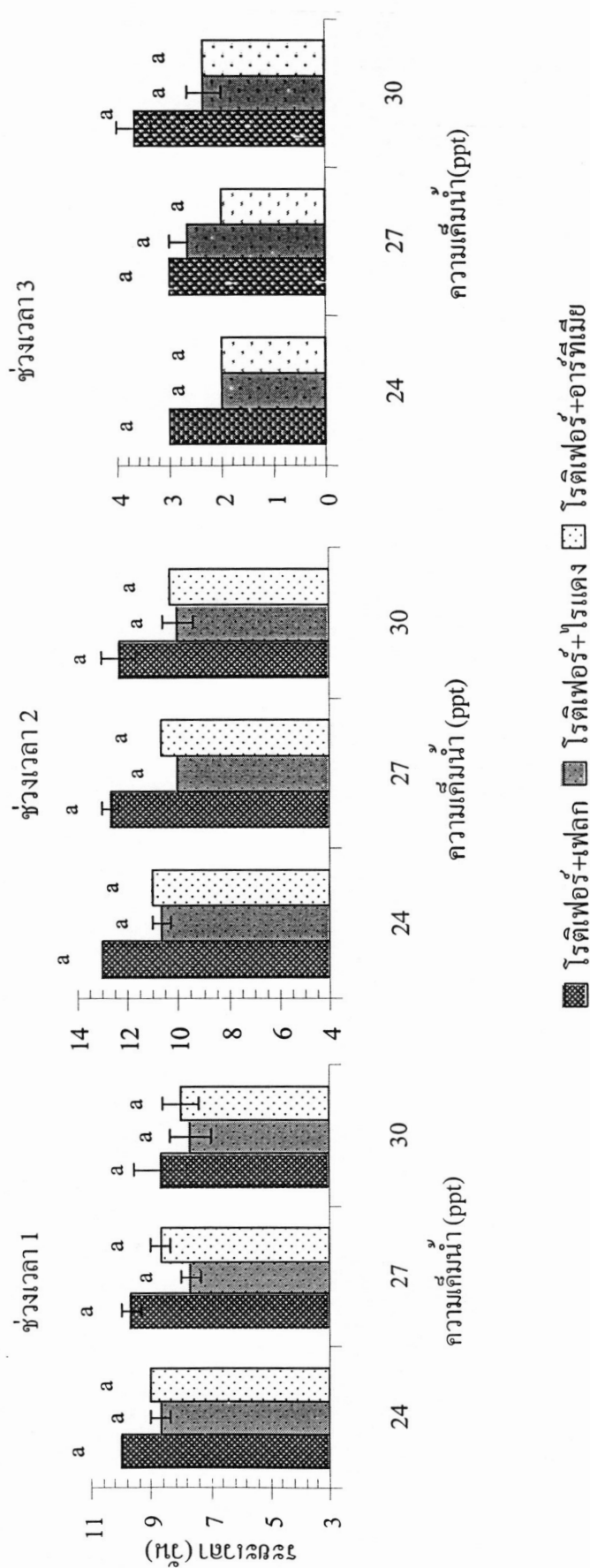
หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

- ช่วงเวลา 1 หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่หatching ถึงระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา 1 (40 %)

- ช่วงเวลา 2 หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่หatching ถึงระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมกาโลปา 100 %

- ช่วงเวลา 3 หมายถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเข้าสู่ระยะเมกาโลปาจนเป็นเมกาโลปา 100%



ภาพที่ 16 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูมีระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลาที่อนุบาลที่ความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ และใช้อาหารต่างกัน 3 สูตร

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

- ช่วงเวลา 1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา 1 (40 %)

- ช่วงเวลา 2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมกาโลปา 100 %

- ช่วงเวลา 3 หมายถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเข้าสู่ระยะเมกาโลปาจนเป็นเมกาโลปา 100%

ตารางที่ 6 ระยะเวลาที่ใช้พัฒนาการ (วัน) ของลูกปูม้าระยะซุเอีย ที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน
3 สูตร และความเค็มน้ำ 3 ระดับ

ความเค็มน้ำ (ppt)	อาหาร	ระยะเวลาพัฒนาการ (วัน)		
		ช่วงเวลา 1	ช่วงเวลา 2	ช่วงเวลา 3
24	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก	10.0 ± 0.0 ^a	13.0 ± 0.0 ^a	3.0 ± 0.0 ^a
	โรติเฟอร์ + ไรแดง	8.7 ± 0.3 ^a	10.7 ± 0.3 ^a	2.0 ± 0.0 ^a
	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	9.0 ± 0.0 ^a	11.0 ± 0.0 ^a	2.0 ± 0.0 ^a
27	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก	9.7 ± 0.3 ^a	12.7 ± 0.3 ^a	3.0 ± 0.0 ^a
	โรติเฟอร์ + ไรแดง	7.7 ± 0.3 ^a	10.0 ± 0.0 ^a	2.7 ± 0.3 ^a
	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	8.7 ± 0.3 ^a	10.7 ± 0.3 ^a	2.0 ± 0.0 ^a
30	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก	8.7 ± 0.9 ^a	12.3 ± 0.7 ^a	3.7 ± 0.3 ^a
	โรติเฟอร์ + ไรแดง	7.7 ± 0.7 ^a	10.0 ± 0.6 ^a	2.3 ± 0.3 ^a
	โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	8.0 ± 0.6 ^a	10.3 ± 0.3 ^a	2.3 ± 0.3 ^a

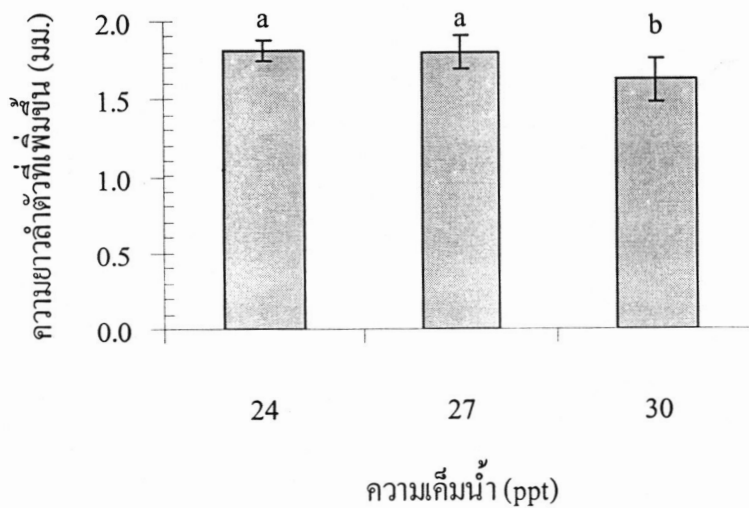
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

- อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)
- ช่วงเวลา 1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ซุเอียระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา 1(40 %)
- ช่วงเวลา 2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่ซุเอียระยะที่1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมกาโลปา 100 %
- ช่วงเวลา 3 หมายถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเข้าสู่ระยะเมกาโลปา จนเป็นเมกาโลปา 100%

3. การเจริญเติบโต

จากผลการทดลองพบว่า ทุกปัจจัยและปัจจัยร่วมมีผลต่อการเจริญเติบโต กล่าวคือการอนุบาลลูกปูม้าระยะซุเอียด้วยความเค็มน้ำ 24 ppt ส่งผลให้ลูกปูมีความยาวลำตัวเพิ่มขึ้นสูงสุด (1.81 ± 0.07 มิลลิเมตร) โดยสูงกว่าลูกปูที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 27 ppt (1.80 ± 0.11 มิลลิเมตร) และ 30 ppt (1.62 ± 0.14 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างลูกปูที่อนุบาลในความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt (ภาพที่ 17)

การอนุบาลลูกปูม้าระยะซุเอียโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ลูกปูมีความยาวลำตัวเพิ่มขึ้นสูงสุด (2.04 ± 0.03 มิลลิเมตร) โดยสูงกว่าลูกปูที่อนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง (1.83 ± 0.05 มิลลิเมตร) และโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก (1.35 ± 0.07 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาพที่ 18)

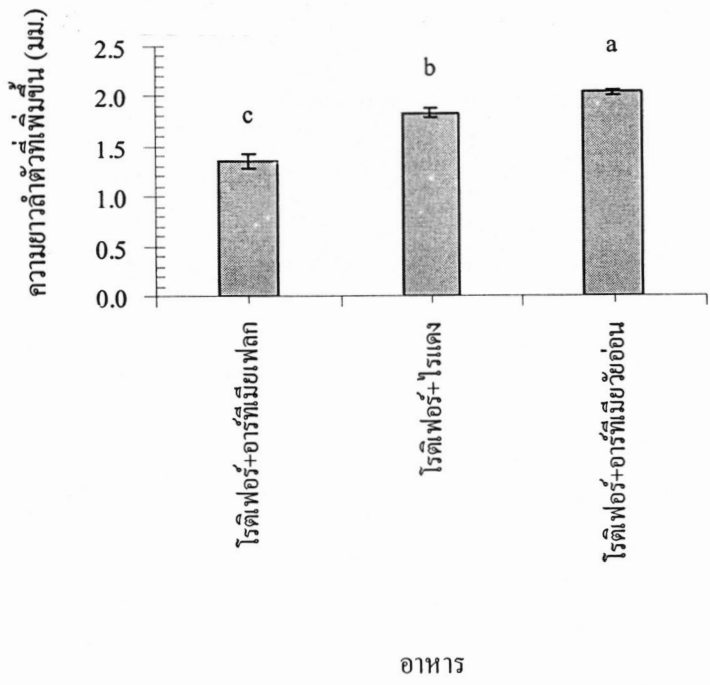


ภาพที่ 21 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะซุเอียที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

เมื่อพิจารณาที่ความเค็มน้ำ 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับสูตรอาหารแล้วพบว่า การอนุบาลลูกปูม้าระยะซุเอียที่ความเค็มน้ำ 27 ppt โดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ความยาวลำตัวเพิ่มขึ้นสูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการอนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt โดยให้อาหารชนิดเดียวกัน และความเค็มน้ำ 27 ppt โดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง ขณะที่การอนุบาลที่ทั้ง 3 ระดับความเค็มน้ำโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก ส่งผลให้ความยาวลำตัวต่ำที่สุด โดยมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ที่ความเค็มน้ำ 30 ppt (ตารางที่ 7 ภาพที่ 19)



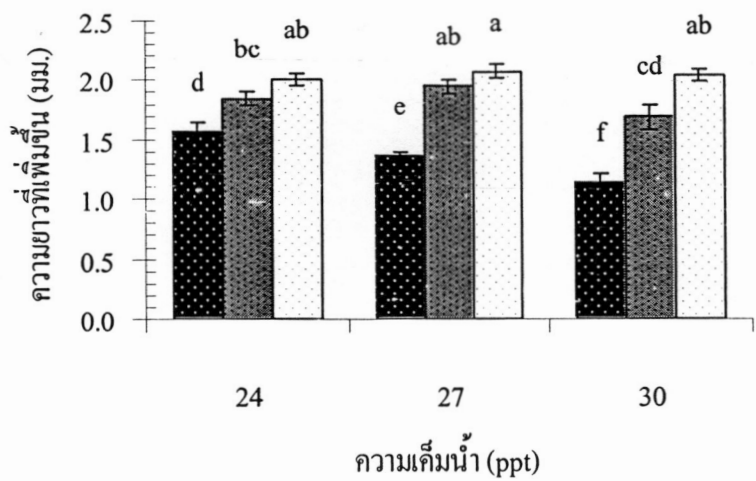
ภาพที่ 18 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะชูเอียที่อนุบาลด้วยอาหาร ต่างกัน 3 สูตร
หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

ตารางที่ 7 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะชูเอียที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับการใช้อาหาร 3 สูตร

อาหาร	ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตร)		
	24 ppt	27 ppt	30 ppt
โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก	1.6 ± 0.1 ^d	1.4 ± 0.0 ^c	1.1 ± 0.1 ^f
โรติเฟอร์+ไรแดง	1.9 ± 0.1 ^{bc}	2.0 ± 0.1 ^{ab}	1.7 ± 0.1 ^{cd}
โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	2.0 ± 0.1 ^{ab}	2.1 ± 0.1 ^a	2.0 ± 0.1 ^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

- อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



■ โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียเฟลก ■ โรติเฟอร์+ไรแดง □ โรติเฟอร์+อาร์ทีเมียวัยอ่อน

ภาพที่ 19 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะชูเอียที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับการใช้อาหาร 3 สูตร

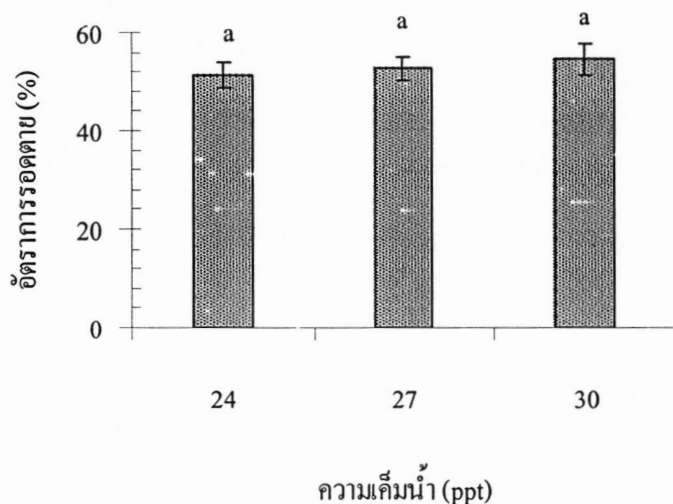
หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

การทดลองที่ 2 การอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา

จากการทดลองอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา 1 ถึงเมกาโลปา 3 ด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับคือ 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับการใส่วัสดุเพื่อเป็นสิ่งหลบซ่อนแก่ลูกปูแตกต่างกัน 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 แขนวนแวนดิ่ง กับวิธีที่ 2 วางที่พื้นบ่อ ปรากฏผลดังนี้

1. อัตราการรอดตาย

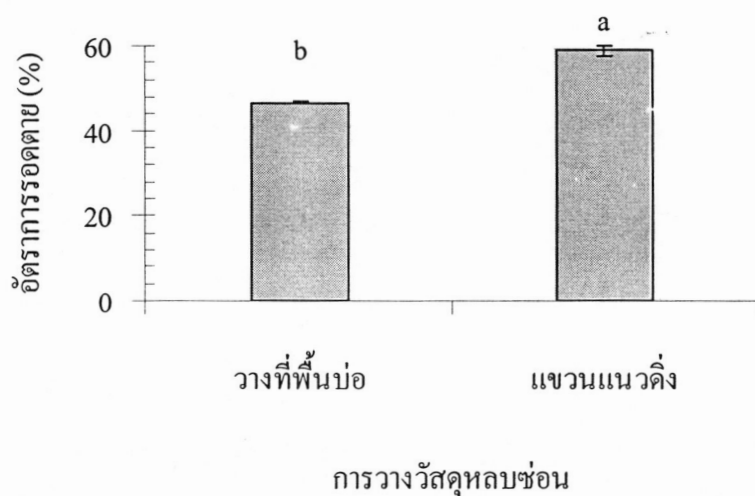
ความเค็มน้ำเพียงปัจจัยเดียว ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา (ภาพที่ 20) ขณะที่วิธีการวางวัสดุหลบซ่อนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย กล่าวคือ บ่อที่ใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแวนดิ่ง ส่งผลให้ลูกปูมีอัตราการรอดตาย ($58.86 \pm 1.86 \%$) สูงกว่าบ่อที่ใส่วัสดุโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ($46.80 \pm 0.75\%$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 20 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 21 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

2. การพัฒนาการ

ปัจจัยเดียวหรือปัจจัยร่วม ไม่มีผลต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่เมกาโลปา ระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูวันแรก (30%) (ช่วงเวลา 1) ไม่มีผลต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่เมกาโลปาระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงระยะเป็นตัวปู 100 % (ช่วงเวลา2) และไม่มีผลต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูจนเป็นตัวปู 100% (ช่วงเวลา 3) (ตารางที่ 9 ภาพที่ 23) กล่าวคือ ที่ทุกระดับความเค็มน้ำ การวางวัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีต่างกัน หรือจะเป็นปัจจัยร่วมกันทั้งสองอย่าง ส่งผลให้ลูกปูใช้ระยะเวลาพัฒนาการทั้ง 3 ช่วงเวลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

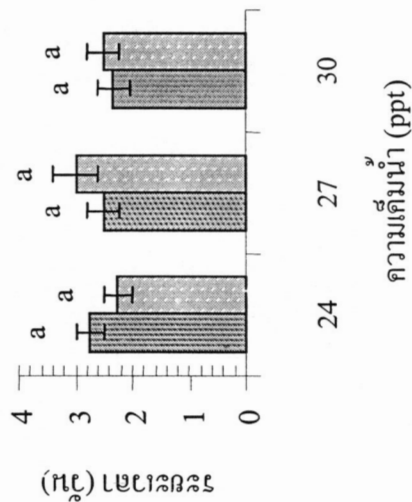
ตารางที่ 9 ช่วงเวลาที่ใช้พัฒนาการของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา ที่อนุบาลในความเค็มน้ำ 3 ระดับและการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

ความเค็มน้ำ (ppt)	การวาง วัสดุหลบซ่อน	ช่วงเวลาพัฒนาการ (วัน)		
		ช่วงเวลา 1	ช่วงเวลา 2	ช่วงเวลา 3
24	แขวนแนวคั้ง	2.3 ± 0.3 ^a	4.4 ± 0.3 ^a	2.0 ± 0.0 ^a
	วางที่พื้นบ่อ	2.5 ± 0.3 ^a	4.5 ± 0.3 ^a	2.0 ± 0.0 ^a
27	แขวนแนวคั้ง	2.5 ± 0.3 ^a	4.5 ± 0.3 ^a	1.8 ± 0.3 ^a
	วางที่พื้นบ่อ	3.0 ± 0.4 ^a	4.8 ± 0.3 ^a	1.8 ± 0.3 ^a
30	แขวนแนวคั้ง	2.8 ± 0.3 ^a	4.5 ± 0.3 ^a	1.8 ± 0.3 ^a
	วางที่พื้นบ่อ	2.3 ± 0.3 ^a	4.3 ± 0.3 ^a	2.0 ± 0.0 ^a

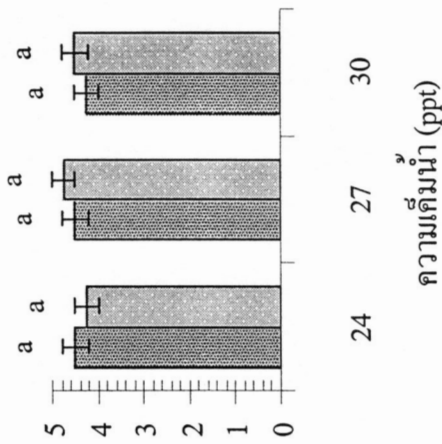
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

- อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)
- ช่วงเวลา 1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่เมกาโลปาระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูวันแรก (30%)
- ช่วงเวลา 2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่เมกาโลปาระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปู 100 %
- ช่วงเวลา 3 หมายถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากเริ่มเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูวันแรกจนเป็นตัวปู 100%

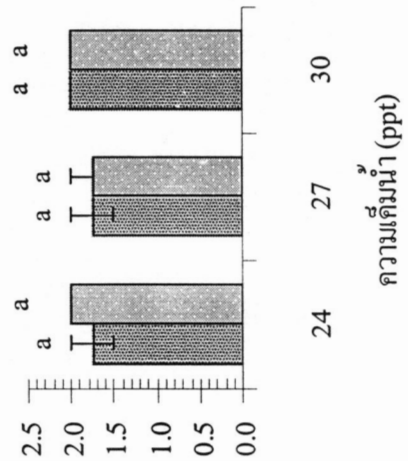
ช่วงเวลา 1



ช่วงเวลา 2



ช่วงเวลา 3



■ เขวนแนวตั้ง ■ วนที่พันบ่อ

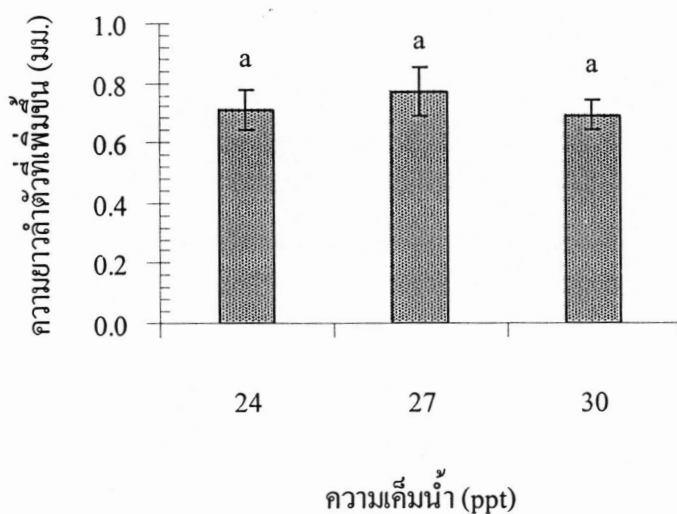
ภาพที่ 23 ระยะเวลาการพัฒนาของลูกปูมีระยะเมกาโตปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- ช่วงเวลา 1 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่เมกาโตปาระยะที่ 1 จนกระทั่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูวันแรก (30%)
- ช่วงเวลา 2 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการตั้งแต่เมกาโตปาระยะที่ 1 จนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปู 100 %
- ช่วงเวลา 3 หมายถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปร่างจากรูปเริ่มเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูวันแรกจนเป็นตัวปู 100%

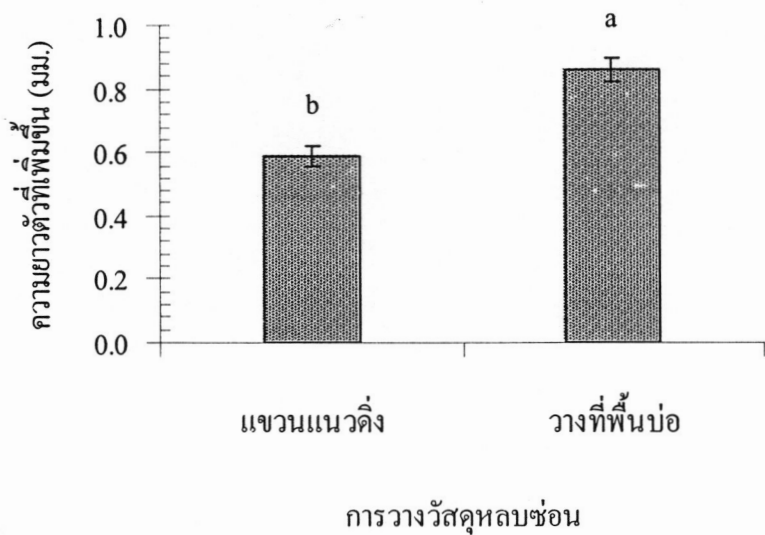
3. การเจริญเติบโต

ความเค็มน้ำเพียงปัจจัยเดียว ไม่มีผลต่อความยาวตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา (ภาพที่ 24) ขณะที่วิธีการวางวัสดุหลบซ่อนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต กล่าวคือ บ่อที่ใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ส่งผลให้ลูกปูระยะเมกาโลปามีความยาวตัวเพิ่มขึ้น (0.86 ± 0.04 มิลลิเมตร) สูงกว่าบ่อที่ใส่วัสดุโดยวิธีแขวนแนวดิ่ง (0.59 ± 0.03 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 24 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
 - อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 25 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

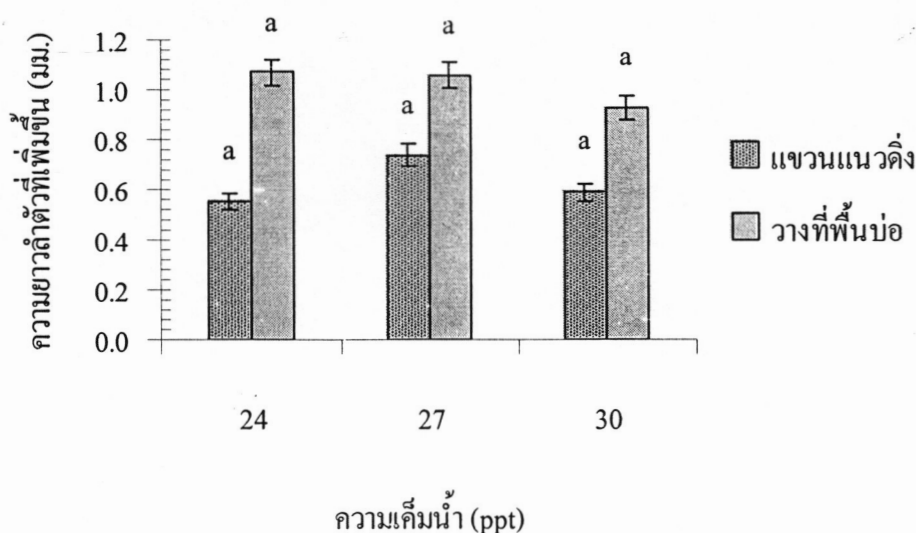
หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

อิทธิพลร่วมกันระหว่างความเค็มน้ำและวิธีการวางวัสดุหลบซ่อน ไม่มีผลต่อความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา ถึงแม้ว่าที่ทุกระดับความเค็มน้ำ ลูกปูที่อนุบาลในบ่อที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้นบ่อมีความยาวลำตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าลูกปูที่อนุบาลในบ่อที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวตั้ง แต่ก็ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > .05$) (ตารางที่ 10 และภาพที่ 26)

ตารางที่ 10 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

การวางวัสดุหลบซ่อน	ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตร)		
	24 ppt	27 ppt	30 ppt
แขวนแนวตั้ง	0.55 ± 0.02 ^a	0.74 ± 0.06 ^a	0.59 ± 0.02 ^a
วางที่พื้นบ่อ	1.07 ± 0.07 ^a	1.06 ± 0.04 ^a	0.93 ± 0.16 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
- อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 26 ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

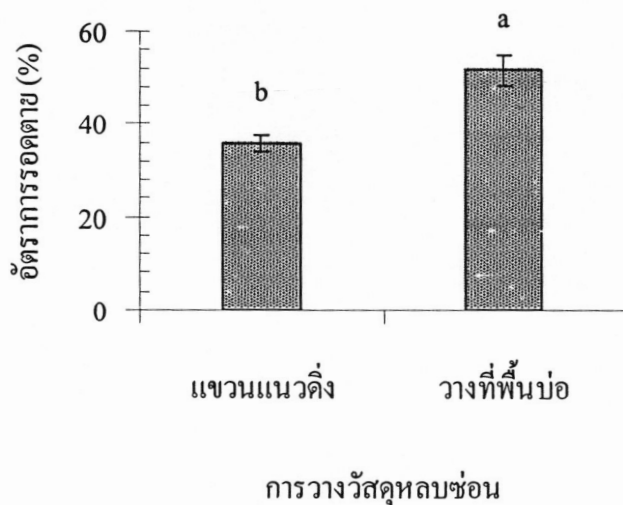
- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

การทดลองที่ 3 การอนุบาลลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูแรกถึงวันที่ 5

จากการอนุบาลลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับคือ 24, 27 และ 30 ppt ร่วมกับการใส่วัสดุเพื่อเป็นสิ่งหลบซ่อนแก่ลูกปูแตกต่างกัน 2 วิธี คือวิธีที่ 1 แขวนแวนดิ่ง กับวิธีที่ 2 วางที่พื้นบ่อ ปรากฏผลดังนี้

1. อัตราการรอดตาย

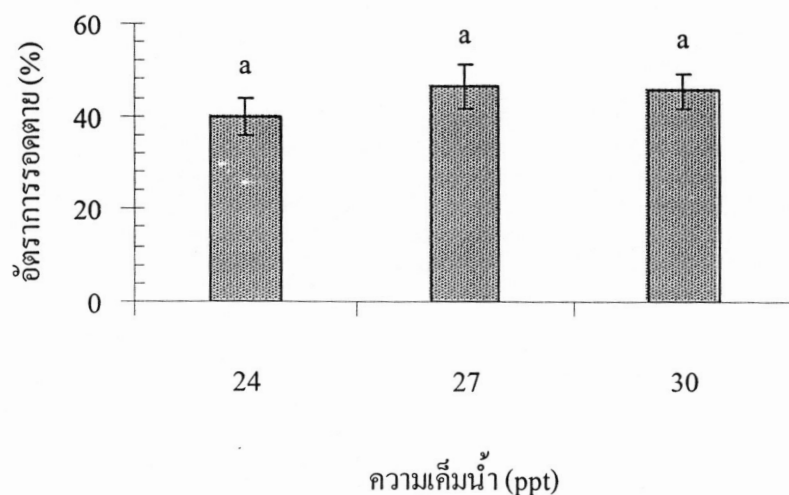
ความเค็มน้ำเพียงปัจจัยเดียว ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 (ภาพที่ 27) ขณะที่วิธีการวางวัสดุหลบซ่อนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย กล่าวคือบ่อที่ใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ส่งผลให้ลูกปูมีอัตราการรอดตาย (51.66 ± 1.85 %) สูงกว่าบ่อที่ใส่วัสดุโดยวิธีแขวนแวนดิ่ง (36.02 ± 1.85 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 27 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าในระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความเค็ม
น้ำต่างกัน 3 ระดับ

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 28 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าในระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยการ
วางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

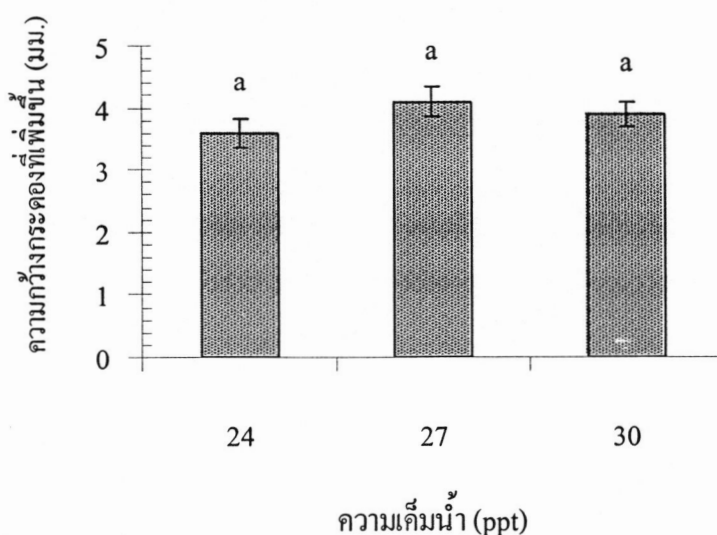
หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

2. การเจริญเติบโต

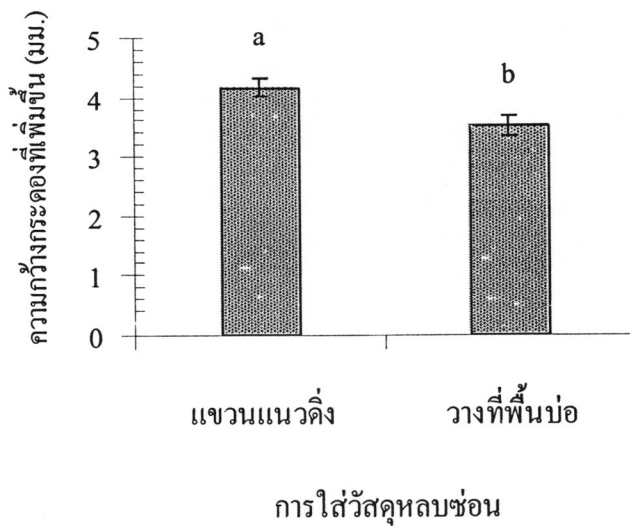
ความเค็มน้ำเพียงปัจจัยเดียว ไม่มีผลต่อความกว้างกระดูกที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 (ภาพที่ 30) ขณะที่วิธีการวางวัสดุหลบซ่อนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความกว้างกระดูกที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือบ่อที่ใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่ง ส่งผลให้ลูกปูมีความกว้างกระดูกเพิ่มขึ้นสูงกว่า (4.16 ± 0.15 มิลลิเมตร) บ่อที่ใส่วัสดุโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ (3.51 ± 0.16 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (ภาพที่ 31)

เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างความเค็มน้ำและวิธีการวางวัสดุหลบซ่อนแล้ว พบว่าไม่มีผลต่อความกว้างกระดูกที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ใดๆก็ดี ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) ลูกปูที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่ง ทุกระดับความเค็มมีการเจริญเติบโตดีกว่าลูกปูที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 32)



ภาพที่ 30 ความกว้างกระดูกที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ

- หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
 - อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 31 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลในบ่อที่มีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

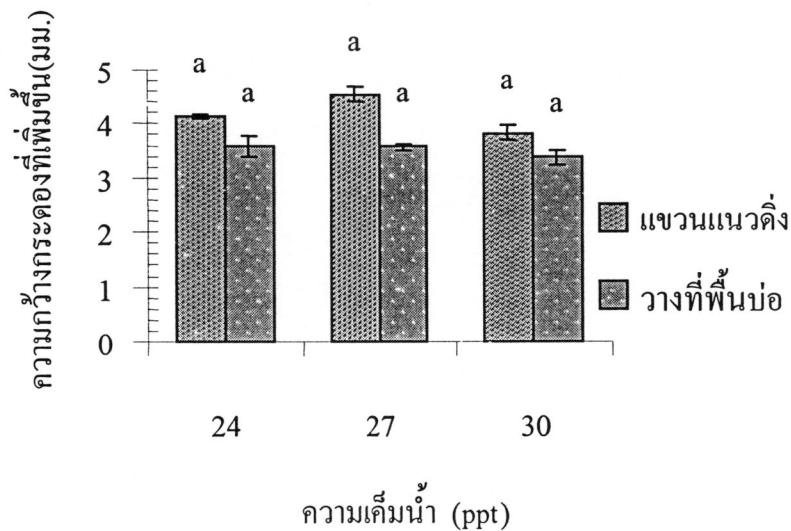
ตารางที่ 12 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาลด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

การวางวัสดุ หลบซ่อน	ความเค็มน้ำ (ppt)		
	24	27	30
แขวนแนวตั้ง	4.13 ± 0.27^a	4.54 ± 0.29^a	3.83 ± 0.11^a
วางที่พื้นบ่อ	3.58 ± 0.25^a	3.57 ± 0.14^a	3.37 ± 0.42^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

- อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)



ภาพที่ 32 ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ที่อนุบาล

ด้วยความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ ร่วมกับการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน 2 วิธี

หมายเหตุ - อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

- อักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

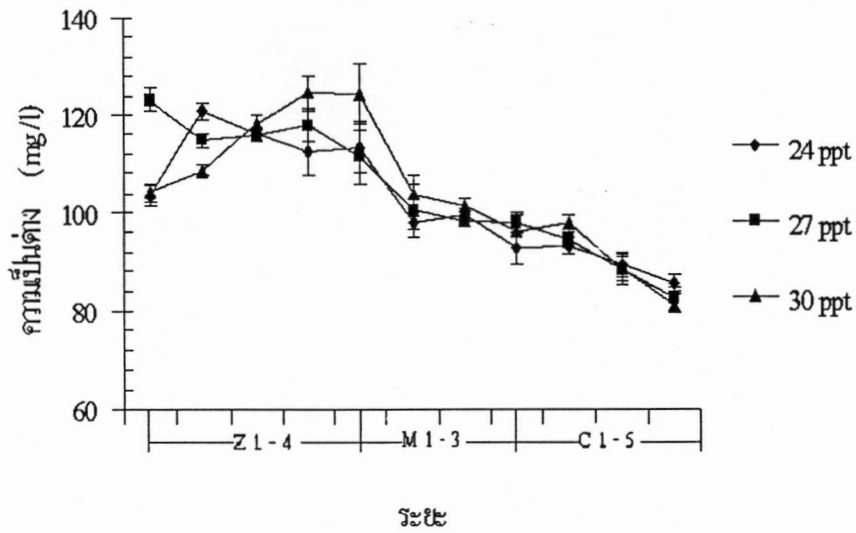
จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำตลอดระยะการทดลอง พบว่า ระดับความเค็มน้ำ ชนิดอาหาร และวิธีการวางวัสดุหลบซ่อนต่างกัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช และปริมาณออกซิเจนในน้ำ ไนโตรัส แอมโมเนีย และความเป็นด่าง (ตารางที่ 13) โดยค่าที่ตรวจสอบได้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อน หากมองในภาพรวมของการอนุบาลลูกปูม้าสามารถเห็นแนวโน้มชัดเจนว่า ค่าความเป็นด่างของน้ำลดลงอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 33) ขณะที่ปริมาณไนโตรัสและแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้น (ภาพที่ 34 และ 35) แต่ค่าความเข้มข้นที่วัดได้ยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

ตารางที่ 13 คุณภาพน้ำจากการทดลองเพาะเลี้ยงลูกปูระยะต่าง ๆ (Z = ชูเยี M = เมกาโตปา, C = ระยะตัวปู)

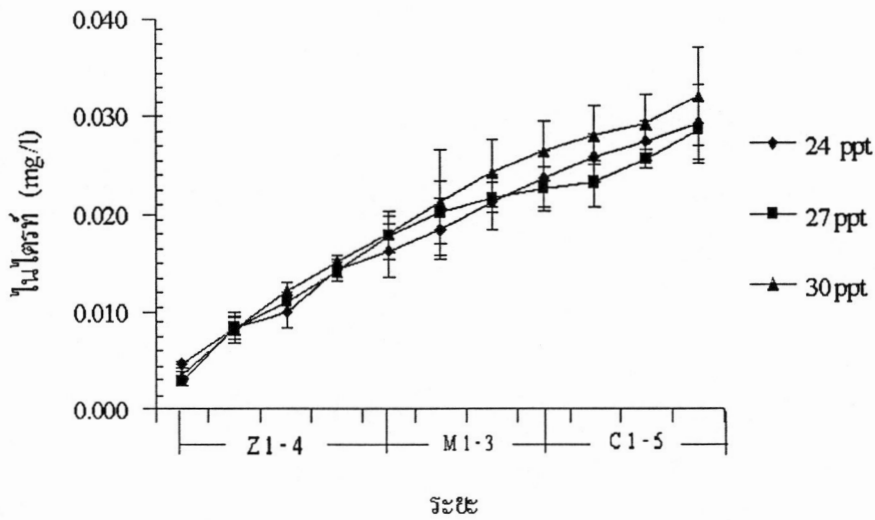
การทดลอง			คุณภาพน้ำ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)						
ระยะ	ระยะเวลา อนุบาล (วัน)	ความ เต็ม (ppt)	อาหาร	ออกซิเจน ละลายน้ำ (mg/l)	พีเอช	อุณหภูมิ (° C)	ความเป็น ด่าง (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)
Z1 – Z4	11 - 13	24	โรติเฟอร+อาร์ทีเมียเฟลก	5.0 ± 0.0	7.8 ± 0.0	28.6 ± 0.1	120.9 ± 2.1	0.041 ± 0.015	0.006 ± 0.002
	11 - 12	24	โรติเฟอร+ไรแดง	4.8 ± 0.1	7.7 ± 0.0	28.7 ± 0.1	115.2 ± 2.6	0.049 ± 0.017	0.007 ± 0.002
	12	24	โรติเฟอร+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	5.0 ± 0.1	7.7 ± 0.0	28.6 ± 0.1	120.1 ± 1.9	0.041 ± 0.015	0.005 ± 0.001
	12 - 13	27	โรติเฟอร+อาร์ทีเมียเฟลก	4.9 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.8 ± 0.1	120.3 ± 2.0	0.044 ± 0.016	0.006 ± 0.002
	10 - 11	27	โรติเฟอร+ไรแดง	5.0 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.8 ± 0.1	115.6 ± 1.8	0.051 ± 0.018	0.008 ± 0.002
	11 - 13	27	โรติเฟอร+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	5.2 ± 0.1	7.9 ± 0.0	28.7 ± 0.1	121.7 ± 1.4	0.041 ± 0.015	0.006 ± 0.002
	11 - 13	30	โรติเฟอร+อาร์ทีเมียเฟลก	5.1 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.7 ± 0.1	119.8 ± 1.9	0.044 ± 0.016	0.007 ± 0.002
	10 - 11	30	โรติเฟอร+ไรแดง	5.1 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.7 ± 0.1	116.1 ± 2.6	0.054 ± 0.020	0.008 ± 0.002
	10 - 12	30	โรติเฟอร+อาร์ทีเมียวัยอ่อน	5.1 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.8 ± 0.2	114.4 ± 2.4	0.041 ± 0.015	0.006 ± 0.002

ตารางที่ 13 (ต่อ)

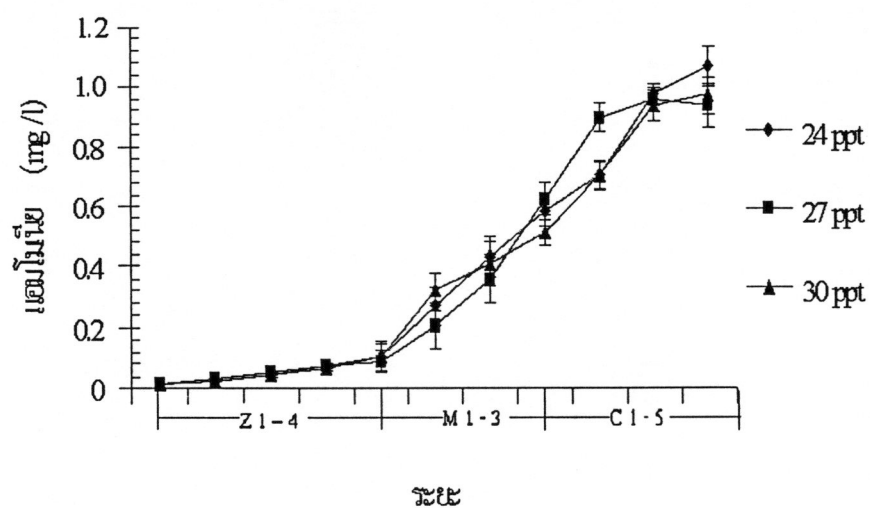
การทดลอง				คุณภาพน้ำ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)				
ระยะ	ระยะเวลา อนุบาล (วัน)	ความ เต็ม (ppt)	การวางวัสดุหลบ ซ่อน	ออกซิเจน ละลายน้ำ (mg/l)	พีเอช	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็น ด่าง (mg/l)	ไนโตรท (mg/l)
Z4 – M3	5 - 6	24	แขวนแนวตั้ง	5.1 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.9 ± 0.1	100.8 ± 1.0	0.373 ± 0.067
	5 - 6	24	วางที่พื้น	5.1 ± 0.1	7.7 ± 0.0	28.6 ± 0.1	97.3 ± 0.8	0.441 ± 0.077
	5 - 7	27	แขวนแนวตั้ง	5.1 ± 0.1	7.8 ± 0.0	28.8 ± 0.3	98.8 ± 1.0	0.354 ± 0.065
	5 - 6	27	วางที่พื้น	5.3 ± 0.1	7.7 ± 0.0	29.1 ± 0.1	102.4 ± 1.7	0.434 ± 0.072
	5 - 7	30	แขวนแนวตั้ง	5.1 ± 0.1	7.6 ± 0.0	28.7 ± 0.1	102.5 ± 2.1	0.404 ± 0.080
	5 - 6	30	วางที่พื้น	4.6 ± 0.1	7.7 ± 0.0	28.4 ± 0.1	95.4 ± 2.2	0.445 ± 0.070
M3 – C5	5	24	แขวนแนวตั้ง	5.1 ± 0.1	7.4 ± 0.0	28.6 ± 0.0	91.0 ± 1.7	0.845 ± 0.053
	5	24	วางที่พื้น	5.2 ± 0.0	7.5 ± 0.0	28.7 ± 0.1	87.8 ± 1.5	0.931 ± 0.052
	5	27	แขวนแนวตั้ง	5.3 ± 0.1	7.4 ± 0.0	28.8 ± 0.1	94.5 ± 0.9	0.859 ± 0.057
	5	27	วางที่พื้น	5.1 ± 0.1	7.4 ± 0.0	28.7 ± 0.1	91.6 ± 1.3	0.933 ± 0.051
	5	30	แขวนแนวตั้ง	5.1 ± 0.1	7.4 ± 0.0	28.7 ± 0.1	88.7 ± 1.2	0.941 ± 0.050
	5	30	วางที่พื้น	4.9 ± 0.1	7.5 ± 0.0	28.7 ± 0.1	91.5 ± 1.0	0.996 ± 0.036



ภาพที่ 33 ค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูม้า (Z = ระยะซุเอีย; M = ระยะเมกาโลปา; C = ระยะตัวปู)



ภาพที่ 34 ปริมาณไนโตรเจนในบ่ออนุบาลลูกปูม้า (Z = ระยะซุเอีย; M = ระยะเมกาโลปา; C = ระยะตัวปู)



ภาพที่ 35 ปริมาณแอมโมเนียในบ่ออนุบาลลูกปูน้ำ (Z = ระยะซูกูเอีย; M = ระยะเมกาโตปา; C = ระยะตัวปู)

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

ระยะซุเอีย (Zoea stage)

1. ระดับความเค็มน้ำ

จากการศึกษาอัตราการรอดของลูกปูม้าวัยอ่อนระยะซุเอีย 1 ถึงซุเอีย 4 โดยทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่างกัน 3 ระดับ พบว่าซุเอียที่เลี้ยงในน้ำที่ระดับความเค็มน้ำ 27 ppt มีอัตราการรอดสูงที่สุด (51.45 %) แต่ไม่แตกต่าง ($p > .05$) จากความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในทุกะดับความเค็มน้ำ ลูกปูม้าระยะซุเอียสามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาได้โดยไม่ทำให้อัตราการรอดตายแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเค็มน้ำดังกล่าวเป็นระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับระดับความเค็มน้ำซึ่งลูกปูระยะซุเอียอาศัยอยู่ในสภาพธรรมชาติ สอดคล้องกับ Meagher (1971) รายงานว่าปูม้าเพสเมีย (*P. pelagicus*) จะออกไปวางไข่ในทะเลใกล้ปากแม่น้ำ หลังจากฟักเป็นตัว ตัวอ่อนจะเคลื่อนเข้าสู่บริเวณชายฝั่งภายใน 30 – 45 วัน และ Pequeux (1995) กล่าวว่า ที่ระดับความเค็มต่ำกว่า 17 ppt จะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูวัยอ่อนและการเลี้ยงปูม้า เพราะจะมีผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตและวางไข่ ผลจากการทดลองครั้งนี้ยังให้ผลสอดคล้องกับการทดลองที่เกี่ยวกับระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูระยะซุเอียชนิดอื่น ๆ ดังการศึกษาของ Zainoddin (1991); Parado-Esteba และ Ouinitio (1999) ที่รายงานว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะซุเอียอยู่ระหว่าง 20 -32 ppt ขณะที่ระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*S. paramamosian*) ระยะซุเอียอยู่ระหว่าง 23 -35 ppt (Li et al., 1999) ส่วนระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูแสม (*Sesarma curacaoense*) ระยะซุเอียถึงระยะลูกปูวัยรุ่นอยู่ระหว่าง 15 – 32 ppt (Anger & Charmantier., 2000) และระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะฟักปูปากแม่น้ำ (*Chasmagnathus granulata*) อยู่ระหว่าง 15 – 20 ppt (Gimenez & Anger, 2001) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้พบว่าที่ระดับความเค็มน้ำ 27 ppt เป็นระดับความเค็มน้ำที่ลูกปูม้าระยะซุเอียสามารถมีชีวิตรอดได้มากที่สุด ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับ Hoang (1999) ที่รายงานว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะเลี้ยงลูกปูทะเล (*S. paramamosian*) ระยะซุเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปาเท่ากับ 27 ppt ขณะเดียวกันให้ผลขัดแย้งกับ Heaman & Fielder (1983) ซึ่งพบว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมที่สุดต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะซุเอีย 1 ถึงระยะ

เมกาโลปา อยู่ในช่วง 30 - 34 ppt ส่วนที่ระดับความเค็มน้ำ 32 - 35 ppt ส่งผลให้ลูกปู *Mithrax caribbaeus* ระยะชูเอียมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (Larez et al., 2000) และที่ระดับความเค็มน้ำ 15 - 20 ppt ทำให้ปูน้ำกร่อย (*C. granulate*) ในระยะชูเอีย 1 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดเช่นกัน (Gimenez & Anger, 2001)

ถึงแม้จากการทดลองในครั้งนี้จะพบว่าช่วงความเค็มน้ำ 24 - 30 ppt ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย เป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงระดับความเค็มน้ำ 24 - 30 ppt เป็นช่วงที่ยอมรับได้ในการอนุบาลลูกปู โดยที่ความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt อาจส่งผลกระทบต่อบ้างแต่ไม่มากนัก เป็นแนวทางให้เห็นว่า ที่ความเค็มน้ำ 27 ppt ลูกปูมีระยะชูเอียมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt เล็กน้อย แต่เป็นสิ่งที่ควรคำนึง เมื่อต้องพิจารณาพร้อมกับผลกระทบต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโต เนื่องจาก จากการทดลองพบว่าช่วงความเค็มน้ำ 24 -30 ppt มีผลต่อการใช้เวลาพัฒนาการของลูกปูมีระยะชูเอีย โดยที่ความเค็มน้ำ 27 และ 30 ppt ลูกปูใช้เวลาในการพัฒนาการสั้นกว่า ($p < .05$) การอนุบาลที่ความเค็มน้ำ 24 ppt และไม่มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) ระหว่างความเค็มน้ำ 27 และ 30 ppt นอกจากนี้ช่วงความเค็มน้ำช่วง 24 -30 ppt ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวตัวเพิ่มขึ้นของลูกปูมีระยะชูเอีย โดยพบว่าที่ความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt ลูกปูมีความยาวตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ความเค็มน้ำ 30 ppt และไม่มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) ระหว่างความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt

การพัฒนาการของลูกปูนั้นย่อมมีความสัมพันธ์กับวงจรการลอกคราบ กล่าวคือ หากลูกปูมีความถี่ในการลอกคราบเร็วขึ้น ก็น่าจะส่งผลทำให้ปูมีการพัฒนาการที่เร็วมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้น มีผู้ศึกษาผลของความเค็มน้ำต่อวงจรการลอกคราบของครัสเตเชียหลายชนิด ทั้งระยะวัยอ่อนวัยรุ่น และโตเต็มวัย ในอดีตไม่น้อยที่พบว่าความเค็มน้ำมีผลกระทบโดยตรงต่อวงจรการลอกคราบเนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบสมดุลของของเหลวภายในร่างกาย (Osmoregulation) และควบคุมกลไกสรีระเคมีและชีวเคมีภายในร่างกายของครัสเตเชีย ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์จะมีความต้องการที่ความเค็มใดความเค็มหนึ่งที่แสดงค่าใกล้เคียงกันกับของของเหลวภายในร่างกาย (Iso - Osmotic) ที่ตรงนี้จะไม่ทำให้สัตว์เครียดและมีโอกาสได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมต่อร่างกาย และสูญเสียพลังงานน้อยเพื่อใช้ในการควบคุมสรีระเคมีภายในร่างกาย จากการทดลองจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ระดับความเค็มน้ำที่สูงขึ้นจาก 24 ppt ถึง 30 ppt มีผลทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูมีระยะชูเอียจากชูเอียระยะที่ 1 จนมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปา สั้นลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดที่ความเค็มน้ำ 30 ppt จึงได้ข้อสรุปว่า ความเค็มน้ำ 30 ppt น่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ระดับความเค็มน้ำ 24 ppt ด้วยเหตุผลข้างต้นที่ว่าลูกปูมีระยะชูเอียชอบที่จะอาศัยอยู่ในตัวกลางของน้ำ ที่ลูกปูมีการปรับ

ออสโมลาลิตี (Osmolality) ได้ใกล้เคียงกับของเหลวภายในร่างกาย หรืออาจจะต้องการสูงกว่าเล็กน้อย เพื่อแสดงสภาวะ Hyporegulation สอดคล้องกับข้อมูลทางชีววิทยาที่แม่ปูจะมีการเคลื่อนย้ายออกนอกชายฝั่ง เพื่อการพัฒนารูปร่างของเอ็มบริโอ (Embryonic development) และการฟักไข่ ที่สภาวะความเค็มน้ำดังกล่าว (Larez et al., 2000) จึงเป็นการกระตุ้นกลไกทางสรีระเคมีและชีวเคมี (Physiochemical and Biochemical Process) ดีขึ้น นอกจากนี้ระดับความเค็มน้ำที่สูงขึ้นยังมีข้อได้เปรียบในแง่ของความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำหลายชนิดที่ถูกปูสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ด้วยการดูดซึมโดยตรงเข้าสู่ร่างกาย จึงมีส่วนทำให้ในการอนุบาลลูกปูม้าที่ความเค็มน้ำ 30 ppt มีการพัฒนาการเร็วขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะว่า ควรใช้ความเค็มน้ำสูงกว่า 27 ppt ในการอนุบาลลูกปูม้าระยะนี้ ผลการทดลองครั้งนี้ขัดแย้งกับ Gimenez (2002) ที่รายงานว่าระดับความเค็มน้ำที่สูงขึ้น (32 ppt) ปูน้ำกร่อย (*C. granulate*) ระยะซูเอีย 1 มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าและการพัฒนาการช้ากว่าน้ำที่มีระดับความเค็มต่ำลง (15 และ 20 ppt)

เป็นที่ทราบกันดีว่าการเจริญเติบโตของครัสเตเชียมีความสัมพันธ์ต่อการลอกคราบ หมายความว่าปูที่มีโอกาสลอกคราบบ่อยครั้งมากขึ้นย่อมมีโอกาสโตเร็วกว่า แต่เหตุการณ์นี้ไม่แน่นอนเสมอไป เนื่องจากการขยายตัวของขนาดลูกปูนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็มน้ำ การใช้ความเค็มน้ำที่เหมาะสมก็จะส่งผลให้ลูกปูมีข้อได้เปรียบในการขยายขนาด จากการทดลอง ลูกปูที่อนุบาลที่ความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าการอนุบาลที่ความเค็มน้ำ 30 ppt น่าจะมีสาเหตุมาจากความเค็มของน้ำมีผลต่อการเก็บรักษาสมดุลของของเหลวในสัตว์ตัวนั้น สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มจะมีความเข้มข้นของเกลือแร่ต่าง ๆ (Ionic Gradient) ภายในตัวใกล้เคียงกับในน้ำเค็มที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นพลังงานที่สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มใช้เพื่อปรับสมดุลของของเหลวจึงน้อยกว่าสัตว์ที่อยู่ในน้ำจืด นอกจากนั้นเป็นที่ทราบกันดีว่า น้ำเค็มมีความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) สูงกว่าน้ำจืด ซึ่งช่วยให้สัตว์น้ำลอยตัวได้ดีขึ้น ทำให้พลังงานที่สัตว์น้ำต้องใช้ในการลอยตัวอยู่ในน้ำลดลงกว่าการอยู่ในน้ำจืด ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ที่พลังงานส่วนที่เหลืออยู่นั้น จะช่วยให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Holliday, 1969) นอกจากนี้ Potts & Parry (1964) กล่าวว่าพวกครัสเตเชียจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาพที่ไม่มีความเครียดของ Osmotic คือโดยทั่วไปจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพ Iso-Osmotic ซึ่งถ้าเหตุผลนี้เป็นจริง สาเหตุที่ลูกปูม้าระยะซูเอีย 1 ถึงซูเอีย 4 ที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 24 และ 27 ppt มีการขยายขนาดได้ดีกว่าในน้ำความเค็ม 30 ppt ในการทดลองครั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะความเค็มน้ำช่วง 24 และ 27 ppt ทำให้ลูกปูม้าในระยะซูเอียเข้าใกล้สภาวะสมดุลกับของเหลวภายในตัวลูกปูม้า (Iso-Osmotic) มากกว่าความเค็มน้ำ 30 ppt จึงส่งผลให้ลูกปูม้าระยะซูเอียที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 24 และ 27 ppt มีพลังงานเหลือมากกว่าจึงขยายขนาดของตัวได้ดีกว่าตามลำดับ ดังนั้น แม้ว่าช่วงความเค็ม 24 - 30 ppt จะเป็น

ช่วงที่สามารถใช้ในการอนุบาลลูกปูม้าระยะชูเอียงได้ แต่เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อสรีระเคมี จะเห็นว่าที่ความเค็ม 27 ppt เป็นความเค็มที่น่าที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปูม้าระยะชูเอียงทั้งในแง่การพัฒนากการและการเจริญเติบโต

2. ชนิดอาหาร

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการปรับเปลี่ยนอาหาร โดยปรับจากการให้สไปรูลินาร่วมกับโรติเฟอร์ที่เหมือนกันทุกการทดลองในช่วง 4 วันแรกหลังจากลูกปูฟักเป็นตัว (ระยะชูเอียง 1-2) มาเป็นอาร์ทีเมียเฟลก ไรแดงแช่เย็น และอาร์ทีเมียวัยอ่อน ในช่วงหลังจาก 4 วันแรกเป็นต้นไป (ระยะชูเอียง 3-4) เพื่อตรวจสอบชนิดของอาหารที่เหมาะสมของลูกปูม้า ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนอาหารมาเป็น 3 ชนิดดังกล่าวข้างต้นมีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนากการ และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะชูเอียง กล่าวคือ การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้ อาร์ทีเมียวัยอ่อนและไรแดงแช่เย็น ทำให้ลูกปูม้าระยะชูเอียงมีอัตราการรอดและการเจริญเติบโตสูงกว่า รวมถึงใช้เวลาในการพัฒนาทางรูปร่างสั้นกว่า ($p < .05$) การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้ อาร์ทีเมียเฟลก นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ลูกปูม้าระยะชูเอียงมีอัตราการรอดตาย การพัฒนากการ และการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Warner (1977) & Hill (1979) ที่ศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปูทะเล (*S. serrata*) และพบว่าเมื่อลูกปูมีการตรวจสอบอาหารได้แล้วจะมีการเคลื่อนที่เข้าหาเหยื่อ หลังจากนั้นเมื่อเหยื่อมาแตะถูกอวัยวะรับสัมผัสก็จะทำให้เกิดความรู้สึกที่จะจับอาหารเข้าปาก ดังนั้นอาหารมีชีวิตและเคลื่อนที่ได้จึงเหมาะสมสำหรับลูกปูในระยะชูเอียง ส่วนการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้ไรแดงแช่เย็น พบว่าอัตราการรอด การพัฒนากการ และการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างไปจากชุดการทดลองที่ปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อน ทั้งนี้เนื่องจากไรแดงแช่เย็น มีความเหมาะสมที่ลูกปูยอมรับได้ดี ซึ่งการยอมรับอาหารมีความสำคัญต่อสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชีย สอดคล้องกับ Anger (1996) กล่าวว่าอาหารจะมีประโยชน์ต่อสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชีย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับเหยื่อ การย่อยอาหาร และความสามารถในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงาน

จากการศึกษาในครั้งนี้จึงเห็นได้ว่า การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อน มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นอาหารมีชีวิต สอดคล้องกับ Juliana & Alan (2000) ที่ได้รายงานว่าการอนุบาลลูกปูทะเล (*S. serrata*) ตั้งแต่ระยะชูเอียงจนถึงระยะเมกาโลปาโดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับ อาร์ทีเมียให้อัตราการรอดสูงสุด (56%) เมื่อเทียบกับการอนุบาลโดยใช้โรติเฟอร์ (0 %) หรืออาร์ทีเมีย (24 %) เพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากอาร์ทีเมียมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาหาชนิดอาหารที่สามารถนำมาทดแทนอาร์ทีเมีย เพื่อเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิต

ผลการศึกษานี้พบว่า ไรแดงสามารถนำมาทดแทนตัวอ่อนอาร์ทีเมียได้เป็นอย่างดี เนื่องจากส่งผลให้ลูกปูนาในระยะชูเอียมีอัตราการรอด การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากอาร์ทีเมีย สอดคล้องกับ สมประสงค์ ชันถม และคณะ (2543) ที่ได้รายงานว่า การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ P5 ถึง P14 โดยใช้ไรแดงและอาร์ทีเมียเป็นอาหาร ในบ่อคอนกรีตกลม ที่มีน้ำความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 5 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 30 ตัว/ลิตร ให้อาหารวันละ 5 ครั้ง ผลปรากฏว่า อัตราการรอดตายของลูกกุ้งกุลาดำที่อนุบาลด้วยไรแดงสูงที่สุด (86%) รองลงมาคือไรแดงสลับกับอาร์ทีเมีย (84%) โดยสูงกว่าการอนุบาลด้วยอาร์ทีเมีย (78%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักและความยาวของกุ้งกุลาดำที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียมีค่าสูงที่สุด (0.0045 กรัม, 1.24 เซนติเมตร) โดยสูงกว่าอาหารอีก 2 ประเภทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ไรแดงสลับกับอาร์ทีเมีย (0.0036 กรัม, 1.22 เซนติเมตร) ซึ่งสูงกว่าการอนุบาลด้วยไรแดง (0.0026 กรัม, 1.09 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การนำไรแดงมาอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ จะให้แบบสลับหรือให้ไรแดงอย่างเดียววนั้น มีแนวโน้มที่สามารถใช้ทดแทนอาร์ทีเมียได้สำหรับลูกกุ้งระยะนี้ โดยมีอัตราการรอดตายสูงถึงแม้ว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงถึง 2 เท่า เมื่อใช้อาร์ทีเมียร่วมกับไรแดง และ 16 เท่า เมื่อใช้ไรแดงเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับ บุรฉัตร จันทกานนท์ (2543) ที่อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน (*Macrobrachium rosenbergii*) โดยใช้อาร์ทีเมีย ไรแดง และโรติเฟอร์น้ำกร่อย (*Brachionus rotundiformis*) ในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความหนาแน่น 660 ตัว/ลิตร ความเค็มน้ำ 15 ppt นาน 8 วัน ปรากฏว่า ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียมีอัตราการรอดสูงที่สุด (83%) แต่ไม่แตกต่างกับลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมีย 4 วันแรกและไรแดง 4 วันหลัง (77 %) ไรแดง (76 %) โรติเฟอร์น้ำกร่อย 4 วันแรกและอาร์ทีเมีย 4 วันหลัง (65 %) ขณะที่ทั้ง 4 การทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่าการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์น้ำกร่อย (40 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักพบว่าการอนุบาลด้วยอาร์ทีเมีย มีค่าสูงสุดและสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการอนุบาลด้วยอาร์ทีเมีย 4 วันแรกและไรแดง 4 วันหลัง และการอนุบาลด้วยไรแดงให้ผลไม่แตกต่างกัน ทั้ง 2 กลุ่มเหล่านี้มีการเจริญเติบโตดีกว่าการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์น้ำกร่อย 4 วันแรกและอาร์ทีเมีย 4 วันหลัง และการอนุบาลด้วยโรติเฟอร์น้ำกร่อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับ ฐานันดร ทัดตานนท์ และสุจินต์ มณีวงศ์ (2520) ที่รายงานว่าลูกกุ้งก้ามกรามที่อนุบาลด้วยไรแดงและอาร์ทีเมียในถังพลาสติกกลมขนาด 500 ลิตร ที่ความหนาแน่น 27 ตัว/ลิตร ความเค็มน้ำ 12 ppt เป็นเวลา 42 วัน พบว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียมีอัตราการรอด (30 %) สูงกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยไรแดง (20 %)

เหตุผลที่น่าจะสนับสนุนการทดแทนอาร์ทีเมียด้วยไรแดงในการอนุบาลลูกปูม้าระยะ
 ชูเย็บได้เป็นอย่างดี ได้แก่ การยอมรับของลูกปู และคุณค่าทางอาหารของไรแดง ทั้งนี้จากการสังเกต
 พฤติกรรมการจับกินอาหารของลูกปูม้า พบว่าไรแดงเป็นอาหารที่ลูกปูม้ายอมรับได้ดี เช่นเดียวกับ
 อาร์ทีเมีย โดยสังเกตจากการที่เมื่อลูกปูม้าจับอาหารเหล่านี้ได้แล้ว จะใช้ยางค์ส่วนท้องกวาดค้น
 อาหารเข้ามาบริเวณปาก โดยอาศัยการประทับประคองจากแพนหางและยางค์ขากรรไกรคู่ที่ 1 และ
 2 ซึ่งผิดกับอาร์ทีเมียเฟลก เพราะเมื่อลูกปูจับอาร์ทีเมียเฟลกได้แล้วมักพบว่ามีการถือครองอาหาร
 เป็นเวลานานกว่าที่จะกวาดค้นเข้าปาก หรือบางครั้งกลับปล่อยทิ้ง และถึงแม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้
 จะไม่ได้ให้ไรแดงในรูปที่มีชีวิต หรือไรแดงมีขนาดใหญ่กว่าอาร์ทีเมียก็ตาม แต่ลูกปูม้าก็ยอมรับได้
 ดีสันนิษฐานว่า เป็นเพราะการที่ลูกปูระยะชูเย็บสามารถกินอาหารจากซากของสิ่งมีชีวิต รวมถึงเมื่อ
 พิจารณาค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีนของไรแดงและอาร์ทีเมีย เห็นได้ว่าปริมาณโปรตีนใน
 ไรแดง (74.1 %) มีมากกว่าในอาร์ทีเมีย (52.2 %) (สมประสงค์ จันถม และคณะ, 2543) น่าจะทำให้
 ลูกปูที่อนุบาลด้วยไรแดงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า แต่ผลที่ได้จากการศึกษานี้กลับไม่เป็นไป
 ตามนี้ สันนิษฐานได้ว่าคุณภาพของโปรตีนในไรแดงมีคุณภาพต่ำกว่าในอาร์ทีเมีย ทั้งนี้เนื่องจาก
 ไรแดงเป็นสัตว์ในน้ำจืด จึงมีการขาดกรดไขมันจำเป็นในกลุ่ม $n - 3$ HUFA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
 Eicosapentaenoic acid (EPA ; 20:5 $n - 3$) ซึ่งปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 20:5 $n - 3$ นี้
 เป็นตัวกำหนดอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียน (Kanazawa,
 Teshima, & Tokiwa, 1977; Jones, Kanazawa, & Abdef-Rahman, 1979) ทั้งยังมีความสำคัญต่อการ
 สร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) การรักษาสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย
 (Osmoregulation) และกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น (Leger & Sorgeloose, 1992)
 ขณะที่อาร์ทีเมียวัยอ่อนมีกรดไขมันจำเป็นชนิดดังกล่าวสูง (สุพิศ ทองรอด และคณะ, 2538)
 นอกจากนี้อาจเป็นเพราะปริมาณคลอเรสเตอรอลที่มีแตกต่างกันระหว่างในอาร์ทีเมียกับไรแดง
 Shiene (2000) กล่าวว่าระดับคลอเรสเตอรอลในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต ความถี่ในการลอก
 คราบ และอัตราการตายของลูกปูทะเลระยะวัยรุ่น ทั้งนี้ปริมาณคลอเรสเตอรอลในอาร์ทีเมียอาจมีสูง
 กว่าในไรแดงจึงทำให้ลูกปูม้ามีการเจริญเติบโตดีกว่า หรืออาจเกิดจากโครงสร้างเปลือกของไรแดง
 ที่มีความหนาและแข็งมากกว่าอาร์ทีเมียซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อระบบการย่อยอาหารของปูให้มี
 ประสิทธิภาพต่ำลง ลูกปูจึงได้รับสารอาหารไม่เต็มที่ ดังนั้นอาจแก้ไขได้โดยการเสริมอาหาร
 ประเภทกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 20:5 $n - 3$ ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำเค็ม
 (Watanabe, Ohta, Katajima, & Fujita, 1982) ให้กับไรแดงก่อนที่จะนำมาอนุบาลลูกปู หรืออาจนำ
 ไรแดงแช่ในสารละลายกรดอ่อน ๆ เพื่อให้โครงสร้างเปลือกของไรแดงอ่อนตัวลง ก่อนนำไป
 อนุบาลลูกปู น่าจะช่วยให้ลูกปูใช้ประโยชน์จากไรแดงได้ดียิ่งขึ้น

ในขณะที่อาร์ทีเมียเฟลก ดูเหมือนว่าจะไม่ค่อยเหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้าเท่าใดนัก เพราะส่งผลให้ลูกปูมีการเจริญเติบโตช้า อัตราการรอดต่ำ และระยะพัฒนาการช้ามาก จึงไม่สามารถนำมาทดแทนอาร์ทีเมียได้ทั้งหมด แม้ว่าอาร์ทีเมียเฟลกซึ่งเป็นอาหารสำเร็จรูปที่มีการเพิ่มคุณค่าทางอาหารที่จำเป็นลงไป และปริมาณโปรตีนในอาร์ทีเมียเฟลกยังสูงกว่าอาร์ทีเมียวัยอ่อนเล็กน้อยก็ตาม ทั้งนี้จะมีสาเหตุเนื่องจาก ลักษณะทางกายภาพและขนาดของอาร์ทีเมียเฟลกไม่เหมาะสม เพราะอาร์ทีเมียเฟลกมีลักษณะเป็นแผ่น ซึ่งในการอนุบาลทุกครั้งต้องบดเพื่อทำการปรับขนาดให้เหมาะสม ดังนั้นอาหารจึงมีขนาดไม่คงที่ ทำให้ไม่เหมาะสมกับการกินอาหารของลูกปู หรือไม่ชักจูงหรือดึงดูดให้ลูกปูเข้ามากิน นอกจากนี้อาร์ทีเมียเฟลกยังไม่มี ความคงทนเมื่ออยู่ในน้ำนาน ๆ เมื่อให้อาหารไประยะหนึ่งลูกปูอาจจะไม่กินเนื่องจากลักษณะภายนอกและกลิ่นไม่จูงใจในการกินอาหาร อีกทั้งอาร์ทีเมียเฟลกมักจะจมลงสู่ก้นบ่อ ทำให้ขาดการแพร่กระจายทั่วบ่อ มีผลทำให้ลูกปูมีระยะซูเียซึ่งมีนิสัยล่องลอยไปตามกระแสน้ำ เมื่อให้อาหารอาจทำให้อาร์ทีเมียเฟลกจมลงพื้นได้เร็วและอาหารบางส่วนกระจายไปไม่ทั่วบ่อ ทำให้ลูกปูมีโอกาสกินอาหารได้ไม่ทั่วถึง ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลูกปูได้รับอาหารไม่เต็มที่ จึงส่งผลให้ลูกปูมีอัตราการรอดและการเจริญเติบโตลดลง รวมถึงใช้เวลาพัฒนาการทางรูปร่างนานขึ้น

3. อิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มน้ำกับชนิดอาหาร

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความเค็มน้ำ และอาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และการพัฒนาการของการอนุบาลลูกปูมีระยะซูเีย อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาทดลองมีแนวโน้มชี้ให้เห็นว่า เมื่อทำการเลี้ยงลูกปูมีระยะซูเียโดยให้สไปรูลิનાร่วมกับโรติเฟอร์ในระยะ 4 วันแรกหลังการฟักเป็นตัว และปรับเปลี่ยนมาให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนในช่วงต่อมา ในทุก ๆ ระดับความเค็มน้ำ ให้ค่าใกล้เคียงกับการปรับเปลี่ยนมาให้ไรแดงแช่เย็น ขณะที่การปรับเปลี่ยนมาให้อาร์ทีเมียเฟลกต่อจาก 4 วันแรก ในทุก ๆ ระดับความเค็มน้ำ ลูกปูมีอัตราการรอดตายต่ำสุดและพัฒนาการช้าที่สุด แต่อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะซูเีย ($p < .05$) กล่าวคือลูกปูมีระยะซูเียจะมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำความเค็ม 27 ppt โดยใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว โดยการเจริญเติบโตดังกล่าวไม่แตกต่าง ($p > .05$) ไปจากลูกปูที่อนุบาลที่ระดับความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt โดยใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว และที่ระดับความเค็ม 27 ppt โดยใช้ไรแดงแช่เย็นเป็นอาหารในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว แสดงให้เห็นว่าเมื่อลูกปูอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และมีอาหารที่ลูกปูชอบกินหรือยอมรับได้ดี ย่อมส่งผลให้มีการเจริญเติบโตในที่สุด ในทำนองเดียวกันแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่

เหมาะสม แต่มีอาหารที่ลูกปูไม่ชอบหรือไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ก็จะส่งผลให้การเจริญเติบโตไม่ดีเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็ม น้ำและอาหารมีความสัมพันธ์ร่วมกันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปูระยะซูเอีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่เมื่อทำการเลี้ยงลูกปูมีระยะซูเอียที่ความเค็ม 27 ppt ซึ่งคาดว่าเป็นระดับความเค็มที่อยู่ในสภาพ Iso-osmotic กับของเหลวภายในร่างกายปู และมีการปรับเปลี่ยนอาหารมาเป็นอาร์ทีเมียเฟลก ในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว พบว่าลูกปูมีการเจริญเติบโตต่ำกว่า ($p < .05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนหรือไรแดงแช่แข็ง ขณะเดียวกันพบว่าการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะนี้มีแนวโน้มต่ำที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำความเค็ม 24 และ 30 ppt และมีการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียเฟลก ทั้งนี้เป็นเพราะที่ระดับความเค็มดังกล่าวอยู่ในสภาพ Hypo และ Hyper — osmotic กับของเหลวภายในร่างกายตัวปู ทำให้ลูกปูต้องสูญเสียพลังงานมาก ในการรักษาสมดุลของของเหลว ประกอบกับได้รับประโยชน์จากอาหารไม่เต็มที่ จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตต่ำในที่สุด

ระยะเมกาโลปา (Megalopa stage)

1. ระดับความเค็มน้ำ

ผลจากการอนุบาลลูกปูมีระยะเมกาโลปา 1 ถึงเมกาโลปา 3 ด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ 24, 27 และ 30 ppt พบว่าช่วงความเค็ม 3 ระดับดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะเมกาโลปา สันนิษฐานได้ว่าระบบการรักษาสมดุลเกลือแร่ของปูชนิดนี้ได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ระยะซูเอีย 4 จึงทำให้ลูกปูมีในระบะนี้มีความสามารถปรับตัวอยู่ในช่วงความเค็มดังกล่าวได้ดี หรือลูกปูมีการปรับสภาพร่างกายให้เข้ากันได้ดีต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม น้ำ ซึ่งเห็นว่าระดับความเค็มน้ำ 24 — 27 ppt ไม่ได้เป็นปัจจัยจำกัดในการอนุบาลลูกปูมีระยะเมกาโลปา หรืออาจเป็นเพราะความเค็มในช่วงดังกล่าวมีสภาพเป็น Iso-osmotic สำหรับลูกปูมีระยะนี้ ซึ่งสอดคล้องกับ Chen & Jeng (1980) ที่รายงานว่ากุ้งทะเลมีค่า Iso-osmotic อยู่ในช่วง 20 — 30 ppt และ Susan et al. (1992) ที่รายงานว่าระบบการรักษาสมดุลเกลือแร่ของปูหิน (*Menippe mercenaria*) ได้เริ่มขึ้นในระยะซูเอีย 4 นอกจากนี้การอนุบาลลูกปูมีระยะเมกาโลปาที่ความเค็มน้ำ 3 ระดับดังกล่าวยังให้ผลใกล้เคียงกับ Abello & Guerao (1999) ที่รายงานว่าลูกปูกลุ่ม Decapoda ในแถบตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เมื่อเข้าสู่ระยะเมกาโลปาจะมีการแพร่กระจายเข้ามาอยู่ในบริเวณชายฝั่งที่มีระดับความเค็มน้ำต่ำมากกว่าในทะเลเปิด เช่นเดียวกับ Kumlu et al. (2000) ที่รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาลาย (*Metapenaeus monoceros*) ตั้งแต่ระยะ Protozoa 1 ถึง

ระยะ Post larva 1 ที่ความเต็ม 25, 30 และ 35 ppt ส่งผลให้ลูกกุ้งชนิดนี้มีอัตราการรอดที่ไม่แตกต่างกัน โดยที่ความเต็ม 30 ppt ให้อัตราการรอดสูงที่สุด และ Jiann et al. (1992) รายงานว่าการอนุบาลลูกกุ้งขาว (*P. chinensis*) ที่ความเต็ม 20, 25 และ 30 ppt ใช้เวลาเลี้ยงนาน 60 วัน พบว่ามีอัตราการรอดไม่แตกต่างกัน (75 %, 88 % และ 76 % ตามลำดับ) ความเต็มน้ำซึ่งคาดว่าจะมีผลกระทบต่อการพัฒนาการ และการเจริญเติบโตหรือการรอดตาย แต่ไม่พบว่ามีผลแตกต่างกัน จึงเป็นการยืนยันว่าช่วงความเต็ม 24 - 30 ppt เป็นช่วงที่สามารถใช้ในการอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปาได้ และให้ผลดีโดยไม่มีผลกระทบต่อสรีระเคมี

2. วิธีการวางวัสดุหลบซ่อน

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการวางวัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีที่ต่างกัน ส่งผลให้อัตราการรอดและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเมกาโลปามีความแตกต่างกัน ($p < .05$) แต่ไม่ส่งผลให้มีการใช้ระยะการพัฒนาการต่างกัน ($p > .05$) โดยพบว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวตั้งจะส่งผลให้ลูกปูม้าระยะเมกาโลปามีอัตราการรอดที่ดีกว่าเมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ทั้งนี้เนื่องจากการสังเกตพฤติกรรมในระหว่างทำการทดลอง ซึ่งพบว่าพัฒนาการของลูกปูทั้งบ่อจะไม่เท่ากันหรือพร้อมกันทั้งหมด จึงทำให้มีลูกปูขนาดเล็กหรือใหญ่ปนกันไปทั้งที่มีอายุเท่ากัน จึงเป็นข้อดีสำหรับการใส่วัสดุหลบซ่อนในแนวตั้ง ที่ลูกปูซึ่งพัฒนาช้ากว่าหรือขนาดเล็กกว่าจะหลบซ่อนอยู่ด้านบน ขณะที่ลูกปูที่มีการพัฒนาการเร็วกว่าหรือมีขนาดใหญ่กว่าจะอยู่ด้านล่างเรียงตามลำดับของขนาดที่ใหญ่ขึ้น จึงทำให้ลดปัญหาทั้งการกินกันเอง รวมถึงลดการแก่งแย่งการกินอาหารลงไปได้ และยังทำให้ลูกปูมีโอกาสได้รับอาหารอย่างทั่วถึงมากกว่าอีกด้วย ลูกปูม้าในระยะเมกาโลปา โดยเฉพาะช่วงที่เริ่มมีการพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาแรก ๆ ลูกปูม้าจะมีพฤติกรรมว่ายน้ำสลับกับเกาะวัสดุ ทั้งนี้การลงเกาะวัสดุของลูกปูเป็นพฤติกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงการจับกินกันเองมากกว่าปัจจัยที่มาจากขบวนการทางเคมีภายในร่างกายของปู (Humberto et al., 1998) และเมื่ออายุมากขึ้นจึงจะเริ่มลงหาอาหารและอาศัยอยู่ตามบริเวณพื้นก้นบ่อมากขึ้น เมื่อลูกปูเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ซึ่งเป็นระยะที่ลูกปูมีก้ามหนีบและว่ายน้ำได้ว่องไว ลูกปูระยะนี้จะมีความก้าวร้าวมาก เมื่อว่ายน้ำไปเจอลูกปูตัวอื่น ๆ ก็จะใช้ก้ามหนีบกินไว้ บางครั้งลูกปูจำนวนมากจะหนีบต่อกันเป็นกลุ่ม ไม่ยอมปล่อย ทำให้ลูกปูจมลงก้นบ่อและตายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการใส่วัสดุในแนวตั้งจัดได้ว่าเป็นการเพิ่มพื้นที่เกาะ (Surface area) หรือพื้นที่กันชนให้แก่ลูกปูระยะนี้ จึงช่วยทำให้ลูกปูม้าระยะนี้มีอัตราการรอดที่ดีกว่าการวางวัสดุหลบซ่อนที่พื้น แม้ว่าการใส่วัสดุโดยวิธีนี้จะไม่ให้ผลดีเมื่อลูกปูระยะนี้มีอายุมากขึ้นหรือมีขนาดโตขึ้น และเปลี่ยนพฤติกรรมไปอาศัยอยู่ตามพื้นก้นบ่อ แต่เนื่องจากมีอัตราการรอดมาตั้งแต่เริ่มต้น จึงทำให้ลูกปูที่อนุบาลในบ่อที่มีการใส่วัสดุโดยวิธีแขวนแนวตั้งมีอัตราการรอดดีกว่าการ

วางวัสดุหลบซ่อนไว้ที่พื้นบ่อ สอดคล้องกับการทดลองของ Sandifer et al. (1987) ที่รายงานว่า การอนุบาลลูกกุ้งขาว (*P.vannamei*) ในบ่อที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนแนวดิ่ง มีอัตราการรอดดีกว่าบ่อที่ไม่ใส่ แต่อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่ Kumlu, Erodogan, & Saglamtimurl. (2001) รายงานว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนในแนวดิ่งกับแนวนอนของการอนุบาลลูกกุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) ในตู้กระจกให้โคลนเป็นวัสดุรองพื้นใช้เวลาในการพัฒนาการเปลี่ยนรูปร่างน้อยที่สุด โดยใช้เวลาน้อยกว่าตู้กระจกที่ไม่มีการใส่โคลนหรือแผ่นพลาสติกเป็นวัสดุรองพื้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และพบว่าสารเคมีที่อยู่ในโคลนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบได้ดีขึ้น เป็นการสนับสนุนถึงการใส่วัสดุวางที่พื้นทำให้ปูมีการลอกคราบได้เร็วขึ้น

3 อิทธิพลร่วมระหว่างความเค็มน้ำ และวิธีการวางวัสดุหลบซ่อน

จากการศึกษาครั้งนี้ อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ และวิธีการใส่วัสดุหลบซ่อนที่ต่างกัน 2 วิธี ไม่ทำให้อัตราการรอดตาย การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะเมกาโลปา มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) กล่าวคือการอนุบาลลูกปูมีระยะนี้ในระดับความเค็มน้ำทั้ง 3 ระดับ เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีแขวนแนวดิ่งจะทำให้ลูกปูมีระยะนี้มีอัตราการรอดดีกว่าวิธีวางที่พื้นบ่อ แต่เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีวางที่พื้นบ่อกลับทำให้ลูกปูมีระยะนี้มีการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ดังนั้นผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงเห็นได้ว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อเป็นปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญมากกว่าปัจจัยที่มาจากความเค็มน้ำ ซึ่งหากทำการพิจารณาร่วมกันทั้งสองปัจจัยแล้ว ดูเหมือนว่าจะไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่จากการทดลองสามารถเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวางวัสดุหลบซ่อนต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูระยะนี้ และเป็นปัจจัยหลักที่ต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมทั้งในแง่ของเปอร์เซ็นต์ต่อพื้นที่และรูปแบบการจัดวาง หรือวัสดุที่จะนำมาใช้ เพื่อเพิ่มเติมอัตราการรอดตายให้สูงขึ้น

ระยะตัวปู (Crab Stage)

1. ระดับความเค็มน้ำ

ผลจากการอนุบาลลูกปูมีระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ 24, 27 และ 30 ppt พบว่าช่วงความเค็ม 3 ระดับดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะนี้เช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา จึงสามารถยืนยันว่าช่วงความเค็ม 24 - 30 ppt เป็นช่วงที่สามารถใช้ในการอนุบาลลูกปูมีระยะแรกถึงอายุ 5 วันได้ และให้ผลดีโดยไม่มีผลกระทบต่อสรีระเคมีเช่นเดียวกัน ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับ Kumlu & Jones

(1995) ที่ทดลองเลี้ยงกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus indicus*) ระยะ P 7 – P 22 ที่ความเค็มน้ำ 10, 20, 30, 35, 40 และ 50 ppt ผลปรากฏว่า การเลี้ยงลูกกุ้งชนิดนี้ที่ความเค็ม 20 – 30 ให้อัตราการรอดดีที่สุด และ Tran et al. (1998) ได้รายงานว่าจากการทดลองเลี้ยงลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 7 ที่ระดับความความเค็ม 18, 24 และ 30 ppt พบว่าลูกปูทะเลมีอัตราการรอด 26.7 %, 36.7 % และ 26.7 % ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าลูกปูทะเลสามารถอยู่ในช่วงกว้างของความเค็ม (18-30 ppt)

2. วิธีการวางวัสดุหลบซ่อน

ผลจากการทดลองในครั้งนี้พบว่า การใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีที่ต่างกัน ส่งผลให้อัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 มีความแตกต่างกัน ($p < .05$) โดยพบว่า การใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีวางที่พื้นบ่อ มีอัตราการรอดตายดีกว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวคั้ง ทั้งนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของลูกปูในระหว่างทำการทดลองพบว่า ลูกปูมีการพัฒนาการเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูไม่พร้อมกันทั้งหมด จึงทำให้ลูกปูมีขนาดต่างกัน โดยลูกปูขนาดเล็ก โดยเฉพาะช่วงที่เป็นระยะตัวปูวันแรกยังคงมีการเกาะอยู่ตามพวงหอยด้านล่าง แต่เมื่อมีขนาดโตขึ้นก็จะลงอาศัยตามพื้นก้นบ่อมากขึ้น จึงถูกจัดว่าเป็นพวก Benthic Juvenile Crab (บุญชัย เจริญปรีชา และ ทวี จันทศรี, 2523) ซึ่งมักดำรงชีวิตหาอาหารกินอยู่ที่พื้น โดยเฉพาะช่วงที่กำลังลอกคราบมักอ่อนแอและต้องใช้เวลาให้โครงสร้างเปลือกแข็งแรง จึงเป็นข้อดีสำหรับการใส่วัสดุให้ลูกปูหลบซ่อนโดยวิธีวางกองที่พื้น ทั้งนี้ในบ่อทดลองที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวคั้งนั้นจะช่วยก้ำบังเฉพาะส่วนบนของมวลน้ำ แต่บริเวณพื้นลูกปูสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ตลอด ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีการกัดกินกันเองได้ แต่ถ้าใช้วัสดุวางบนพื้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้ลูกปูหลบหลีกและใช้เป็นที่พักบังเวลาลอกคราบ ผลการทดลองครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับ กรุณา สัตยมาศ และ สุชาติ ยงทรัพย์ (2532) ที่ทำการทดลองเลี้ยงลูกปูม้า (*P. pelagicus*) ตั้งแต่อายุ 12 วัน จนมีอายุ 26 วัน ในตะกร้าขนาด 25 ซม. x 33 ซม. x 12 ซม. อัตรา 20 ตัวต่อตะกร้า 1 ใบ พบว่าตะกร้าที่มีการใช้เชือกโพลีไธลาลเกลียวเป็นที่ก้ำบังพื้นทรายหยาบ ลูกปูมีอัตราการรอดตาย (43.3%) ไม่แตกต่าง ($p > .05$) กับตะกร้าที่มีการใช้เชือกโพลีไธลาลเกลียวเป็นที่ก้ำบังพื้นว่าง (38.3%) และตะกร้าไม่ใส่วัสดุใด ๆ เป็นที่ก้ำบังมีพื้นทรายหยาบ (28.3 %) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุที่ใช้เพื่อเป็นที่หลบซ่อนต่างชนิดกัน ส่วนเหตุผลที่ทำให้ลูกปูในบ่ออนุบาลที่ใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวคั้งมีการเจริญเติบโตดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากนิสัยที่ชอบกินพวกกันเองอย่างมาก การจับกินกันเองจึงอาจเป็นสาเหตุของการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า รวมถึงความหนาแน่นที่ลดน้อยลง นอกจากจะทำให้ลูกปูที่เหลือได้รับอาหารโดยมีการแย่งแย่งน้อยอันเป็นการส่งผลให้ลูกปูมีขนาดใหญ่กว่าแล้ว ลูกปูที่มีขนาด

ใหญ่กว่าและมีโอกาสรอดสูงนี้จึงมีโอกาสรอดพบได้มากเช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา สอดคล้องกับกรูณา สัตยมาศ และ สุชาติ ยังทรัพย์ (2532) ที่รายงานว่าลูกปูที่อนุบาลในตะกร้าที่ใส่เชือกโพลีไคลยาเกลียวเป็นที่กำบังจะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าตะกร้าที่ใส่ทรายหยาบ และตะกร้าที่ใส่ทรายหยาบร่วมกับเชือกโพลีไคลยาเกลียวก็ตาม แต่ขนาดของลูกปูโดยเฉลี่ยกลับเล็กกว่า ($CL = 4.25, 4.80$ และ 4.41 มิลลิเมตรตามลำดับ)

3. อิทธิพลร่วมระหว่างความเค็มน้ำ และวิธีการใส่วัสดุหลบซ่อน

จากการศึกษาครั้งนี้ อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ และวิธีการใส่วัสดุหลบซ่อนที่ต่างกัน 2 วิธี ไม่ทำให้อัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูมีระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) เช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา กล่าวคือการเลี้ยงลูกปูมีระยะนี้ในระดับความเค็มน้ำทั้ง 3 ระดับ เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีวางที่พื้นบ่อจะทำให้ลูกปูมีระยะนี้มีอัตราการรอดดีกว่าวิธีแขวนแนวดิ่ง แต่เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีแขวนแนวดิ่งกลับทำให้ลูกปูมีระยะนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ดังนั้นผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงเห็นได้ว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อเป็นปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญมากกว่าปัจจัยที่มาจากความเค็มน้ำเช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

ในด้านคุณภาพน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระดับความเค็มที่ต่างกันที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ เนื่องจากระดับความเค็มที่ใช้ในช่วงที่ไม่แตกต่างกันมาก อีกทั้งคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงของการอนุบาล เมื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ไปเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัยพบว่า ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ยกเว้นค่าความเป็นด่างของน้ำซึ่งปริมาณมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ ปริมาณมีแนวโน้มสะสมมากขึ้น เมื่อมีระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้น ปริมาณแอมโมเนียที่มีปริมาณมากขึ้นในบ่อเลี้ยงจะมาจากของเสียที่ปูขับถ่ายออกมา รวมถึงเศษอาหารที่ปูกินไม่หมดและสะสมอยู่ที่พื้นบ่อ ของเสียดังกล่าวจะมีมากขึ้นเมื่อปูโตขึ้น ทั้งนี้ปริมาณแอมโมเนียในบ่อทดลองมีค่าตั้งแต่ 0.041 ถึง 0.996 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายสำหรับปูมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตลอดจนการทดลองไม่สูงนั่นเอง สอดคล้องกับ ชลอ ลิมสุวรรณ (2534) กล่าวว่าแอมโมเนียที่พบอยู่ในน้ำจะอยู่ในสองรูปแบบคือ แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็น

พืชต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งไม่เป็นพืชต่อสัตว์น้ำ ในการวัดแอมโมเนีย โดยทั่วไปจะวัดรวมทั้งสองรูปแบบ แอมโมเนียทั้งสองรูปแบบนี้จะเปลี่ยนกลับไปมาตามความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ โดยเฉพาะความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่สูงขึ้น อัตราส่วนของแอมโมเนีย (NH_3) จะสูงขึ้น ทำให้ความเป็นพืชต่อสัตว์น้ำมากขึ้น แต่ถ้า ความเป็นกรด-ด่างของน้ำลดลง แอมโมเนียในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) จะมีอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ความเป็นพืชต่อสัตว์น้ำลดลง และสิริ ทุกข์วินาศ (2527) อ้างโดยวิภูษิต มัณฑะจิตร และคณะ (2534) รายงานว่า ระดับแอมโมเนียที่ปลอดภัยไม่ควรเกิน 4.0 ppm นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนในทุบที่ในทุบที่บดตลอดการทดลองมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณแอมโมเนีย แต่ค่าที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณไม่เกิน 0.0396 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสิริ ทุกข์วินาศ (2527) อ้างโดยวิภูษิต มัณฑะจิตร และคณะ (2534) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้งไม่ควรเกิน 0.0396 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงถือว่าเป็นระดับที่ปลอดภัยเช่นเดียวกับลูกปู

นอกจากนี้ยังพบว่า การอนุบาลในระยะชูเอี้ยง เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้ไรแดงแช่เย็น ส่งผลให้คุณภาพน้ำด้านปริมาณของไนโตรเจนและแอมโมเนียมีแนวโน้มสูงกว่าการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนและอาร์ทีเมียเฟลก ทั้งนี้เนื่องจากไรแดงที่ใช้เป็นของสดเมื่อลูกปูกินไม่ทันหรือกินไม่หมด ย่อมเกิดการเน่าเสียขึ้นในบ่อ และส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในที่สุด แต่ทั้งนี้ค่าที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ขณะเดียวกัน การอนุบาลในระยะเมกาโลปาถึงระยะเป็นตัวปูวันที่ 5 บ่อทดลองที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวคั้ง ปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนมีแนวโน้มต่ำกว่าบ่อที่มีการใส่วัสดุโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ทั้งนี้เนื่องจากการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวคั้ง ทำให้น้ำในบ่อมีการหมุนเวียนได้ดีกว่า จึงทำให้แอมโมเนียและไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปก๊าซมีโอกาสระเหยได้มากกว่า ดังนั้นคุณภาพน้ำไม่น่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการตายของลูกปู

สรุปผลการวิจัย

1. ความเค็มน้ำ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะซุเอีย1 ถึงซุเอีย 4 แต่มีผลต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโต โดยที่ความเค็มช่วง 27 — 30 ppt ลูกปูม้าระยะซุเอีย1 ถึงซุเอีย 4 มีพัฒนาการเร็วกว่าความเค็ม 24 ppt และความเค็มช่วง 24 — 27 ppt ลูกปูม้าระยะซุเอีย1 ถึงซุเอีย4 มีการเจริญเติบโตดีกว่าความเค็ม 30 ppt

2. อาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะซุเอีย1 ถึงซุเอีย 4 โดยการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อนและโรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง เป็นอาหารทำให้ลูกปูม้าระยะซุเอีย1 ถึงซุเอีย 4 มีการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก โดยที่การใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อนและโรติเฟอร์ร่วมกับไรแดงให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > .05$)

3. เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความเค็มและอาหาร พบว่าอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และพัฒนาการ แต่อิทธิพลร่วมของสองปัจจัยมีผลต่อการเจริญเติบโต สามารถสรุปได้ว่าการอนุบาลลูกปูม้าระยะซุเอีย1 ถึงซุเอีย4 ที่ความเค็ม 27 ppt โดยใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อนทำให้ลูกปูมีการเจริญเติบโตดีที่สุด

4. ความเค็มน้ำ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโต ของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา แต่การใส่วัสดุหลบซ่อนมีผลต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโต โดยการใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีแขวนแนวตั้งให้อัตรารอดดีกว่าแต่ให้การเจริญเติบโตต่ำกว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีวางที่พื้นบ่อ และอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยไม่มีผลต่อการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา

5. ความเค็มน้ำ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะแรกถึงอายุ 5 วัน แต่การใส่วัสดุหลบซ่อนมีผลต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโต โดยการใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีวางที่พื้นบ่อ ให้อัตรารอดดีกว่าแต่ให้การเจริญเติบโตต่ำกว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีแขวนแนวตั้ง และอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยไม่มีผลต่อการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะแรกถึงอายุ 5 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. แม่ปูม้าที่นำมาทำการเพาะเลี้ยง ควรเป็นแม่ปูที่ได้มาจากลอบ และไม่ควรใช้แม่ปูที่ได้จากอวนจับปู เพราะระหว่างการก๊อวนนำเข้าฝั่งและปลดปูออกจากอวน อาจทำให้ไข่ปูเกิดความเครียดและเสียหายทั้งเนื่องมาจากต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บก๊อวนและนำเข้าฝั่ง และการแกะจากอวนส่งผลให้แม่ปูมักเจ็บไข้ทั้งในบ่อเพาะฟัก

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับความเค็มที่ต่ำกว่า 24 ppt ต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าตั้งแต่ระยะเป็นตัวปูเป็นต้นไป ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลี้ยงปูม้าในพื้นที่ความเค็มน้ำต่ำ รวมทั้งวิจัยเชิงรุกที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางชีวเคมีและสรีระเคมีภายในร่างกายของลูกปู

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดอาหารต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าตั้งแต่ระยะเมกาโลปาเป็นต้นไป เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกอาหารที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการอนุบาลในช่วงดังกล่าว

4. ควรที่จะทำการศึกษหาสิ่งหลบซ่อนหรือการจัดการกระแสน้ำควรที่จะทำการศึกษหาสิ่งหลบซ่อนหรือการจัดการกระแสน้ำภายในบ่อ หรือความหนาแน่นของลูกปูที่เหมาะสมในการอนุบาลหรือเพิ่มอัตราการรอดจากการกินกันเอง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงจุดคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

- กรุณา สัตยมาศ. (2532). การอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนให้มีอัตราการรอดสูง. กรุงเทพฯ: กลุ่มพัฒนาแหล่ง
ประมง ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน กองประมงทะเล กรมประมง.
- กรุณา สัตยมาศ และสุชาติ ยंत्रทรัพย์. (2532). การเลี้ยงปูม้าโดยใช้พื้นที่และที่กำบังชนิดต่าง ๆ.
กรุงเทพฯ: กลุ่มพัฒนาแหล่งประมง ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน
กองประมงทะเล กรมประมง.
- ก่อเกียรติ กุลแก้ว. (2538). เปรียบเทียบการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ P1 – P15 ด้วยอาหารสำเร็จรูปและ
อาร์ทีเมีย. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสตูล กรมประมง.
- กองนโยบายและแผนงานประมง. (2532). สถิติการประมงแห่งประเทศไทยปี 2532.
กรุงเทพฯ: กองนโยบายและแผนงานประมง กรมประมง.
- เจียน ลินอวูวศ์. (2520). การศึกษาชีววิทยาของปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus) ในอ่าวไทย.
กรุงเทพฯ: งานสัตว์น้ำอื่น ๆ กองประมงทะเล กรมประมง.
- กเชนทร เฉลิมวัฒน์. (2538). เอกสารประกอบการสอนวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 309371 ชลบุรี:
ภาควิชาวชิรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จารุวัฒน์ นภิตะภักดิ์ และสมนึก กบิลรัมย์. (2526). การทดลองเพาะเลี้ยงปูลาย. กรุงเทพฯ: สถานี
ประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง.
- ชลอ ลิมสุวรรณ. (2534). คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ: ฐานเศรษฐกิจ.
- ชลธิ ชีวะเศรษฐธรรม. (2539). ชีวประวัติของปูทะเล การเพาะเลี้ยงปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal).
ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขล
าครินทร์.
- ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง และสาคร มากท่า. (2540). ผลของการใช้สารเคมีควบคุมคุณภาพน้ำในระบบ
ปิดต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งกุลาดำที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิด. กรุงเทพฯ: ศูนย์
ศึกษาการพัฒนาประมงอ่างกุ้งกระเบนจังหวัดจันทบุรี กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรม
ประมง.
- ฐนันตร์ ทัดตานนท์ และสุจินต์ มณีวงศ์. (2520). การทดลองอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนอายุ
10 - 45 วัน ด้วยอาหารชนิดต่าง ๆ กัน รายงานประจำปี 2520. กรุงเทพฯ: สถานี
ประมงจังหวัดสงขลา กรมประมง.
- นิเวศน์ เรืองพานิช และธิดา เพชรมณี. (2521). รายงานผลการปฏิบัติงานทางวิชาการปี 2521.
กรุงเทพฯ: สถานีประมงจังหวัดสงขลา กรมประมง.

- บรรจง เทียนสงรัสมิ. (2545). การเพาะเลี้ยงปูม้า ทางเลือกใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งและชาวประมงพื้นบ้าน. เทคโนโลยีชาวบ้าน, 14(294), 102-104.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ และบุญรัตน์ ประทุมชาติ. (2545). ปูทะเล ชีววิทยา การอนุรักษทรัพยากร และการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์แบบยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- บังอร ศรีมุกดา. (2538). การทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล ให้มีไข่แก่นอกกระดองและการอนุบาลลูกปูทะเลวัยอ่อน *Scylla serrata* (Forsk.). กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.
- บุญชัย เจียมปรีชา และทวี จันทศรี. (2523). การเพาะพันธุ์และเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) แบบมหวมวล (mass production). กรุงเทพฯ: กองประมงทะเล กรมประมง.
- บุญรัตน์ ประทุมชาติ. (2544). เอกสารประกอบการสอนวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. ชลบุรี: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- บุญศรี วงศ์จิตต์ซื่อ และเจต พิมลจินดา. (2527). การศึกษาชีวประวัติบางประการของปูม้า (*Portunus Pelagicus*) ที่เลี้ยงในบ่ออนุบาล. กรุงเทพฯ: สถานีประมงทะเลจังหวัดภูเก็ต กองประมงทะเล กรมประมง.
- บุรฉัตร จันทกานนท์. (2543). ศึกษาเปรียบเทียบการใช้อาหารมีชีวิต 3 ชนิดในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน. กรุงเทพฯ: สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดระยอง กรมประมง.
- ประจวบ หล้าอุบล. (2538). สรีระวิทยาของกุ้ง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เจริญรัฐ.
- ประภาพัน เต็มภักดี. (2545). ผลของอาหารและการจัดการให้อาหาร ต่ออัตราการรอด และการพัฒนาการของลูกปูทะเล (*Scylla olivacea*) ในระยะซูเอีย และระยะเมกาโลปา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พูนสุข นัยเนตร. (2520). การศึกษาอนุกรมวิธานของปูม้าครอบครัว (*Family Portunidae*) ในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยนต์ มุสิก. (2542). เอกสารประกอบการบรรยายโครงการพัฒนาศักยภาพของผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิญญิต มั่นชะจิตร, วรวิทย์ ชีวพร และสมถวิล จริตควร. (2534). ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) (ปัจจัยทางกายภาพ). ชลบุรี: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

- วรเทพ มุฑวรณ. (2542). การเพาะฟักและอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus*) ในบ่อดิน. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สมประสงค์ ชันถม บัวคำ สัมสุรัตน์ และวิชัย ชัยชนะกสิกรรม. (2543). เปรียบเทียบการอนุบาล ลูกกุ้งกุลาดำโดยใช้อาร์ทีเมียและไรแดงน้ำจืดเป็นอาหาร. กรุงเทพฯ: สถานีเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดชุมพร. กรมประมง.
- สุทิน สมบูรณ์ และวิจิต เสงมาชัย. (2542). เอกสารประกอบการบรรยายโครงการพัฒนาศักยภาพของ ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- สุเมธ ดันตีสกุล. (2526). การเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์. กรุงเทพฯ: ฝ่ายสัตว์น้ำอื่น ๆ กองประมงทะเล กรมประมง.
- สุเมธ ดันตีสกุล. (2527). ชีวิตวิทยาการประมงปูม้าในอ่าวไทย. กรุงเทพฯ: ฝ่ายสัตว์น้ำอื่น ๆ กอง ประมงทะเล กรมประมง.
- สุพิศ ทองรอด, อนันต์ ดันสุตะพานิช, ธนัญญ์ สังกรชนกิจ และปรานี สระบัว. (2538). การศึกษา เบื้องต้นในการอนุบาลลูกกุลาดำวัยอ่อนระยะนอเพียสถึงไมซิส 3 ด้วยอาหารสำเร็จรูป เสริมน้ำมันปลาและเปรียบเทียบกับอาหารมีชีวิต. วารสารการประมง, 48 (3), 241-248.
- สุวดี บรรคาศักดิ์. (2545). การเพาะเลี้ยงปูม้า. *www Nicaonline. com* วันที่ค้นข้อมูล 24 กรกฎาคม 2546, เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com/articles3/site/view_article.asp
- Abello, P., & Guerao, G. (1999) Temporal Variability in the Vertical and Mesoscale Spatial Distribution of Crab Megalopae (Crustacea: Decapoda) in the Northwestern Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49, 129-139.
- Anger, K. (1996) Salinity tolerance of the larvae and first Juveniles of a semiterrestrial grapsid crab, *Armases miersii* (Rathbun). *Mar. Biology*. 202 (2), 205-223.
- Anger, K., Spivak, E., & Luppi, T. (1998) Effect of reduced salinities on development and bioenergetics of early larval shore crab, *Carcinus maenas*. *Mar. Biology*. 220(2), 287-304.
- Anger, K., & Charmantier, G. (2000) Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in a mangrove crab, *Sesarma curacaoense* (Decapoda: Grapsidae). *Journal of experimental marine biology and ecology* 251, 265-274.

- Baylon, J., & Failaman, A.N. (1998) *Salinity tolerance of the mud crab Scylla serrata (Forsk.) zoea*. International Forum on the culture of portunid crab 1-4 December 1998. Boracay, Philippines p. 22.
- Baylon, J., & Failaman, A.N. (1999) Larval rearing of the mudcrab *Scylla serrata* in Philippines. 78: 141-146. In C.P. Keenan and A. Blackshaw, (Eds.). Mud crab aquaculture and biology. ACIAR Proceeding, Australia.
- Boyd, C.E. (1990) *Water quality in Pond of aquaculture*. Bermingham Publishing Co. Alabama, U.S.A. 482 p.
- Bryars, S. R. (1997) Larval dispersal of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* Linnaeus (Crustacea: Decapoda: Portunidae) in South Australia. Flinders University, Australia. Unpublished Ph. D thesis, 256 pp.
- Chen, H-C., & Jeng, K-H. (1980) *Study on the larval rearing of the mud crab Scylla serrata*. China Fisheries Monthly, 329, 3-8.
- Cohen, D. Ra'anan, Z., Rappaport, U., Arieli, Y. (1983) *The production of fresh water prawn Macrobrachium rosenbergii in Israel. Improved conditions for intensive monoculture*. Bamidgheh 35, 31-37.
- Djunaidah, I.S., Mardjono, M., Laven, P., & Wille, M. (1998) *Effect of light and feeding regiment on culture performance of mud crab (Scylla sp.) larvae*. International Forum on the culture of potunid crab 1-4 December 1998. Boracay, Philippines p. 26
- Gimenez, L., & Anger, K. (2001) Relations among salinity, egg size, embryonic development, and larval biomass in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851. *Journal of experimental marine biology and ecology* 260, 241-257.
- Gimenez, L. (2002) Effects of prehatching salinity and initial larval biomass on survival and duration of development in the zoea 1 of the estuarine crab, *Chasmagnathus granulata* under nutritional stress. *Journal of experimental marine biology and ecology* 270, 93- 110.
- Graham, R. W., John, W., & Brain, D. (1992) *A Reliable Small Scale Culture Method for the Production of Mud Crab Scylla serrata (Forsk.)* Megalopae Aquaculture Brancell, Danvin Aquaculture Centre, Department of Primary Industry and Fisheries, Australia.

- Heasman, M. P., & Field, D. F. (1983) Laboratory spawning and mass rearing of the mangrove crab *Scylla serrata* (Forsk. & Skall). From the first zoea to first crab stage. *Aquaculture* (34), 303-316.
- Hill, B. J. (1979) Aspects of the feeding strategy of predatory crab *Scylla serra* (Forsk.) *Mar. Biol.* 55 (3), 209-214.
- Hoang, D. D. (1999) *Preliminary studies on rearing rate the larvae of the mud crab (Scylla paramamosain) in South Vietnam*. Mud Crab Aquaculture and Biology. pp. 147-152. In Proceedings of an international scientific Forum held. 21-24 April. Darwin, Australia.
- Holliday, F. G. T. (1969) Osmoregulation in marine teleosts eggs and larval. *Cal. Coop Oc. Fish. Inv.* 10:89-95
- Humberto, D., Beatriz, O., Richard, B., Forward, Jr., & Dan, R. (1999) Orientation of blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun), Megalopae: Responses to visual and chemical cues *Journal of experimental marine biology and ecology* 233, 25-40.
- Huner, J. V., & Brown, E. E. (1985) *Crustacea and mollusk aquaculture in the United States*. AVI Publishing Company, Westport, 476 p.
- Jiann, C. C., Min — Nan, L., Jun — Len, L., & Yun — Yuan, T. (1992) *Effect of salinity on growth of Penaeus chinensis juveniles* <http://www.Sciencedirect.com/Science>.
- Jones, D. A., Kanazawa, A., & Abdef-Rahman, S. (1979) Studies on the presentation of artificial diets of rearing larvae of *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 17, 33-43.
- Jong, S., Hue-Keuk, Bang-Yong, S., & Kil, R. (1971) *Studies on the Growth and Artificial Rearing of the larval Blue-Crab, Portunus tritubercucatus* (Mieks) <http://www.Sciencedirect.com/Science>.
- Juliana, C., & Alan, N. (2000) *Larval Rearing of Mud crab Scylla serrata in the Philippines*. Division of Biological Sciences, University of the Phillipines in the Visayas.
- Juwana, S., (2000) *Effects of lightening, salinity and temperature and survival and growth rate of Crab I to IV of Portunus pelagicus Juveniles*.
- Kanazawa, A., Teshima, S. I., & Tokiwa, S. (1977) *Nutritional requirements of prawn. Effects of dietary lipid on growth*. Bulletin of Japanese Society for Scientific Fisheries, 43, 849-856.

- Kumlu, M., & Jones, D. A., (1995) Salinity tolerance of hatchery-reared post larvae of *Penaeus indicus* originating from India. *Aquaculture*, 130, 33-43.
- Kumlu, M., Erodogan, O. T., & Aktas, M. (2000) Effect of temperature and salinity on larval growth, survival and development of *Penaeus semisulcatus*. *Aquaculture*. 188(167 – 173)
- Kumlu, M., Erodogan, O. T., Aktas, M., & Saglamtimur, B. (2000) Larval growth, survival and development of *Metapenaeus monoceros* (Decapoda: Penaeidae) cultured in different salinities. *Aquaculture. Res.*
- Kumlu, M., Erodogan, O. T., & Saglamtimur, B. (2001) Effect of salinity and added substrate on growth and survival of *Metapenaeus monoceros* (Decapoda: Penaeidae) post-larvae. *Aquaculture*. 196,177-188.
- Larez, M. B., Palazon- Fernandez J. L., & Bolanos, C. J. (2000) The effect of salinity and temperature on the larval development of *Mithrax caribbaeus* Rathbun, 1920 (Brachyura: Majidae) reared in laboratory. *Journal of Plankton research Vol. 22 no. 10* pp. 1855-1869.
- Leger, P., & Sorgeloos. N. (1992) Optimized feeding regimes in shrimp hatcheries. In: A. W. First and L. J. Lester (eds.). *Marine Shrimp Culture Principles and Practice*. Elsevier Science Publishers, New York, pp. 225 -244.
- Li, S. J., Zeng, C. S., Tang, H., Wang, G.H., & Lin, Q. (1999) *Investigating into the reproductive and larval culture biology of the mudcrab, Scylla paramamosian: A research overview*. pp 121-124. Mud crab aquaculture and biology. In *Proceedings of an international scientific Forum held. 21-24 April. Darwin, Australia.*
- Marichamy, R., & Rajapackiam, S. (1991) Experiments on larval rearing and seed production of the mud crab *Scylla serrata* (Forsk. skal). In: C.A. Angell (Ed.) *The mud crab report of the seminar on the mud crab culture and trade*, Suratthani Thailand 5-8 Dec. 1991, 135-141.
- Meagher, T. D. (1971) *Ecology of the crab Portunus pelagicus (Crustacea Portunidae) in south-western Australia*. University of Western Australia. Unpublished PhD thesis, 232 pp.

- Parado-Estapa, F., & Quinitio, E.T. (1999) Larval and megalopa production of *Scylla* sp. at different salinity. *Mud crab Aquaculture and Biology*. pp 174 — 176. In Proceedings of an international scientific forum held. 21 — 24 April. Darwin, Australia
- Pequeux, A. (1995) Osmotic regulation in crustaceans. *Journals of Crustacean Biology* 15 (1), 1-60.
- Potts, W. T., & Parry, G. (1964) Osmotic and ionic regulation in animals: International series of monographs on pure and applied biology. Pengamon Press, Oxford , 423 p.
- Asian fisheryies Forum InternationalConference on Fisheries and Food Security Beyond the year 2000. November 11-14 1998. Lotus Hotel Pang Suan Kaew Chiang Mai. Thailand. p. 163
- Pripanapong, S. (1999) Nursing zoea of mud crab (*Scylla olivacea*) in Styrofoam box with densities. TCE-Project Newsletter July 3 (7). <http://www.biology.aau.dk/center>.
- Quinitio, E. T., Parado-Estapa F. D., Milamena O. M. Rodriquez E., & Borlongan E. (2001) Seed production of mud crab *Scylla serrata*. *Asian Fish. Sci*, 14, 161-174
- Quinitio, E. T., Parado-Estapa F. D., & Alava, V. (1999) Development of hatchery techniques for the mud crab *Scylla serrata*. comparison of feeding schemes.78: 125-130. In C.p. Keenan and A. Blacksshaw, (Eds.). *Mud Crab Aquaculture and Biology*. ACIAR Proceeding, Australia.
- Sandifer, P. A., Hopskins, J. S., & Stokes, A. D. (1987) Intensive culture potential of *Penaeus vannamei*. *J. World Aquaculture soc.* 18, 94 — 100.
- Sastry, A. N. (1983) Ecological of the reproduction In: The biology of crustacean Vol. 8: Environmental adaptation, Verberg F. E. and W. B. Verberg (Eds) Academic press, New York: pp. 179-184.
- Shiene, S. S. (2000) Dietary cholesterol requirement of juvenile mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture* 189, 277-285.
- Stickland, J.D.H., & Parson, T. R. (1972) *A practical handbook of seawater analysis*, fisheries research board of Canada. Bulletin 167, Ottawa. 310 pp.

- Susan, D. B., Theresa, M. B., Wendy, A. T., Josept, J. T., & William, J. L. (1992) The effect of temperature and salinity on survival and development of early life stage Florida stone crabs. *Menippe mercenaria* (Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 157, 115-136
- Tidwell, J. H., Coyle, S. D., & Schulmeister, G. (1998) Effects of added substrate on the production and population characteristics of fresh water prawns *Maacrobrachium rosenbergii* in ponds. *J. World Aquacult. Soc.*, (29), 17-22
- Tran, N.H., Anuar, B.H., Law, A.T., & Noor, A.M. (1998) *Effect of reduced water salinity juveniles of mud crab Scylla serrata*. International Forum on the culture of Portunid Crabs, Philippines. 57 p.
- Vu, N.U., & Le, V. L. (2000) Standardization of nursery techniques and application to pilot scale of the mud crab (*Scylla paramamosain*) in the Mekong Delta, Vietnam. Available <http://202.167.121.158/sardi/aacrabware/Publication/380CRA.htm>.
- Warner, G. F. (1977) *The Biology of crabs*. University of Reading, London. 202
- Watanabe, T. M. Ohta, C. Katajima & Fujita, S. (1982) Improvement of dietary value of brine Shrimp *Artemia salina* for fish larvae by feeding them on omega — 3 highly Unsaturated fatty acids, *Bull. Jap Soc. Sci. Fish.* 48 (12): 1775 — 1782.
- Williams, A. B., & Felder, D. L. (1982) *Analysis of stone crabs: Menippe mercenaria* (Say), restricted, and a previously unrecognized species described (Decapoda: Xanthida)
- Williams, M. J. (1982) Natural food and feeding in the commercial sand crab *P. pelagicus* Linnaeus, 1766 (Crustacea: Decapoda: Portunidae) in Moreton Bay, Queensland *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 59, 165-176.
- Zainoddin, B. J. (1991) *Preliminary studies on rearing the larvae of the mud crab, Scylla serrata (Forsk.) in Malaysia*. In: C. A. Angell (Ed.) *The mud crab report of the seminar on the mud crab culture and trade*, Suratthani Thailand 5-8 Dec. 1991, 143-147.
- Zeng, C., & Li, S. (1999) *Effects of density and different combinations of diets on survival, development, dry weight and chemical composition of larvae of the mud crab Scylla paramamosian*. In C.P. Keenan and A. Blackshaw, (Eds.). *Mud crab aquaculture and biology*. ACIAR Proceeding, Australia.

คำนิยม

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน และขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และคุณณรงค์ เรืองโชติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง