บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

ระยะซูเอีย (Zoea stage)

1. ระดับความเค็มน้ำ

จากการศึกษาอัตราการรอดของลูกปูม้าวัยอ่อนระยะซูเอีย 1 ถึงซูเอีย 4 โดยทดลองเลี้ยงที่ระดับความเค็มต่างกัน 3 ระดับ พบว่าซูเอียที่เลี้ยงในน้ำที่ระดับความเค็มน้ำ 27 ppt มีอัตราการรอดสูงที่สุด (51.45 %) แต่ไม่แตกต่าง ($p > .05$) จากความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในทุกระดับความเค็มน้ำ ลูกปูม้าระยะซูเอียสามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาได้โดยไม่ทำให้อัตราการรอดตายแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเค็มน้ำดังกล่าวเป็นระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับระดับความเค็มน้ำซึ่งลูกปูระยะซูเอียอาศัยอยู่ในสภาพธรรมชาติ สอดคล้องกับ Meagher (1971) รายงานว่าปูม้าเพศเมีย (*P. pelagicus*) จะออกไปวางไข่ในทะเลใกล้ปากแม่น้ำ หลังจากฟักเป็นตัว ตัวอ่อนจะเคลื่อนเข้าสู่บริเวณชายฝั่งภายใน 30 – 45 วัน และ Pequeux (1995) กล่าวว่า ที่ระดับความเค็มต่ำกว่า 17 ppt จะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูวัยอ่อนและการเลี้ยงปูม้า เพราะจะมีผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตและวางไข่ ผลจากการทดลองครั้งนี้ยังให้ผลสอดคล้องกับการทดลองที่เกี่ยวกับระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูระยะซูเอียชนิดอื่น ๆ ดังการศึกษาของ Zainoddin (1991); Parado-Estepa และ Ouinitio (1999) ที่รายงานว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะซูเอียอยู่ระหว่าง 20 -32 ppt ขณะที่ระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*S. paramamosian*) ระยะซูเอียอยู่ระหว่าง 23 -35 ppt (Li et al., 1999) ส่วนระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของลูกปูแสม (*Sesarma curacaoense*) ระยะซูเอียถึงระยะลูกปูวัยรุ่นอยู่ระหว่าง 15 – 32 ppt (Anger & Charmantier., 2000) และระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะฟักปูปากแม่น้ำ (*Chasmagnathus granulate*) อยู่ระหว่าง 15 – 20 ppt (Gimenez & Anger, 2001) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้พบว่าที่ระดับความเค็มน้ำ 27 ppt เป็นระดับความเค็มน้ำที่ลูกปูม้าระยะซูเอียสามารถมีชีวิตรอดได้มากที่สุด ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับ Hoang (1999) ที่รายงานว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะเลี้ยงลูกปูทะเล (*S. paramamosian*) ระยะซูเอีย 1 ถึงระยะเมกาโลปาเท่ากับ 27 ppt ขณะเดียวกันให้ผลขัดแย้งกับ Heaman & Fielder (1983) ซึ่งพบว่าระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมที่สุดต่อการรอดชีวิตของลูกปูทะเล (*S. serrata*) ระยะซูเอีย 1 ถึงระยะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

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

ถึงแม้จากการทดลองในครั้งนี้จะพบว่าช่วงความเค็มน้ำ 24 – 30 ppt ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย เป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงระดับความเค็มน้ำ 24 – 30 ppt เป็นช่วงที่ยอมรับได้ในการอนุบาลลูกปู โดยที่ความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt อาจส่งผลกระทบบ้างแต่ไม่มากนัก เป็นแนวทางให้เห็นว่า ที่ความเค็มน้ำ 27 ppt ลูกปูม้าระยะซูเอียมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt เล็กน้อย แต่เป็นสิ่งที่ควรคำนึง เมื่อต้องพิจารณาร่วมกับผลกระทบต่อการพัฒนาการและ การเจริญเติบโต เนื่องจาก จากการทดลองพบว่าช่วงความเค็มน้ำ 24 -30 ppt มีผลต่อการใช้เวลาพัฒนาการของลูกปูม้าระยะซูเอีย โดยที่ความเค็มน้ำ 27 และ30 ppt ลูกปูม้าใช้เวลาในการพัฒนาการสั้นกว่า ($p < .05$) การอนุบาลที่ความเค็มน้ำ 24 ppt และไม่มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) ระหว่างความเค็มน้ำ 27 และ 30 ppt นอกจากนี้ช่วงความเค็มน้ำช่วง 24 -30 ppt ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวตัวเพิ่มขึ้นของลูกปูม้าระยะซูเอีย โดยพบว่าที่ความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt ลูกปูม้ามีความยาวตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ความเค็มน้ำ 30 ppt และไม่มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) ระหว่างความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt

การพัฒนาการของลูกปูนั้นย่อมมีความสัมพันธ์กับวงจรการลอกคราบ กล่าวคือ หากลูกปูมีความถี่ในการลอกคราบเร็วขึ้น ก็น่าจะส่งผลทำให้ปูมีการพัฒนาการที่เร็วมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้น มีผู้ศึกษาผลของความเค็มน้ำต่อวงจรการลอกคราบของครัสเตเซียหลายชนิด ทั้งระยะวัยอ่อน วัยรุ่น และโตเต็มวัย ในอดีตไม่น้อยที่พบว่าความเค็มน้ำมีผลกระทบโดยตรงต่อวงจรการลอกคราบ เนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบสมดุลของของเหลวภายในร่างกาย (Osmoregulation) และควบคุมกลไกสรีระเคมีและชีวเคมีภายในร่างกายของครัสเตเซีย ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์จะมีความต้องการที่ความเค็มใดความเค็มหนึ่งที่แสดงค่าใกล้เคียงกันกับของของเหลวภายในร่างกาย (Iso – Osmotic) ที่ตรงนี้จะไม่ทำให้สัตว์เครียดและมีโอกาสได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมต่อร่างกาย และสูญเสียพลังงานน้อยเพื่อใช้ในการควบคุมสรีระเคมีภายในร่างกาย จากการทดลองจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ระดับความเค็มน้ำที่สูงขึ้นจาก 24 ppt ถึง 30 ppt มีผลทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของลูกปูม้าระยะซูเอียจากซูเอียระยะที่ 1 จนมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเมกาโลปาสั้นลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดที่ความเค็มน้ำ 30 ppt จึงได้ข้อสรุปว่า ความเค็มน้ำ 30 ppt น่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ระดับความเค็มน้ำ 24 ppt ด้วยเหตุผลข้างต้นที่ว่าลูกปูม้าระยะซูเอียชอบที่จะอาศัยอยู่ในตัวกลางของน้ำ ที่ลูกปูมีการปรับ

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

เป็นที่ทราบกันดีว่าการเจริญเติบโตของครัสเตเซียมีความสัมพันธ์ต่อการลอกคราบ หมายความว่าปูที่มีโอกาสลอกคราบบ่อยครั้งมากขึ้นย่อมมีโอกาสโตเร็วกว่า แต่เหตุการณ์นี้ไม่แน่นอนเสมอไป เนื่องจากการขยายตัวของขนาดลูกปูนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็มน้ำ การใช้ความเค็มน้ำที่เหมาะสมก็จะส่งผลให้ลูกปูมีข้อได้เปรียบในการขยายขนาด จากการทดลอง ลูกปูที่อนุบาลที่ความเค็มน้ำ 24 และ 27 ppt มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าการอนุบาลที่ความเค็มน้ำ 30 ppt น่าจะมีสาเหตุมาจากความเค็มของน้ำมีผลต่อการเก็บรักษาสมดุลของของเหลวในตัวสัตว์น้ำ สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มจะมีความเข้มข้นของเกลือแร่ต่าง ๆ (Ionic Gradient) ภายในตัวใกล้เคียงกับในน้ำเค็มที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นพลังงานที่สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มใช้เพื่อปรับสมดุลของของเหลวจึงน้อยกว่าสัตว์ที่อยู่ในน้ำจืด นอกจากนั้นเป็นที่ทราบกันดีว่า น้ำเค็มมีความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) สูงกว่าน้ำจืด ซึ่งช่วยให้สัตว์น้ำลอยตัวได้ดีขึ้น ทำให้พลังงานที่สัตว์น้ำต้องใช้ในการลอยตัวอยู่ในน้ำลดลงกว่าการอยู่ในน้ำจืด ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ที่พลังงานส่วนที่เหลืออยู่นั้น จะช่วยให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Holliday, 1969) นอกจากนี้ Potts & Parry (1964) กล่าวว่าพวกครัสเตเซียนจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาพที่ไม่มีความเครียดของ 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

ช่วงที่สามารถใช้ในการอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอียได้ แต่เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อสรีระเคมี จะเห็นว่าที่ความเค็ม 27 ppt เป็นความเค็มน้ำที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอียทั้งในแง่การพัฒนาการและการเจริญเติบโต

2. ชนิดอาหาร

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการปรับเปลี่ยนอาหาร โดยปรับจากการให้สไปรูลิน่าร่วมกับโรติเฟอร์ที่เหมือนกันทุกการทดลองในช่วง 4 วันแรกหลังจากลูกปูฟักเป็นตัว (ระยะซูเอีย 1-2) มาเป็นอาร์ทีเมียเฟลก ไรแดงแช่เย็น และอาร์ทีเมียวัยอ่อน ในช่วงหลังจาก 4 วันแรกเป็นต้นไป (ระยะซูเอีย 3-4) เพื่อตรวจสอบชนิดของอาหารที่เหมาะสมของลูกปูม้า ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนอาหารมาเป็น 3 ชนิดดังกล่าวข้างต้นมีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะซูเอีย กล่าวคือ การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนและไรแดงแช่เย็น ทำให้ลูกปูม้าระยะซูเอียมีอัตราการรอดและการเจริญเติบโตสูงกว่า รวมถึงใช้เวลาในการพัฒนาทางรูปร่างสั้นกว่า ($p < .05$) การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียเฟลก นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อน ส่งผลให้ลูกปูม้าระยะซูเอียมีอัตราการรอดตาย การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Warner (1977) & Hill (1979) ที่ศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปูทะเล (*S. serrata*) และพบว่าเมื่อลูกปูมีการตรวจสอบอาหารได้แล้วจะมีการเคลื่อนที่เข้าหาเหยื่อ หลังจากนั้นเมื่อเหยื่อมาแตะถูกอวัยวะรับสัมผัสก็จะทำให้เกิดความรู้สึกที่จะจับอาหารเข้าปาก ดังนั้นอาหารมีชีวิตและเคลื่อนที่ได้จึงเหมาะสมสำหรับลูกปูในระยะซูเอีย ส่วนการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้ไรแดงแช่เย็น พบว่าอัตราการรอด การพัฒนาการ และการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างไปจากชุดการทดลองที่ปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อน ทั้งนี้เนื่องจากไรแดงแช่เย็น มีความเหมาะสมที่ลูกปูยอมรับได้ดี ซึ่งการยอมรับอาหารมีความสำคัญต่อสัตว์ในกลุ่มครัสเตเซีย สอดคล้องกับ Anger (1996) กล่าวว่าอาหารจะมีประโยชน์ต่อสัตว์ในกลุ่มครัสเตเซีย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับเหยื่อ การย่อยอาหาร และความสามารถในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงาน

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

ลูกปูม้าในระยะซูเอียมีอัตราการรอด การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากอาร์ทีเมีย สอดคล้องกับ สมประสงค์ ขันถม 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 จะให้แบบสลับหรือให้ไรแดงอย่างเดียวนั้น มีแนวโน้มที่สามารถใช้ทดแทนอาร์ทีเมียได้สำหรับลูกกุ้งระยะนี้ โดยที่มีอัตราการรอดตายสูงถึงแม้ว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงถึง 2 เท่า เมื่อใช้อาร์ทีเมียร่วมกับไรแดง และ 16 เท่า เมื่อใช้ไรแดงเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับ บุรฉัตร จันทกานนท์ (2543) ที่อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน (*Macrobrachium rosenbergii*) โดยใช้อาร์ทีเมีย ไรแดง และโรติเฟอร์น้ำกร่อย (*Brachionus roundiformis*) ในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความหนาแน่น 660 ตัว/ลิตร ความเค็มน้ำ 15 ppt นาน 8 วัน ปรากฏว่า ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียมีอัตรารอดสูงที่สุด (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 ฐานันดร์ ทัตตานนท์ และสุจินต์ มณีวงศ์ (2520) ที่รายงานว่าลูกกุ้งก้ามกรามที่อนุบาลด้วยไรแดงและอาร์ทีเมียในถังพลาสติกกลมขนาด 500 ลิตร ที่ความหนาแน่น 27 ตัว/ลิตร ความเค็มน้ำ 12 ppt เป็นเวลา 42 วัน พบว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียมีอัตรารอด (30 %) สูงกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยไรแดง (20 %)

เหตุผลที่น่าจะสนับสนุนการทดแทนอาร์ทีเมียด้วยไรแดงในการอนุบาลลูกปูม้าระยะ

ซูเอียได้เป็นอย่างดี ได้แก่ การยอมรับของลูกปู และคุณค่าทางอาหารของไรแดง ทั้งนี้จากการสังเกตพฤติกรรมการจับกินอาหารของลูกปูม้า พบว่าไรแดงเป็นอาหารที่ลูกปูม้ายอมรับได้ดี เช่นเดียวกับอาร์ทีเมีย โดยสังเกตจากการที่เมื่อลูกปูม้าจับอาหารเหล่านี้ได้แล้ว จะใช้รยางค์ส่วนท้องกวาดดันอาหารเข้ามาบริเวณปาก โดยอาศัยการประคับประคองจากแพนหางและรยางค์ชากรรไกรคู่ที่ 1 และ 2 ซึ่งผิดกับอาร์ทีเมียเฟลก เพราะเมื่อลูกปูจับอาร์ทีเมียเฟลกได้แล้วมักพบว่ามีการถือครองอาหารเป็นเวลานานกว่าที่จะกวาดดันเข้าปาก หรือบางครั้งกลับปล่อยทิ้ง และถึงแม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้จะไม่ได้ให้ไรแดงในรูปที่มีชีวิต หรือไรแดงมีขนาดใหญ่กว่าอาร์ทีเมียก็ตาม แต่ลูกปูม้าก็ยอมรับได้ดีสันนิษฐานว่า เป็นเพราะการที่ลูกปูระยะซูเอียสามารถกินอาหารจากซากของสิ่งมีชีวิต รวมถึงเมื่อพิจารณาคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีนของไรแดงและอาร์ทีเมีย เห็นได้ว่าปริมาณโปรตีนในไรแดง (74.1 %) มีมากกว่าในอาร์ทีเมีย (52.2 %) (สมประสงค์ ขันถม และคณะ, 2543) น่าจะทำให้ลูกปูที่อนุบาลด้วยไรแดงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า แต่ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กลับไม่เป็นไปตามนี้ สันนิษฐานได้ว่าคุณภาพของโปรตีนในไรแดงมีคุณภาพต่ำกว่าในอาร์ทีเมีย ทั้งนี้เนื่องจากไรแดงเป็นสัตว์ในน้ำจืด จึงมีการขาดกรดไขมันจำเป็นในกลุ่ม n – 3 HUFA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Eicosapentaenoic acid (EPA ; 20:5 n – 3) ซึ่งปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 20:5 n – 3 นี้เป็นตัวกำหนดอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเซียน (Kanazawa, Teshima, & Tokiwa, 1977; Jones, Kanazawa, & Abdef-Rahman, 1979) ทั้งยังมีความสำคัญต่อการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) การรักษาสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย (Osmoregulation) และกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น (Leger & Sorgeloose, 1992) ขณะที่อาร์ทีเมียวัยอ่อนมีกรดไขมันจำเป็นชนิดดังกล่าวสูง (สุพิศ ทองรอด และคณะ, 2538) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะปริมาณคลอเรสเตอรอลที่มีแตกต่างกันระหว่างในอาร์ทีเมียกับไรแดง Shiene (2000) กล่าวว่าระดับคลอเรสเตอรอลในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต ความถี่ในการลอกคราบ และอัตราการตายของลูกปูทะเลระยะวัยรุ่น ทั้งนี้ปริมาณคลอเรสเตอรอลในอาร์ทีเมียอาจมีสูงกว่าในไรแดงจึงทำให้ลูกปูม้ามีการเจริญเติบโตดีกว่า หรืออาจเกิดจากโครงสร้างเปลือกของไรแดงที่มีความหนาและแข็งมากกว่าอาร์ทีเมียซึ่งน่าจะส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารของปูให้มีประสิทธิภาพต่ำลง ลูกปูจึงได้รับสารอาหารไม่เต็มที่ ดังนั้นอาจแก้ไขได้โดยการเสริมอาหารประเภทกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 20:5 n – 3 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำเค็ม (Watanabe, Ohta, Katajima, & Fujita, 1982) ให้กับไรแดงก่อนที่จะนำมาอนุบาลลูกปู หรืออาจนำไรแดงแช่ในสารละลายกรดอ่อน ๆ เพื่อทำให้โครงสร้างเปลือกของไรแดงอ่อนตัวลง ก่อนนำไปอนุบาลลูกปู น่าจะช่วยให้ลูกปูใช้ประโยชน์จากไรแดงได้ดียิ่งขึ้น

ในขณะที่อาร์ทีเมียเฟลก ดูเหมือนว่าจะไม่ค่อยเหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้าเท่าใดนัก

เพราะส่งผลให้ลูกปูมีการเจริญเติบโตช้า อัตราการรอดต่ำ และระยะพัฒนาการช้ามาก จึงไม่สามารถนำมาทดแทนอาร์ทีเมียได้ทั้งหมด แม้ว่าอาร์ทีเมียเฟลกซึ่งเป็นอาหารสำเร็จรูปที่มีการเพิ่มคุณค่าทางอาหารที่จำเป็นลงไป และปริมาณโปรตีนในอาร์ทีเมียเฟลกยังสูงกว่าอาร์ทีเมียวัยอ่อนเล็กน้อยก็ตาม ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุเนื่องจาก ลักษณะทางกายภาพและขนาดของอาร์ทีเมียเฟลกไม่เหมาะสม เพราะอาร์ทีเมียเฟลกมีลักษณะเป็นแผ่น ซึ่งในการอนุบาลทุกครั้งต้องบดเพื่อทำการปรับขนาดให้เหมาะสม ดังนั้นอาหารจึงมีขนาดไม่คงที่ ทำให้ไม่เหมาะสมกับการกินอาหารของลูกปู หรือไม่ชักจูงหรือดึงดูดให้ลูกปูเข้ามากิน นอกจากนี้อาร์ทีเมียเฟลกยังไม่มีความคงทนเมื่ออยู่ในน้ำนาน ๆ เมื่อให้อาหารไประยะหนึ่งลูกปูอาจจะไม่กินเนื่องจากลักษณะภายนอกและกลิ่นไม่จูงใจในการกินอาหาร อีกทั้งอาร์ทีเมียเฟลกมักจะจมลงสู่ก้นบ่อ ทำให้ขาดการแพร่กระจายทั่วบ่อ มีผลทำให้ลูกปูม้าระยะซูเอียซึ่งมีนิสัยล่องลอยไปตามกระแสน้ำ เมื่อให้อาหารอาจทำให้อาร์ทีเมียเฟลกจมลงพื้นได้เร็วและอาหารบางส่วนกระจายไปไม่ทั่วบ่อ ทำให้ลูกปูมีโอกาสกินอาหารได้ไม่ทั่วถึง ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลูกปูได้รับอาหารไม่เต็มที่ จึงส่งผลให้ลูกปูมีอัตรารอดและการเจริญเติบโตลดลงรวมถึงใช้เวลาพัฒนาการทางรูปร่างนานขึ้น

3. อิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มน้ำกับชนิดอาหาร

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความเค็มน้ำ และอาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และการพัฒนาการของการอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย อย่างไรก็ดี จากการทดลองมีแนวโน้มชี้ให้เห็นว่า เมื่อทำการเลี้ยงลูกปูม้าระยะซูเอียโดยให้สไปรูลิน่าร่วมกับโรติเฟอร์ในระยะ 4 วันแรกหลังการฟักเป็นตัว และปรับเปลี่ยนมาให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนในช่วงต่อมา ในทุก ๆ ระดับความเค็มน้ำ ให้ค่าใกล้เคียงกับการปรับเปลี่ยนมาให้ไรแดงแช่เย็น ขณะที่การปรับเปลี่ยนมาให้อาร์ทีเมียเฟลกต่อจาก 4 วันแรก ในทุก ๆ ระดับความเค็มน้ำ ลูกปูมีอัตราการรอดตายต่ำสุดและพัฒนาการช้าที่สุด แต่อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะซูเอีย ($p < .05$) กล่าวคือลูกปูม้าระยะซูเอียจะมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำความเค็ม 27 ppt โดยใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว โดยการเจริญเติบโตดังกล่าวไม่แตกต่าง ($p > .05$) ไปจากลูกปูที่อนุบาลที่ระดับความเค็มน้ำ 24 และ 30 ppt โดยใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหารในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว และที่ระดับความเค็ม 27 ppt โดยใช้ไรแดงแช่เย็นเป็นอาหารในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว แสดงให้เห็นว่าเมื่อลูกปูอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และมีอาหารที่ลูกปูชอบกินหรือยอมรับได้ดี ย่อมส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีในที่สุด ในทำนองเดียวกันแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แต่มีอาหารที่ลูกปูไม่ชอบหรือไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ก็จะส่งผลให้การเจริญเติบโตไม่ดีเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็มน้ำและอาหารมีความสัมพันธ์ร่วม

กันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปูระยะซูเอีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่เมื่อทำการเลี้ยงลูกปูม้าระยะซูเอียที่ความเค็ม 27 ppt ซึ่งคาดว่าเป็นระดับความเค็มที่อยู่ในสภาพ Iso-osmotic กับของเหลวภายในร่างกายปู และมีการปรับเปลี่ยนอาหารมาเป็นอาร์ทีเมียเฟลกในช่วงต่อจาก 4 วันแรกหลังจากฟักเป็นตัว พบว่าลูกปูมีการเจริญเติบโตต่ำกว่า ($p < .05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนหรือไรแดงแช่แข็ง ขณะเดียวกันพบว่าการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะนี้มีแนวโน้มต่ำที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำความเค็ม 24 และ 30 ppt และมีการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียเฟลก ทั้งนี้เป็นเพราะที่ระดับความเค็มดังกล่าวอยู่ในสภาพ Hypo และ Hyper – osmotic กับของเหลวภายในร่างกายตัวปู ทำให้ลูกปูต้องสูญเสียพลังงานมากในการรักษาสมดุลของของเหลว ประกอบกับได้รับประโยชน์จากอาหารไม่เต็มที่ จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตต่ำในที่สุด

ระยะเมกาโลปา (Megalopa stage)

1. ระดับความเค็มน้ำ

ผลจากการอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา 1 ถึงเมกาโลปา 3 ด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ 24, 27 และ 30 ppt พบว่าช่วงความเค็ม 3 ระดับดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา สันนิษฐานได้ว่าระบบการรักษาสมดุลเกลือแร่ของปูชนิดนี้ได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ระยะซูเอีย 4 จึงทำให้ลูกปูม้าในระยะนี้มีความสามารถปรับตัวอยู่ในช่วงความเค็มดังกล่าวได้ดี หรือลูกปูมีการปรับสภาพร่างกายให้เข้ากันได้ดีต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้ำ ชี้ให้เห็นว่าระดับความเค็มน้ำ 24 – 27 ppt ไม่ได้เป็นปัจจัยจำกัดในการอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา หรืออาจเป็นเพราะความเค็มในช่วงดังกล่าวมีสภาพเป็น Iso-osmotic สำหรับลูกปูม้าระยะนี้ ซึ่งสอดคล้องกับ Chen & Jeng (1980) ที่รายงานว่ากุ้งทะเลมีค่า Iso-osmotic อยู่ในช่วง 20 – 30 ppt และ Susan et al., (1992) ที่รายงานว่าระบบการรักษาสมดุลเกลือแร่ของปูหิน (*Menippe mercenaria*) ได้เริ่มขึ้นในระยะซูเอีย 4 นอกจากนี้การอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปาที่ความเค็มน้ำ 3 ระดับดังกล่าวยังให้ผลใกล้เคียงกับ Abello & Guerao (1999) ที่รายงานว่าลูกปูกลุ่ม Decapodaในแถบตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เมื่อเข้าสู่ระยะเมกาโลปาจะมีการแพร่กระจายเข้ามาอยู่ในบริเวณชายฝั่งที่มีระดับความเค็มน้ำต่ำมากกว่าในทะเลเปิด เช่นเดียวกับ Kumlu et al. (2000) ที่รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาลาย (*Metapenaeus monoceros*) ตั้งแต่ระยะ Protozoea 1 ถึงระยะ Post larva 1 ที่ความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ส่งผลให้ลูกกุ้งชนิดนี้มีอัตราการรอดที่ไม่แตกต่างกัน โดยที่ความเค็ม 30 ppt ให้อัตรารอดสูงที่สุด และ Jiann et al. (1992) รายงานว่าการอนุบาลลูกกุ้ง

ขาว (*P. chinensis*) ที่ความเค็ม 20, 25 และ 30 ppt ใช้เวลาเลี้ยงนาน 60 วัน พบว่ามีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน (75 %, 88 % และ 76 % ตามลำดับ) ความเค็มน้ำซึ่งคาดว่าน่าจะมีผลกระทบต่อการพัฒนาการ และการเจริญเติบโตหรือการรอดตาย แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกัน จึงเป็นการยืนยันว่าช่วงความเค็ม 24 - 30 ppt เป็นช่วงที่สามารถใช้ในการอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปาได้ และให้ผลดีโดยไม่มีผลกระทบต่อสรีระเคมี

2. วิธีการวางวัสดุหลบซ่อน

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการวางวัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีที่ต่างกัน ส่งผลให้อัตรารอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเมกาโลปามีความแตกต่างกัน ($p < .05$) แต่ไม่ส่งผลให้มีการใช้ระยะการพัฒนาการต่างกัน ($p > .05$) โดยพบว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่งจะส่งผลให้ลูกปูม้าระยะเมกาโลปามีอัตรารอดที่ดีกว่าเมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ทั้งนี้เนื่องจากการสังเกตพฤติกรรมในระหว่างทำการทดลอง ซึ่งพบว่าพัฒนาการของลูกปูทั้งบ่อจะไม่เท่ากันหรือพร้อมกันทั้งหมด จึงทำให้มีลูกปูขนาดเล็กหรือใหญ่ปนกันไปทั้งที่มีอายุเท่ากัน จึงเป็นข้อดีสำหรับการใส่วัสดุหลบซ่อนในแนวดิ่ง ที่ลูกปูซึ่งพัฒนาช้ากว่าหรือขนาดเล็กกว่าจะหลบซ่อนอยู่ด้านบน ขณะที่ลูกปูที่มีการพัฒนาการเร็วกว่าหรือมีขนาดใหญ่กว่าจะอยู่ด้านล่างเรียงตามลำดับของขนาดที่ใหญ่ขึ้น จึงทำให้ลดปัญหาทั้งการกินกันเอง รวมถึงลดการแก่งแย่งการกินอาหารลงไปได้ แล้วยังทำให้ลูกปูมีโอกาสได้รับอาหารอย่างทั่วถึงมากกว่าอีกด้วย ลูกปูม้าในระยะเมกาโลปาโดยเฉพาะช่วงที่เริ่มมีการพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปาแรก ๆ ลูกปูม้าจะมีพฤติกรรมว่ายน้ำสลับกับเกาะวัสดุ ทั้งนี้การลงเกาะวัสดุของลูกปูเป็นพฤติกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงการจับกินกันเองมากกว่าปัจจัยที่มาจากขบวนการทางเคมีภายในร่างกายของปู (Humberto et al., 1998) และเมื่ออายุมากขึ้นจึงจะเริ่มลงหาอาหารและอาศัยอยู่ตามบริเวณพื้นก้นบ่อมากขึ้น เมื่อลูกปูเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ซึ่งเป็นระยะที่ลูกปูมีก้ามหนีบและว่ายน้ำได้ว่องไว ลูกปูระยะนี้จะมีความก้าวร้าวมาก เมื่อว่ายไปเจอลูกปูตัวอื่น ๆ ก็จะใช้ก้ามหนีบกันไว้ บางครั้งลูกปูจำนวนมากจะหนีบต่อกันเป็นกลุ่มไม่ยอมปล่อย ทำให้ลูกปูจมลงก้นบ่อและตายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการใส่วัสดุในแนวดิ่งจัดได้ว่าเป็นการเพิ่มพื้นที่เกาะ (Surface area) หรือพื้นที่กันชนให้แก่ลูกปูระยะนี้ จึงช่วยทำให้ลูกปูม้าระยะนี้มีอัตราการรอดที่ดีกว่าการวางวัสดุหลบซ่อนที่พื้น แม้ว่าการใส่วัสดุโดยวิธีนี้จะไม่ให้ผลดีเมื่อลูกปูระยะนี้มีอายุมากขึ้นหรือมีขนาดโตขึ้น และเปลี่ยนพฤติกรรมไปอาศัยอยู่ตามพื้นก็ตาม แต่เนื่องจากมีอัตรารอดดีมาตั้งแต่เริ่มต้น จึงทำให้ลูกปูที่อนุบาลในบ่อที่มีการใส่วัสดุโดยวิธีแขวนแนวดิ่งมีอัตรารอดดีกว่าการวางวัสดุหลบซ่อนไว้ที่พื้นบ่อ สอดคล้องกับการทดลองของ Sandifer et al. (1987) ที่รายงานว่า การอนุบาลลูกกุ้งขาว (*P.vannamei*) ในบ่อที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนแนวดิ่ง มีอัตรารอดดีกว่าบ่อที่ไม่ใส่ แต่อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่ Kumlu, Erodogan, & Saglamtimurl. (2001) รายงานว่า

การใส่วัสดุหลบซ่อนในแนวดิ่งกับแนวนอนของการอนุบาลลูกกุ้งตะกาด (*Metapenaeus monoceros*) ในตู้กระจกให้โคลนเป็นวัสดุรองพื้นใช้เวลาในการพัฒนาการเปลี่ยนรูปร่างน้อยที่สุด โดยใช้เวลาน้อยกว่าตู้กระจกที่ไม่มีการใส่โคลนหรือแผ่นพลาสติกเป็นวัสดุรองพื้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และพบว่าสารเคมีที่อยู่ในโคลนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการลอกคราบได้ดีขึ้น เป็นการสนับสนุนถึงการใช้วัสดุวางที่พื้นทำให้ปูมีการลอกคราบได้เร็วขึ้น

3 อิทธิพลร่วมระหว่างความเค็มน้ำ และวิธีการวางวัสดุหลบซ่อน

จากการศึกษาครั้งนี้ อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ และวิธีการใส่วัสดุหลบซ่อนที่ต่างกัน 2 วิธี ไม่ทำให้อัตราการรอดตาย การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเมกาโลปา มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) กล่าวคือการอนุบาลลูกปูม้าระยะนี้ในระดับความเค็มน้ำทั้ง 3 ระดับ เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีแขวนแนวดิ่งจะทำให้ลูกปูม้าระยะนี้มีอัตราการรอดดีกว่าวิธีวางที่พื้นบ่อ แต่เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีวางที่พื้นบ่อกลับทำให้ลูกปูม้าระยะนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ดังนั้นผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงเห็นได้ว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อเป็นปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญมากกว่าปัจจัยที่มาจากความเค็มน้ำ ซึ่งหากทำการพิจารณาร่วมกันทั้งสองปัจจัยแล้ว ดูเหมือนว่าจะไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่จากการทดลองสามารถเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวางวัสดุหลบซ่อนต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูระยะนี้ และเป็นปัจจัยหลักที่ต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมทั้งในแง่ของเปอร์เซ็นต์ต่อพื้นที่และรูปแบบการจัดวาง หรือวัสดุที่จะนำมาใช้ เพื่อเพิ่มเติมอัตราการรอดตายให้สูงยิ่งขึ้น

ระยะตัวปู (Crab Stage)

1. ระดับความเค็มน้ำ

ผลจากการอนุบาลลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ด้วยความเค็มน้ำ 3 ระดับ 24, 27 และ 30 ppt พบว่าช่วงความเค็ม 3 ระดับดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะนี้เช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา จึงสามารถยืนยันว่าช่วงความเค็ม 24 - 30 ppt เป็นช่วงที่สามารถใช้ในการอนุบาลลูกปูม้าระยะแรกถึงอายุ 5 วันได้ และให้ผลดีโดยไม่มีผลกระทบต่อสรีระเคมีเช่นเดียวกัน ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับ Kumlu & Jones (1995) ที่ทดลองเลี้ยงกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus indicus*) ระยะP 7 – P 22 ที่ความเค็มน้ำ 10, 20, 30, 35, 40 และ 50 ppt ผลปรากฏว่า การเลี้ยงลูกกุ้งชนิดนี้ที่ความเค็ม 20 – 30 ให้อัตรารอดดีที่สุด และTran 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)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. วิธีการวางวัสดุหลบซ่อน

ผลจากการทดลองในครั้งนี้พบว่า การใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีที่ต่างกัน ส่งผลให้อัตรารอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 มีความแตกต่างกัน ($p < .05$) โดยพบว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนด้วยวิธีวางที่พื้นบ่อ มีอัตราการรอดตายดีกว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่ง ทั้งนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของลูกปูในระหว่างทำการทดลอง พบว่า ลูกปูมีการพัฒนาการเข้าสู่ระยะเป็นตัวปูไม่พร้อมกันทั้งหมด จึงทำให้ลูกปูมีขนาดต่างกัน โดยลูกปูขนาดเล็ก โดยเฉพาะช่วงที่เป็นระยะตัวปูวันแรกยังคงมีการเกาะอยู่ตามพวงหอยด้านล่าง แต่เมื่อมีขนาดโตขึ้นก็จะลงอาศัยตามพื้นก้นบ่อมากขึ้น จึงถูกจัดว่าเป็นพวก Benthic Juvenile Crab (บุญชัย เจียมปรีชา และ ทวี จันทรศรี, 2523) ซึ่งมักดำรงชีวิตหาอาหารกินอยู่ที่พื้น โดยเฉพาะช่วงที่กำลังลอกคราบมักอ่อนแอและต้องใช้เวลาให้โครงสร้างเปลือกแข็งแรง จึงเป็นข้อดีสำหรับการใส่วัสดุให้ลูกปูหลบซ่อนโดยวิธีวางกองที่พื้น ทั้งนี้ในบ่อทดลองที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่งนั้นจะช่วยกำบังเฉพาะส่วนบนของมวลน้ำ แต่บริเวณพื้นลูกปูสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ตลอด ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีการกัดกินกันเองได้ แต่ถ้าใช้วัสดุวางบนพื้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้ลูกปูหลบหลีกและใช้เป็นที่กำบังเวลาลอกคราบ ผลการทดลองครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับ กรุณา สัตยมาศ และ สุชาติ ยังทรัพย์ (2532) ที่ทำการทดลองเลี้ยงลูกปูม้า (*P. pelagicus*) ตั้งแต่อายุ 12 วัน จนมีอายุ 26 วัน ในตะกร้าขนาด 25 ซม. x 33 ซม. x 12 ซม. อัตรา 20 ตัวต่อตะกร้า 1 ใบ พบว่าตะกร้าที่มีการใช้เชือกโพลีคลายเกลียวเป็นที่กำบังพื้นทรายหยาบ ลูกปูมีอัตราการรอดตาย (43.3%) ไม่แตกต่าง ($p > .05$) กับตะกร้าที่มีการใช้เชือกโพลีคลายเกลียวเป็นที่กำบังพื้นว่าง (38.3%) และตะกร้าไม่ใส่วัสดุใด ๆ เป็นที่กำบังมีพื้นทรายหยาบ (28.3 %) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุที่ใช้เพื่อเป็นที่หลบซ่อนต่างชนิดกัน ส่วนเหตุผลที่ทำให้ลูกปูในบ่ออนุบาลที่ใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากนิสัยที่ชอบกินพวกกันเองอย่างมาก การจับกินกันเองจึงอาจเป็นสาเหตุของการเจริญเติบโตที่ดีกว่า รวมถึงความหนาแน่นที่ลดน้อยลง นอกจากจะทำให้ลูกปูที่เหลือได้รับอาหารโดยมีการแก่งแย่งน้อยอันเป็นการส่งผลให้ลูกปูมีขนาดใหญ่กว่าแล้ว ลูกปูที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีโอกาสรอดสูงนี้จึงมีโอกาสสุ่มพบได้มากเช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา สอดคล้องกับกรุณา สัตยมาศ และ สุชาติ ยังทรัพย์ (2532) ที่รายงานว่าลูกปูที่อนุบาลในตะกร้าที่ใส่เชือกโพลีคลายเกลียวเป็นที่กำบังแม้จะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าตะกร้าที่ใส่ทรายหยาบ และตะกร้าที่ใส่ทรายหยาบร่วมกับเชือกโพลีคลายเกลียวก็ตาม แต่ขนาดของลูกปูโดยเฉลี่ยกลับเล็กกว่า (CL = 4.25, 4.80 และ4.41 มิลลิเมตรตามลำดับ)

3. อิทธิพลร่วมระหว่างความเค็มน้ำ และวิธีการใส่วัสดุหลบซ่อน

จากการศึกษาครั้งนี้ อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความเค็มน้ำต่างกัน 3 ระดับ และวิธีการใส่วัสดุหลบซ่อนที่ต่างกัน 2 วิธี ไม่ทำให้อัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะเป็นตัวปูวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 มีความแตกต่างกัน ($p > .05$) เช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา กล่าวคือการเลี้ยงลูกปูม้าระยะนี้ในระดับความเค็มน้ำทั้ง 3 ระดับ เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีวางที่พื้นบ่อจะทำให้ลูกปูม้าระยะนี้มีอัตราการรอดดีกว่าวิธีแขวนแนวดิ่ง แต่เมื่อใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อโดยวิธีแขวนแนวดิ่งกลับทำให้ลูกปูม้าระยะนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ดังนั้นผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงเห็นได้ว่าการใส่วัสดุหลบซ่อนลงในบ่อเป็นปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญมากกว่าปัจจัยที่มาจากความเค็มน้ำเช่นเดียวกับในระยะเมกาโลปา

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

ในด้านคุณภาพน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระดับความเค็มที่ต่างกันที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ เนื่องจากระดับความเค็มที่ใช้อยู่ในช่วงที่ไม่แตกต่างกันมาก อีกทั้งคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงของการอนุบาล เมื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ไปเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย พบว่าปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด – ด่าง และอุณหภูมิ อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ยกเว้นค่าความเป็นด่างของน้ำซึ่งปริมาณมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ปริมาณมีแนวโน้มสะสมมากขึ้น เมื่อมีระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้น ปริมาณแอมโมเนียที่มีปริมาณมากขึ้นในบ่อเลี้ยงจะมาจากของเสียที่ปูขับถ่ายออกมา รวมถึงเศษอาหารที่ปูกินไม่หมดและสะสมอยู่ที่พื้นบ่อ ของเสียดังกล่าวจะมีมากขึ้นเมื่อปูโตขึ้น ทั้งนี้ปริมาณแอมโมเนียในบ่อทดลองมีค่าตั้งแต่ 0.041 ถึง 0.996 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายสำหรับปูมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตลอดการทดลองไม่สูงนั่นเอง สอดคล้องกับ ชลอ ลิ้มสุวรรณ (2534) กล่าวว่าแอมโมเนียที่พบอยู่ในน้ำจะอยู่ในสองรูปแบบคือ แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ในการวัดแอมโมเนีย โดยทั่วไปจะวัดรวมทั้งสองรูปแบบ แอมโมเนียทั้งสองรูปแบบนี้จะเปลี่ยนกลับไปมาตามความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ โดยเฉพาะความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่สูงขึ้น อัตราส่วนของแอมโมเนีย (NH_3) จะสูงขึ้น ทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมากขึ้น แต่ถ้า ความเป็นกรด-ด่างของน้ำลดลง แอมโมเนียในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) จะมีอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง และสิริ ทุกข์วินาศ (2527) อ้างโดยวิภูษิต มัณฑะจิตร และคณะ (2534) รายงานว่าระดับแอมโมเนียที่

ปลอดภัยไม่ควรเกิน 4.0 ppm นอกจากนี้ปริมาณไนไตรท์ในทุกบ่อตลอดการทดลองมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณแอมโมเนีย แต่ค่าที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณไม่เกิน 0.0396 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสิริ ทุกข์วินาศ (2527) อ้างโดยวิภูษิต มัณฑะจิตร และคณะ (2534) กล่าวว่าปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกกุ้งไม่ควรเกิน 0.0396 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงถือว่าเป็นระดับที่ปลอดภัยเช่นเดียวกับลูกปู่

นอกจากนี้ยังพบว่า การอนุบาลในระยะซูเอีย เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้ไรแดงแช่เย็น ส่งผลให้คุณภาพน้ำด้านปริมาณของไนไตรท์และแอมโมเนียมีแนวโน้มสูงกว่าการปรับเปลี่ยนอาหารมาใช้อาร์ทีเมียวัยอ่อนและอาร์ทีเมียเฟลก ทั้งนี้เนื่องจากไรแดงที่ใช้เป็นของสดเมื่อลูกปู่กินไม่ทันหรือกินไม่หมด ย่อมเกิดการเน่าสลายขึ้นในบ่อ และส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์เพิ่มขึ้นในที่สุด แต่ทั้งนี้ค่าที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ขณะเดียวกันการอนุบาลในระยะเมกาโลปาถึงระยะเป็นตัวปู่วันที่ 5 บ่อทดลองที่มีการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่ง ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์มีแนวโน้มต่ำกว่าบ่อที่มีการใส่วัสดุโดยวิธีวางที่พื้นบ่อ ทั้งนี้เนื่องจากการใส่วัสดุหลบซ่อนโดยวิธีแขวนแนวดิ่ง ทำให้น้ำในบ่อมีการหมุนเวียนได้ดีกว่าจึงทำให้แอมโมเนียและไนไตรท์ซึ่งอยู่ในรูปก๊าซมีโอกาสระเหยได้มากกว่า ดังนั้นคุณภาพน้ำไม่น่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการตายของลูกปู่

สรุปผลการวิจัย

1. ความเค็มน้ำ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปู่ม้าระยะซูเอีย1 ถึงซูเอีย 4 แต่มีผลต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโต โดยที่ความเค็มช่วง 27 – 30 ppt ลูกปู่ม้าระยะซูเอีย1 ถึงซูเอีย 4 มีพัฒนาการเร็วกว่าความเค็ม 24 ppt และความเค็มช่วง 24 – 27 ppt ลูกปู่ม้าระยะซูเอีย1 ถึงซูเอีย4 มีการเจริญเติบโตดีกว่าความเค็ม 30 ppt

2. อาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกปู่ม้าระยะซูเอีย1 ถึงซูเอีย 4 โดยการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อนและโรติเฟอร์ร่วมกับไรแดง เป็นอาหารทำให้ลูกปู่ม้าระยะซูเอีย1 ถึงซูเอีย 4 มีการรอดตาย การพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียเฟลก โดยที่การใช้โรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อนและโรติเฟอร์ร่วมกับไรแดงให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > .05$)

3. เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความเค็มและอาหาร พบว่าอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และการพัฒนาการ แต่อิทธิพลร่วมของสองปัจจัยมีผลต่อการเจริญเติบโต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สามารถสรุปได้ว่าการอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย1 ถึงซูเอีย4 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 และไม่ควรใช้แม่ปูที่ได้จากอวนจมปู เพราะระหว่างการกู้อวนนำเข้าฝั่งและปลดปูออกจากอวน อาจทำให้ไข่ปูเกิดความเครียดและเสียหายทั้งเนื่องมาจากต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บกู้อวนและนำเข้าฝั่ง และการแกะจากอวนส่งผลให้แม่ปูมักเขี่ยไข่ทิ้งในบ่อเพาะฟัก

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับความเค็มที่ต่ำกว่า 24 ppt ต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าตั้งแต่ระยะเป็นตัวปูเป็นต้นไป ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลี้ยงปูม้าในพื้นที่ความเค็มน้ำต่ำ รวมทั้งวิจัยเชิงรุกที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางชีวเคมีและสรีระเคมีภายในร่างกายของลูกปู

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดอาหารต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของลูกปูม้าตั้งแต่ระยะเมกาโลปาเป็นต้นไป เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกอาหารที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการอนุบาลในช่วงดังกล่าว

4. ควรที่จะทำการศึกษาหาสิ่งหลบซ่อนหรือการจัดการกระแสน้ำควรที่จะทำการศึกษาหาสิ่งหลบซ่อนหรือการจัดการกระแสน้ำภายในบ่อ หรือความหนาแน่นของลูกปูที่เหมาะสมในการอนุบาลหรือเพิ่มอัตรารอดจากการกินกันเอง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงจุดคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University