



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์”

โดย วารินทร์ ธนาสมหวัง และคณะ

ตุลาคม 2548

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์”

คณะผู้วิจัย

1. วารินทร์ วัฒนาสมหวัง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร

2. สุพิศ ทองรอด

สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง

3. ดิลา เรืองแป้น

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี

ชุดโครงการ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย “การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์” ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นจำนวนเงิน 3,658,185 บาท (สามล้านหกแสนห้าหมื่นแปดพันหนึ่งร้อยแปดสิบห้าบาทถ้วน) ระยะเวลาดำเนินการ 3 ปี 6 เดือน ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2545 ถึง เดือนตุลาคม 2548 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ สกว. ผู้ให้ทุน ผู้ประสานงาน ชุดโครงการฯ ผู้ทรงคุณวุฒิ และเจ้าหน้าที่ของ สกว. ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาเสนอแนะและสนับสนุน งานวิจัยตลอดระยะเวลาของโครงการ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอธิบดีกรมประมง ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งที่ให้การสนับสนุนโครงการด้วยดีมาโดยตลอด คุณชัยพร ฤทธิคำรพ ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูม้าที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดปั้งไข่ปูม้า คุณอรุณี รอดลอย นักวิชาการประมง 8 สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด ที่ช่วยวิเคราะห์ชนิดและจำนวนสิ่งมีชีวิตในน้ำเขี้ยวกร่อยและในน้ำเขี้ยวน้ำจืดที่เพาะขยายโดยใช้เชื้อน้ำเขี้ยวที่เพาะขยายด้วยวิธีธรรมชาติ คุณธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์ นักวิชาการประมง 8 สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด ที่ช่วยตรวจสอบเพื่อยืนยันชนิดของโรติเฟอร์และไรแดงที่ใช้ผลิตเป็นอาหารของลูกปูม้า ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครและสถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงานของโครงการจนสำเร็จลุล่วง สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพจนา ปานจร เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูลของศูนย์สมุทรสาคร ที่ช่วยพิมพ์หนังสือเอกสาร รายงานความก้าวหน้า และรายงานฉบับสมบูรณ์ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นโครงการ



ดร.วารินทร์ ธานีสมหวัง

หัวหน้าโครงการ

Executive Summary

Project Title Commercial Seed Production and Culture of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758)

Proposer's name, organization, and telephone/fax number/e-mail address

Dr. Varin Tanasomwang

Samutsakhon Coastal Fisheries Research and Development Center

Tumbon Khok-Kham, Amphur Muang, Samutsakhon 74000, Thailand

Tel : (034) 857136 Fax : (034) 857138 E-mail : scadc@ji-net.com

Problem statement and importance

Blue swimming crabs are valuable fisheries resource and economically important species. Besides the crabs are popularly consumed by domestic people, they are used as raw material in food canning for exportation. Those crabs are totally caught from the sea. At present, the sea production does not reach the market demand. Aquaculture of the blue swimming crabs has to play another important role in increasing the production. However, knowledges or informations concerning breeding and culture of this species are rare. The main problem that these animals still can not be cultivated in commercial scale, because they are carnivorous, fierce and reliance on molting for their growth. When they are put densely together in captive, the smaller and weaker (during molting) ones are caught to be feed of the stronger ones. Moreover, infectious diseases are other causes of high mortalities especially in zoea stage. These result in low survival rate of cultivated crabs. Therefore, in development of the aquaculture technology, researches must be done to find out some methods and/or factors that will increase efficiency of the production. Especially the survival rate of farmed crabs and cost of investment are reasonable for running the business.

Objectives

1. To develop technology of commercial seed production of blue swimming crab
2. To develop technology of commercial culture of blue swimming crab
3. To develop artificial feed for commercial culture of blue swimming crab

Methodology (experimental design, measurement, sampling, analysis, etc.)

Experimental design, observation/examination and analysis of samples in the field and in the laboratory are methodology mostly used in this research project. These are used to find out some suitable methods and/or factors in management of environment, feed and feeding as well as disease control during seed production and culture of blue swimming crab. The aim is to obtain optimal survival rate and good quality of cultured crabs.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstracts	14
ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	27
กิจกรรมที่ 1 การฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งที่หักจากปูไข่นอกกระดอง	31
ปริมาณการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้าต่ออัตราการฟัก	34
ผลของอุณหภูมิระหว่างการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้าต่ออัตราการฟัก	46
ผลของการแช่ตับปิ้งไข่ปูม้าในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine)	58
ก่อนการลำเลียงต่ออัตราการฟัก	
ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง	68
ผลของความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง	77
ผลของความเป็นด่างของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง	84
ผลของการแช่ไข่ปูม้าในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine)	93
ก่อนบ่มฟักต่ออัตราการฟัก	
ปริมาณไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองในการบ่มฟักต่ออัตราการฟัก	98
การฟักไข่ปูม้าสีเทาจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง	106
กิจกรรมที่ 2 การอนุบาลลูกปูม้า	111
ผลของอาหารต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า	114
ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า	139
ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า	159
ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า	173
ผลของความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า	181
ผลของที่หลบซ่อนต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า	189
กิจกรรมที่ 3 การทดสอบอาหารหนึ่งในการอนุบาลลูกปูม้าระยะ megalopa ถึงระยะ young crab	205
กิจกรรมที่ 4 การผลิตแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของลูกปูม้า	215
ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ (<i>Brachionus plicatilis</i>) ที่เลี้ยงด้วย <i>Chlorella</i> spp. และอาหารสมทบ	218
ต้นทุนการผลิตโรติเฟอร์ (<i>Brachionus plicatilis</i>)	233
ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของไรแดง (<i>Moina macrocopa</i>) ที่เลี้ยงด้วย <i>Chlorella</i> sp. และอาหารสมทบ	236

ต้นทุนการผลิตไรแดง (<i>Moina macrocopa</i>)	247
กิจกรรมที่ 5 การป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อในการอนุบาลลูกปูม้า	253
กิจกรรมที่ 6 การผลิตอาหารสำเร็จสำหรับการเลี้ยงปูม้า	275
องค์ประกอบทางเคมีของไข่ปู ปูม้าระยะต่างๆ และวัสดุสารอาหารบางชนิด	278
แหล่งของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า	284
การทดลองที่ 1 : แหล่งของโปรตีน และชนิดอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปูม้า	284
การทดลองที่ 2 : แหล่งโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูม้า	289
ระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า	294
ชนิดไขมันในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า	299
ระดับไขมันในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า	308
ความต้องการวิตามินในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของปูม้า	317
ความต้องการแร่ธาตุในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของปูม้า	327
กิจกรรมที่ 7 การเลี้ยงปูม้าในบ่อดิน	339
กิจกรรมที่ 8 การอบรมเกษตรกรและผู้สนใจ	371
ภาคผนวก	381
เอกสารสำหรับการเผยแพร่	383
กิจกรรมที่เกี่ยวกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	408
ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	411

การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์

วารินทร์ ธนาสมหวัง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร 127 หมู่ 8 ต. โคกขาม อ. เมือง จ. สมุทรสาคร 74000

สุพิศ ทองรอด

สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง 41/14 ต. บางพระ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี 20110

ลิลา เรืองแป้น

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี 165 หมู่ 9 ต. บางกะจะ อ. เมือง จ. จันทบุรี 22000

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย “การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์” มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์ปูม้าเชิงพาณิชย์ พัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์ และพัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์ ตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้จากการวิจัยให้แก่เกษตรกร การดำเนินงานของโครงการแบ่งออกเป็น 8 กิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 การฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งที่หักจากปูไข่นอกกระดอง

การศึกษาในกิจกรรมนี้เพื่อหาวิธีการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูจากโรงต้มปูและแกะเนื้อที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงครามมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯสมุทรสาคร และการบ่มฟักไข่ปูที่เหมาะสม เพื่อให้ไข่ปูที่เกาะติดกับตับปิ้งที่ลำเลียงมาได้รับความกระทบกระเทือนหรือเสียหายน้อยที่สุด และลูกปูที่ฟักออกจากไข่ สมบูรณ์และแข็งแรงที่สุดสำหรับใช้เป็นแหล่งพันธุ์ในการผลิตพันธุ์ปูม้า

ปริมาณการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้าต่ออัตราการฟัก

การศึกษาปริมาณการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูต่ออัตราการฟักโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง พบว่าตับปิ้งไข่ปูในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ให้อัตราการฟักเฉลี่ยสูงสุด (75.98 ± 11.79 และ $76.16 \pm 11.17\%$ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) และแตกต่างจากที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ผลของอุณหภูมิระหว่างการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้าต่ออัตราการฟัก

การศึกษาผลของอุณหภูมิระหว่างการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูต่ออัตราการฟักโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 เมื่ออุณหภูมิของน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน อยู่ที่ 28.0°C และ 24.5°C อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 71.52 ± 8.07 และ $71.64 \pm 4.39\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 เมื่ออุณหภูมิของน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน อยู่ที่ 30.2°C , 24.8°C และ 21.0°C ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็ง 2 ก้อน ($64.44 \pm 12.15\%$) สูงกว่าที่ใส่น้ำแข็ง 1 ก้อน ($48.80 \pm 15.00\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูทั้ง 2 วิธีการลำเลียงสูงกว่าที่ไม่ใส่น้ำแข็ง ($13.29 \pm 5.10\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การทดลองครั้งที่ 3

เมื่ออุณหภูมิของน้ำลำเลียงดับปั๊มไ้ปุ้โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน อยู่ที่ 27.0, 21.2 และ 18.3 °C อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้สีเหลืองในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 40.20 ± 15.08 , 40.95 ± 18.54 และ $57.19 \pm 9.45\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลของการแช่ดับปั้ไ้ปุ้ม้ในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine) ก่อนการลำเลียงต่ออัตราการฟัก

การศึกษาผลของการแช่ดับปั้ไ้ปุ้ในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine : PI) ก่อนการลำเลียงต่ออัตราการฟักโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ไ้ปุ้สีน้ำตาลและสีเหลืองจากดับปั้ไ้ปุ้ที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไ้ปุ้จากดับปั้ไ้ปุ้ที่ไม่แช่และแช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่การทดลองครั้งที่ 3 ไ้ปุ้สีน้ำตาลจากดับปั้ไ้ปุ้ที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 200 ppm ก่อนการลำเลียง ($62.16 \pm 8.76\%$) มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไ้ปุ้จากดับปั้ไ้ปุ้ที่ไม่แช่ ($48.78 \pm 0.99\%$) และแช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm ก่อนการลำเลียง ($34.86 \pm 6.60\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการฟักของไ้ปุ้ม้จากดับปั้ไ้ปุ้ในนอกระดอง

การศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการฟักของไ้ปุ้สีน้ำตาลจากดับปั้ไ้ปุ้ในนอกระดองโดยดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้ที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 35 ppt ($66.84 \pm 3.93\%$) สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 30 ppt ($58.31 \pm 14.20\%$) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักทั้ง 2 สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt ($31.30 \pm 3.50\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้ที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 30 ppt ($79.56 \pm 26.31\%$) สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 27 ppt ($69.23 \pm 5.56\%$) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt ($39.66 \pm 19.87\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำต่ออัตราการฟักของไ้ปุ้ม้จากดับปั้ไ้ปุ้ในนอกระดอง

การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำต่ออัตราการฟักของไ้ปุ้จากดับปั้ไ้ปุ้ในนอกระดองโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้สีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มี pH 7.5 ($69.70 \pm 3.80\%$) และ 8.0 ($68.76 \pm 10.04\%$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักของไ้ปุ้ทั้ง 2 ชุด สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มี pH 8.5 ($45.94 \pm 19.29\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้สีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มี pH 8.0 ($70.57 \pm 13.25\%$) สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มี pH 7.5 ($37.21 \pm 14.05\%$) และ 8.5 ($49.09 \pm 7.92\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้ที่บ่มฟักในน้ำที่มี pH 7.5 และ 8.5 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) การทดลองครั้งที่ 3 อัตราการฟักเฉลี่ยของไ้ปุ้สีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มี pH 7.5, 8.0, 8.5 และ 9.0 อยู่ที่ 34.59 ± 4.79 , 43.15 ± 10.05 , 36.97 ± 2.61 และ $48.46 \pm 5.40\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลของความเป็นด่างของน้ำต่ออัตราการฟักของไ้ปุ้ม้จากดับปั้ไ้ปุ้ในนอกระดอง

การศึกษาค่าความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำต่ออัตราการฟักของไ้ปุ้จากดับปั้ไ้ปุ้ในนอกระดองโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 และ 3 ไ้ปุ้สีน้ำตาลและสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง

200 มก./ลิตร มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ผลของการแช่ไข่ปูม้าในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine) ก่อนบ่มฟักต่ออัตราการฟัก

การศึกษาผลของการแช่ไข่ปูในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine: PI) ก่อนบ่มฟักต่ออัตราการฟัก พบว่า อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลหรือสีเหลืองที่ไม่แช่และแช่ใน PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ปริมาณไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองในการบ่มฟักต่ออัตราการฟัก

การศึกษาปริมาณไข่ปูจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองในการบ่มฟักต่ออัตราการฟักโดยดำเนินการทดลอง 4 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลที่บ่มฟักในปริมาณ 4 และ 5 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักทั้ง 2 ปริมาณ สูงกว่าที่บ่มฟักในปริมาณ 6 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 ที่บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณ 4, 5 และ 6 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร การทดลองครั้งที่ 3 ที่บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณ 5, 6, 7 และ 8 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร และการทดลองครั้งที่ 4 ที่บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณ 8, 9 และ 10 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร ปรากฏว่า อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองที่บ่มฟักในปริมาณต่างกันในแต่ละการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

การฟักไข่ปูม้าสีเทาจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง

การศึกษากการฟักไข่ปูสีเทาจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง พบว่า ไข่ปูสีเทาจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองที่บ่มฟักด้วยวิธีการเดียวกับที่บ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลและสีเหลืองมีอัตราการฟักเฉลี่ยต่ำมากเพียง 5.15% ส่วนไข่ปูสีเทาที่บ่มฟักโดยวิธีแขวนตับปิ้งปูไข่นอกกระดองในน้ำมีอัตราการฟักระหว่าง 10.11-19.36%

กิจกรรมที่ 2 การอนุบาลลูกปูม้า

การศึกษาในกิจกรรมนี้เพื่อพัฒนาเทคนิคการอนุบาลลูกปูม้าตั้งแต่แรกฟักในระยะ zoea I จนถึงระยะ young crab (6-7 วัน หลังจากเข้าระยะ crab)

ผลของอาหารต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

การศึกษาผลของอาหารต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab

การทดลองกับลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ดำเนินการ 5 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($27.84\pm5.93\%$) และขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 และ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มโดยไม่เสริมอาหารชนิดอื่น ($52.65\pm6.86\%$) และเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิ ($54.23\pm5.97\%$) หรือไข่แดงต้ม ($55.82\pm3.90\%$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) การทดลองครั้งที่ 3

อัตราการรอดตายและขนาดเฉลี่ยของลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1 และ 3 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม และ *Chaetoceros* แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ลูกปูทั้ง 2 ชุดการทดลอง มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย (45.57 ± 7.75 และ $37.78\pm 2.92\%$ ตามลำดับ) สูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* ($17.31\pm 4.23\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองครั้งที่ 4 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่ให้ *Chlorella* และ โรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม (68.22 ± 12.06 , 60.10 ± 7.51 และ $53.73\pm 9.66\%$ ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ลูกปูใน 2 ชุดการทดลองแรกมีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าในชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองครั้งที่ 5 ลูกปูที่ให้ *Chlorella* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด $76.65\pm 1.67\%$ แต่ลูกปูชุดการทดลองดังกล่าวมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม และที่ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มโดยไม่ให้แพลงก์ตอนพืชอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

การทดลองกับลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ดำเนินการ 2 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่เลี้ยง ไรน้ำเค็มขนาดวัยรุ่นและเต็มวัยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($41.38\pm 6.45\%$) สูงกว่าและขนาดโดยความกว้าง กระจกเฉลี่ย (3.98 ± 0.27 มม.) มากกว่าที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มขนาดวัยรุ่นแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่ตุ่น ($33.22\pm 4.66\%$ และ 3.91 ± 0.17 มม. ตามลำดับ) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 แบบ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มขนาดวัยรุ่นแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดง ($21.42\pm 4.88\%$ และ 3.34 ± 0.44 มม. ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่เลี้ยงด้วย ไรน้ำเค็มขนาดวัยรุ่นและเต็มวัยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($28.29\pm 2.14\%$) สูงกว่าที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มขนาดวัยรุ่น แล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาสด ($20.35\pm 4.21\%$) หรือหอยแมลงภู่น้ำจืด ($16.51\pm 1.67\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็ม (อย่างเดียว) และที่เลี้ยงไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเนื้อปลาสดมีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่า ที่ให้ไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นหอยแมลงภู่น้ำจืดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

การศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ดำเนินการ 3 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่ อนุบาลในน้ำความเค็ม 25 และ 30 ppt (57.71 ± 2.83 และ $52.38\pm 4.76\%$ ตามลำดับ) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่า ที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 35 ppt ($37.17\pm 5.78\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt ยังมีขนาดใหญ่กว่าลูกปูที่อยู่ในน้ำความเค็ม 30 และ 35 ppt อย่างเห็นได้ชัดเจน การทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่ อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 48.88 ± 5.14 , 62.54 ± 11.90 และ $60.31\pm 3.77\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) การทดลองครั้งที่ 3 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ($47.77\pm 6.90\%$) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม

30 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ($46.74 \pm 1.93\%$) การเจริญเติบโตของลูกปูแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 มักเป็นไปในทิศทางเดียวกับอัตราการรอดตาย

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ดำเนินการ 4 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 และ 25 ppt มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย (25.33 ± 5.61 และ $21.44 \pm 1.22\%$ ตามลำดับ) สูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 27 ppt ($13.36 \pm 1.45\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 27, 25 และ 23 ppt และค่อยลดให้อยู่ที่ 25, 23 และ 20 ppt มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 29.69 ± 2.68 , 28.92 ± 1.27 และ $28.86 \pm 1.17\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) การทดลองครั้งที่ 3 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 ppt ตลอด ($36.28 \pm 4.62\%$) ที่เริ่มต้น 23 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 20 ppt ($35.60 \pm 0.87\%$) และที่เริ่มต้น 23 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ($39.16 \pm 2.47\%$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 ppt ตลอด และที่เริ่มต้น 23 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 20 ppt มีการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนัก ความกว้างและความยาวกระดองดีกว่าที่อนุบาลในน้ำ 23 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การทดลองครั้งที่ 4 ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 20 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 17 ppt มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($27.81 \pm 2.48\%$) สูงกว่าและขนาดใหญ่กว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 17 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 14 ppt ($13.00 \pm 1.24\%$) และที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 17 ppt แล้วค่อยลดให้อยู่ที่ 14 และ 11 ppt ($11.63 \pm 3.49\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

การศึกษาผลของความหนาแน่นต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 64.82 ± 4.84 , 51.50 ± 1.32 และ $22.93 \pm 6.35\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกัน และลูกปูที่อนุบาลในความหนาแน่น 50,000 ตัว/ลบ.ม. มีขนาดโดยความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยมากกว่าที่อนุบาลในความหนาแน่น 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 55.50 ± 7.13 , 24.73 ± 1.35 และ $24.28 \pm 1.20\%$ ตามลำดับ ลูกปูที่อนุบาลในความหนาแน่น 10,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดโดยความกว้างกระดองมากกว่าที่อนุบาลในความหนาแน่น 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

การทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง zoea IV ในความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($70.78 \pm 4.96\%$) สูงกว่าที่อนุบาลในความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. ($59.63 \pm 2.59\%$) และ 130,000 ตัว/ลบ.ม. ($52.14 \pm 4.07\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ขนาดเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลทั้ง 3 ความหนาแน่น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ส่วนลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($28.17 \pm 4.31\%$) สูงกว่าที่อนุบาลใน

ความหนาแน่น 25,000 ตัว/ลบ.ม. ($21.48 \pm 2.09\%$) และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. ($13.81 \pm 0.57\%$) และลูกปูที่อนุบาลในความหนาแน่น 25,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าที่อนุบาลในความหนาแน่น 30,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ขนาดเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลทั้ง 3 ความหนาแน่น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV พบว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มี pH 8.5 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($71.66 \pm 2.09\%$) สูงกว่าที่ใช้น้ำที่มี pH 8.0 ($59.92 \pm 3.09\%$) และ pH 9.0 ($49.04 \pm 4.36\%$) นอกจากนี้ ยังมีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มี pH ทั้ง 2 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มี pH 8.5 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($25.13 \pm 4.00\%$) สูงกว่าที่ใช้น้ำที่มี pH 8.0 ($23.64 \pm 2.96\%$) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่ใช้น้ำที่มี pH 9.0 ($11.20 \pm 1.43\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มี pH 8.0 และ 8.5 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำ pH 9.0 และลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.5 และ 9.0 มีความกว้างกระดองเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำ pH 8.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ผลของความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

การศึกษาผลของความเป็นด่างของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV พบว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($72.99 \pm 7.12\%$) สูงกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร ($51.62 \pm 3.40\%$) และ 200 มก./ลิตร ($50.36 \pm 2.67\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีขนาดโดยความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 และ 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่มีขนาดโดยความยาวของลูกปูมากกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่มากกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($20.31 \pm 4.81\%$) สูงกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร ($4.65 \pm 1.68\%$) และ 150 มก./ลิตร ($7.83 \pm 1.47\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ขนาดเฉลี่ยของลูกปูระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลของที่หลบซ่อนต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

การศึกษาผลของที่หลบซ่อนต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนเมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa เกือบหมด พบว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยให้ที่หลบซ่อนเป็นเชือกฟางสาหร่ายเทียมมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($31.52 \pm 0.95\%$) สูงกว่าที่ให้ที่หลบซ่อนเป็นแส

ลนสาหร่ายเทียม ($23.60 \pm 0.58\%$) และถาดทราย ($14.24 \pm 2.14\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ขนาดเฉลี่ยของลูกปูระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้า

การศึกษาต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้าเป็นการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการผลิตลูกปูจำนวน 3 รุ่น แต่ละรุ่นดำเนินการในบ่อคอนกรีตขนาด 8 ลบ.ม. จำนวน 9 บ่อ และใช้ระยะเวลา 19 วัน ลูกปูที่ผลิตมีขนาดความกว้างกระดองประมาณ 0.3-0.7 ซม. จากการศึกษาพบว่า ต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้าในการผลิตทั้ง 3 รุ่นใกล้เคียงกันมาก โดยอยู่ในช่วง 0.21-0.22 บาท/ตัว

กิจกรรมที่ 3 การทดสอบอาหารหนึ่งในการอนุบาลลูกปูระยะ megalopa ถึง young crab

การทดลองใช้อาหารหนึ่ง (ไข่ตุ๋น) โดยมีแหล่งโปรตีนต่างกัน คือปลาเป็ด หมึก หอยแมลงภู่ ผสมกับไข่อาหารไข่ตุ๋นนํามาใช้ในการเลี้ยงลูกปูระยะ megalopa และเปรียบเทียบกับอาร์ทีเมียแช่แข็ง จากผลการทดลองพบว่า การใช้อาร์ทีเมียแช่แข็งให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารไข่ตุ๋นทุกชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องจากคุณสมบัติอาหารไข่ตุ๋นซึ่งละลายน้ำง่าย จมเร็ว จึงทำให้การได้รับปริมาณสารอาหารของปูลดลง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากอัตราการรอดตาย แสดงให้เห็นว่าอาหารหนึ่งชนิดไข่ตุ๋นสามารถใช้เป็นอาหารอนุบาลลูกปูระยะ megalopa ได้ดี มีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 18.5-25.5% การพิจารณาใช้อาหารไข่ตุ๋นร่วมกับอาร์ทีเมียแช่แข็งจะช่วยลดปริมาณการใช้อาร์ทีเมียลง และในขณะเดียวกันอาจมีผลช่วยทำให้การเจริญเติบโตของปูม้าเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการจัดการบ่อที่ดี เพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมต่อสัตว์น้ำอย่างต่อเนื่อง

กิจกรรมที่ 4 การผลิตแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของลูกปูม้า

การศึกษาในกิจกรรมนี้เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตแพลงก์ตอนสัตว์ซึ่งใช้เป็นอาหารของลูกปูม้า โดยเน้นการผลิตโรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) และไรแดง (*Moina macrocopa*) โดยให้ *Chlorella* ซึ่งเป็นอาหารหลักและสมทบ เพื่อให้ผลผลิตเพียงพอและมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ออนุบาลลูกปูให้มีอัตราการรอดตายสูงขึ้น

ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* spp. และอาหารสมทบ

การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* spp. และอาหารสมทบ โดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 ใช้ *Chlorella* น้ำเค็มที่เพาะขยายโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ที่เตรียมจากห้องปฏิบัติการ ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 ใช้ *Chlorella* น้ำกร่อย ที่เพาะขยายโดยใช้เชื้อที่เพาะด้วยวิธีธรรมชาติเป็นเชื้อตั้งต้นเพื่อเป็นอาหารหลักของโรติเฟอร์

การทดลองครั้งที่ 1 เลี้ยงโรติเฟอร์ในปริมาณเริ่มต้น 10 กรัม ด้วย *Chlorella* น้ำเค็มที่ไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักปลาและอะมิ-อะมิ (สด) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โรติเฟอร์มีผลผลิตเฉลี่ย 49.86 ± 6.12 , 61.55 ± 9.56 และ 59.50 ± 8.64 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* เสริมด้วยอะมิ-อะมิ (สด) มีระดับโปรตีนสูงสุดที่ 68.46% น้ำหนักแห้ง รองลงมาได้แก่ โรติ

เฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* โดยไม่เสริมอาหารชนิดอื่นและเสริมด้วยน้ำหมักปลาซึ่งอยู่ที่ 56.56 และ 50.51% น้ำหนักแห้ง ส่วนโรติเฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* เสริมด้วยน้ำหมักปลา มีระดับไขมันสูงสุดที่ 12.02% น้ำหนักแห้ง รองลงมาเป็นโรติเฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* โดยไม่เสริมและเสริมด้วยอะมิ-อะมิ (สด) ซึ่งอยู่ที่ 10.34 และ 8.92% น้ำหนักแห้ง โรติเฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* โดยไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักปลาและอะมิ-อะมิ (สด) มีกรดไขมันกลุ่ม n-3 รวม 21.56, 14.47 และ 10.34% พื้นที่ กรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA 8.45, 5.73 และ 6.02% พื้นที่ และกรดไขมันกลุ่ม n-6 รวม 22.09, 15.46 และ 16.18% พื้นที่ ตามลำดับ

การทดลองครั้งที่ 2 เลี้ยงโรติเฟอ์ในปริมาณเริ่มต้น 10 กรัม ด้วย *Chlorella* น้ำกร่อยโดยไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักอะมิ-อะมิ 50, 100 และ 200 มล./ครั้ง/วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลผลิตเฉลี่ยของโรติเฟอ์ในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 45.62 ± 17.28 , 67.78 ± 2.32 , 80.51 ± 22.88 และ 57.83 ± 3.16 กรัม ตามลำดับ โรติเฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* เสริมด้วยน้ำหมักอะมิ-อะมิ 100 มล./ครั้ง/วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดโดยสูงกว่าที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* เสริมด้วยน้ำหมักอะมิ-อะมิ 50 และ 200 มล./ครั้ง/วัน อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* อย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระดับโปรตีน ไขมัน และเถ้าของโรติเฟอ์ระหว่างชุดการทดลองอยู่ในช่วง 60.48-65.03, 8.35-14.90 และ 14.93-18.12% น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โรติเฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* เสริมด้วยน้ำหมักอะมิ-อะมิ 100 มล./ครั้ง/วัน มีองค์ประกอบกรดไขมันกลุ่ม n-3 มากที่สุด (23.68% พื้นที่) ส่วนที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* เสริมด้วยน้ำหมักอะมิ-อะมิ 200 มล./ครั้ง/วัน มี n-3 HUFA มากที่สุด (11.43% พื้นที่) และที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำกร่อยเพียงอย่างเดียวมีองค์ประกอบไขมันกลุ่ม n-6 มากที่สุด (24.27% พื้นที่)

การทดลองครั้งที่ 3 เลี้ยงโรติเฟอ์ในปริมาณเริ่มต้น 10 กรัม ด้วย *Chlorella* น้ำกร่อยโดยไม่เสริมและเสริมด้วยโปรตีนหั่วกึ่ง 10, 20 และ 30 มล./ครั้ง/วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลผลิตเฉลี่ยของโรติเฟอ์ในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 38.06 ± 2.98 , 42.88 ± 3.61 , 38.68 ± 3.98 และ 41.44 ± 2.48 กรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ระดับโปรตีน ไขมัน และเถ้าของโรติเฟอ์ระหว่างชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนอยู่ในช่วง 61.68-64.35% ไขมันในช่วง 11.84-17.02% และเถ้าในช่วง 6.17-7.70% น้ำหนักแห้ง โรติเฟอ์ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำกร่อยเสริมด้วยโปรตีนหั่วกึ่ง 10 มล./ครั้ง/วัน มีองค์ประกอบไขมันที่เป็น n-3, n-3 HUFA และ n-6 มากที่สุด คือ 18.83, 12.54 และ 21.55% พื้นที่ ตามลำดับ

ต้นทุนการผลิตโรติเฟอ์ (*Brachionus plicatilis*)

การศึกษาด้านทุนการผลิตโรติเฟอ์ระดับมหวมวลโดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการผลิต 2 ครั้ง แต่ละครั้งผลิตโรติเฟอ์ในบ่อคอนกรีตขนาด 12.6 ลบ.ม. จำนวน 4 บ่อ ผลผลิตของโรติเฟอ์ที่เก็บเกี่ยวจากแต่ละบ่อในการผลิตครั้งที่ 1 อยู่ที่ 1,200, 1,150, 1,260 และ 1,270 กรัม การผลิตครั้งที่ 2 อยู่ที่ 1,160, 1,280, 1,050 และ 1,240 กรัม ผลผลิตเฉลี่ย/บ่อของโรติเฟอ์จากการผลิตทั้ง 2 ครั้ง อยู่ที่ 1,201.25 กรัม หรือประมาณ 1.2 กก. ผลจากการศึกษา ด้านทุนการผลิตโรติเฟอ์อยู่ที่ 349.44 บาท/กก.

ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของไรแดง (*Moina macrocopa*) ที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* sp. และอาหารสมทบ

การศึกษารวมผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* sp. และอาหารสมทบ โดยดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1 เลี้ยงไรแดงในปริมาณเริ่มต้น 10 กรัม ด้วย *Chlorella* น้ำจืดที่ไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิในปริมาณ 50, 100 และ 150 มล./ครั้ง/วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ไรแดงที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำจืด (อย่างเดียว) ให้ผลผลิตเฉลี่ย (161.88 ± 6.20 กรัม) มากกว่าที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำจืดและน้ำหมักอามิ-อามิ 50 และ 150 มล./ครั้ง/วัน อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่มากกว่าที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำจืดและน้ำหมักอามิ-อามิ 100 มล./ครั้ง/วัน อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกันโดยมีโปรตีนอยู่ในช่วง 71.29-73.00% ไขมันในช่วง 3.99-5.77% และเถ้าในช่วง 7.82-9.89% น้ำหนักแห้ง ไรแดงที่ให้ *Chlorella* น้ำจืดและเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิ 50 มล./ครั้ง/วัน มีองค์ประกอบกรดไขมันกลุ่ม n-3 มากที่สุด (11.31% พื้นที่) แต่ไม่พบ n-3 HUFA ในไรแดงทุกชุดการทดลอง ไรแดงที่ให้ *Chlorella* น้ำจืดและเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิ 100 มล./ครั้ง/วัน มีองค์ประกอบกรดไขมันกลุ่ม n-6 มากที่สุด (19.11% พื้นที่) ส่วนไรแดงที่ให้ *Chlorella* น้ำจืดโดยไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิ 150 มล./ครั้ง/วัน มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (51.53 และ 51.00% พื้นที่ ตามลำดับ) มากกว่าที่ให้ *Chlorella* น้ำจืดและเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิ 50 และ 100 มล./ครั้ง/วัน (48.77 และ 48.95% พื้นที่ ตามลำดับ)

การทดลองครั้งที่ 2 เลี้ยงไรแดงในปริมาณเริ่มต้น 10 กรัม ด้วย *Chlorella* น้ำจืดที่ไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำรำหมักในปริมาณ 10, 20 และ 30 มล./ครั้ง/วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลผลิตเฉลี่ยของไรแดงที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำจืดโดยไม่เสริม (92.77 ± 12.84 กรัม) และเสริมด้วยน้ำรำหมัก 10 มล./ครั้ง/วัน (103.23 ± 10.88 กรัม) และ 20 มล./ครั้ง/วัน (107.76 ± 11.63 กรัม) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ผลผลิตเฉลี่ยของไรแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารเหล่านี้มากกว่าที่เลี้ยงด้วย *Chlorella* น้ำจืดและน้ำรำหมัก 30 มล./ครั้ง/วัน (17.86 ± 6.43 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงระหว่างชุดการทดลองใกล้เคียงกันโดยมีโปรตีนอยู่ในช่วง 66.04-68.39% ไขมัน 5.53-6.75% และเถ้า 10.00-11.89% น้ำหนักแห้ง ไรแดงทุกชุดการทดลองมีองค์ประกอบกรดไขมันเหมือนกันและมีปริมาณใกล้เคียงกันโดยมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 ในช่วง 25.17-26.91% พื้นที่ กรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA ในช่วง 0.26-0.35% พื้นที่ กรดไขมันกลุ่ม n-6 ในช่วง 14.98-15.57% พื้นที่ และกรดไขมันอิ่มตัวในช่วง 25.80-27.60% พื้นที่

ต้นทุนการผลิตไรแดง (*Moina macrocopa*)

การศึกษาต้นทุนการผลิตไรแดงระดับมหาวิทยาลัยโดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการผลิต 2 ครั้ง แต่ละครั้งผลิตไรแดงในบ่อคอนกรีตขนาด 12.6 ลบ.ม. จำนวน 4 บ่อ ผลผลิตของไรแดงที่เก็บเกี่ยวจากแต่ละบ่อในการผลิตครั้งที่ 1 อยู่ที่ 2.2, 2.6, 2.7 และ 2.5 กก. การผลิตครั้งที่ 2 อยู่ที่ 2.6, 2.4, 2.8 และ 2.2 กก. ผลผลิตเฉลี่ย/บ่อของไรแดงจากการผลิตทั้ง 2 ครั้ง อยู่ที่ 2.5 กก. ผลจากการศึกษา ต้นทุนการผลิตไรแดงอยู่ที่ 206.49 บาท/กก.

กิจกรรมที่ 5 การป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อในการอนุบาลลูกปูม้า

การศึกษาในกิจกรรมนี้เพื่อหาวิธีป้องกันและควบคุมโรคในระหว่างอนุบาลลูกปูม้า การศึกษาได้ดำเนินการ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การหาชนิดและปริมาณเชื้อโรคแบคทีเรียและเชื้อราจากการทดลองเพาะพันธุ์ปูม้า

ด้วยการใช้อาหารมีชีวิตชนิดต่างกันและวิธีการให้ที่ต่างกัน การศึกษาประสิทธิภาพของสารปฏิชีวนะที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่พบและการศึกษาค่าความเข้มข้นของสารควบคุมเชื้อราที่ปลอดภัยต่อลูกปูม้าตั้งแต่ระยะ 1 zoea I ถึง ระยะ megalopa

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมและ vibrio ที่ตรวจสอบในบ่ออนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea I-IV จำนวน 4 รุ่น (crop) รุ่นละ 3 การทดลองด้วยการทดลองละ 3 ซ้ำ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.0×10^3 - 2.2×10^4 cfu/ml และ 3.0×10 - 3.0×10^2 cfu/ml ตามลำดับ ปริมาณแบคทีเรียในระดับดังกล่าวไม่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคในปูม้า แต่พบว่าอาหารมีชีวิตเป็นปัจจัยสำคัญที่นำเชื้อแบคทีเรียเข้ามาสู่บ่อเพาะพันธุ์ได้ แบคทีเรียที่พบในบ่อเพาะพันธุ์เสมอได้แก่ กลุ่ม *Vibrio* spp. ซึ่งประกอบด้วย *V. alginolyticus* มากที่สุด นอกนั้น ได้แก่ *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* สารปฏิชีวนะที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียเหล่านี้ได้เปอร์เซ็นต์สูงที่สุดได้แก่ Oxolonic acid รองลงมา คือ Oxytetracycline ส่วนเชื้อราที่พบมี 3 ชนิด ได้แก่ *Lagenidium* sp. และราน้ำเค็มอีก 2 ชนิด ค่าความปลอดภัยของลูกกุ้งเมื่อสัมผัสกับสารไตรฟลูราลิน ซึ่งใช้ควบคุมเชื้อราอยู่ที่ระดับ 0.5 ppm ซึ่งสูงกว่าค่าที่ใช้ในโรงเพาะฟักถึง 10 เท่า จากข้อมูลพื้นฐานทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำไปใช้ในการป้องกันและควบคุมโรคปูม้าที่เกิดจากการติดเชื้อได้เป็นอย่างดี

กิจกรรมที่ 6 การผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับปูม้า

การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปูม้า โดยเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไขปู และนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาสูตรอาหาร ซึ่งครอบคลุมถึงความต้องการสารอาหารพื้นฐาน คือ ชนิดของอาหารและแหล่งของโปรตีนที่เหมาะสม ระดับของโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า แหล่งของไขมันและปริมาณไขมันในอาหารที่เหมาะสม ผลของวิตามินรวมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า และผลของแร่ธาตุในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูม้า ทั้งนี้เพื่อให้ได้สูตรอาหารเบื้องต้นเพื่อการแนะนำเกษตรกรด้านการผลิตอาหารเลี้ยงปูม้า

องค์ประกอบทางเคมีของไขปู ปูม้าระยะต่างๆ และวัสดุสารอาหารบางชนิด

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไขปู และลูกปูระยะต่างๆ พบว่าไขปูมีปริมาณโปรตีน (57.5-63.7%) และไขมัน (13.4 -19.3%) ในปริมาณสูง ทั้งปริมาณโปรตีนและไขมันมีปริมาณลดลงตามระยะการพัฒนาของไขจนถึงฟักเป็นตัว และเป็นปูวัยอ่อน และพบว่าทั้งในไขปูและปูทุกขนาดมีไขมันชนิด 16:0, 18:1n-9, 22:6n-3, 20:5n-3 และ 20:4n-6 เป็นองค์ประกอบหลัก ทั้งนี้กรดไขมันชนิดดังกล่าวที่พบในไขปูทุกระยะมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่พบว่าปริมาณกรดไขมันกลุ่ม n-3 และ n-6 ในปูแรกฟักสะสมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันกลุ่ม n-6 (20:4n-6) องค์ประกอบกรดไขมันที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นอาจเนื่องมาจากความต้องการสะสมของลูกปู ซึ่งยังไม่มีอิทธิพลของอาหาร เข้ามาเกี่ยวข้อง ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันดังกล่าวพบมีปริมาณลดลงในปูระยะ megalopa

แหล่งของโปรตีน และชนิดอาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปูม้า

การศึกษานี้ของอาหารและแหล่งโปรตีนที่เหมาะสม การศึกษาเบื้องต้นอาหารทดลองมี 2 รูปแบบ คือ ไข่ตุ๋น ซึ่งใช้ปลาปน หอยแมลงภู่ปน และหมึกปน เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารร่วมกับกากถั่วเหลือง และเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกึ่งกลาดำ ผลการทดลองพบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารโดยมีปลาปน เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับกากถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตต่ำสุด ($P < 0.05$) ในขณะที่การเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกึ่งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับกลุ่มปูที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรรวมและอาหารที่ใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีน

แหล่งโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูม้า

การศึกษาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า อาหารที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร มีแหล่งของโปรตีนแตกต่างกัน 4 แหล่ง คือ ปลาปน หอยแมลงภู่ หมึกปน และกึ่งปน เปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปกึ่งกลาดำเบอร์ 0 โดยอาหารที่ผลิตมีปริมาณโปรตีนในอาหาร เท่ากับ 39-40.5% และอาหารกึ่งกลาดำ มีโปรตีนค่อนข้างสูงคือ 44.98% ส่วนไขมันอยู่ในช่วง 9-11.8% และอาหารกึ่งมีไขมัน 11.3% ผลการทดลองพบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปกึ่งกลาดำมีการเจริญเติบโตและอัตราการตายดีที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มทดลองที่ใช้ อาหารทดลองที่ผลิตขึ้น แสดงถึงคุณภาพอาหารที่ยังไม่สมดุลของสารอาหาร อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่าการใช้ปลาปนหรือหมึก เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารร่วมกับกากถั่วเหลืองให้ผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าต่ำกว่าการใช้หอยแมลงภู่ หรือการใช้แหล่งโปรตีนหลายแหล่งร่วมกันทั้งหมึก หัวกึ่ง ปลาปน และกากถั่วเหลือง

ระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า

ระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า โดยผลิตอาหารทดลองเป็นรูปแบบอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งพัฒนาสูตรจากสูตรอาหารกึ่ง โดยมีปริมาณโปรตีนต่างกัน 4 ระดับ มีค่าอยู่ระหว่าง 28-46% และชุดควบคุมใช้อาหารกึ่ง มีโปรตีน 42% จากการทดลองเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนสูง 46% มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับชุดทดลองที่ให้อาหารโปรตีน 34% และผลการทดลองพบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกึ่งมีการเจริญเติบโตต่ำสุด

ชนิดไขมันในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า

การศึกษานี้ชนิดไขมันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า ชนิดไขมันที่ใช้ในการทดลองได้แก่น้ำมันปาล์ม น้ำมันปลา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันผสมระหว่าง น้ำมันปาล์มและน้ำมันปลา และระหว่าง น้ำมันปลาและน้ำมันถั่วเหลือง การทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปูม้าที่ได้รับอาหารซึ่งมีน้ำมันปลาเป็นส่วนผสม ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือการใช้ไขมันถั่วเหลือง และน้ำมันปลาผสมกับน้ำมันถั่วเหลือง สำหรับสูตรที่มีน้ำมันปาล์มผสมอยู่ด้วยให้ผลการเจริญเติบโตต่ำสุด ชนิดไขมันมีผลต่อชนิดกรดไขมันในอาหารที่ต่างกัน และมีผลต่อองค์ประกอบกรดไขมันในปูม้าทดลองที่ต่างกัน พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมน้ำมันปลามีองค์ประกอบกรดไขมันชนิด $n-3$, $n-3$ HUFA ในปริมาณสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ แต่ปริมาณการสะสมของกรดไขมันดังกล่าวยังมีปริมาณต่ำกว่าที่พบในปูจากธรรมชาติ จากการศึกษาแล้วยังพบว่าปูม้าเหมือนกับสัตว์ทะเลชนิดอื่น ๆ คือการสังเคราะห์กรด

ไขมันที่มีห่วงโซ่ยาว ชนิด 20 หรือ 22 คาร์บอนต่ออะตอม จาก 18 คาร์บอนต่ออะตอมมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าชนิดไขมันที่มีองค์ประกอบกรดไขมันมีห่วงโซ่ยาวมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปูม้า และกรดไขมันชนิด n-3 มีผลต่อการเจริญเติบโตมากกว่าชนิด n-6 ซึ่งพบมากในถั่วเหลือง

ระดับไขมันในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า

การทดลองหาระดับไขมันในอาหารที่เหมาะสม โดยเติมไขมันในอาหารตั้งแต่ 0-6% หรือมีไขมันในอาหารอยู่ระหว่าง 8.9-15.8% พบว่าระดับของไขมันมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าและแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไขมัน 6% หรือมีไขมันในอาหารสูงสุด (15.8%) มีการเจริญเติบโตตลอดจนความถี่ในการลอกคราบสูงที่สุด แต่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับกลุ่มทดลองที่ให้ไขมันในอาหาร 3 % หรือมีไขมันในอาหารที่ 12.55%

ระดับของไขมันในอาหารไม่มีผลต่อการสะสมของปริมาณไขมันในปูทดลอง แต่ระดับไขมันในอาหารมีผลต่อองค์ประกอบกรดไขมันในปูทดลอง ชนิดกรดไขมันที่พบเป็นส่วนประกอบหลักคือ 18:1n-9, 16:0, 18:2n-6, 20:5n-3 และ 22:6n-3 ปริมาณการสะสมกรดไขมันชนิด n-3 และ n-3 HUFA พบว่ามีปริมาณสูงสุดในปูม้าจากกลุ่มทดลองที่ให้อาหารมีระดับไขมันในอาหารสูงสุด

ความต้องการวิตามินในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของปูม้า

การทดลองระดับวิตามินรวมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และการลอกคราบของปูม้า อาหารทดลองมีระดับวิตามินรวมต่าง ๆ กัน 5 ระดับคือ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % ผลการทดลอง พบว่าวิตามินรวมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความถี่ของการลอกคราบเฉลี่ย ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งของการลอกคราบรวม พบว่าสูตรที่ 5 ซึ่งมีระดับวิตามินสูงสุดคือ 2% มีการลอกคราบที่ synchronized หรือลอกคราบพร้อมๆ กัน และมีความถี่ของการลอกคราบเฉลี่ยสูงสุดคือ 3-4 ครั้งต่อตัว นอกจากนี้ยังมีอัตรารอดตายสูงถึง 100% ส่วนสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้น มีการลอกคราบอยู่ระหว่าง 2-4 ครั้ง ซึ่งมีการแปรผันมากกว่า ดังนั้นจึงสรุปว่าวิตามินรวมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่มีผลต่อการลอกคราบที่ทำให้ปูลอกคราบพร้อมกัน ดังนั้นระดับวิตามินรวมที่เหมาะสมที่สุดจึงเป็น 2%

ความต้องการแร่ธาตุในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของปูม้า

การทดลองเรื่องระดับแร่ธาตุในอาหารต่อการเจริญเติบโต อาหารทดลองมีระดับแร่ธาตุรวมต่าง ๆ กัน 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 % เลี้ยงปูเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าระดับแร่ธาตุรวมในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่ม (%) อัตรารอดตาย และความถี่ของการลอกคราบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 ของการทดลอง ($P < 0.05$) ปูม้าที่ได้รับอาหารซึ่งขาดแร่ธาตุผสมมีอัตรารอดตายต่ำเนื่องจากลอกคราบไม่ออก สูตรที่ 5 ซึ่งมีระดับแร่ธาตุสูงสุดคือ 4% มีการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และความถี่ของการลอกคราบ ดีที่สุด จากการศึกษาทำให้ทราบว่าปูม้าต้องการแร่ธาตุรวมในอาหารเพื่อการลอกคราบ ซึ่งมีผลต่อเนื่องถึงการเจริญเติบโตและอัตรารอดตาย

กิจกรรมที่ 7 การเลี้ยงปูม้าในบ่อดิน

การศึกษาในกิจกรรมนี้เป็นการเริ่มต้นศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อาหารสำเร็จรูป (ควบคู่ไปกับการวิจัยและพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในกิจกรรมที่ 6) สำหรับเลี้ยงปูม้าโดยเฉพาะในบ่อดิน โดยดำเนินการทดลอง 4 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1 เป็นการเลี้ยงปูม้าในบ่อดินด้วยอาหารสำเร็จรูปโดยปล่อยลูกปูที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.0162 ± 0.0060 กรัม ความกว้างกระดองเฉลี่ย 0.52 ± 0.09 ซม. และความยาวกระดองเฉลี่ย 0.35 ± 0.05 ซม. ที่ความหนาแน่น 3.6 และ 7.2 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 5 เดือน ปรากฏว่า ปูที่เลี้ยงในความหนาแน่น 3.6 และ 7.2 ตัว/ตร.ม. มีน้ำหนักเฉลี่ย 85.41 ± 22.68 และ 84.57 ± 23.08 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ปูที่เลี้ยงในความหนาแน่น 7.2 ตัว/ตร.ม. มีความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยมากกว่าที่เลี้ยงในความหนาแน่น 3.6 ตัว/ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ขณะนั้นได้เกิดน้ำท่วมฉับพลันบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดข้างเคียงเนื่องจากมีคลื่นลูกใหญ่โถมเข้าฝั่ง การทดลองได้รับความเสียหายโดยปูเล็ดลอดออกจากบ่อ จึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

การทดลองครั้งที่ 2 เป็นการนำปูที่เลี้ยงในบ่อดินเป็นระยะเวลา 2 เดือน มาเลี้ยงเดี่ยวในกล่องโดยให้ปลาสดและอาหารสำเร็จรูปเป็นระยะเวลา 5 เดือน ปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดมีน้ำหนักเฉลี่ย (38.51 ± 14.61 กรัม) มากกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป (32.05 ± 10.60 กรัม) ตั้งแต่จับจากบ่อดินก่อนนำมาเลี้ยงในกล่อง และต่อเนื่องมาตลอดระยะเวลาที่เลี้ยงในกล่องโดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดมีน้ำหนักเฉลี่ย (85.85 ± 23.97 กรัม) ตลอดจนความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ย (9.59 ± 0.93 และ 4.69 ± 0.45 ซม. ตามลำดับ) มากกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป (น้ำหนักเฉลี่ย 59.33 ± 12.92 กรัม ความกว้างกระดองเฉลี่ย 8.41 ± 0.71 ซม. และความยาวกระดองเฉลี่ย 4.18 ± 0.36 ซม.) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปูในกล่องที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป ($46.00 \pm 2.29\%$) สูงกว่าที่เลี้ยงด้วยปลาสด ($15.33 \pm 1.76\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

การทดลองครั้งที่ 3 เป็นการเลี้ยงปูม้าในบ่อดินด้วยอาหารต่างชนิดที่ความหนาแน่น 6.8 ตัว/ตร.ม. หลังจากเลี้ยงเป็นระยะเวลา 3 เดือน สังเกตได้ว่าปูในบ่อทดลองเหลือจำนวนน้อย จึงได้เก็บเกี่ยวผลผลิตปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดมีน้ำหนักเฉลี่ย (73.94 ± 29.84 กรัม) มากกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป (66.62 ± 16.20 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดมีผลผลิตเฉลี่ยเพียง 26.74 ± 9.65 กก. และอัตราการรอดตายเฉลี่ย $2.97 \pm 0.34\%$ ในขณะที่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีผลผลิตเฉลี่ย 66.33 ± 0.55 กก. และมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย $8.30 \pm 0.24\%$ ผลผลิตและอัตราการรอดตายเฉลี่ยของปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

การทดลองครั้งที่ 4 เป็นการเลี้ยงปูม้าในบ่อดินด้วยอาหารต่างชนิดโดยปล่อยลูกปูที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.015 ± 0.007 กรัม ความกว้างกระดองเฉลี่ย 0.50 ± 0.09 ซม. และความยาวกระดองเฉลี่ย 0.32 ± 0.05 ซม. ในความหนาแน่น 4.7 ตัว/ตร.ม. หลังจาก 5 เดือน ปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดมีขนาดใหญ่กว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่อัตราการรอดตายเฉลี่ย (9.47 ± 0.37 และ $8.34 \pm 1.57\%$ สำหรับปูที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูป ตามลำดับ) และผลผลิตเฉลี่ยของปูทั้ง 2 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในการทดลองครั้งนี้ พบปูแสดงอาการป่วยและตายในเดือนที่ 3 ของการเลี้ยง เนื่องจากติดเชื้อ white spot syndrome virus (WSSV) และ yellow head virus (YHV) ซึ่งเป็นไวรัสชนิดเดียวกับที่

เป็นสาเหตุของโรคตัวแดงดวงขาวและโรคหัวเหลืองในกุ้งทะเล ตามลำดับ แต่อัตราการตายของปูม้าเนื่องจากไวรัสทั้ง 2 ชนิดไม่รุนแรงเช่นที่เกิดกับกุ้งทะเล

กิจกรรมที่ 8 การอบรมเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง

กิจกรรมนี้เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้จากการวิจัยให้แก่เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง โดยได้จัดการฝึกอบรมเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องในหลักสูตร “การเพาะเลี้ยงปูม้า” 1 รุ่น จำนวน 62 ราย เมื่อวันที่ 28-29 กรกฎาคม 2548 ณ ห้องประชุมศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร

Commercial Seed Production and Culture of Blue Swimming Crab
(*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758)

Varin Tanasomwang

Samutsakhon Coastal Fisheries Research and Development Center
 127 Mu 8, Tumbon Khok-Kham, Amphur Muang, Samutsakhon Province 74000, Thailand

Supis Thongrod

Coastal Aquatic Feed Research Institute
 41/14 Tumbon Bangphra, Amphur Sriracha, Chonburi Province 20110, Thailand

Lila Ruangpan

Chantaburi Coastal Fisheries Research and Development Center
 165 Mu 9, Tumbon Kaja, Amphur Muang, Chantaburi Province 22000, Thailand

Abstracts

The objectives of “Commercial Seed Production and Culture of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758)” Project were to develop technology of commercial seed production of blue swimming crab, develop artificial feed for commercial culture of blue swimming crab and develop technology of commercial culture of blue swimming crab as well as transferring the technologies and knowledges to the farmers. Performance of the project was divided into 8 activities.

Activity 1 Hatching of Blue Swimming Crab Eggs from Abdomen of Berried Females

Studies in this activity would find out the suitable method for transporting berried aprons of blue swimming crab from crab boiling plant located in Tumbon Bangkaew, Amphur Muang, Samutsongkhram Province to the hatchery of Samutsakhon Center and suitable conditions for hatching crab eggs. Crab eggs attached to the aprons would be injured or damaged as less as possible during transportation. Crab larvae hatched from the eggs would be strong and healthy since they were used as seed source for young crab production.

Transported Quantities of Berried Aprons of Blue Swimming Crab on the Hatching Rates

Transported quantities of berried aprons on the egg hatching rates were studied by performing 3 experiments. The results showed that the 4 kg of berried aprons transported in 35x50x27 cm styrofoam boxes containing 20 l of seawater gave the best average hatching rates (75.98 ± 11.79 and $76.16 \pm 11.17\%$ respectively in experiment 1 and 2) which differed significantly from those of 2, 3, 5, 6 and 7 kg quantities ($P < 0.05$)

Effects of Temperature during Transportation of Berried Aprons of Blue Swimming Crab on the Hatching Rates

Effects of temperature during transportation of berried aprons of crab on the hatching rates were investigated by performing 3 experiments. Experiment 1, the temperature of

berried aprons transporting water was 28.0°C for that without ice and 24.5°C for that with a piece of 1 kg of ice. The average hatching rates of brownish crab eggs from berried aprons that were transported without and with ice were respectively 71.52 ± 8.07 and $71.64 \pm 4.39\%$ which were not significant different ($P > 0.05$). Experiment 2, the temperature of berried aprons transporting water was 30.2°C for the case no ice and 24.8 and 21.0°C respectively for those with 1 and 2 pieces of ice. Brownish crab eggs from berried aprons that were transported by adding 2 pieces of ice gained the average hatching rate ($64.44 \pm 12.15\%$) which was not significant from that adding 1 piece of ice ($48.80 \pm 15.00\%$) ($P > 0.05$). Both hatching rates were significantly higher than that without ice ($13.29 \pm 5.10\%$) ($P < 0.05$). Experiment 3, the temperature of berried aprons transporting water was 27.0°C for the case without ice and 21.2 and 18.3°C for those with 1 and 2 pieces of ice, respectively. The average hatching rates of yellowish crab eggs from berried aprons transported by having no ice and putting 1 and 2 pieces of ice were 40.20 ± 15.08 , 40.95 ± 18.54 and $57.19 \pm 9.45\%$, respectively. These hatching rates had no significant differences ($P > 0.05$).

Effects of Bathing Berried Aprons of Blue Swimming Crab in Povidone Iodine Solution before Transportation on the Hatching Rates

Effects of bathing berried aprons of crab in povidone iodine (PI) solution before transportation on the egg hatching rates were investigated by performing 3 experiments. Experiment 1 and 2, the average hatching rates of brownish and yellowish crab eggs from berried aprons bathed in 200 ppm PI for 10 min before transportation were insignificantly higher than those from untreated berried aprons and bathed in 100 ppm PI ($P > 0.05$). Experiment 3, the average hatching rate of brownish crab eggs from berried aprons bathed in 200 ppm PI ($62.16 \pm 8.76\%$) was significantly higher than those of untreated berried aprons ($48.78 \pm 0.99\%$) and bathed in 100 ppm PI ($P < 0.05$).

Effects of Water Salinities on the Hatching Rates of Eggs from Berried Aprons of Blue Swimming Crab

Two experiments that delved into the effects of water salinities on the hatching rates of brownish crab eggs from berried aprons were carried out. Experiment 1, the average hatching rate of crab eggs incubated in 35 ppt seawater ($66.84 \pm 3.93\%$) was insignificantly higher than that in 30 ppt seawater ($58.31 \pm 14.20\%$) ($P > 0.05$). Both hatching rates were significantly higher than that incubated in 25 ppt seawater ($31.30 \pm 3.50\%$) ($P < 0.05$). Experiment 2, the average hatching rate of crab eggs in 30 ppt seawater ($79.56 \pm 26.31\%$) was insignificantly higher than that in 27 ppt ($69.23 \pm 5.56\%$) ($P > 0.05$), but significantly higher than that in 25 ppt seawater ($39.66 \pm 19.87\%$) ($P < 0.05$).

Effects of Water pH on the Hatching Rates of Eggs from Berried Aprons of Blue Swimming Crab

Effects of water pH on the hatching rates of crab eggs from berried aprons were studied by performing 3 experiments. Experiment 1, the average hatching rates of brownish

crab eggs incubated in pH 7.5 ($69.70 \pm 3.80\%$) and 8.0 ($68.76 \pm 10.04\%$) of water were not significant different ($P > 0.05$). Those hatching rates were significantly higher than that incubated in pH 8.5 ($45.94 \pm 19.29\%$) of water ($P < 0.05$). Experiment 2, yellowish crab eggs incubated in pH 8.0 of water gained the average hatching of $70.57 \pm 13.25\%$ which was significantly higher than those incubated in pH 7.5 ($37.21 \pm 14.05\%$) and in pH 8.5 ($49.09 \pm 7.92\%$) of water ($P < 0.05$). Experiment 3, brownish crab eggs incubated in pH 7.5, 8.0, 8.5 and 9.0 of water provided the average hatching rates of 34.59 ± 4.79 , 43.15 ± 10.05 , 36.97 ± 2.61 and $48.46 \pm 5.40\%$, respectively. These hatching rates had no significant differences ($P > 0.05$).

Effects of Water Alkalinity on the Hatching Rates of Eggs from Berried Aprons of Blue Swimming Crab

Three experiments that delved into the effects of water alkalinity on the hatching rates of crab eggs from berried aprons were performed. Experiment 1 and 3, the brownish and yellowish crab eggs that incubated in 200 mg/l alkalinity of water provided the average hatching rates which was insignificantly higher than that in 150 mg/l alkalinity of water ($P > 0.05$), but significantly higher than that in 100 mg/l alkalinity of water ($P < 0.05$). Experiment 2, the average hatching rates of yellowish crab eggs incubated in 100, 150 and 200 mg/l alkalinity of water had no significant differences ($P > 0.05$).

Incubation Quantities of Blue Swimming Crab Eggs from Berried Aprons on the Hatching Rates

Incubation quantities of crab eggs from berried aprons on the hatching rates were investigated by performing 4 experiments. Experiment 1, the average hatching rates of brownish crab eggs incubated in quantities of 4 and 5 g/l of seawater were not significant different ($P > 0.05$). Both hatching rates were significantly higher than that incubated in quantity of 6 g/l of seawater ($P < 0.05$). Yellowish crab eggs in quantities of 4, 5 and 6 g/l in experiment 2 while those of 5, 6, 7 and 8 g/l in experiment 3 as well as those of 8, 9 and 10 g/l of seawater in experiment 4 were incubated. The hatching rates of yellowish crab eggs incubated at different quantities had no significant differences in each experiment ($P > 0.05$).

Hatching of Grey-Blackish Eggs from Berried Aprons of Blue Swimming Crab

This study was an effort to find out method for hatching of grey-blackish crab eggs from berried aprons. The average hatching rate of grey-blackish eggs removed from the berried aprons and incubated in seawater by the same technique as of brownish and yellowish crab eggs was only 5.15%. The grey-blackish crab eggs that incubated the whole berried aprons in water column provided the hatching rates of 10.11-19.36%

Activity 2 Rearing of Blue Swimming Crab Larvae

Studies in this activity were carried out to develop technique for rearing blue swimming crab from newly hatched larvae in zoea I to young crab stages (6-7 days after metamorphosed into crab stage).

Effects of Feeds on the Survival Rates and Growth of Blue Swimming Crab Larvae

Investigation on the effects of feeds on the survival rates and growth of crab larvae was divided into 2 periods, zoea I to zoea IV and zoea IV to young crab stages.

Experimentation with crab from zoea I to zoea IV stages was performed 3 times. Experiment 1, crab larvae fed *Chaetoceros* and rotifers (*Brachionus plicatilis*) for 2 days prior with *Artemia* nauplii gained the average survival rate ($27.84 \pm 5.93\%$) and size which were significantly higher and bigger than those fed *Chaetoceros* and rotifers for 4 and 6 days prior with *Artemia* nauplii ($P < 0.05$). Experiment 2, the average survival rates of crab larvae given *Chaetoceros* and rotifers for 2 days prior with *Artemia* nauplii by those without ($52.65 \pm 6.86\%$) and those supplemented with fermented ami-ami ($54.23 \pm 5.97\%$) or boiled egg yolks ($55.82 \pm 3.90\%$) were not significant different ($P > 0.05$). Experiment 3, the average survival rates and sizes of crab larvae fed *Chaetoceros* and rotifers for 1 and 3 days before being fed *Artemia* nauplii and *Chaetoceros* had no significant difference ($P > 0.05$). The crab larvae in both treatments provided the average survival rates (45.57 ± 7.75 and $37.78 \pm 2.92\%$, respectively) and sizes which were significantly higher and bigger as compared with those fed *Chaetoceros* and rotifers for 5 days before being fed *Artemia* nauplii and *Chaetoceros* ($17.31 \pm 4.23\%$) ($P < 0.05$). Experiment 4, crab larvae fed *Chlorella* and rotifers for 1, 3 and 5 days prior with *Artemia* nauplii yielded the average survival rates of 68.22 ± 12.06 , 60.10 ± 7.51 and $53.73 \pm 9.66\%$, respectively which were not significant different ($P > 0.05$). However, average sizes of crab larvae in treatments 1 and 2 were significantly bigger than those in treatment 3 ($P < 0.05$). Experiment 5, crab larvae fed *Chlorella* and rotifers for 1 day prior with *Artemia* nauplii obtained the highest average survival rate of **$76.65 \pm 1.67\%$** . However, their average survival rate and size were not significantly higher and bigger than those fed *Chaetoceros* and rotifers for 1 day prior with *Artemia* nauplii and those fed the same zooplankton scheme but no phytoplankton ($P > 0.05$).

Experimentation with crab from zoea IV to young crab stages was performed 4 times. Experiment 1, young crabs fed *Artemia* juveniles and adults produced the average survival rate ($41.38 \pm 6.45\%$) and size by carapace width (3.98 ± 0.27 mm) which were not significantly higher and bigger than those fed *Artemia* juveniles and gradually changed to egg custard ($33.22 \pm 4.66\%$ and 3.91 ± 0.17 mm, respectively) ($P > 0.05$). Their average survival rates and sizes by those 2 feeding schemes were significantly higher and bigger than those fed *Artemia* juveniles and gradually changed to water flea (*Moina macrocopa*) ($21.42 \pm 4.88\%$ and 3.34 ± 0.44 mm, respectively) ($P < 0.05$). Experiment 2, the average survival rate of young crabs fed *Artemia* juveniles and adults ($28.29 \pm 2.14\%$) was significantly higher as compared with those fed *Artemia* juveniles and gradually changed to minced fish ($20.35 \pm 4.21\%$) and

gradually changed to chopped green mussels ($16.51 \pm 1.67\%$) ($P < 0.05$). Average sizes of young crabs fed only *Artemia* and those fed *Artemia* and gradually changed to minced fish were significantly bigger than those fed *Artemia* and gradually changed to chopped green mussels ($P < 0.05$).

Effects of Water Salinities on the Survival Rates and Growth of Blue Swimming Crab Larvae

Study on the effects of water salinities on the survival rates and growth of crab larvae was divided into 2 periods, zoea I to zoea IV and zoea IV to young crab stages.

Experimentation with crab from zoea I to zoea IV stages was performed 3 times. Experiment 1, the average survival rates of crab larvae reared in water at salinities of 25 and 30 ppt (57.71 ± 2.83 and $52.38 \pm 4.76\%$, respectively) were significantly higher than those in water at 35 ppt ($37.17 \pm 5.78\%$) ($P < 0.05$). Size of crab larvae reared in 25 ppt water was obviously bigger than those in 30 and 35 ppt water. Experiment 2, crab larvae reared in water at 30 ppt then decreased to 27, 25 and 23 ppt in treatment 1, 2 and 3 yielded the average survival rates of 48.88 ± 5.14 , 62.54 ± 11.90 and $60.31 \pm 3.77\%$, respectively. Those survival rates were not significant different ($P > 0.05$). Experiment 3, the average survival rate of crab larvae reared in water at 30 ppt then decreased to 27, 25 and 23 ppt ($47.77 \pm 6.90\%$) was not significant different from those reared in water at 30 ppt then decreased to 27, 24 and 20 ppt ($46.74 \pm 1.93\%$) ($P > 0.05$). Growth of crab larvae from each treatment of experiment 2 and 3 was in accordance to their survival rates.

Experimentation with crab from zoea IV to young crab stages was performed 4 times. Experiment 1, the average survival rates of crabs reared in water at 23 and 25 ppt (25.33 ± 5.61 and $21.44 \pm 1.22\%$, respectively) were significantly higher than that in 27 ppt water ($P < 0.05$). Experiment 2, crabs reared in water at 27, 25 and 23 ppt and respectively decreased to 25, 23 and 20 ppt produced the average survival rates of 29.69 ± 2.68 , 28.92 ± 1.27 and $28.86 \pm 1.17\%$. Those survival rates were not significant different ($P > 0.05$). Experiment 3, the average survival rate of crabs continuously reared in 23 ppt water ($36.28 \pm 4.62\%$), in water at 23 ppt then decreased to 20 ppt ($35.60 \pm 0.87\%$) and in water at 23 ppt then decreased to 20 and 17 ppt ($39.16 \pm 2.47\%$) were not significant different ($P > 0.05$). Crabs continuously reared in 23 ppt water and those in water at 23 ppt then decreased to 20 ppt grew significantly faster in term of weight as well as carapace width and length than those reared in water at 23 ppt then decreased to 20 and 17 ppt ($P < 0.05$). Experiment 4, crabs reared in water at 20 ppt then decreased to 17 ppt provided the average survival rate ($27.8 \pm 2.48\%$) and size which were significantly higher and bigger than those reared in water at 17 ppt decreased to 14 ppt ($13.00 \pm 1.24\%$) and those in water at 17 ppt then decreased to 14 and 11 ppt ($11.63 \pm 3.49\%$) ($P < 0.05$).

Effects of Stocking Densities on the Survival Rates and Growth of Blue Swimming Crab Larvae

Effects of stocking densities on the survival rates and growth of crab larvae from zoea I to zoea IV and from zoea IV to young crab stages were investigated by performing 2 experiments.

Experiment 1, rearing of crab from zoea I-zoea IV stages at three stock densities of 50,000, 100,000 and 150,000 individuals/m³ yielded survival rates of 64.82 ± 4.84 , 51.50 ± 1.32 and $22.93 \pm 6.35\%$, respectively. The average survival rates of crab larvae at the three densities were significant differences ($P < 0.05$). Average size by carapace width of crab larvae at stock density of 50,000 individuals/m³ was significantly bigger than those at 100,000 and 150,000 individuals/m³ ($P < 0.05$). In the part of rearing zoea IV to young crab stages at 10,000, 20,000 and 30,000 individuals/m³ produced the survival rates of 55.50 ± 7.13 , 24.73 ± 1.35 and $24.28 \pm 1.20\%$, respectively. The average survival rate and size of young crabs at the stock density of 10,000 individuals/m³ was significantly higher and bigger, respectively as compared with those at 20,000 and 30,000 individuals/m³ ($P < 0.05$).

Experiment 2, rearing of crab from zoea I to zoea IV stages at stock density of 70,000 individuals/m³ provided the average survival rate of $70.78 \pm 4.96\%$ which was significantly higher than those at 100,000 individuals/m³ ($59.63 \pm 2.59\%$) and 130,000 individuals/m³ ($52.14 \pm 4.07\%$) ($P < 0.05$). Average sizes of crab larvae at those densities were not significant different ($P > 0.05$). Rearing of crab from zoea IV to young crab stages at density of 20,000 individuals/m³ gained the average survival rate ($28.17 \pm 4.31\%$) which was significant different from those at 25,000 individuals/m³ ($21.48 \pm 2.09\%$) and 30,000 individuals/m³ ($13.81 \pm 0.57\%$) ($P < 0.05$). The average survival rate of young crabs at stock density of 25,000 individuals/m³ was significantly higher than those at 30,000 individuals/m³ ($P < 0.05$). Average sizes of young crabs at the three densities had no significant differences ($P > 0.05$).

Effects of Water pH on the Survival Rates and Growth of Blue Swimming Crab Larvae

Study on effects of water pH on the survival rates and growth of crab larvae from was divided into 2 periods, zoea I to zoea IV and zoea IV to young crab stages.

Experimentation with crab from zoea I to zoea IV stages was conducted. Crab larvae reared in pH 8.5 of water produced the average survival rate ($71.66 \pm 2.09\%$) and size which were significantly higher and bigger than those in pH 8.0 and 9.0 of water ($P < 0.05$).

Experimentation with crabs from zoea IV to young crab stages was carried out. The average survival rate of crabs reared in pH 8.5 of water ($25.13 \pm 4.00\%$) was not significantly higher than those in pH 8.0 ($23.64 \pm 2.96\%$) ($P > 0.05$), but significantly higher than those in pH 9.0 ($11.20 \pm 1.43\%$) of water ($P < 0.05$). Besides, crabs reared in pH 8.0 and 8.5 of water gained average weights more than those in pH 9.0 of water while crabs in pH 8.5 and 9.0 of water obtained sizes by average carapace width more than those in pH 8.0 of water significantly ($P < 0.05$).

Effects of Water Alkalinity on the Survival Rates and Growth of Blue Swimming Crab Larvae

Study on the effects of water alkalinity on the survival rates and growth of crab larvae was divided into 2 periods, zoea I to zoea IV and zoea IV to young crab stages.

Experimentation with crab from zoea I to zoea IV stages was carried out. The average survival rate of crab larvae reared in 150 mg/l alkalinity of water ($72.99 \pm 7.12\%$) was significantly higher than those in 100 mg/l ($51.62 \pm 3.40\%$) and 200 mg/l ($50.36 \pm 2.67\%$) alkalinity of water ($P < 0.05$). Otherwise, average size of crab larvae reared in 150 mg/l alkalinity of water was significantly ($P < 0.05$) and insignificantly ($P > 0.05$) bigger as compared with those in 100 and 200 alkalinity of water, respectively.

Experimentation with crab from zoea IV to young crab stages was performed. The average survival rate of crabs reared in 200 mg/l of water ($20.31 \pm 4.81\%$) was significantly higher than those in 100 mg/l ($4.65 \pm 1.68\%$) and 150 mg/l ($7.83 \pm 1.47\%$) alkalinity of water ($P < 0.05$). Average sizes of crabs in such levels of alkalinity were not significant different ($P > 0.05$).

Effects of Shelters on the Survival Rates and Growth of Blue Swimming Crab Larvae

Study on the effects of shelters on the survival rates and growth of crab reared from zoea IV to young crab stages was carried out. Different types of shelter were provided to the crabs when they metamorphosed into megalopa stage. Average survival rate as young crabs in tanks with artificial seaweeds made of nylon and polyvinyl ropes was $31.52 \pm 0.95\%$. Such survival rate significantly differed from those with artificial seaweeds made of plastic shield membrane ($23.60 \pm 0.58\%$) and sand trays ($14.24 \pm 2.14\%$) ($P < 0.05$). No significant differences in the average sizes among crabs provided with different types of shelter were achieved ($P > 0.05$).

Cost of Production of Blue Swimming Crab Seeds

Cost of production of crab seeds was evaluated by collecting expense data in seed production for 3 crops. Each crop was produced in 8 m^3 in size of 9 concrete ponds for a period of 19 days. Sizes by carapace width of young crabs in the production were in the range of 0.3-0.7 cm. Costs of production of such young crabs were nearly for all crops which were 0.21-0.22 baht/individual.

Activity 3 Feeding Trial Blue Swimming Crab from Megalopa Stage until to Young Crab with Custards

Feeding trial was conducted by feeding blue swimming crab from megalopa stage until metamorphose to young crab with 4 difference protein sources in egg custard and frozen biomass artemia. The highest growth of young crab was obtained from the group fed with frozen biomass artemia. This was due to the fastest sinking and in combination with the low water stability of custard feed which resulted to the less nutrient consumptions of larvae. However, the survival rate of young crab was highest in the group fed with egg custard containing mix protein. Therefore, egg custard could be used together with frozen biomass artemia to improve for both growth and survival of young crab. However, pond management should be concerned in order to maintain the proper water quality.

Activity 4 Production of Zooplanktons as Feeds for Blue Swimming Crab Larvae

Purpose of studies in this activity would find out the suitable methods for production of zooplanktons which used as feeds for crab larvae. The studies emphasized on rotifer (*Brachionus plicatilis*) and water flea (*Moina macrocopa*) productions. These zooplanktons were given *Chlorella* as main feed and supplemented feeds. Sufficient quantities and suitable nutrients of zooplanktons used as feeds in rearing crab larvae would provide higher survival rates.

Production and Nutrition of Rotifers (*Brachionus plicatilis*) Fed *Chlorella* spp. and Supplemented Feeds

Production and nutrition of rotifers fed *Chlorella* spp. and supplemented feeds were investigated by performing 3 experiments. Experiment 1, marine *Chlorella* cultured by using starter from the laboratory while experiment 2 and 3, brackishwater *Chlorella* cultured by using starter from natural stocks were supplied as main feeds for rotifers.

Experiment 1, initial 10 g of rotifers were fed marine *Chlorella* without and with fish-fermented water and ami-ami (fresh). Average production of rotifers in each treatment at the end of the experiment respectively was 49.86 ± 6.12 , 61.55 ± 9.56 and 59.50 ± 8.64 g which had no significant differences ($P > 0.05$). Nutritionally, rotifers fed *Chlorella* supplemented with ami-ami (fresh) gained the highest protein level of 68.46% dry weight followed by those fed *Chlorella* without and with fish-fermented water which constituted of 56.56 and 50.51% dry weight. On the other hand, rotifers fed *Chlorella* supplemented with fish-fermented water produced the highest level of fat at 12.02% dry weight followed by those fed *Chlorella* without and with ami-ami (fresh) at 10.34 and 8.92% dry weight. Rotifers fed *Chlorella* without and with fish-fermented water and ami-ami (fresh) comprised total n-3 group of fatty acid at 21.56, 14.47 and 10.34% area, n-3 HUFA group at 8.45, 5.73 and 6.02% area and total n-6 group at 22.09, 15.46 and 16.18% area, respectively.

Experiment 2, initial 10 g of rotifers were fed brackishwater *Chlorella* without and with fermented ami-ami at 50, 100 and 200 ml/time/day. At the end of experiment, average production of rotifers in each treatment was 45.62 ± 17.28 , 67.78 ± 2.32 , 80.51 ± 22.88 and 57.83 ± 3.16 g, respectively. The production of rotifers fed *Chlorella* supplemented with 100 ml/time/day of fermented ami-ami was not significantly higher than those given the same feed adding 50 and 200 ml/time/day of fermented ami-ami ($P < 0.05$), but was significantly higher than those fed only *Chlorella* ($P < 0.05$). Protein, fat and ash levels of rotifers among the treatments were in the range of 60.48-65.03, 8.35-14.90 and 14.93-18.12% dry weight, respectively. Rotifers fed *Chlorella* supplemented with fermented ami-ami at 100 ml/time/day gave the greatest amount of n-3 group of fat (23.68% area). On the other hand, rotifers given *Chlorella* supplemented with 200 ml/time/day produced the greatest amount of n-3 HUFA group (11.43% area) and those fed only brackishwater *Chlorella* gained the greatest amount of n-6 group of fatty acid (24.27% area).

Experiment 3, initial 10 g of rotifers were fed brackishwater *Chlorella* without and with shrimp head-protein extract at 10, 20 and 30 ml/time/day. Average production of rotifers in each

treatment at the end of the experiment respectively was 38.06 ± 2.98 , 42.88 ± 3.61 , 38.68 ± 3.98 and 41.44 ± 2.48 g which were not significant different ($P > 0.05$). Protein, fat and ash of rotifers among the treatments were almost in the same levels by which protein was in the range of 61.68-64.35%, fat 11.84-17.02% and ash 6.17-7.70% dry weight. Rotifers fed *Chlorella* supplemented with 10 ml/time/day of shrimp-head protein extract comprised the greatest amounts of n-3, n-3 HUFA and n-6 of fatty acid at 18.83, 12.54 and 21.55% area, respectively.

Cost of Production of Rotifers (*Brachionus plicatilis*)

Cost of production of rotifers was evaluated by collection expense data in rotifer production for 2 crops. Each crop was produced in 12.6 m^3 in size of 4 concrete ponds. The production of rotifers harvested from each pond in crop 1 were 1,200, 1,150, 1,260 and 1,270 g while crop 2 were 1,160, 1,280, 1,050 and 1,240 g. Average production of rotifers from 2 crops was 1,201.25 g or 1.2 kg/pond. Cost of the production was 349.44 bath/kg.

Production and Nutrition of Water flea (*Moina macrocopa*) Fed *Chlorella* sp. and Supplemented Feeds

Production and nutrition of water flea fed *Chlorella* sp. and supplemented feeds were studied by performing 2 experiments.

Experiment 1, initial 10 g of water flea were fed freshwater *Chlorella* without and with fermented am-ami at 50, 100 and 150 ml/time/day. At the end of experiment, water flea fed only *Chlorella* gained the average production of 161.88 ± 6.20 g which was insignificantly higher than those given *Chlorella* and fermented ami-ami at 50 and 150 ml/time/day ($P > 0.05$), but significantly higher than those fed *Chlorella* and fermented ami-ami at 100 ml/time/day ($P < 0.05$). Nutritionally, protein, fat and ash levels of water flea among the treatments were in the range of 71.29-73.00, 3.99-5.77 and 7.82-9.89% dry weight, respectively. Water flea fed *Chlorella* and fermented ami-ami at 50 ml/time/day comprised the greatest amount of n-3 (11.31% area). No n-3 HUFA was found in water flea in all treatments. Water flea fed *Chlorella* and fermented ami-ami at 100 ml/time/day constituted of the greatest amount of n-6 (19.11% area). Otherwise, water flea fed *Chlorella* without and with fermented ami-ami at 150 ml/time/day produced saturated fatty acid (51.53 and 51.00% area, respectively) in greater amounts than those fed *Chlorella* and fermented ami-ami at 50 and 100 ml/time/day (48.77 and 48.95% area, respectively).

Experiment 2, initial 10 g of water flea were fed freshwater *Chlorella* without and with fermented rice bran at 10, 20 and 30 ml/time/day. At the end of the experiment, the average productions of water flea given *Chlorella* without (92.77 ± 12.84 g) and with fermented rice bran at 10 ml/time/day (103.23 ± 10.88 g) and 20 ml/time/day (107.76 ± 11.63 g) were not significant different ($P > 0.05$). However, water flea with these feeding schemes gave the average productions which were significantly greater than those fed *Chlorella* and fermented rice bran at 30 ml/time/day (17.86 ± 6.43 g) ($P < 0.05$). Nutrition of water flea in each treatment were almost in the same levels by which protein was in the range of 66.04-68.39%, fat 5.53-6.75% and ash 10.00-11.89% dry weight. Water flea in all treatments had the same

fatty acid composition and nearly quantities by which comprised n-3 group at 25.17-26.91% area, n-3 HUFA group at 0.26-0.35% area, n-6 group at 14.98-15.57% area and saturated fatty acid at 25.28-27.60% area.

Cost of Production of Water Flea (*Moina macrocopa*)

Cost of production of water flea was evaluated by collection expense data in water flea production for 2 crops. Each crop was produced in 12.6 m³ in size of 4 concrete ponds. The production of water flea harvested from each pond in crop 1 were 2.2, 2.6, 2.7 and 2.5 kg while crop 2 were 2.6, 2.4, 2.8 and 2.2 kg. Average production of water flea from 2 crops was 2.5 kg/pond and cost of the production was 206.49 bath/kg.

Activity 5 Prevention and Control of Diseases in Blue Swimming Crab

Research experiments aimed to prevention and control infectious diseases caused by bacteria and fungi in mass production of zoea 1 to megalopa stage of blue swimming crab. The experiments were carried on 3 steps, including observation of the bacterial number and fungal pathogens in different crops of nursing swimming crab by giving different living organisms as feeds.

The results showed that total and vibrio bacteria in nursing ponds were ranged from 3.0×10^3 - 2.2×10^4 cfu/ml and 3.0×10 - 3.0×10^2 cfu/ml, respectively. Those level of bacterial number did not cause any mortality to larval crab. However, living organisms can play important role as vector in contamination of bacteria to the nursing ponds. Dominant bacterial group found in nursing ponds are *Vibrio* spp. identified which are as *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus*. Antibiotics that can be used for growth inhibition of these bacteria are Oxolinic acid and Oxytetracycline. The fungal organisms which can be isolated from nursing ponds are *Lagenidium* sp. and other 2 species of marine fungi. Safety concentration of Trifluralin, a chemical for control fungi, is 0.5 ppm which 10 fold higher than the concentration of Trifluralin commonly used for control fungal pathogens in aquatic animals in hatcheries.

Activity 6 Feed Development for Blue Swimming Crab

Preliminary was to clarify the chemical composition of crab eggs at several stages, newly hatched larvae, megalopa stage and young crab. Then feed was formulated based on those chemical compositions. A feeding trial was conducted to observe the acceptability of custard egg by megalopa stage

Six feeding trials were conducted to clarify the nutrients requirement by swimming crab; namely source of protein, optimum protein level in feed, type of lipid, lipid level, optimum level of vitamin mixture and mineral mixture.

Chemical Compositions of Crab Eggs, Newly Hatched Larvae, Megalopa Stages and Young Crab

Result showed that eggs of blue swimming crab contained high content of both protein (57.5-63.7% dry matter) and lipid (13.4-19.3% dry matter). Therefore, they were found to decrease during development stage, in newly hatched larvae and young crab. Fatty acids profile in all development stages of crab eggs was similar. The main components were 16:0, 18:1n-9, 22:6n-3, 20:5n-3 and 20:4n-6. It was found the accumulation of n-3 (20:5n-3) and n-6 (20:4n-6) fatty acids in newly hatched larvae. This indicated the preferably for both fatty acids of crab larvae. While both fatty acids were found to decrease in megalopa stage, this was due to the influence of fatty acids in feed.

Protein Sources in Feed for Growth and Survival of Blue Swimming Crab

Young crabs were fed with four formulated feeds, containing different protein sources, and commercial shrimp feed for 4 weeks. Young crabs fed with commercial shrimp feed obtained the highest growth and survival rate and significantly different to those fed formulated feeds ($P < 0.05$). Moreover, result showed that crab fed with feed containing fishmeal or squid meal in combination with soybean meal, obtained the lower growth than those feeds containing green mussel meal or mix protein sources.

Optimum Protein Level in Feed for Growth of Blue Swimming Crab

Young crabs were fed with four formulated feeds, developed from shrimp feed formula, containing 4 different protein levels from 28-46% for 4 weeks. Their growth and survival were compared with those fed with commercial shrimp feed. Results showed that young crab fed with 42% protein feed obtained the highest growth but not significant different to the group fed with 34% protein feed. Moreover, the lowest growth of crab was obtained from the group fed with commercial shrimp feed.

Effect of Lipid Sources on Growth and Survival of Blue Swimming Crab

Five formulated feeds containing different lipid sources namely, palm oil, fish oil, soybean oil, palm oil and fish oil, and soybean oil and fish oil. Those feeds were fed to young crabs for 12 weeks. Results showed that the highest growth of crabs obtained from the group fed with fish oil following with soybean oil and mixed oil between soybean and fish oil. While those groups fed with feed containing palm oil showed poor growth. Lipid sources effected to the different fatty acid profiles in feed as well as in experimental crabs. Crab fed with fish oil contained higher level of n-3 fatty acids, n-3 HUFA than other group. However, the accumulation of these fatty acids in experimental crabs was still lower than those found in wild crab meat. It was also found that crab likes other marine animals that have low efficiency in elongate and desaturate shorter chain fatty acids (18°C) to longer chain fatty acids (20°C and 22°C). Therefore, lipid containing longer chain fatty acids, especially n-3 fatty acids, is required for better growth of swimming crab.

Effect of Vitamin Premix on Growth and Survival of Blue Swimming Crab

The feeding trial was conducted to examine the effect of dietary vitamin mixed on growth performance of young crabs for 8 weeks. The experimental diets were proposed with

vitamin mixture supplemented in basal diet at the levels of 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 %. Growth performance as well as survival of young crabs were not significant difference ($P>0.05$). During 8 weeks feeding, crabs from each diet were molted in the range of 1 to 5 times per crab with the average molting frequency was in the range of 2.50-3.00 times/crab and were not significantly different among diets ($P>0.05$). The total molting frequency of crabs, however, was more synchronized in diet containing high vitamin in feed which showing the highest average molting frequency (3 times) and the best growth. From overall results led to indication that vitamin mixed has no effect on growth of young crabs but play a role in frequency and synchronized of molting, accordingly the suitable level of dietary vitamin mixed is 2%.

Five formulated feeds were prepared to contain 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 % of vitamin mixture in feed. After 8 weeks feeding, results showed that vitamins levels in feed had no effect on growth, survival and molting frequency of crab. However, the highest molting frequency as well as of crab was highest from the group fed diet containing the highest vitamin level. During 8 weeks feeding, crabs from each diet were molted in the range of 1 to 5 times per crab with the average molting frequency was in the range of 2.50-3.00 times/crab and were not significantly different among diets ($P>0.05$). The total molting frequency of crabs, however, was more synchronized in diet containing high vitamin in feed which showing the highest average molting frequency (3 times) and the best growth. From overall results led to indication that vitamin mixed has no effect on growth of young crabs but play a role in frequency and synchronized of molting, accordingly the suitable level of dietary vitamin mixed is 2%.

Effect of Mineral Premix on Growth of Blue Swimming Crab

Effect of dietary mineral mixture on growth performance, survival and molting frequency was evaluated in young crabs in the rearing system for 10 weeks. Mineral premix was supplemented in basal diet at the levels of 0, 1, 2, 3 and 4 %. Results showed that level of mineral mixture in feed was significantly effected growth, survival rate and molting frequency of young crabs from week 9 onward ($P<0.05$). It is evidenced that low inclusion level of mineral mixture in feed lead to high mortality of young crabs because of molting failure. The highest performance of crab including growth, survival and molting frequency were obtained from the highest inclusion level of mineral mixture. Results indicated the role of mineral in young crabs for molting success, molting frequency consequently growth and survival rate. Therefore, we can conclude that the best level of dietary mineral mixed for young crab is 4%.

Activity 7 Culture of Blue Swimming Crab in Earthen Ponds

Studies in this activity was preliminary investigation in the feasibility of using artificial feed for culture blue swimming crab (parallel to the research and development of artificial feeds in activity 6) especially in the earthen ponds. The studies were conducted by 4 experiments.

Experiment 1, young crabs with average weight of 0.0162 ± 0.0060 g as well as average carapace width and length of 0.52 ± 0.09 and 0.35 ± 0.5 cm, respectively were stocked in the earthen ponds at densities of 3.6 and 7.2 individuals/m². Crabs in both treatments were fed artificial feed. After 5 months, crabs at the densities of 3.6 and 7.2 individuals/m² gained average weights of 85.41 ± 22.68 and 84.57 ± 23.08 g, respectively which were not significant different ($P > 0.05$). Average size of crabs by carapace width and length at 7.2 individuals/m² was significantly greater than those stocked at 3.6 individuals/m² ($P < 0.05$). In the time, there was flooding in Samutsakhon and nearby Provinces due to big wave blowing to shore. The experiment was affected since crabs lost in the flood. No production of crabs was recorded.

Experiment 2, 2-months-pond cultured crabs were taken and reared individually in boxes. Crabs in boxes were fed fresh fish and artificial feed for 5 months according to feeds given to them in ponds. Average weight of crabs fed fresh fish (38.50 ± 14.61 g) was significantly greater than those given artificial feed (32.05 ± 10.60 g) since taken from the ponds to stock in boxes. This situation remained throughout a period of culturing crabs in boxes. At the end of the experiment, crabs fed fresh fish gained average weight (85.85 ± 23.97 g) as well as carapace width and length (9.59 ± 0.93 and 4.69 ± 0.45 cm, respectively) which were significantly greater than those fed artificial feed (59.33 ± 12.92 g for average weight, 8.41 ± 0.71 and 4.18 ± 0.36 cm, respectively for average carapace width and length) ($P < 0.05$). However, the average survival rate of crabs given artificial feed ($46.00 \pm 2.29\%$) was significantly higher as compared with those fed fresh fish ($15.33 \pm 1.76\%$) ($P < 0.05$).

Experiment 3, crabs stocked in earthen ponds at density of 6.8 individuals/m² were fed different kinds of feed. After rearing for 3 months, It was noticed that the numbers of crab in ponds were less. Therefore, crabs in the ponds were harvested. Average weight of crabs fed fresh fish (73.94 ± 29.84 g) was significantly more than those given artificial feed (66.62 ± 16.20 g) ($P < 0.05$). Crab fed fresh fish provided average production of 26.74 ± 9.65 kg and the survival rate of $2.97 \pm 0.34\%$. Average production of 66.33 ± 0.55 kg and the survival rate of $8.30 \pm 0.24\%$ were obtained from those given artificial feed. There were significant different in the productions and survival rates of crabs given fresh fish and artificial feed ($P < 0.05$).

Experiment 4, young crabs with average weight of 0.05 ± 0.007 g as well as average carapace width and length of 0.50 ± 0.09 and 0.32 ± 0.05 cm, respectively were stocked in earthen ponds at density of 4.7 individuals/m². Crabs were fed different kinds of feed. After 5 months, average size of crabs fed fresh fish was significantly bigger than those given artificial feed ($P < 0.05$). However, the average survival rates ($9.47 \pm 0.37\%$ for those fed fresh fish and $8.34 \pm 1.57\%$ for those given artificial feed) and productions of crabs in both treatments were not significant different ($P > 0.05$). In this experiment, crabs were found to be sick and dead after rearing for 3 months since they were infected with white spot syndrome virus (WSSV) and yellow head virus (YHV). These viruses were causes of white spot and yellow head

disease in marine shrimp, respectively. However, the mortality rates of crabs due to those viruses were not serious as in marine shrimp.

Activity 8 Training of Farmers and Stakeholders

This activity was purposed to transfer technologies and acknowledges from researches to farmers and stakeholders. Training course of “Aquaculture of Blue Swimming Crab” was held during 28-29 July 2005 at the meeting room of Samutsakhon Coastal Fisheries Research and Development Center. There were 62 farmers and stake holders attained.

ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) แพร่กระจายอยู่ทั่วไปทั้งทางชายฝั่งทะเลอันดามัน และฝั่งอ่าวไทยเป็นทรัพยากรประมงที่มีคุณค่าและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นอกจากเป็นที่นิยมบริโภคของคนทั่วไปในประเทศ ยังเป็นวัตถุดิบที่ต้องการของโรงงานผลิตอาหารกระป๋องเพื่อส่งออก ปี 2542 ปริมาณปูม้าที่จับได้ทั่วประเทศประมาณ 41,250 ตัน ลดลง 11.6% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการจับปูม้าในรอบปีที่ผ่านมา (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2546) ช่วงเวลาที่ผ่านมาปูม้าจึงถูกจับจากทะเลขึ้นมาใช้ประโยชน์อย่างมากมาจนเกินขนาด รวมทั้งปูขนาดวัยรุ่นและปูที่มีไข่นอกกระดองซึ่งยังสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้อีกมาก ส่งผลให้ปริมาณปูม้าในท้องทะเลไทยในปัจจุบันลดลง แต่ความต้องการของตลาดกลับเพิ่มมากขึ้น ทำให้ราคาปูม้าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จากกิโลกรัมละ 35 บาท เมื่อปี 2532 (กองนโยบายและแผนงาน, 2532) เป็นกิโลกรัมละ 150-200 บาท ในปัจจุบัน และปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด โดยเฉพาะวัตถุดิบที่ป้อนโรงงานผลิตปูกระป๋อง การเพาะเลี้ยงปูม้าจึงจำเป็นต้องเข้ามามีบทบาทในการเพิ่มผลผลิตเพื่อทดแทนผลผลิตจากทะเลที่ถูกจับขึ้นมาทุกวัน การศึกษาชีววิทยาของปูม้าเพื่อนำไปสู่การเพาะเลี้ยงได้ดำเนินการมานานกว่า 20 ปีแล้ว (เจียน, 2520; บุญศรีและเจต, 2527ก, ข; สุเมธ, 2527) แต่ที่ผ่านมามีการผลิตปูพร้อมนำไปเลี้ยงยังได้ในอัตราลดต่ำลง (สุเมธ, 2527; กรุณาและสุชาติ, 2532) ประกอบกับราคาของปูม้าในขณะนั้นยังไม่สูงมากพอที่จะจูงใจให้เกษตรกรประกอบเป็นอาชีพ (สุเมธ, 2527) ปัจจุบันสถานภาพด้านราคาของปูม้าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างชัดเจน การเพาะเลี้ยงปูม้าในเชิงพาณิชย์จึงได้รับความสนใจอย่างมากจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชน

การที่จะพัฒนาการเพาะเลี้ยงปูม้าไปสู่ระดับอุตสาหกรรมได้นั้น งานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์เพื่อให้ได้ลูกปูม้าที่มีขนาดเหมาะสมและได้ปริมาณเพียงพอที่จะขยายผลไปสู่การเลี้ยงในบ่อดินตลอดปี เป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรก กลุ่มเทคนิคการเพาะพันธุ์ ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร (ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็นศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร) ได้เห็นความสำคัญและศึกษาวิธีการเพาะพันธุ์ปูม้าในเบื้องต้นตั้งแต่ปี 2543 โดยนำปูไข่นอกกระดองจากธรรมชาติมาเลี้ยงไว้ในที่กักขังและรอให้ไข่ที่ติดบั้งฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าเพื่อทำการอนุบาลต่อไปซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมปฏิบัติกันมา นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังประสบความสำเร็จในการฟักไข่ปูม้าจากตบปีงที่หักจากตัวแม่ก่อนนำปูเหล่านี้ไปเป็นวัตถุดิบ

ในการทำอาหารกระป๋อง ไข่ปูจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองเหล่านี้เป็นแหล่งพันธุ์แหล่งใหญ่ที่จะนำไปสู่การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์ เนื่องจากปูม้าที่จับจากทะเลขึ้นมาปูไข่นอกกระดองปะปนอยู่ประมาณ 10-34% (ข้อมูลจากการนับจำนวน ณ โรงต้มปูเพื่อแกะเนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม) ซึ่งเป็นแม่ปูจำนวนมากและที่ผ่านมาไข่นอกกระดองของแม่ปูเหล่านี้ถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์และเป็นการทำลายทรัพยากรสัตว์น้ำอย่างน่าเสียดาย การศึกษาดังกล่าวได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้ผลิตปูกระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร โดยการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูมาให้คณะผู้วิจัยได้ทดลองเพาะพันธุ์อย่างต่อเนื่อง จากการทดลองใช้ตับปิ้งที่หักจากปูไข่นอกกระดองมาเพาะพันธุ์ในเบื้องต้นพบว่า อัตราการฟักของไข่ปูจากตับปิ้งที่หักจากตัวแม่ยังค่อนข้างต่ำซึ่งอาจเกิดจากการลำเลียงไม่ถูกวิธี นอกจากนี้ตับปิ้งไข่ปูยังมีหลากหลายสีและขนาด ซึ่งให้ปริมาณไข่และอัตราการฟักแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลส่วนนี้เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการคัดเลือกตับปิ้งไข่ปูที่ใช้ในการเพาะพันธุ์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกแม่ปูไข่แก่จากธรรมชาติหรือจากการเลี้ยงที่จะนำมาเพาะขยายพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการอนุบาลลูกปู ยังพบว่ามีปัญหาในด้านการจัดการ อาหาร และผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยทำให้อัตรารอดตายต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในน้ำอาหาร หรือมาจากแม่พันธุ์/ตับปิ้งไข่ปู ตลอดจนอาหารมีชีวิตที่ลูกปูอาจยังไม่เหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ และยังไม่มีการศึกษาอาหารสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปูม้า นอกจากนี้ ยังขาดข้อมูลทางด้านยาและสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในธุรกิจการเพาะพันธุ์ปูเชิงพาณิชย์ ดังนั้น หากต้องการจะผลักดันการเพาะพันธุ์ปูม้าระดับมหวมวล (mass production) ให้สัมฤทธิ์ผลโดยผลิตลูกปูจำนวนมากเพียงพอและสม่ำเสมอจนสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปเลี้ยงเป็นอาชีพได้ดังเช่นธุรกิจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำนั้น จำเป็นจะต้องศึกษาและวิจัยเพื่อตอบคำถามที่เกิดขึ้นจากการศึกษาเบื้องต้น อันเป็นประเด็นที่ทำให้การเพาะพันธุ์ปูม้ายังไม่บรรลุผลตามเป้าหมาย

การเลี้ยงปูม้าให้ได้ขนาดที่ตลาดต้องการเป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากการเพาะพันธุ์ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการผลิตปูม้าเพื่อการบริโภค แต่งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเลี้ยงปูม้ามิน้อยมาก สุขเมธ (2526) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และธานินทร (2532) ได้ทดลองเลี้ยงปูม้าในกระชัง ผลของการศึกษาทั้ง 2 กรณี ไม่ดีเท่าที่ควร ปี 2543 กลุ่มเทคนิคการเพาะพันธุ์ ศูนย์ฯ สมุทรสาคร ได้ทดสอบเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการเลี้ยงปูม้าในบ่อดินโดยอาศัยลูกพันธุ์ที่ผลิตขึ้นเอง บ่อที่ใช้เลี้ยงมีขนาด 3 และ 0.8 ไร่ เพื่อลดการกินกันเองของปูได้ใส่กิ่งไม้แห้งลงไปเป็นบ่อให้เป็นที่หลบซ่อน ในช่วงปูยังเล็กให้เนื้อปลาสดบดเป็นอาหาร เมื่อโตขึ้นจึงให้ปลาสดเป็นชิ้น และอาจให้เสริมด้วยหอยกะพงในบางครั้ง ระหว่างการเลี้ยงมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นครั้งคราว จากการเลี้ยงเบื้องต้นพบว่า ปูม้าเจริญเติบโตดีในช่วง 3-4 เดือนแรก หลังจากนั้นการเจริญเติบโตลดลง ระยะเวลาประมาณ 5 เดือน ปูที่เลี้ยงมีน้ำหนักประมาณ 130 กรัม (7-8 ตัว/กิโลกรัม) ซึ่งสามารถจับรายได้ แต่มีอัตราการตายค่อนข้างต่ำ เนื่องจากปูม้ามินิสัยกินกันเอง (cannibalism) โดยเฉพาะหลังจากการลอกคราบ ปูอยู่ในสภาพอ่อนแอจึงถูกจับกินได้ง่าย นอกจากนี้ การเลี้ยงแบบดั้งเดิมโดยใช้ปลาสดที่เรียกกันว่าปลาเบ็ดเป็นอาหาร ไม่สะดวกในการใช้ คุณภาพไม่สม่ำเสมอ และคุณค่าทางอาหารอาจไม่ครบถ้วนและเหมาะสมตามที่ปูต้องการ ซึ่งสังเกตได้จากปูไม่ค่อยลอกคราบหลังจากเลี้ยงในบ่อดินเป็นระยะเวลาประมาณ

4 เดือนขึ้นไป และอาหารดังกล่าวยังทำให้น้ำเสียได้ง่าย การวิจัยและพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนี้ในเชิงพาณิชย์จะต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการวิจัยและพัฒนาอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมกับปูม้า

การเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์สามารถนำรูปแบบและเทคนิคการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบพัฒนามาปรับใช้ให้เหมาะสมกับพฤติกรรมของสัตว์น้ำชนิดนี้ การให้อาการอย่างทั่วถึงและเพียงพอตลอดจนการรักษาพื้นที่กันบ่อให้สะอาดให้ได้มากที่สุดเป็นปัจจัยพื้นฐาน ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยงปูม้าในระบบพัฒนายังไม่เคยมีมาก่อน การศึกษาจึงจำเป็นต้องเริ่มตั้งแต่ขนาดลูกปูและอัตราการปล่อยต่อหน่วยพื้นที่ การจัดที่หลบซ่อนที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการกินกันเอง อาหารซึ่งหมายรวมถึงชนิด ปริมาณ วิธีการและความถี่ในการให้อาหารตลอดจน อัตราแลกเนื้อ (FCR) การจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างการเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโต ระยะเวลาการเลี้ยง อัตรารอดตาย อัตราส่วนปูเพศผู้: เพศเมีย (ปูเพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปูเพศเมีย) ผลผลิตและผลตอบแทน อย่างไรก็ตาม ประเด็นหลักของการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ที่อาหารซึ่งจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมทั้งคุณภาพและราคา การวิจัยเพื่อหาข้อมูลความต้องการชนิดของสารอาหารและระดับที่เหมาะสมที่แท้จริงของปูม้า การหาแหล่งสารอาหารที่เหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งโปรตีน แหล่งของแป้ง และแหล่งของไขมันที่มีผลในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตของปู ตลอดจนสารอาหารที่ช่วยในการดึงดูดการกิน (attractant) ของปูเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อการสร้างสูตรอาหารที่ดีมีราคาถูกหรือให้มีราคาที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลให้การเลี้ยงปูม้าสามารถพัฒนาถึงระดับอุตสาหกรรมได้ในที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กรุณา สัตยมาส และสุชาติ ยंत्रพิชัย. 2532. การเลี้ยงปูม้าโดยใช้พื้นที่และที่กำบังชนิดต่างๆ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. กลุ่มพัฒนาแหล่งประมง, ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 18 หน้า.
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2546. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2543. เอกสารฉบับที่ 4/2546. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 91 หน้า.
- กองนโยบายและแผนงานประมง. 2532. ข่าวสภาวะการประมง. ฉบับที่ 1, ปีที่ 1. กองนโยบายและแผนงานประมง, กรมประมง. 5 หน้า.
- เจียน สีนอนวงศ์. 2520. การศึกษาชีววิทยาของปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus) ในอ่าวไทย. รายงานวิชาการฉบับที่ 14/2520. งานสัตว์น้ำอื่นๆ, กองประมงทะเล, กรมประมง. 22 หน้า.
- ธานินทร์ สิงห์ไกรวรรณ. 2532. การทดลองเลี้ยงปูม้าในกระชัง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งตะวันออก, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 หน้า.
- บุญศรี วงศ์จิตต์เชื้อ และเจต พิมลจินดา. 2527 ก. การศึกษาชีวประวัติบางประการของแม่ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ที่ใช้ในการเพาะฟัก. เอกสารวิชาการ. สถานีประมงทะเลจังหวัดภูเก็ต, กองประมงทะเล, กรมประมง. 12 หน้า.

- บุญศรี วงศ์จิตต์ซื่อ และเจต พิมลจินดา. 2527 ข. การศึกษาชีวประวัติบางประการของลูกปูม้า (*Portunus pelagicus*) ที่เลี้ยงในบ่ออนุบาล. เอกสารวิชาการ. สถานีประมงทะเลจังหวัดภูเก็ต, กองประมงทะเล, กรมประมง. 12 หน้า.
- สุเมธ ตันติกุล. 2526. การเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์. รายงานวิชาการ ฉบับที่ 2/2526. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ, กองประมงทะเล, กรมประมง. 14 หน้า.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีววิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. เอกสารเผยแพร่วิชาการ ฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ, กองประมงทะเล, กรมประมง. 67 หน้า.

กิจกรรมที่ 1 การปักไข่ปูม้าจากตับปิ้งที่หักจากปูไข่นอกกระดอง

ผู้วิจัยหลัก ดร. วารินทร์ ธนาสมหวัง

ผู้ร่วมวิจัย นางภมรพรรณ นัตรภูมิ

นายสง่า สิงห์หงษ์

นางพรทิพย์ ทองบ่อ

นางสาวศิริภรณ์ โคตะมี

นายชัยยุทธ พุทธิจุน

การฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งที่หักจากปูไข่นอกกระดอง

คำนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ที่จับจากทะเลขึ้นมามีบริโภคมีปูไข่นอกกระดองรวมอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก ไข่นอกกระดองของแม่ปูเหล่านี้ถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ เป็นการทำลายทรัพยากรพันธุ์สัตว์น้ำอย่างน่าเสียดาย วารินทร์และคณะ (2545) ประสบความสำเร็จเบื้องต้นในการฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งที่หักจากตัวแม่ก่อนนำไปเป็นวัตถุดิบในการทำปูกระป๋อง โดยได้รับความร่วมมือจากบริษัทผู้ผลิตปูกระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร เมื่อปูม้าที่รับซื้อจากชาวประมงถูกลำเลียงมาถึงโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม ผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ของบริษัท โอคินอส จำกัด (ลูกค้าผู้รับซื้อเนื้อปู) ทำการคัดเลือกและแยกปูไข่นอกกระดองออกมาเพื่อหักตับปิ้งไว้ก่อนนำปูเหล่านั้นไปต้มเพื่อแกะเนื้อตับปิ้งไข่ปูม้าที่นำมาศึกษาในครั้งนั้นเป็นตับปิ้งไข่สีน้ำตาลและสีเหลืองอย่างละ 3 ตับปิ้ง จากการศึกษาพบว่าชุดไข่สีน้ำตาลไข่เปลี่ยนสีเป็นสีดำก่อนทยอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้ 2-4 วัน อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่สีน้ำตาล 36.16% ส่วนชุดไข่สีเหลืองไข่เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลและสีดำตามลำดับก่อนทยอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้ 3-5 วัน อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่สีเหลือง 22.90%

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเบื้องต้นของวารินทร์และคณะ (2545) ในครั้งที่ผ่านมา ถึงแม้อัตราการฟักของไข่สีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ที่ 36.16% ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าพอใจระดับหนึ่ง และตับปิ้งไข่ปูม้ามีปริมาณมากให้นำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหลือเฟือโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย นอกจากค่าใช้จ่ายในการลำเลียงขนส่ง แต่การปรับปรุงวิธีการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูตลอดจนการจัดการสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการฟักไข่ยังมีความจำเป็นเพื่อให้ไข่ที่เกาะติดตับปิ้งที่ลำเลียงมาได้รับความกระทบกระเทือนหรือเสียหายน้อยที่สุด และลูกปูที่ฟักออกจากไข่สมบูรณ์แข็งแรงที่สุด นอกจากนี้ การฟักไข่ปูโดยวิธีการแยกไข่จากตัวแม่และนำมาบ่มฟักต่างหากยังสามารถใช้ทดแทนวิธีการดั้งเดิมที่นำปูไข่นอกกระดองที่รวบรวมจากทะเลมาใส่ในบ่ออนุบาลและรอให้ไข่ที่ตับปิ้งฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้า จากนั้นจึงจับแม่ปูออกจากบ่อ วิธีการดั้งเดิมโดยใช้ปูไข่นอกกระดองมีชีวิตเป็นแหล่งพันธุ์บางครั้งประสบปัญหาแม่ปูใช้ขาเดินเขี่ยไข่ทิ้ง ไข่หลุดจากตับปิ้งจมอยู่ก้นบ่อและเน่าเสีย กิจกรรมในส่วนนี้จึงได้ศึกษาการฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งที่หักจากปูไข่นอกกระดองต่อเนื่องจากการศึกษาในครั้งที่แล้วโดยศึกษาหาวิธีการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูและการฟักไข่ปูที่แยกจากตับปิ้งที่เหมาะสมตลอดจนหาวิธีการฟักไข่ปูสีเทาดำ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากไข่ปูม้าที่เคยทิ้งขว้างเป็นแหล่งพันธุ์ในการเพาะพันธุ์ให้ได้มากที่สุด

ปริมาณการลำเลียงดับปั้งไ้ปู้มั่วต่ออัตราการฟัก

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณดับปั้งไ้ปู้มั่วโดยนำนักต่อปริมาตรน้ำทะเลที่เหมาะสมในการลำเลียงเพื่อให้ไ้ปู้จากดับปั้งที่ลำเลียงมามีอัตราการฟักสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไ้ปู้มั่วจากดับปั้งไ้ปู้ที่ลำเลียงในปริมาณต่างกัน
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไ้ปู้มั่วจากดับปั้งไ้ปู้ที่ลำเลียงในปริมาณต่างกัน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไ้ปู้มั่วจากดับปั้งไ้ปู้ที่ลำเลียงในปริมาณต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงดับปั้งไ้ปู้มั่ว

ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม และ/หรืออำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในเวลา 5.00-6.00 น. (รูปที่ 1) แล้วลำเลียงโดยใส่ในตะกร้าพลาสติก (แบบแห้ง) เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 2) มีบ้างเป็นบางครั้งทีละเลียงโดยใส่ถังพลาสติกทรงสูงที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ (รูปที่ 3) มายังโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.00-9.30 น. นอกจากที่ระบุไว้ว่าเป็นปูม้าที่ลำเลียงมายังโรงต้มโดยใส่ในถังที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ นอกนั้นเป็นการลำเลียงแบบแห้ง ผู้วิจัยและคนงานของบริษัทผลิตปูกระป๋องเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนั้น ระหว่างรอรถขนส่งปูม้ามายัง วัดและจดบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ลำเลียงดับปั้งไ้ปู้ เมื่อรถขนส่งปูม้ามายังทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไ้ไขนอกกระดองออกมา (รูปที่ 4) และสุ่มปูไ้ไขนอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด (รูปที่ 5) ซึ่งในครั้งที่ 1 แม่ปูมีน้ำหนักในช่วง 155-310 กรัม ความกว้างกระดอง 11.7-15.5 ซม. และความยาวกระดอง 6.0-7.9 ซม. ครั้งที่ 2 แม่ปูมีน้ำหนัก 170-280 กรัม ความกว้างกระดอง 12.5-15.4 ซม. และความยาวกระดอง 5.8-7.3 ซม. ครั้งที่ 3 แม่ปูมีน้ำหนัก 192-290 กรัม ความกว้างกระดอง 12.2-15.8 ซม. และความยาวกระดอง 5.9-7.8 ซม. จากนั้นทำการหักดับปั้งไว้ก่อนนำปูเหล่านี้ไปต้มเพื่อแกะเนื้อ (รูปที่ 6) เมื่อรวบรวมดับปั้งไ้ปู้ได้ตามต้องการ นำดับปั้งเหล่านั้นไปใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ที่บรรจุน้ำทะเลสะอาด 20 ลิตร ความเค็ม 30 ppt และอุณหภูมิ 29°C พร้อมให้ก๊าซออกซิเจน (รูปที่ 7) ปริมาณดับปั้งไ้ปู้โดยนำนักต่อปริมาตรน้ำทะเล 20 ลิตร ในการลำเลียงจากโรงต้มปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครในแต่ละครั้งการทดลองดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 ปริมาณดับปั้งไ้ปู้ที่ลำเลียงในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2545

ชุดการทดลองที่ 1 ดับปั้งไ้ปู้ 2 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ดับปั้งไ้ปู้ 3 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ดับปั้งไ้ปู้ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (ปูม้าถูกลำเลียงมาในถังที่มีน้ำพร้อมให้อากาศ)

การทดลองครั้งที่ 2 ปริมาณดับปั้งไ้ปู้ที่ลำเลียงในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2545

ชุดการทดลองที่ 1 ดับปั้งไ้ปู้ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ดับปั้งไ้ปู้ 5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร

การทดลองครั้งที่ 3 ปริมาณดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2545
 ชุดการทดลองที่ 1 ดับปิ้งไข่ปู 6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร
 ชุดการทดลองที่ 2 ดับปิ้งไข่ปู 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร



รูปที่ 1 ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูมารับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ท่าเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



รูปที่ 2 ปูม้าที่ลำเลียงโดยใส่ตะกร้า (ลำเลียงแห้ง)มายังโรงต้มและแกะเนื้อปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 3 ปูม้าที่ลำเลียงโดยใส่ในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศมายังโรงต้มและแกะเนื้อปู



รูปที่ 4 การคัดเลือกและแยกปูม้าที่มีไข่นอกกระดอง



รูปที่ 5 การสุ่มปูไข่นอกกระดองเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด



รูปที่ 6 การหักดับปิ้งจากปูไข่นอกกระดองแล้วรวบรวมไว้ในตะกร้า



รูปที่ 7 การลำเลียงดับปิ้งไข่ปูม้าโดยใส่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้ก๊าซออกซิเจน

การแยกไข่จากตับปิ้งและการทำความสะอาดไข่ปูม้า

เมื่อตับปิ้งไข่ปูของแต่ละชุดการทดลองลำเลียงมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ เก็บตัวอย่างน้ำลำเลียงตับปิ้งจากแต่ละชุดการทดลองโดยใช้บิกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน จากนั้นทำการคัดเลือกตับปิ้งไข่สีน้ำตาลที่สีใกล้เคียงมากที่สุดจากแต่ละชุดการทดลองประมาณ 10-12 ตับปิ้ง ใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลสะอาด การแยกไข่ออกจากตับปิ้งโดยใช้มืออุเบาะๆ ในน้ำ (รูปที่ 8) จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก (รูปที่ 9) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง (รูปที่ 10) ไข่ปูที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปบ่มฟัก อย่างไรก็ตาม แบ่งไข่ส่วนหนึ่งเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย และอีกส่วนหนึ่งโดยแบ่งตัวอย่างไข่ออกมาในปริมาณ 0.1 กรัม จำนวน 2 ตัวอย่าง เพื่อนับจำนวน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ต่อน้ำหนัก 0.1 กรัม เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการนำไปคำนวณจำนวนไข่ปูที่นำไปบ่มฟักในแต่ละขวดโหล



รูปที่ 8 การแยกไข่ปูออกจากตับปิ้งโดยใช้มืออุเบาะๆ ในกะละมังที่มีน้ำทะเล



รูปที่ 9 การกรองสิ่งสกปรกและไข่ปูที่จับเป็นก้อนออก



รูปที่ 10 การล้างไข่ปูด้วยน้ำทะเลสะอาด 3 ครั้ง

การฟักไข่ปูม้า

ไข่ปูจากแต่ละชุดการทดลองถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 6 ลิตร ชุดการทดลองละ 4 ขวด ปริมาณไข่ปูที่นำไปบ่มฟักในแต่ละขวดโหลมีน้ำหนัก 30



รูปที่ 11 การบ่มฟักไข่ปูในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อม

กรัม ระหว่างการบ่มฟักไข่ปูให้อากาศค่อนข้างแรง (รูปที่ 11) เพื่อไม่ให้ไข่จมลงที่ก้นขวดโหล นอกจากนี้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่ปูในแต่ละวันซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Orion อุณหภูมิในช่องเช้าและบ่ายโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ที่มีช่วงระหว่าง 0-100 °C ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตามวิธีของ Strickland and

Parsons (1972) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1980)

เมื่อสังเกตเห็นขวดโหลใดไขเริ่มฟุ้งออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจะปรับฟองอากาศให้เบาลง รอนจนปริมาณลูกปูแรกฟุ้งในขวดโหลมีมากพอสมควรจึงหยุดให้อากาศ เพื่อให้ไขบางส่วนที่ยังไม่ฟุ้งออกเป็นตัวจมอยู่ก้นขวดโหล จากนั้นใช้สายยางดูดเอาน้ำพร้อมตัวอ่อนปูม้าที่บริเวณเหนือชั้นของไขที่จมด้วยวิธีการกลั่นน้ำลงในสวิงตาถี่ที่วางอยู่ในกะละมังที่มีน้ำท่วมถึง ย้ายลูกปูแรกฟุ้งไปใส่ในถังหรือกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลอยู่ระดับหนึ่ง การเลือกใช้ถังหรือกะละมังพลาสติกขึ้นอยู่กับจำนวนลูกปูว่ามีมากน้อยเพียงใดเพื่อสะดวกในการส่นับจำนวนต่อไป ส่วนขวดโหลที่แยกลูกปูแรกฟุ้งออกมาแล้ว เติมน้ำทะเลลงไปในขวดโหลให้ได้ปริมาตร 6 ลิตรเท่าเดิม พร้อมให้อากาศอีกครั้งและรอให้ไขฟุ้งเป็นตัวอ่อนในครั้งต่อไป แล้วรวบรวมลูกปูวัยอ่อนด้วยวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น การรวบรวมตัวอ่อนปูม้าดำเนินการจนกระทั่งไขในขวดโหลเริ่มเน่าเสียและไม่ฟุ้งเป็นตัวโดยไม่เกิน 3 วัน

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไขปูม้า

การแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำลำเลียงดับยั้งไขปูของแต่ละชุดการทดลองๆละ 2 ซ้ำ โดยวิธีเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (spread plate method) ตัวอย่างน้ำที่เก็บโดยตรงหรือที่ทำให้เจือจางที่ละ 10 เท่า (serial 10-fold dilution) ในปริมาตร 0.1 มล. ถูกหยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นใช้แท่งแก้วรูปตัว L เกลี่ยให้ทั่ว อาหารวุ้นที่ใช้มี 2 ชนิด คือ ZoBell's 2216e เพื่อตรวจหาปริมาณแบคทีเรียรวม (total count) และ Thiosulphate Citrate Bile Salt Sucrose (TCBS : Difco Laboratories) เพื่อระบุปริมาณเชื้อ *Vibrio* หลังจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30°C เป็น 48 ชม. นับจำนวน colony (colony forming unit) ที่ขึ้นบนอาหารวุ้นทั้ง 2 ชนิด แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียที่ขึ้นบนอาหารวุ้นแต่ละชนิด

ส่วนการแยกเชื้อแบคทีเรียจากไขปูของแต่ละชุดการทดลองๆละ 2 ซ้ำ โดยนำตัวอย่างไขปู 0.1 กรัม มาบดให้ละเอียดในเครื่องบด (homogenizer) ที่มีน้ำทะเล 0.9 มล. แล้วดูดสารแขวนลอยในเครื่องบดโดยตรงหรือที่ทำให้เจือจางที่ละ 10 เท่า ไปเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อตามวิธีดังกล่าวข้างต้น อนึ่ง อุปกรณ์และน้ำทะเลสำหรับเจือจางตัวอย่างที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียผ่านการฆ่าเชื้อก่อนใช้ทุกครั้ง

การส่นับจำนวนลูกปูแรกฟุ้ง

การส่นับจำนวนลูกปูแรกฟุ้งโดยรวมรวมลูกปูมาไว้ในถังพลาสติกที่มีน้ำทะเลรองรับในกรณีที่มีจำนวนมาก จากนั้นเติมน้ำทะเลลงไปในถังให้ได้ปริมาตร 300 ลิตร ในกรณีที่ลูกปูแรกฟุ้งมีจำนวนไม่มากจะรวบรวมไว้ในกะละมังพลาสติก เติมน้ำทะเลลงไปได้ปริมาตร 20 ลิตร แล้วให้ฟองอากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายทั่วๆ การประเมินจำนวนลูกปูในถัง 300 ลิตร หรือกะละมัง 20 ลิตร โดยใช้บิกเกอร์ส่นตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. นับจำนวนลูกปูที่อยู่ในบิกเกอร์ ถ้าเป็นถัง 300 ลิตร ส่นตัวอย่าง 9 จุด (รูปที่ 12) ถ้าเป็นกะละมัง 20 ลิตร ส่นตัวอย่าง 4 จุด (รูปที่ 12) แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนลูกปูแรกฟุ้งในปริมาตรน้ำ 100 มล. ซึ่งทำให้สามารถประเมินจำนวนลูกปูทั้งหมดในถังหรือในกะละมัง การประเมินจำนวนลูกปูทั้งหมดจากแต่ละขวดโหลโดยการรวมจำนวนลูกปูที่ส่นนับจากถัง 300 ลิตร หรือจากกะละมัง 20 ลิตร ในแต่ละครั้ง จากนั้นคำนวณหาอัตราการฟุ้งของไขปูได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการฟัก (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกปูที่นับได้}}{\text{จำนวนไข่ปูที่นำไปฟัก}} \times 100$$



รูปที่ 12 การส่นับจำนวนลูกปูแรกฟัก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และการเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าจากตบั้งไข่ปูในปริมาณการลำเลียงต่างกันโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การศึกษาปริมาณตบั้งไข่ปูม้าต่อปริมาตรน้ำที่เหมาะสมในการลำเลียงจากโรงคัมและเกาะเนื้อปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯสมุทรสาครเพื่อให้อัตราการฟักของไข่สูงสุดโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งไข่ปูสีน้ำตาลที่แยกจากตบั้งที่ลำเลียงในปริมาณต่างๆถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วทรงกระบอกโหลละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ปริมาณการลำเลียงละ 4 ชั่วโมง น้ำตาลเปลี่ยนสีเป็นสีดำก่อนทยอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้ 2-4 วัน อัตราการฟักของไข่ปูจากตบั้งที่ลำเลียงในแต่ละปริมาณ 2, 3, 4 และ 5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร มากกว่า 50% ขึ้นไปทั้ง 4 ชั่วโมงของแต่ละปริมาณการลำเลียง ส่วนการลำเลียงตบั้งไข่ปูปริมาณ 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ยกเว้นซ้ำที่ 1 ของปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ที่อัตราการฟักอยู่ที่ 53.22% นอกนั้นต่ำกว่า 50% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากปริมาณการลำเลียง 2, 3 และ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 อยู่ที่ $62.16 \pm 3.37\%$, $57.08 \pm 2.79\%$ และ $75.98 \pm 11.79\%$ และปริมาณการลำเลียง 4 และ 5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2 อยู่ที่ $76.16 \pm 11.17\%$ และ $61.99 \pm 5.15\%$ ส่วนปริมาณการลำเลียง 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูอยู่ที่ $26.21 \pm 4.48\%$ และ $45.80 \pm 5.10\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) การเปรียบเทียบอัตราการฟักของไข่ปูจากปริมาณการลำเลียงต่างๆ โดยครั้งที่ 1 ใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 1 (ตารางที่ 3) ส่วนครั้งที่ 2 ใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 2 (ตารางที่ 4) ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้ง 2 ครั้ง เหมือนกัน คือ ตบั้งไข่ปูในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่สูงสุดและแตกต่างกับอัตราการฟักของไข่จากตบั้งในปริมาณการลำเลียงอื่นๆ ปริมาณการลำเลียงที่ 2, 3 และ 5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่รองลงมาและมากกว่าอัตราการฟักของไข่จากตบั้งในปริมาณการลำเลียง 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร และปริมาณการ

ลำเลียง 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มากกว่าอัตราการฟักของไข่จากตับปิ้งในปริมาณการ
ลำเลียง 6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4 (2 ครั้ง), 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร
จากการทดลอง 3 ครั้ง

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
การทดลองครั้งที่ 1			
2 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร			
1	660,900	394,040	59.62
2	660,900	389,140	58.88
3	660,900	429,970	65.06
4	660,900	430,020	65.07
3 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร			
1	660,900	382,540	57.88
2	660,900	365,720	55.34
3	660,900	359,790	54.44
4	660,900	400,860	60.65
4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (ปูม้าถูกลำเลียงมาในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ)			
1	660,900	555,770	84.09
2	660,900	466,160	70.53
3	660,900	409,980	62.03
4	660,900	576,710	87.26
การทดลองครั้งที่ 2			
4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร			
1	660,900	551,150	83.39
2	660,900	564,570	85.42
3	660,900	401,950	60.82
4	660,900	495,800	75.02
5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร			
1	660,900	425,980	64.45
2	660,900	448,540	67.87
3	660,900	391,550	59.24
4	660,900	372,780	56.40
การทดลองครั้งที่ 3			
6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร			
1	660,900	151,900	22.98
2	660,900	208,750	31.59
3	660,900	186,250	28.18
4	660,900	146,000	22.09
7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร			
1	660,900	351,750	53.22

2	660,900	297,700	45.04
3	660,900	279,800	42.34
4	660,900	281,400	42.58

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำตาลจากดักบึงไข่ม้วนที่ล้าเลียงในปริมาณ 2, 3, 4 (2 ครั้ง), 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง

ปริมาณดักบึงไข่ม้วน/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
การทดลองครั้งที่ 1				
2	4	58.88	65.07	62.16±3.37
3	4	54.44	60.65	57.08±2.79
4*	4	62.03	87.26	75.98±11.79
การทดลองครั้งที่ 2				
4	4	60.82	85.42	76.16±11.17
5	4	56.40	67.87	61.99±5.15
การทดลองครั้งที่ 3				
6	4	22.09	31.59	26.21±4.48
7	4	42.34	53.22	45.80±5.10

* : ไข่ม้วนล้าเลียงในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำตาลจากดักบึงไข่ม้วนที่ล้าเลียงในปริมาณ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง และใช้ปริมาณการล้าเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 1 ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan 's New Multiple Range Test

ปริมาณดักบึงไข่ม้วน/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
6	4	26.21			
7	4		45.80		
3	4			57.08	
5	4			61.99	
2	4			62.16	
4	4				75.98

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราการฟักของไข่ม้วนน้ำตาลจากดักบึงไข่ม้วนที่ล้าเลียงในปริมาณ 2, 3, 4 , 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง และใช้ปริมาณการล้าเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 2 ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan 's New Multiple Range Test

ปริมาณดักบึงไข่ม้วน/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
6	4	26.21			
7	4		45.80		
3	4			57.08	
5	4			61.99	
2	4			62.16	
4	4				76.16

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนน้ำล้าเลียงดักบึงไข่ม้วนและไข่ม้วนก่อนนำไปบ่มฟักจากปริมาณการล้าเลียงต่างๆ (ตารางที่ 5) พบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม (total count) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ZoBell's 2216c และปริมาณ *Vibrio* (*Vibrio* count) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS ที่แยกจาก

น้ำลำเลียงดับปั้งไข่มุเพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นในการทดลองครั้งเดียวกัน ยกเว้นในการทดลองครั้งที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียรวมซึ่งแยกจากน้ำลำเลียงดับปั้งไข่มุในปริมาณ 2 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (1.6×10^7 CFU/มล.) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั้งไข่มุในปริมาณ 3 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (1.3×10^7 CFU/มล.) เล็กน้อย แต่ในภาพรวมของทั้ง 3 การทดลอง ปริมาณแบคทีเรียทั้งบนอาหารวุ้น ZoBell และ TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปั้งไข่มุไม่ได้ผันแปรเพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นเสมอไป ดับปั้งไข่มุในปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร มีปริมาณแบคทีเรียรวมปนเปื้อนน้ำลำเลียงมากที่สุด คือ 2.7×10^7 CFU/มล. และปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียรวมปนเปื้อนน้ำลำเลียงน้อยที่สุด คือ 6.2×10^6 CFU/มล. ดับปั้งไข่มุในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 ตรวจพบปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลำเลียงมากที่สุด คือ 2.4×10^5 CFU/มล. และปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ตรวจพบปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลำเลียงน้อยที่สุด คือ 1.0×10^5 CFU/มล. ส่วนปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากตัวอย่างไข่มุเพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นในการทดลองครั้งเดียวกัน ยกเว้นในการทดลองครั้งที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากไข่มุในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (7.9×10^4 CFU/กรัม) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากไข่มุในปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (4.2×10^4 CFU/กรัม) แต่โดยภาพรวมปริมาณแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนไข่มุจากปริมาณการลำเลียงต่างๆ ในการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งอยู่ในระดับ 10^6 CFU/กรัม มากกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากไข่มุที่ปริมาณการลำเลียงต่างๆ ในการทดลองครั้งที่ 2 (ระดับ 10^5 CFU/กรัม) และในการทดลองครั้งที่ 3 (ระดับ 10^4 CFU/กรัม) สำหรับปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไข่มุไม่ได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้น โดยภาพรวม ปริมาณการลำเลียง 3 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร มีเชื้อ *Vibrio* ปนเปื้อนไข่มุในปริมาณมากที่สุด (1.6×10^4 CFU/กรัม) และปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร มีเชื้อ *Vibrio* ปนเปื้อนไข่มุในปริมาณน้อยที่สุด (1.1×10^3 CFU/กรัม)

ตารางที่ 5 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่มุสำเนาจากดับปั้งไข่มุที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4 (2 ครั้ง), 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง

ปริมาณดับปั้งไข่มุ/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	น้ำลำเลียง (CFU/มล.)		ไข่มุสำเนา (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
การทดลองครั้งที่ 1				
2	1.6×10^7	1.4×10^5	1.4×10^6	5.5×10^3
3	1.3×10^7	1.5×10^5	1.7×10^6	1.6×10^4
4*	2.4×10^7	2.4×10^5	2.9×10^6	9.0×10^3
การทดลองครั้งที่ 2				
4	6.2×10^6	1.1×10^5	3.5×10^5	1.8×10^3
5	1.6×10^7	1.4×10^5	4.8×10^5	1.6×10^3
การทดลองครั้งที่ 3				
6	1.9×10^7	1.0×10^5	7.9×10^4	2.7×10^3
7	2.7×10^7	1.1×10^5	4.2×10^4	1.1×10^3

CFU : colony forming unit

* : ปูม้าถูกลำเลียงมาในถังที่มีน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในเขตโหลฟักไข่มุของแต่ละการทดลองโดยการทดลองครั้งที่ 1 ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำจาก 1 ใน 4 ของเขตโหลที่บ่มฟักไข่มุจากดับปั้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง (ตารางที่ 6) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้ง 4 เขตโหลที่บ่มฟักไข่มุจาก

ดับปั้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง แล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด (ตารางที่ 7 และ 8) ในการทดลองครั้งที่ 1 คุณภาพน้ำในขวดโหลก่อนบ่มฟักไข่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หลังจากบ่มฟักไข่ไปไว้ 1 วัน อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในขวดโหลฟักไข่จากดับปั้งในแต่ละปริมาณการลำเลียงมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าของน้ำก่อนบ่มฟักไข่ ปริมาณไนโตรเจน (NO₂-N) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในน้ำบ่มฟักไข่จากดับปั้งทุกปริมาณการลำเลียง ส่วนปริมาณแอมโมเนีย (NH₃-N) ในน้ำบ่มฟักไข่จากดับปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 2 และ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร เพิ่มขึ้นเป็น 0.286 และ 0.205 มก./ลิตร มากกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำบ่มฟักไข่จากดับปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 3 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร (0.037 มก./ลิตร) แต่เมื่อบ่มฟักไข่ไปไว้ 2 วัน (ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก) parameter ของน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากวันแรกอย่างเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ความเป็นด่างซึ่งลดจาก 122, 121 และ 122 มก./ลิตร ลงมาอยู่ที่ 34, 68 และ 50 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่างจาก 8.3, 8.4 และ 8.3 ลดลงมาอยู่ที่ 7.3, 7.9 และ 7.9 ปริมาณแอมโมเนียจาก 0.286, 0.037 และ 0.205 มก./ลิตร เพิ่มขึ้นเป็น 2.345, 1.523 และ 1.504 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่จากดับปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3 และ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป เติมน้ำทะเลลงไปในขวดโหลให้ได้ปริมาตร 6 ลิตรเท่าเดิม แล้วบ่มต่ออีก 1 วัน ความเป็นด่างเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ 117, 111 และ 104 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียยังอยู่ในระดับสูงที่ 1.635, 2.480 และ 2.245 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่อังกล่าว ตามลำดับ ส่วน parameter อื่นๆที่เหลือเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (ตารางที่ 6) ในการทดลองครั้งที่ 2 ก็เช่นเดียวกัน หลังจากบ่มฟักไข่ไปไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก ความเป็นด่างในน้ำบ่มฟักไข่จากดับปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 4 และ 5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ลดลงอย่างมากจากวันแรกซึ่งอยู่ในช่วง 114-116 และ 115-118 มก./ลิตร มาอยู่ในช่วง 39-59 และ 62-83 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่าง ลดลงจากช่วง 8.3-8.4 และ 8.3-8.4 มาอยู่ในช่วง 7.5-7.7 และ 7.9-8.0 ปริมาณแอมโมเนียจากช่วง 0.114-0.443 และ 0.151-0.409 มก./ลิตร เพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 1.286-1.441 และ 0.740-1.283 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกจากขวดโหล เติมน้ำทะเลลงไปในขวดโหลให้ได้ปริมาตรเท่าเดิมแล้วบ่มต่ออีก 1 วัน ความเป็นด่างในน้ำบ่มฟักไข่จากดับปั้งทั้ง 2 ปริมาณการลำเลียงอยู่ในช่วง 69-76 และ 53-60 มก./ลิตร ความเป็นด่าง-กรดในช่วง 7.9-8.0 และ 7.7-7.8 ปริมาณแอมโมเนียลดลงอยู่ในช่วง 0-0.269 และ 0-0.251 มก./ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มผักไผ่บ่มไว้ในขวดโหลจากดักขี้ไผ่ที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3 และ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ปริมาณน้ำปุ๋ย/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
ก่อนบ่มฟักไข่						
	27.5	28.5	8.4	124	0	0
หลังจากบ่มฟักไข่ไป 1 วัน						
2	26.5	28.5	8.3	122	0.042	0.286
3	26.5	28.5	8.4	121	0.041	0.037
4	26.5	28.5	8.3	122	0.041	0.205
หลังจากบ่มฟักไข่ไป 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
2	26.5	28.5	7.3	34	0.045	2.354
3	26.5	28.5	7.9	68	0.050	1.523
4	26.5	28.5	7.9	50	0.048	1.504
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ไปต่ออีก 1 วัน						

2	26.5	29.0	7.9	117	0.059	1.635
3	26.5	29.0	7.9	111	0.062	2.480
4	26.5	29.0	7.9	104	0.048	2.245

หมายเหตุ คุณภาพน้ำ 1 ใน 4 ของขดโหลฟักไข่ปูจากตับปิ้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง

ในการทดลองครั้งที่ 3 หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก ความเป็นต่างในน้ำบ่มฟักไข่ปูจากตับปิ้งในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ลดลงจากวันแรกซึ่งอยู่ในช่วง 124-128 มก./ลิตร มาอยู่ในช่วง 104-127 มก./ลิตร โดยลดลงน้อยกว่าน้ำบ่มฟักไข่ปูจากตับปิ้งที่ลำเลียงในปริมาณ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ซึ่งลดจากช่วง 122-125 มก./ลิตร มาอยู่ในช่วง 76-82 มก./ลิตร ส่วนความเป็นกรด-ด่างลดลงจากช่วง 8.31-8.38 และ 8.30-8.39 มาอยู่ในช่วง 7.91-8.22 และ 7.93-8.03 ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจากช่วง 0.343-0.458 และ 0.035-0.165 มก./ลิตร มาอยู่ในช่วง 2.499-2.646 และ 1.827-2.500 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่ปูจากตับปิ้งที่ลำเลียงในปริมาณ 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ตามลำดับ หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป เติมน้ำลงในขดโหลและบ่มต่ออีก 1 วัน ความเป็นต่างอยู่ในช่วง 95-111 และ 80-110 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 7.66-7.75 และ 7.43-7.73 ปริมาณแอมโมเนีย 2.657-2.736 และ 2.554-2.767 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่ปูจากตับปิ้งทั้ง 2 ปริมาณการลำเลียง ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าในขดโหลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 และ 5 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ปริมาณตับปิ้งไข่ปู/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นต่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
ก่อนบ่มฟักไข่ปู						
	-	29.0	8.3	114	0.058	0
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน						
4	27.0	29.0	8.3-8.4	114-116	0.074-0.079	0.144-0.443
5	27.0	29.0	8.3-8.4	115-118	0.050-0.053	0.151-0.409
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
4	25.0	28.0	7.5-7.7	39-59	0.085-0.091	1.286-1.441
5	25.0	28.0	7.9-8.0	62-83	0.056-0.066	0.746-1.283
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน						
4	26.0	28.0	7.9-8.0	69-76	0.123-0.131	0-0.269
5	26.0	28.0	7.7-7.8	53-60	0.118-0.132	0-0.251

หมายเหตุ คุณภาพน้ำช่วงค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดจากการตรวจวิเคราะห์น้ำทั้ง 4 ขดโหลที่ฟักไข่ปูจากตับปิ้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าในขดโหลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ปริมาณตับปิ้งไข่ปู/น้ำทะเล 20 ลิตร (กก.)	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นต่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
หลังบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน						
6	27.0	30.0	8.31-8.38	124-128	0.025-0.028	0.343-0.458
7	27.0	30.5	8.30-8.39	122-125	0.023-0.024	0.035-0.165
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
6	27.0	30.0	7.91-8.22	104-127	0.030-0.033	2.499-2.646
7	27.0	30.0	7.93-8.03	76-82	0.028	1.827-2.500

หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน

6	27.0	29.5	7.66-7.75	95-111	0.084-0.087	2.657-2.736
7	27.0	29.5	7.43-7.73	80-110	0.067-0.185	2.554-2.767

หมายเหตุ คุณภาพน้ำช่วงค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดจากการตรวจวิเคราะห์น้ำทั้ง 4 ชนิดที่ฟักไข่ปูจากคั้งปีงในแต่ละปริมาณการลำเลียง

วิจารณ์ผล

ช่วงเดือนพฤษภาคมที่คณะผู้วิจัยไปรวบรวมคั้งปีงไข่ปูม้า ณ โรงคั้งปูและแกะเนื้อ ค้างบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นช่วงที่มีแม่ปูไข่นอกกระดองจำนวนมาก จากการประเมินมีประมาณ 34% ของปริมาณปูม้าที่เข้มายังโรงคั้งปูแห่งนี้ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของจินตนา (2544) ที่พบปูม้ามีไข่นอกกระดองมากที่สุด 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม และเดือนกันยายนถึงธันวาคม ไข่นอกกระดองของแม่ปูเหล่านี้เป็นไข่ที่ได้รับผสมกับน้ำเชื้อ มีขนาด 295-420 ไมครอน และเกาะติดอยู่ที่หน้าท้องบริเวณระยางค์อกที่เปลี่ยนแปลงไปประมาณ 9-11 วัน ก่อนฟักเป็นตัวอ่อนปูม้า (สุเมธ, 2527)

การศึกษาในครั้งนี้ คั้งปีงไข่ปูม้าในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่ปูสูงสุด ($75.98 \pm 11.79\%$ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ $76.16 \pm 11.17\%$ ในการทดลองครั้งที่ 2) และแตกต่างกับอัตราการฟักของไข่จากคั้งปีงไข่ปูในปริมาณการลำเลียงอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากการสังเกตด้วยสายตา ปริมาณการลำเลียงที่ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร คั้งปีงไข่ปูเรียงตัวค่อนข้างพอดีในกล่องโฟมขนาด $35 \times 50 \times 27$ ซม. โดยไม่ทับซ้อนอย่างเช่นคั้งปีงไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 5, 6 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร และไม่โคลงเคลงกลิ้งไปมาเวลาเคลื่อนย้ายอย่างเช่นคั้งปีงไข่ปูในปริมาณการลำเลียง 2 และ 3 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร อย่างไรก็ตาม อัตราการฟักของไข่ปูสีน้ำตาลจากคั้งปีงของแม่ปูไข่นอกกระดองที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4, 5 และ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร สูงกว่าอัตราการฟักของไข่ปูสีเดียวกันจากการศึกษาที่ผ่านมาของวารินทร์และคณะ (2545) ซึ่งอยู่ที่ $36.16 \pm 2.50\%$ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลำเลียงคั้งปีงไข่ปูในการศึกษาครั้งนี้ผ่านมา ค้างเนินการโดยนำคั้งปีงไข่ปูที่รวบรวมได้ใส่ในถังพลาสติกทรงสูงที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ แล้วลำเลียงมายังโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาครโดยรถบรรทุกไม่มีหลังคา ในระหว่างการลำเลียงครั้งนั้นอากาศร้อนและแดดจัด จึงอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของไข่ปูที่ติดอยู่กับคั้งปีง การศึกษาในครั้งนี้ได้ปรับปรุงวิธีการโดยนำคั้งปีงไข่ปูใส่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้ก๊าซออกซิเจนและลำเลียงโดยรถบรรทุกมีหลังคา ซึ่งน่าจะรักษาคุณภาพของไข่ปูที่ติดอยู่กับคั้งปีงได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม อัตราการฟักของไข่ปูจากคั้งปีงในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ($26.21 \pm 4.48\%$) ซึ่งต่ำกว่าอัตราการฟักของไข่ปูจากคั้งปีงที่ลำเลียงในปริมาณ 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ($45.80 \pm 5.10\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และต่ำกว่าผลของการศึกษาครั้งนี้ที่ผ่านมา (วารินทร์และคณะ, 2545) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า คุณภาพของไข่ปูไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณการลำเลียงจากโรงคั้งปูถึงโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาครอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูม้าตั้งแต่จับจากทะเล ตลอดจนการลำเลียงปูม้าจากท่าเทียบเรือประมงจนถึงโรงคั้งปูในแต่ละเที่ยว และโดยที่ผู้ประกอบการใช้รถบรรทุกไม่มีหลังคาในการลำเลียง สภาพอากาศ เช่น ฝนตก แดดจัด จึงมีผลกระทบต่อคุณภาพของไข่นอกกระดองของแม่ปู สาเหตุที่ไข่ปูมีอัตราการฟักต่ำ เนื่องจากไข่เน่าเสียก่อนฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้า

ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ตรวจพบในน้ำลำเลียงคั้งปีงไข่ปูและไข่ปูก่อนนำไปบ่มฟักไม่ได้ผันแปรตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้น และไม่ได้ผันแปรผกผันกับอัตราการฟักของไข่ปูเสมอ

ไป ที่น่าสังเกต ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั๊วใญ่ในปริมาณตั้งแต่ 2 ถึง 7 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร แตกต่างกันไม่มากนัก (ตารางที่ 5) โดยแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มสามารถเพิ่มจำนวนได้มากที่สุดที่ระดับ 10^7 และ 10^5 CFU/มล. ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มที่ตรวจพบในน้ำลำเลียงดับปั๊วใญ่ในแต่ละปริมาณการลำเลียงไม่ได้สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มที่ปนเปื้อนใญ่จากดับปั๊วในปริมาณการลำเลียงนั้นๆเสมอไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะก่อนนำใญ่ไปบ่มฟักในขวดโหล ทำการกรองเอาสิ่งสกปรกออกและล้างด้วยน้ำทะเลสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง การล้างใญ่ด้วยน้ำสะอาดหลายครั้งมีส่วนช่วยชะแบคทีเรียตามผิวของใญ่บางส่วนออกไป ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนใญ่จึงขึ้นอยู่กับความพิถีพิถันในการล้างใญ่มากกว่า

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักใญ่ พบประเด็นที่น่าสนใจมากโดยหลังจากการบ่มฟักใญ่และก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก หากขวดโหลใดที่ใญ่ฟักออกเป็นตัวอ่อนปูมีจำนวนมากหรือมีอัตราการฟักสูง ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในขวดโหลนั้นๆจะลดลงอย่างฮวบฮาบ (เมื่อเทียบกับความเป็นด่างของน้ำก่อนบ่มฟักใญ่) และเป็นผลให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงตามไปด้วย ปรากฏการณ์เช่นนี้สันนิษฐานว่าเกิดจากการที่ HCO_3^- และ CO_3^{2-} ในน้ำถูกดึงไปใช้เป็นส่วนประกอบในการสร้างเปลือกของลูกปู ส่วนปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) และปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มฟักใญ่โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียที่มักเพิ่มขึ้นสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) ดังนั้น เมื่อลูกปูฟักออกจากใญ่ต้องรีบรวบรวมลูกปูออกจากภาชนะบ่มฟักใญ่ เนื่องจากลูกปูแรกฟักมีจำนวนหนาแน่นและปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มสูงขึ้นจะเป็นอันตรายต่อลูกปู

ผลของอุณหภูมิระหว่างการลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนต่ออัตราการฟัก

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้น้ำแข็งระหว่างการลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนโดยลดอุณหภูมิของน้ำเป็นการช่วยถนอมคุณภาพของไข่ม้วนระหว่างการลำเลียง เพื่อให้ไข่ม้วนจากดับปิ้งที่ลำเลียงมา มีอัตราการฟักสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไข่ม้วนจากดับปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็ง
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ม้วนจากดับปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็ง
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนจากดับปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็ง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วน

ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ท่าเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม และ/หรืออำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเวลาประมาณ 5.00-6.00 น. แล้วลำเลียงโดยใส่ตะกร้าพลาสติกมายังโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะขาม จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.30-9.30 น. คณะผู้วิจัยเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนี้ เมื่อรถขนส่งปูม้ามาถึง ทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไข่นอกกระดองออกมา และสุ่มปูไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ซึ่งในครั้งที่ 1 แม่ปูมีน้ำหนักในช่วง 160-340 กรัม ความกว้างกระดอง 12.0-16.0 ซม. และความยาวกระดอง 5.5-7.0 ซม. ครั้งที่ 2 แม่ปูมีน้ำหนัก 150-320 กรัม ความกว้างกระดอง 12.4-16.4 ซม. และความยาวกระดอง 5.6-7.5 ซม. ครั้งที่ 3 แม่ปูมีน้ำหนัก 80-310 กรัม ความกว้างกระดอง 9.4-16.0 ซม. และความยาวกระดอง 4.6-7.7 ซม. จากนั้นทำการหักดับปิ้งไว้ก่อนนำไปเหล่านั้นไปต้มและแกะเนื้อ ดับปิ้งไข่ม้วนที่รวบรวมเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2545 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อรวบรวมได้ตามต้องการ นำดับปิ้งไข่ม้วนเหล่านั้นไปใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 20 ลิตร โดยใส่กล่องละ 4 กก. พร้อมให้ก๊าซออกซิเจน วัดอุณหภูมิของน้ำในกล่องโฟมก่อนดำเนินการทดลองแต่ละครั้ง โดยอุณหภูมิของน้ำในกล่องลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนในครั้งที่ 1, 2 และ 3 อยู่ที่ 28.5, 30.5 และ 27.0°ซ การลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนจากโรงต้มปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครในการทดลองแต่ละครั้ง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 ลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ที่บรรจุในถุงพลาสติก จำนวน 1 ก้อน

เมื่อลำเลียงดับปั้งไข่มุมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาคร วัดอุณหภูมิของน้ำในกล่องโฟมของแต่ละกล่อง ซึ่งอุณหภูมิของน้ำในกล่องลำเลียงดับปั้งไข่มุที่ไม่ใส่น้ำแข็งอยู่ที่ 28.0°C ส่วนอุณหภูมิของน้ำในกล่องที่ใส่น้ำแข็งอยู่ที่ 24.5°C

การทดลองครั้งที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ลำเลียงดับปั้งไข่มุโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 ลำเลียงดับปั้งไข่มุโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 ลำเลียงดับปั้งไข่มุโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 2 ก้อน

เมื่อลำเลียงดับปั้งไข่มุมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาคร อุณหภูมิของน้ำในกล่องลำเลียงดับปั้งไข่มุที่ไม่ใส่น้ำแข็งอยู่ที่ 30.2°C ส่วนอุณหภูมิของน้ำในกล่องที่ใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน อยู่ที่ 24.8 และ 21.0°C ตามลำดับ

การทดลองครั้งที่ 3 แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ลำเลียงดับปั้งไข่มุโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 ลำเลียงดับปั้งไข่มุโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 ลำเลียงดับปั้งไข่มุโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 2 ก้อน

เมื่อลำเลียงดับปั้งไข่มุมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาคร อุณหภูมิของน้ำในกล่องลำเลียงดับปั้งไข่มุที่ไม่ใส่น้ำแข็งอยู่ที่ 27.0°C ส่วนอุณหภูมิของน้ำในกล่องที่ใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน อยู่ที่ 21.2 และ 18.3°C ตามลำดับ

การแยกไข่จากดับปั้งและการทำความสะอาดไข่มุ

หลังจากวัดอุณหภูมิของน้ำในกล่องลำเลียงดับปั้งไข่มุ เก็บตัวอย่างน้ำลำเลียงดับปั้งจากแต่ละชุดการทดลองโดยใช้บีกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน จากนั้นทำการคัดเลือกลำเลียงดับปั้งไข่มุที่ใส่น้ำตาลจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 และดับปั้งไข่มุที่เหลือจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 3 ชุดการทดลองละ 10-12 ดับปั้ง ใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลสะอาด การแยกไข่ออกจากดับปั้งโดยใช้มือถูเบาๆ ในน้ำ จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง ไข่มุที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปบ่มฟัก นอกจากนั้น แบ่งไข่มุส่วนหนึ่งเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน

การฟักไข่มุ

ไข่มุที่ใส่น้ำตาลจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 และไข่มุที่เหลือจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 3 ถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 6 ลิตร ชุดการทดลองละ 4 ชั่วโมง ปริมาณไข่มุที่นำไปบ่มฟักในแต่ละขวดโหลมีน้ำหนัก 30 กรัมหรือประมาณ 660,900 ฟอง ระหว่างบ่มฟักไข่มุให้อากาศค่อนข้างแรง เพื่อไม่ให้ไข่มุจมที่ก้นขวดโหล การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่มุในแต่ละวัน ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง

(pH) อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และ ปริมาณไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตลอดจนการรวบรวมลูกปูเมื่อฟักออกจากไข่ด้วยเครื่องมือ/ อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูม้า

การตรวจหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั๊มและไข่ปูม้าก่อนนำไปบ่มฟัก ดำเนินการด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การสุ่มนับจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักจากแต่ละขวดโหล ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปูและคำนวณอัตราการฟักของ ไข่ปูม้าด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองแต่ละครั้งโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test สำหรับการทดลองที่มี 3 ชุดการทดลอง และโดยวิธี T-Test สำหรับการทดลองที่มี 2 ชุดการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ผลการทดลองครั้งที่ 1

หลังจากบ่มฟักไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 ในขวดโหลๆละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศ ชุดการทดลองละ 4 ชั่วโมง ลูกปูวัยอ่อนทยอยฟักออกจากไข่หลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูในแต่ละขวดโหลฟักไข่ จากดับปั๊มไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำแข็งมีจำนวน 423,000, 548,260, 461,950 และ 457,530 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 64.00, 82.96, 69.90 และ 69.23% ส่วนลูกปูในแต่ละขวดโหลฟักไข่จากดับปั๊มไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งมีจำนวน 432,740, 498,540, 489,060 และ 473,610 ตัว ซึ่งมีอัตราการฟักอยู่ที่ 65.48, 75.43, 74.00 และ 71.66% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลของชุดการทดลองอยู่ที่ 71.52 ± 8.07 และ $71.64 \pm 4.39\%$ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากดับปั๊มไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่น้ำและใส่น้ำแข็ง ขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 1 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ชั่วโมง)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ลำเลียงดับปั๊มไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง			
1	660,900	423,000	64.00
2	660,900	548,260	82.96
3	660,900	461,950	69.90
4	660,900	457,530	69.23

ลำเลียงดับปั๊มไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

1	660,900	432,740	65.48
2	660,900	498,540	75.43
3	660,900	489,060	74.00
4	660,900	473,610	71.66

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ล้าเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	64.00	82.96	71.52±8.07
2	4	65.48	75.43	71.64±4.39

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ล้าเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็ง (ตารางที่ 3) ปรากฏว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216e ที่แยกจากน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่ไม่ใส่และใส่น้ำแข็งใกล้เคียงกันที่ 2.4×10^6 และ 2.5×10^6 CFU/มล. ตามลำดับ แต่ปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง (1.1×10^4 CFU/มล.) มากกว่าที่แยกจากน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่ใส่น้ำแข็ง (3.4×10^3 CFU/มล.) ประมาณ 3.2 เท่า ส่วนปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ล้าเลียงทั้ง 2 วิธีใกล้เคียงอยู่ที่ระดับ 10^4 และ 10^2 CFU/กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ล้าเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	น้ำลำเลียง (CFU/มล.)		ไข่ปูสีน้ำตาล (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
1	2.4×10^6	1.1×10^4	3.8×10^4	6.7×10^2
2	2.5×10^6	3.4×10^3	5.4×10^4	6.6×10^2

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

CFU : colony forming unit

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่ปูทั้ง 4 ซ้ำ ของแต่ละชุดการทดลอง แล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงสูงสุด (ตารางที่ 4) ก่อนบ่มฟักไข่ปู อุณหภูมิของน้ำในช่วงบ่มอยู่ที่ 28.5°C ความเป็นกรด-ด่าง 7.97 ความเป็นด่าง 111 มก./ลิตร แต่ตรวจไม่พบไนโตรทและแอมโมเนียในน้ำดังกล่าว หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน อุณหภูมิของน้ำในช่วงเช้า (26.5°C) ต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงบ่าย (28.0°C) ความเป็นกรด-ด่างและความเป็นด่างใกล้เคียงกับของน้ำก่อนบ่มฟักไข่ปู และตรวจพบไนโตรทในปริมาณ 0.078-0.082 และ 0.081-0.084 มก./ลิตร และแอมโมเนีย 0.064-0.205 และ 0.089-0.107 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ล้าเลียงโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งตามลำดับ หลังจาก

บ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก ความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 7.41-7.52 และ 7.42-7.49 ความเป็นด่างมาในช่วง 61-73 และ 65-67 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นมาในช่วง 0.453-0.592 และ 0.522-0.679 มก./ลิตร เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไปแล้วเติมน้ำใหม่ลงไปในช่วง 1 ชั่วโมง และบ่มฟักต่ออีก 1 วัน คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงมาอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำเมื่อบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ยกเว้น ปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มสูงขึ้นมาในช่วง 1.160-1.339 และ 1.104-1.897 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่จากดักบึง ไข่ปูที่ลำเลียงทั้ง 2 วิธี ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูมีสีน้ำตาลจากดักบึงไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง	NO ₂ -N	NH ₃ -N
	เช้า	บ่าย		(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)
ก่อนบ่มฟักไข่ปู						
	-	28.5	7.97	111	0	0
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน						
1	26.5	28.0	7.94-7.98	107-111	0.078-0.082	0.064-0.205
2	26.5	28.0	7.95-8.00	108-110	0.081-0.084	0.089-0.107
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
1	26.5	27.0	7.41-7.52	61-73	0.087-0.089	0.453-0.592
2	26.5	27.0	7.42-7.49	65-67	0.090-0.093	0.522-0.679
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักแล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน						
1	26.0	28.5	7.42-7.65	64-78	0.046-0.054	1.160-1.339
2	26.0	28.5	7.56-7.77	70-91	0.049-0.057	1.104-1.897

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงดักบึงไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงดักบึงไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

ผลการทดลองครั้งที่ 2

หลังจากบ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 2 ในขวดโหลๆละ 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ชุดการทดลองละ 4 ชั่วโมง ลูกปูวัยอ่อนทยอยฟักออกจากไข่หลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูในแต่ละขวดโหลฟักไข่จากดักบึงไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำแข็งมีจำนวน 43,320, 121,320, 82,320 และ 104,310 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 6.55, 18.36, 12.46 และ 15.78% ส่วนลูกปูในแต่ละขวดโหลฟักไข่จากดักบึงไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน มีจำนวน 200,640, 285,990, 382,110 และ 421,280 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 30.36, 43.27, 57.82 และ 63.74% ลูกปูในแต่ละขวดโหลฟักไข่จากดักบึงไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน มีจำนวน 398,840, 324,790, 479,880 และ 499,970 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 60.35, 49.14, 72.61 และ 75.65% ตามลำดับ (ตารางที่ 5) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลจากแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 13.29 ± 5.10 , 48.80 ± 15.00 และ $64.44 \pm 12.15\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากดักบึงไข่ปูที่ลำเลียง

โดยใส่ น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 และ 2 ก้อน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูทั้ง 2 การลำเลียง สูงกว่าอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง			
1	660,900	43,320	6.55
2	660,900	121,320	18.36
3	660,900	82,320	12.46
4	660,900	104,310	15.78
ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน			
1	660,900	200,640	30.36
2	660,900	285,990	43.27
3	660,900	382,110	57.82
4	660,900	421,280	63.74
ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน			
1	660,900	398,840	60.35
2	660,900	324,790	49.14
3	660,900	479,880	72.61
4	660,900	499,970	75.65

ตารางที่ 6 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	6.55	18.36	13.29±5.10 ^b
2	4	30.36	63.74	48.80±15.00 ^a
3	4	49.14	75.65	64.44±12.15 ^a

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งในการทดลองครั้งที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 7 ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216c และปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่ไม่ใส่น้ำแข็ง (1.5×10^7 และ 4.6×10^4 CFU/มล.) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ที่แยกจากน้ำลำเลียงตับปิ้งที่ใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน (1.1×10^7 และ 2.1×10^4 CFU/มล.) และจำนวน 2 ก้อน

(7.4×10^6 และ 1.1×10^4 CFU/มล.) ตามลำดับ ส่วนแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ม้วนน้ำตาลจากดักขี้ไก่ที่ล้างโดยไม่ได้และใช้น้ำแข็งทั้ง 1 และ 2 ก่อน มีปริมาณใกล้เคียงโดยอยู่ที่ระดับ 10^4 CFU/กรัม สำหรับแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216e และอยู่ที่ระดับ 10^3 CFU/กรัม สำหรับ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS

ตารางที่ 7 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำล้างและไข่ม้วนน้ำตาลจากดักขี้ไก่ที่ล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ได้และใช้น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในอุณหภูมิตกจำนวน 1 และ 2 ก่อน ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	น้ำล้าง (CFU/มล.)		ไข่ม้วนน้ำตาล (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
1	1.5×10^7	4.6×10^4	2.4×10^4	2.2×10^3
2	1.1×10^7	2.1×10^4	4.4×10^4	2.4×10^3
3	7.4×10^6	1.1×10^4	3.2×10^4	2.0×10^3

ชุดการทดลองที่ 1 : ล้างดักขี้ไก่โดยไม่ใช้น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ล้างดักขี้ไก่โดยใช้น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก่อน

ชุดการทดลองที่ 3 : ล้างดักขี้ไก่โดยใช้น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก่อน

CFU : colony forming unit

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลจากดักขี้ไก่ที่ล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ได้และใช้น้ำแข็งดังแสดงในตารางที่ 8 ก่อนบ่มฟักไข่ม้วน อุณหภูมิของน้ำในช่วงเช้า (30.2-30.9°C) ต่ำกว่าช่วงบ่าย (31.0-32.0°C) ความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 8.16 ความเป็นด่าง 145 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.013 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 5.8-6.1 มก./ลิตร แต่ตรวจไม่พบแอมโมเนีย หลังจากบ่มฟักไข่ม้วนไว้ 1 วัน คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่ม้วนจากดักขี้ไก่ที่ล้างโดยไม่ได้และใช้น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก่อน ใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิทั้งในช่วงเช้าและบ่าย ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเป็นด่างน้อยกว่า ปริมาณไนโตรเจน แอมโมเนีย และ DO มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนบ่มฟักไข่ม้วน หลังจากบ่มฟักไข่ม้วนไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก อุณหภูมิของน้ำในช่วงเช้า อยู่ในช่วงปกติ แต่อุณหภูมิของน้ำในช่วงบ่ายสูงสุดที่ 32°C pH ลดลงอยู่ในช่วง 7.76-7.83, 7.52-7.66 และ 7.50-7.61 ความเป็นด่าง 112-126, 77-91 และ 71-82 มก./ลิตร ปริมาณ DO 5.6-5.7, 5.7-6.0 และ 5.9-6.0 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่ม้วนจากแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนโตรเจนและแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิมทุกชุดการทดลอง

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลจากดักขี้ไก่ที่ล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ได้และใช้น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 และ 2 ก่อน ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง	NO ₂ -N	NH ₃ -N	DO
	เช้า	บ่าย		(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)
ก่อนบ่มฟักไข่ปู							
	30.2-30.9	31.0-32.0	8.16	145	0.013	0	5.8-6.1
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	27.2-27.9	29.1-29.5	8.00-8.10	132-140	0.018-0.022	0.886-1.058	6.4-6.6
2	27.2-27.5	29.0-29.1	8.12-8.15	126-138	0.018-0.025	1.239-1.397	6.7-6.8
3	27.2-27.5	29.1-29.3	8.08-8.12	138-145	0.019-0.021	0.988-1.116	6.7-6.8
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	27.0-27.1	31.9-32.0	7.76-7.83	112-126	0.031-0.040	2.738-2.934	5.6-5.7

2	26.9-27.8	31.0-31.4	7.52-7.66	77-91	0.38-0.043	2.844-2.987	5.7-6.0
3	26.9	31.9-32.0	7.50-7.61	71-82	0.035-0.041	2.806-2.886	5.9-6.0

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงดับปิ้งไผ่โดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงดับปิ้งไผ่โดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 : ลำเลียงดับปิ้งไผ่โดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน

ผลการทดลองครั้งที่ 3

หลังจากบ่มผักไผ่สี่เหลี่ยมจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 3 ในขวดโหลๆละ 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ชุดการทดลองละ 4 ชั่วโมง ไข่ม้วนผักไผ่เป็นตัวอย่างอ่อนนุ่มหลังจากบ่มผักไผ่ไว้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่ผักไผ่จากดับปิ้งไผ่ที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำแข็งมีจำนวน 189,000, 316,260, 176,260 และ 381,300 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 28.60, 47.85, 26.67 และ 57.69% ส่วนลูกปูในแต่ละขวดโหลที่ผักไผ่จากดับปิ้งไผ่ที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน มีจำนวน 163,200, 348,600, 401,400 และ 169,200 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 24.69, 52.75, 60.74 และ 25.60% ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่ผักไผ่จากดับปิ้งไผ่ที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน มีจำนวน 356,100, 470,700, 334,800 และ 350,280 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 53.88, 71.22, 50.66 และ 53.00% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) อัตราการฟักเฉลี่ยของผักไผ่สี่เหลี่ยมของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 40.20 ± 15.08 , 40.95 ± 18.54 และ $57.19 \pm 9.45\%$ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 อัตราการฟักของผักไผ่สี่เหลี่ยมจากดับปิ้งไผ่ที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติกจำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ชั่วโมง)	จำนวนไผ่ (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ลำเลียงดับปิ้งไผ่โดยไม่ใส่น้ำแข็ง			
1	660,900	189,000	28.60
2	660,900	316,260	47.85
3	660,900	176,260	26.67
4	660,900	381,300	57.69
ลำเลียงดับปิ้งไผ่โดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน			
1	660,900	163,200	24.69
2	660,900	348,600	52.75
3	660,900	401,400	60.74
4	660,900	169,200	25.60
ลำเลียงดับปิ้งไผ่โดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน			
1	660,900	356,100	53.88
2	660,900	470,700	71.22
3	660,900	334,800	50.66
4	660,900	350,280	53.00

ตารางที่ 10 อัตราการฟักเฉลี่ยของผักไผ่สี่เหลี่ยมจากดับปิ้งไผ่ที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติก จำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนชั่วโมง	อัตราการฟักต่ำสุด	อัตราการฟักสูงสุด	อัตราการฟักเฉลี่ย
-------------	--------------	-------------------	-------------------	-------------------

	(N)	(%)	(%)	(%)
1	4	26.67	57.69	40.20±15.08
2	4	24.69	60.74	40.95±18.54
3	4	50.66	71.22	57.19±9.45

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 : ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน

ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูสีเหลืองจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งในการทดลองครั้งที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216c และปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง (1.3×10^7 และ 2.8×10^5 CFU/มล.) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งสองที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน (1.1×10^7 และ 2.1×10^5 CFU/มล.) และจำนวน 2 ก้อน (7.0×10^6 และ 1.8×10^5 CFU/มล.) เรียงตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไข่ปูสีเหลืองจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำแข็ง (1.2×10^4 และ 1.71×10^3 CFU/กรัม) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็ง จำนวน 1 ก้อน (1.0×10^4 และ 1.2×10^3 CFU/กรัม) และจำนวน 2 ก้อน (8.5×10^3 และ 1.0×10^3 CFU/กรัม) เรียงตามลำดับ

ตารางที่ 11 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูสีเหลืองจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่น้ำแข็งและใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	น้ำลำเลียง (CFU/มล.)		ไข่ปูสีน้ำตาล (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
1	1.3×10^7	2.8×10^5	1.2×10^4	1.7×10^3
2	1.1×10^7	2.1×10^5	1.0×10^4	1.2×10^3
3	7.0×10^6	1.8×10^5	8.5×10^3	1.0×10^3

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยไม่ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 : ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูสีเหลืองจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งดังแสดงในตารางที่ 12 ก่อนบ่มฟักไข่ปู อุณหภูมิของน้ำในช่วงเข้าอยู่ระหว่าง 26.5-26.8°C และในช่วงบ่มอยู่ระหว่าง 29.2-29.3°C ความเป็นกรด-ด่าง 8.1 ความเป็นด่าง 112 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.008 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.033 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.0 มก./ลิตร หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่จากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่และใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน เปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันและที่เห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และความเป็นด่างค่อยๆลดลง ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 3 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก อุณหภูมิของน้ำทั้งเช้าและบ่ายเปลี่ยนแปลงจากเดิมเล็กน้อย ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.63-7.69, 7.61-7.64 และ 7.64-7.67 ความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 65-71, 69-

75 และ 74-78 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.040-0.043, 0.042-0.047 และ 0.039-0.042 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 2.198-2.500, 2.113-2.627 และ 1.805-1.966 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.4-6.5, 6.5 และ 6.5 มก./ลิตร ตามลำดับ หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่แต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน และ parameter ที่น่าสังเกต คือ ความเป็นด่างที่ลดลงมาอยู่ในช่วง 55-88, 55-83 และ 59-83 มก./ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าสีเหลืองจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม้ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 และ 2 ก้อนในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนการบ่มฟักไข่ปู							
	26.5-26.8	29.2-29.3	8.10	112	0.008	0.033	6.0
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	27.1-27.2	30.0	7.92-8.00	86-103	0.029-0.030	0.410-0.466	6.5-6.6
2	26.8-27.2	29.0-30.0	7.94-7.97	85-105	0.027-0.031	0.418-0.507	6.6-6.8
3	27.0-27.2	30.0	7.94-7.96	86-102	0.028-0.032	0.405-0.450	6.7-6.8
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน							
1	27.0	29.3-29.5	7.74-7.89	68-72	0.029-0.031	1.119-1.372	5.9
2	27.0	29.4-29.6	7.73-7.75	71-75	0.028-0.030	1.462-1.829	5.6-6.0
3	27.0	29.4-29.5	7.77-7.80	74-79	0.027-0.031	1.025-1.143	6.0-6.1
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 3 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	27.8-27.9	31.1-31.2	7.63-7.69	65-71	0.040-0.043	2.198-2.500	6.4-6.5
2	27.7-28.1	31.1-31.2	7.61-7.64	69-75	0.042-0.047	2.113-2.627	6.5
3	27.9-28.1	31.1-31.2	7.64-7.67	74-78	0.039-0.042	1.805-1.966	6.5
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	26.5-26.8	29.5	7.42-7.81	55-88	0.035-0.060	1.918-2.563	5.7-5.9
2	26.5-26.7	29.5-30.0	7.43-7.49	55-83	0.041-0.082	1.536-2.563	6.0-6.2
3	26.5-26.7	29.5-30.0	7.41-7.49	59-83	0.033-0.045	1.873-2.563	6.1-6.2

ชุดการทดลองที่ 1 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยไม้ใส่น้ำแข็ง

ชุดการทดลองที่ 2 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 ก้อน

ชุดการทดลองที่ 3 : ลำเลียงตับปิ้งไข่ปูโดยใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 2 ก้อน

วิจารณ์ผล

อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม้ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. ในถุงพลาสติก จำนวน 1 ก้อนในการทดลองครั้งที่ 1 และอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีเหลืองจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม้ใส่และใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 3 แตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากตับปิ้งไข่ปูที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1

และ 3 รวบรวมและลำเลียงเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2545 และเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2546 ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศไม่ร้อนมากนัก ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำในกล่องโฟมลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่ไม่ใส่น้ำแข็งทั้ง 2 การทดลองอยู่ที่ 28 และ 27°C ตามลำดับ ผลจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง แสดงให้เห็นว่า หากอุณหภูมิของน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูไม่เกิน 28°C ย่อมไม่มีผลกระทบต่ออัตราการฟักของไข่ปู การศึกษาในครั้งนี้ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร โดยไม่ใส่น้ำและใส่น้ำแข็งในการทดลองครั้งที่ 1 อยู่ที่ 71.52 ± 8.07 และ $71.64 \pm 4.39\%$ ใกล้เคียงกับผลการทดลองครั้งที่ผ่านมา ที่ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูในปริมาณเดียวกัน ซึ่งมีอัตราการฟักเฉลี่ยอยู่ที่ 75.98 ± 11.79 และ $76.16 \pm 11.17\%$ ส่วนอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำและใส่น้ำแข็งขนาด 1 กก. จำนวน 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งที่ 3 อยู่ที่ 40.20 ± 15.08 , 40.95 ± 18.54 และ $57.19 \pm 9.45\%$ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเดียวกันจากการศึกษาครั้งแรกของวารินทร์และคณะ (2545) ซึ่งอยู่ที่ 22.90% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในครั้งนี้ใช้รถยนต์คันีหลังคาในการลำเลียงดับปิ้งไข่ปูพร้อมให้ก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา แต่ในครั้งนั้นใช้รถยนต์ไม่มีหลังคาและให้อากาศดับปิ้งไข่ปูระหว่างการลำเลียงอุณหภูมิของน้ำระหว่างการลำเลียงจึงอาจสูงกว่า

ในการลำเลียงดับปิ้งไข่ปู หากอุณหภูมิของน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูเกินกว่า 30°C อย่างที่เกิดขึ้นในการทดลองครั้งที่ 2 ซึ่งรวบรวมและลำเลียงดับปิ้งไข่ปูเมื่อวันที่ 28 เมษายน 2546 อากาศในช่วงนั้นค่อนข้างร้อน อุณหภูมิของน้ำในกล่องโฟมลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่ไม่ใส่น้ำแข็งอยู่ที่ 30.2°C ส่วนที่ใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน อยู่ที่ 24.8 และ 21.0°C อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูมีสีน้ำตาลจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยไม่ใส่น้ำแข็งต่ำกว่าที่ใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อุณหภูมิของน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่สูงถึง 30.2°C เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับดับปิ้งไข่ปูเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว และย่อยสลายไข่ปูทำให้เกิดการเน่าเสีย เมื่อลำเลียงดับปิ้งไข่ปูมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาคร น้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูมีสีคล้ำและขุ่นข้นตลอดจนมีกลิ่นเหม็น อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากดับปิ้งเหล่านี้จึงต่ำมากเพียง $13.29 \pm 5.10\%$ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งจำนวน 1 และ 2 ก้อน ซึ่งอยู่ที่ 48.80 ± 15.0 และ $64.44 \pm 12.15\%$ ตามลำดับ ผลจากการทดลองนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งจำนวน 2 ก้อน ให้ผลดีกว่าที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งเพียงก้อนเดียว ถึงแม้ผลที่ได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากดับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งทั้ง 1 และ 2 ก้อน ในการทดลองครั้งนี้ต่ำกว่าผลการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ผ่านมาของทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพของไข่ปูไม่ได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการลำเลียงดับปิ้งไข่ปูจากโรงต้มปูถึงโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาครเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูม้าตั้งแต่จับจากทะเล ตลอดจนการขนส่งปูม้าจากท่าเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลมและ/หรืออำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี มายังโรงต้มปูที่จังหวัดสมุทรสงครามในแต่ละเที่ยว และโดยที่ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูม้าใช้รถบรรทุกไม่มีหลังคาในการขนส่ง สภาพอากาศ เช่น ฝนตก แดดจัด จึงมีผลกระทบต่อคุณภาพของไข่ปูที่แกะติดอยู่ที่ดับปิ้งของแม่ปู

ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลำเลียงดับปั๊วไ้ปั๊วและไ้ปั๊วก่อนนำไปบ่มฟัก แสดงให้เห็นว่า น้ำแข็งมีส่วนช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มในน้ำลำเลียง โดยน้ำแข็งจำนวน 2 ก้อน ให้ผลในการยับยั้งได้ดีกว่าที่ใส่น้ำแข็งเพียงก้อนเดียว ซึ่งสอดคล้องกับที่ไ้ปั๊วจากดับปั๊วไ้ปั๊วที่ลำเลียงโดยใส่น้ำแข็งจำนวน 2 ก้อน มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าที่ใส่น้ำแข็งเพียงก้อนเดียวและที่ไม่ใส่น้ำแข็ง อย่างไรก็ตาม ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลำเลียงไม่ได้สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มที่ปนเปื้อนไ้ปั๊ว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะก่อนนำไ้ปั๊วไปบ่มฟักในขวดโหล ทำการกรองเอาสิ่งสกปรกออกและล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง การล้างไ้ปั๊วด้วยน้ำทะเลสะอาดหลายครั้งมีส่วนช่วยชะแบคทีเรียตามผิวบางส่วนออกไป ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไ้ปั๊วจึงขึ้นอยู่กับความพิถีพิถันในการล้างไ้ปั๊วมากกว่า

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไ้ปั๊วเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับที่เคยปรากฏในการศึกษาครั้งที่ผ่านมา ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก หากขวดโหลใดที่ไ้ปั๊วฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจำนวนมากหรืออัตราการฟักสูง ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในขวดโหลนั้นๆลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับความเป็นด่างของน้ำก่อนบ่มฟักไ้ปั๊ว และเป็นผลให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงด้วย ซึ่งเป็นไปได้ที่ HCO_3^- และ CO_3^{2-} ในน้ำถูกดึงไปใช้เป็นส่วนประกอบในการสร้างเปลือกของลูกปู ส่วนปริมาณไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มฟักไ้ปั๊วโดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) ดังนั้น เมื่อลูกปูฟักออกจากไ้ปั๊วเป็นจำนวนมากต้องรีบรวบรวมออกจากภาชนะบ่มฟักไ้ปั๊วเพื่อไม่ให้เป็นอันตราย

ผลของการแช่ดัดแปลงไข่ม้วนในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine) ก่อนการลำเลียงต่ออัตราการฟัก

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการแช่ดัดแปลงไข่ม้วนในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine) ซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Herwig, 1979) ก่อนการลำเลียง เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้ไข่ม้วนเน่าเสียและเป็นการรักษาคุณภาพของไข่ม้วนที่เกาะติดอยู่ที่ดัดแปลงระหว่างการลำเลียง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไข่ม้วนจากดัดแปลงไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ม้วนจากดัดแปลงไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนจากดัดแปลงไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงดัดแปลงไข่ม้วน

ผู้ประกอบการดัดแปลงและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลมและ/หรืออำเภอลำลูกกา จังหวัดเพชรบุรี ในเวลา 5.00-6.00 น. แล้วลำเลียงโดยใส่ในตะกร้าพลาสติกมายังโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.00-9.30 น. คณะผู้วิจัยเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนั้น เมื่อรถขนส่งปูม้ามาถึงทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไข่นอกกระดองออกมา และสุ่มปูไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ซึ่งในครั้งที่ 1 ไม่ได้สุ่มชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของปูไข่นอกกระดอง ครั้งที่ 2 แม่ปูมีน้ำหนักในช่วง 115-275 กรัม ความกว้างกระดอง 11.4-15.9 ซม. และความยาวกระดอง 5.5-7.7 ซม. ครั้งที่ 3 แม่ปูมีน้ำหนัก 70-190 กรัม ความกว้างกระดอง 10.0-12.8 ซม. และความยาวกระดอง 4.4-6.0 ซม. จากนั้นทำการหัดดัดแปลงไว้ก่อนนำปูเหล่านี้ไปต้มเพื่อแกะเนื้อ ดัดแปลงไข่ม้วนที่รวบรวมเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2545 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2545 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อรวบรวมดัดแปลงไข่ม้วนได้ตามต้องการ นำมาใช้ในการทดลองโดยแต่ละครั้งแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 4 กก. แต่ละชุดการทดลองผ่านขั้นตอนดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่แช่ในสารละลาย povidone iodine

ชุดการทดลองที่ 2 แช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที

ชุดการทดลองที่ 3 แช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที

จากนั้นนำดัดแปลงไข่ม้วนของแต่ละชุดการทดลองไปใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ซึ่งแต่ละกล่องบรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 20 ลิตร พร้อมให้ก๊าซออกซิเจน อุดหนุนมิชของน้ำในกล่องโฟมบรรจุดัดแปลง

ไข่มุขสำหรับการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 อยู่ที่ 27.0, 28.0 และ 27.5°C ตามลำดับ แล้วลำเลียงมายังโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร

การแยกไข่มุขจากตัวบั้งและการทำความสะอาดไข่มุข

เมื่อลำเลียงตัวบั้งไข่มุขของแต่ละชุดการทดลองมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาคร เก็บตัวอย่างน้ำลำเลียงตัวบั้งไข่มุขจากแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้บีกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียปนเปื้อนในน้ำ จากนั้นทำการคัดเลือกตัวบั้งไข่มุขโดยในการทดลองครั้งที่ 1 และ 3 ใช้ตัวบั้งไข่มุขสีน้ำตาล ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 ใช้ตัวบั้งไข่มุขสีเหลืองจากแต่ละชุดการทดลองประมาณ 10-12 ตัวบั้ง ใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลสะอาด การแยกไข่มุขออกจากตัวบั้งโดยใช้มืออุ้มเบาๆ ในน้ำ จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก แล้วล้างด้วยน้ำทะเลสะอาด 3-4 ครั้ง ไข่มุขที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปบ่มฟัก อย่างไรก็ตาม แบ่งตัวอย่างไข่มุขส่วนหนึ่งเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในไข่มุขก่อนนำไปบ่มฟัก

การฟักไข่มุข

ไข่มุขสีน้ำตาลจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 และ 3 และไข่มุขสีเหลืองจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 2 ความเต็มถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 6 ลิตร ชุดการทดลองละ 4 ขวด ปริมาณไข่มุขที่นำไปบ่มฟักในแต่ละขวดโหล มีน้ำหนัก 30 กรัม (ประมาณ 660,900 ฟอง) ระหว่างที่บ่มฟักไข่มุขให้อากาศค่อนข้างแรงเพื่อไม่ให้ไข่มุขที่ก้นขวดโหล การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่มุข ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างด้วย (pH) อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และปริมาณไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตลอดจนการรวบรวมลูกปูเมื่อฟักออกจากไข่มุขด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่มุข

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงตัวบั้งไข่มุขก่อนนำไปบ่มฟักดำเนินการด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การสุ่มนับจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักจากแต่ละขวดโหล ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปูและคำนวณอัตราการฟักของไข่มุขด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุขจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองแต่ละครั้งโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ผลการทดลองครั้งที่ 1

หลังจากบ่มผักไผ่สีก้นตาลในขวดโหลแก้วทรงกระบอกขวดโหลละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรงเป็นระยะเวลา 2-4 วัน ไผ่สีก้นตาลเปลี่ยนสีเป็นสีดำก่อนทยอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้า จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่ฟักไผ่จากคัตปิ้งไผ่ที่ไม่แช่ในสารละลาย PI ก่อนการล้าเลี้ยงมีจำนวน 143,850, 158,200, 166,300 และ 179,950 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 21.77, 23.94, 25.16 และ 27.23% ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่ฟักไผ่จากคัตปิ้งไผ่ที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการล้าเลี้ยง มีจำนวน 205,000, 185,950, 188,550 และ 164,350 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 31.02, 28.14, 28.53 และ 24.87% ส่วนลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่ฟักไผ่จากคัตปิ้งไผ่ที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการล้าเลี้ยง มีจำนวน 195,900, 172,900, 221,900 และ 277,750 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 29.64, 26.16, 33.58 และ 42.03% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไผ่สีก้นตาลของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 24.53 ± 2.28 , 28.14 ± 2.52 และ $32.85 \pm 6.83\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไผ่สีก้นตาลจากคัตปิ้งไผ่ที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการล้าเลี้ยงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไผ่ (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ไม่แช่คัตปิ้งไผ่ใน PI			
1	660,900	143,850	21.77
2	660,900	158,200	23.94
3	660,900	166,300	25.16
4	660,900	179,950	27.23
แช่คัตปิ้งไผ่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm			
1	660,900	205,000	31.02
2	660,900	185,950	28.14
3	660,900	188,550	28.53
4	660,900	164,350	24.87
แช่คัตปิ้งไผ่ใน PI ความเข้มข้น 200 ppm			
1	660,900	195,900	29.64
2	660,900	172,900	26.16
3	660,900	221,900	33.58
4	660,900	277,750	42.03

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไผ่สีก้นตาลจากคัตปิ้งไผ่ที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการล้าเลี้ยงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
ไม่แช่คัตปิ้งไผ่ใน PI	4	21.77	27.23	24.53 ± 2.28
แช่คัตปิ้งไผ่ใน PI 100 ppm	4	24.88	31.02	28.14 ± 2.52

แช่ดับปิ้งไข่ปูใน PI 200 ppm	4	26.16	42.03	32.85±6.83
------------------------------	---	-------	-------	------------

ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูสีน้ำตาลจากดับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ZoBell's 2216e ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่ในสารละลาย PI (1.0×10^7 CFU/มล.) น้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่ตรวจพบจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm (1.2×10^7 CFU/มล.) และ 200 ppm (1.4×10^7 CFU/มล.) เพียงเล็กน้อย แต่ปริมาณ *Vibrio* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่ในสารละลาย PI (8.6×10^4 CFU/มล.) มากกว่าปริมาณ *Vibrio* ที่พบปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm (1.3×10^4 CFU/มล.) และ 200 ppm (6.6×10^4 CFU/มล.) เล็กน้อย ส่วนการแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างไข่ปูสีน้ำตาลก่อนนำไปฟัก พบว่าไข่ปูจากดับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่ในสารละลาย PI มีแบคทีเรียรวมและเชื้อ *Vibrio* ปนเปื้อนในปริมาณ 1.3×10^5 และ 5.6×10^3 CFU/กรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ปูจากดับปิ้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm (8.9×10^4 CFU/กรัม บนอาหารวุ้น ZoBell และ 2.9×10^3 CFU/กรัม บนอาหารวุ้น TCBS) และ 200 ppm (9.1×10^4 CFU/กรัม บนอาหารวุ้น ZoBell และ 3.3×10^3 CFU/กรัม บนอาหารวุ้น TCBS) ก่อนการลำเลียง

ตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูสีน้ำตาลจากดับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	น้ำลำเลียง (CFU/มล.)		ไข่ปูสีน้ำตาล (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
ไม่แช่ดับปิ้งไข่ปูใน PI	1.0×10^7	8.6×10^4	1.3×10^5	5.6×10^3
แช่ดับปิ้งไข่ปูใน PI 100 ppm	1.2×10^7	1.3×10^4	8.9×10^4	2.9×10^3
แช่ดับปิ้งไข่ปูใน PI 200 ppm	1.4×10^7	6.6×10^4	9.1×10^4	3.3×10^3

CFU : colony forming unit

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการในขวดโหลฟักไข่ปูทั้ง 4 ขั้ว ของแต่ละชุดการทดลอง โดยแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในตารางที่ 4 คุณภาพน้ำก่อนบ่มฟักไข่ปูที่ตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 8.15 ความเป็นด่าง 126 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.040 มก./ลิตร แต่ตรวจไม่พบแอมโมเนีย หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน อุณหภูมิในขวดโหลฟักไข่ปูในช่วงเช้าและช่วงบ่าย อยู่ที่ 26 และ 27°C ทุกชุดการทดลอง ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นด่างของน้ำในขวดโหลฟักไข่ปูจากดับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm โดยทั่วไปน้อยกว่าน้ำก่อนบ่มฟักไข่ปูเล็กน้อย โดย pH และความเป็นด่างมีค่าต่ำสุดที่ 7.48 และ 113 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่ปูจากดับปิ้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทุกชุดการทดลอง และเริ่มตรวจพบแอมโมเนียในช่วง 0.925-1.212, 0.600-0.843 และ 0.426-0.914 มก./ลิตร หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 2.590-2.610, 2.363-2.572 และ 2.067-

2.521 มก./ลิตร ในน้ำฟักไข่ของแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ ส่วน parameter อื่นๆ เปลี่ยนแปลงจากคุณภาพน้ำหลังบ่มฟักไข่ไว้ 1 วัน ไม่มากนัก แต่เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำลงไปในขวดโหลฟักไข่และบ่มฟักต่ออีก 1 วัน คุณภาพที่เปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดจน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างโดยลดลงมาอยู่ในช่วง 7.25-7.56, 7.27-7.62 และ 7.37-7.58 ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 87-99, 80-99 และ 65-79 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่จากดักบึงไข่ที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากดักบึงไข่ที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
ก่อนบ่มฟักไข่						
	-	-	8.15	126	0.040	0
หลังจากบ่มฟักไข่ไว้ 1 วัน						
ไม่แช่ดักบึงไข่ใน PI	26.0	27.0	8.05-8.16	124-126	0.050-0.055	0.925-1.212
แช่ดักบึงไข่ใน PI 100 ppm	26.0	27.0	7.94-8.09	120-124	0.046-0.058	0.600-0.843
แช่ดักบึงไข่ใน PI 200 ppm	26.0	27.0	7.48-8.08	113-125	0.041-0.056	0.426-0.914
หลังจากบ่มฟักไข่ไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
ไม่แช่ดักบึงไข่ใน PI	26.0	27.5	7.73-7.84	120-124	0.059-0.067	2.590-2.610
แช่ดักบึงไข่ใน PI 100 ppm	26.0	27.5	7.70-7.80	112-122	0.053-0.067	2.363-2.572
แช่ดักบึงไข่ใน PI 200 ppm	26.0	27.5	7.51-7.81	112-118	0.055-0.066	2.067-2.521
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักแล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ต่ออีก 1 วัน						
ไม่แช่ดักบึงไข่ใน PI	26.5	27.0	7.25-7.56	87-99	0.037-0.052	1.118-2.042
แช่ดักบึงไข่ใน PI 100 ppm	26.5	27.0	7.27-7.62	80-99	0.032-0.041	1.262-2.368
แช่ดักบึงไข่ใน PI 200 ppm	26.5	27.0	7.37-7.58	65-79	0.024-0.044	0.929-1.488

ผลการทดลองครั้งที่ 2

ในการทดลองครั้งที่ 2 หลังบ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในขวดโหลแก้วโหลละ 30 กรัม 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ไข่ปูสีเหลืองเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลและสีดำตามลำดับก่อนทยอยฟักเป็นตัวหลังจากบ่มฟักไว้ 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูวัยอ่อนในแต่ละขวดโหลที่ฟักไข่จากดักบึงไข่ที่ไม่แช่ในสารละลาย PI มีจำนวน 213,560, 270,650, 121,740 และ 280,130 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 32.31, 40.95, 18.42 และ 42.39% ลูกปูแรกฟักจากไข่ที่ดักบึงไข่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีจำนวน 194,820, 194,300, 162,800 และ 195,330 ตัว ซึ่งมีอัตราการฟักอยู่ที่ 29.48, 29.40, 24.63 และ 29.56% ส่วนลูกปูแรกฟักจากไข่ที่ดักบึงไข่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีจำนวน 317,730, 327,210, 244,360 และ 288,280 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 48.08, 49.51, 36.97 และ 43.62% (ตารางที่ 5) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 33.52 ± 11.01 , 28.27 ± 2.43 และ $44.55 \pm 5.64\%$ ตามลำดับ ไข่ปูจากดักบึงไข่ที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไข่ปูจากดักบึงไข่ที่แช่ในสารละลายความเข้มข้น 100

ppm ก่อนการลบล้าง อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่สูงกว่าไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่ในสารละลาย PI อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm ก่อนการลบล้าง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 6)

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลบล้างและไข่ปูสีเหลืองจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลบล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร พบว่า povidone iodine ไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลบล้างตับปิ้งไข่ปู แต่มีผลเล็กน้อยต่อปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ปู ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216e และปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm อยู่ที่ 1.5×10^5 และ 1.3×10^3 CFU/กรัม และความเข้มข้น 200 ppm อยู่ที่ 1.8×10^5 และ 5.0×10^3 CFU/กรัม น้อยกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่สารละลาย PI ซึ่งอยู่ที่ 2.4×10^5 และ 6.4×10^3 CFU/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 5 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีเหลืองจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลบล้าง ในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ไม่แช่ตับปิ้งไข่ปูใน PI			
1	660,900	213,560	32.31
2	660,900	270,650	40.95
3	660,900	121,740	18.42
4	660,900	280,130	42.39
แช่ตับปิ้งไข่ปูใน PI 100 ppm			
1	660,900	194,820	29.48
2	660,900	194,300	29.40
3	660,900	162,800	24.63
4	660,900	195,330	29.56
แช่ตับปิ้งไข่ปูใน PI 200 ppm			
1	660,900	317,730	48.08
2	660,900	327,210	49.51
3	660,900	244,360	36.97
4	660,900	288,280	43.62

ตารางที่ 6 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีเหลืองจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลบล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
ไม่แช่ตับปิ้งไข่ปูใน PI	4	18.42	42.39	33.52 ± 11.01^{ab}
แช่ตับปิ้งไข่ปูใน PI 100 ppm	4	24.63	29.56	28.27 ± 2.43^b
แช่ตับปิ้งไข่ปูใน PI 200 ppm	4	36.97	49.51	44.55 ± 5.64^a

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงและไข่ปูม้าสีเหลืองจากคั้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	น้ำลำเลียง (CFU/มล.)		ไข่ปูสีเหลือง (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
ไม่แช่คั้งไข่ปูใน PI	1.5×10^7	4.8×10^4	2.4×10^5	6.4×10^3
แช่คั้งไข่ปูใน PI 100 ppm	1.5×10^7	1.1×10^5	1.5×10^5	1.3×10^3
แช่คั้งไข่ปูใน PI 200 ppm	1.3×10^7	1.6×10^5	1.8×10^5	5.0×10^3

CFU : colony forming unit

ผลการทดลองครั้งที่ 3

ในการทดลองครั้งที่ 3 หลังจากการบ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในขวดโหลๆ ละ 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง เป็นระยะเวลา 2-4 วัน ไข่ทยอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าจากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่ไม่แช่ในสารละลาย PI ก่อนการลำเลียงมีจำนวน 322,570, 315,180, 330,940 และ 320,740 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 48.81, 47.69, 50.07 และ 48.53% ส่วนตัวอ่อนปูม้าในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีจำนวน 244,550, 270,330, 238,280 และ 168,330 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 37.00, 40.90, 36.05 และ 25.47% ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีจำนวน 397,410, 366,940, 495,630 และ 383,200 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 60.13, 55.52, 74.99 และ 57.98% ตามลำดับ (ตารางที่ 8) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 48.78 ± 0.99 , 34.86 ± 6.60 และ $62.16 \pm 8.76\%$ ตามลำดับ ไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm ก่อนการลำเลียง มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm ก่อนการลำเลียง และไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่ไม่แช่ในสารละลาย PI มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไข่ปูจากคั้งไข่ปูที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm ก่อนการลำเลียง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลจากคั้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่สารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ไม่แช่คั้งไข่ปูใน PI			
1	660,900	322,570	48.81
2	660,900	315,180	47.69
3	660,900	330,940	50.07
4	660,900	320,740	48.53
แช่คั้งไข่ปูใน PI ความเข้มข้น 100 ppm			
1	660,900	244,550	37.00
2	660,900	270,330	40.90
3	660,900	238,280	36.05
4	660,900	168,330	25.47
แช่คั้งไข่ปูใน PI ความเข้มข้น 200 ppm			
1	660,900	397,410	60.13

2	660,900	366,940	55.52
3	660,900	495,630	74.99
4	660,900	383,200	57.98

ตารางที่ 9 อัตราการฟักเชื้อของไข่ม้วนน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลบล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
ไม่แช่ตับปิ้งไข่ม้วนใน PI	4	47.69	50.07	48.78±0.99 ^b
แช่ตับปิ้งไข่ม้วนใน PI 100 ppm	4	25.47	40.90	34.86±6.60 ^c
แช่ตับปิ้งไข่ม้วนใน PI 200 ppm	4	55.52	74.99	62.16±8.76 ^a

a, b, c : อัตราการฟักเชื้อของไข่ม้วนที่ทำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลาล้างและไข่ม้วนน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลบล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3 (ตารางที่ 10) พบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell 'p 2216c และปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากน้ำลาล้างตับปิ้งไข่ม้วนที่ไม่แช่ใน PI (9.0×10^6 และ 2.0×10^4 CFU/มล.) มากกว่าปริมาณทั้งสองที่แยกจากน้ำลาล้างตับปิ้งไข่ม้วนที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm (8.7×10^6 และ 1.1×10^4 CFU/มล.) และ 200 ppm (7.0×10^6 และ 7.5×10^3 CFU/มล.) เล็กน้อย ส่วนปริมาณแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากตับปิ้งไข่ม้วนที่ไม่แช่ใน PI อยู่ที่ 3.3×10^4 CFU/กรัม ซึ่งมากกว่าที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากตับปิ้งไข่ม้วนที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm (3.1×10^4 CFU/กรัม) แต่น้อยกว่าที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากตับปิ้งไข่ม้วนที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 200 ppm (5.0×10^4 CFU/กรัม) เล็กน้อย ในทางกลับกัน ปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากตับปิ้งไข่ม้วนที่ไม่แช่ใน PI (5.4×10^2 CFU/กรัม) น้อยกว่าที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากตับปิ้งไข่ม้วนที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm (1.2×10^3 CFU/กรัม) แต่มากกว่าที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากตับปิ้งไข่ม้วนที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 200 ppm (4.8×10^2 CFU/กรัม)

ตารางที่ 10 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลาล้างและไข่ม้วนน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลบล้างในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	น้ำลาล้าง (CFU/มล.)		ไข่ม้วนน้ำตาล (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
ไม่แช่ตับปิ้งไข่ม้วนใน PI	9.0×10^6	2.0×10^4	3.3×10^4	5.4×10^2
แช่ตับปิ้งไข่ม้วนใน PI 100 ppm	8.7×10^6	1.1×10^4	3.1×10^4	1.2×10^3
แช่ตับปิ้งไข่ม้วนใน PI 200 ppm	7.0×10^6	7.5×10^3	5.0×10^4	4.8×10^2

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่ม้วนทั้ง 4 ซ้ำ ของแต่ละชุดการทดลอง โดยแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในตารางที่ 11 นำก่อนบ่มฟักไข่ม้วนมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 8.0 ความเป็นด่าง 156 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.012 มก./ลิตร แต่ตรวจไม่พบแอมโมเนีย หลังจากบ่มฟักไข่ม้วนไว้ 1 วัน อุณหภูมิในขวดโหลฟักไข่ม้วนในช่วงเช้าอยู่ในช่วง 26.5-26.8°C และในช่วงบ่าย 28.0-28.5°C ความเป็นกรด-ด่างและความเป็นด่างน้อยกว่า ส่วนปริมาณไนโตรเจนมากกว่าของน้ำก่อนบ่มฟัก

ไข่มุกทุกชุดการทดลอง และเริ่มตรวจพบแอมโมเนียในปริมาณ 0.929-1.328, 0.534-1.095 และ 0.834-1.214 มก./ลิตร DO 6.7-6.8 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่มุกของแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ หลังจากบ่มฟักไข่มุกไว้ 2 วัน ความเป็นด่างลดลงอยู่ในช่วง 81-86, 84-103 และ 66-85 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 2.585-2.769, 2.705-2.768 และ 2.292-2.604 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไข่มุกจากแต่ละชุดการทดลอง ส่วน parameter อื่นๆ เปลี่ยนแปลงจากคุณภาพน้ำหลังบ่มฟักไข่มุก 1 วัน ไม่มากนัก เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไปแล้วเติมน้ำลงไปในช่วงโคลฟักไข่มุกและบ่มฟักอีก 1 วัน ความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 8.5 ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 93-101, 123-132 และ 77-97 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.064-0.072, 0.065-0.074 และ 0.051-0.060 มก./ลิตร ในแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณแอมโมเนียและ DO อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับน้ำหลังจากบ่มฟักไข่มุกไว้ 2 วัน

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มไข่มุกมีสีน้ำตาลจากคัตบั้งไข่มุกที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนบ่มฟักไข่นู							
	-	-	8.0	156	0.012	0	-
หลังจากบ่มฟักไข่นูไว้ 1 วัน							
ไม่แช่คัตบั้งไข่นูใน PI	26.5-26.8	28.2-28.5	7.6-7.8	126-130	0.013-0.014	0.929-1.328	6.7
แช่คัตบั้งไข่นูใน PI 100 ppm	26.5-26.8	28.0-28.5	7.7	118-125	0.013-0.017	0.534-1.095	6.7-6.8
แช่คัตบั้งไข่นูใน PI 200 ppm	26.5-26.8	28.0-28.5	7.5-7.6	127-129	0.013-0.018	0.834-1.214	6.7-6.8
หลังจากบ่มฟักไข่นูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
ไม่แช่คัตบั้งไข่นูใน PI	26.4	28.2-28.6	6.9-7.8	81-86	0.033-0.042	2.585-2.769	6.6-6.8
แช่คัตบั้งไข่นูใน PI 100 ppm	26.3-26.4	28.2-28.6	7.1-7.9	84-103	0.026-0.033	2.705-2.768	6.7-6.8
แช่คัตบั้งไข่นูใน PI 200 ppm	26.4-26.6	28.3-28.8	7.1-7.7	66-85	0.025-0.030	2.292-2.604	6.7-6.8
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักแล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่นูต่ออีก 1 วัน							
ไม่แช่คัตบั้งไข่นูใน PI	26.8-26.9	28.0-28.4	8.5	93-101	0.064-0.072	2.364-2.681	6.7-6.8
แช่คัตบั้งไข่นูใน PI 100 ppm	26.8-26.9	28.1-28.2	8.5	123-132	0.065-0.074	2.634-2.712	6.7-6.8
แช่คัตบั้งไข่นูใน PI 200 ppm	26.8-26.9	28.0-28.1	8.5	77-97	0.051-0.060	2.527-2.634	6.7-6.8

วิจารณ์ผล

โพลีไวนิลไพร์โรลิโดน (povidone iodine : PI) เป็นสารละลายที่มีส่วนประกอบของ polyvinylpyrrolidone และ iodine นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อที่ผิวหนังและไข่มุก (Herwig, 1979) การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทดลองใช้สารเคมีดังกล่าวในการลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนคัตบั้งไข่มุกก่อนการลำเลียง เนื่องจากแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับคัตบั้งไข่มุกเป็นตัวการที่ทำให้ไข่มุกเน่าเสียจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ไข่มุกทั้งสีน้ำตาลและสีเหลืองจากคัตบั้งไข่มุกที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไข่มุกจากคัตบั้งไข่มุกที่ไม่แช่ใน PI ก่อนการลำเลียง อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 3 และอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ส่วนไข่มุกจากคัตบั้งไข่มุกที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการ

ลำเลียง มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่ใน PI ก่อนการลำเลียง อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 1 แต่ต่ำกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ผลจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง แสดงให้เห็นว่า การแช่ตับปิ้งไข่ปูในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียง มีผลให้อัตราการฟักของไข่ปูสูงขึ้นไม่มากนักน้อย ในขณะที่ PI ความเข้มข้น 100 ppm ไม่มีผลที่ชัดเจน

การศึกษาในครั้งนี้ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลจากตับปิ้งไข่ปูทั้งที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ก่อนการลำเลียง (24.53 ± 2.28 , 28.14 ± 2.52 และ $32.85\pm6.83\%$ ตามลำดับ) ในการทดลองครั้งที่ 1 ต่ำกว่าไข่ปูสีเดียวกันจากตับปิ้งไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณเดียวกันในการศึกษาครั้งที่ผ่านมา ซึ่งอยู่ที่ 75.98 ± 11.79 และ $76.16\pm11.17\%$ ค่อนข้างมาก ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าตับปิ้งไข่ปูที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 รวบรวมเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2545 ซึ่งในวันดังกล่าวมีฝนตก ปูม้าจึงโดนฝนช่วงลำเลียงจากท่าเทียบเรือบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรีมายังโรงต้มปูจังหวัดสมุทรสงคราม เนื่องจากผู้ประกอบการใช้รถบรรทุกไม่มีหลังคาในการลำเลียงปูม้า น้ำฝนส่งผลกระทบต่อคุณภาพของไข่ปูที่เกาะติดที่ตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง ไข่ปูจากตับปิ้งไข่ปูดังกล่าวจึงมีอัตราการฟักเฉลี่ยต่ำมากและไม่เห็นความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ชัดเจน ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งในการทดลองครั้งที่ 3 ซึ่งในครั้งนี้อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลทุกชุดการทดลองสูงกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 และระหว่างชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ส่วนในการทดลองครั้งที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองจากตับปิ้งไข่ปูทั้งที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ก่อนการลำเลียง (33.52 ± 11.01 , 28.27 ± 2.43 และ $44.55\pm5.64\%$ ตามลำดับ) สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเดียวกัน ในการศึกษาครั้งแรกของวารินทร์และคณะ (2545) ซึ่งอยู่ที่ 22.90% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในครั้งนี้ได้ปรับปรุงวิธีการโดยใช้รถยนต์บรรทุกมีหลังคาในการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูพร้อมให้ก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา แต่ในครั้งนั้นใช้รถยนต์ไม่มีหลังคาและให้อากาศตับปิ้งไข่ปูระหว่างการลำเลียง

ปริมาณแบคทีเรียรวมหรือปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงในแต่ละการทดลองแตกต่างกันไม่มาก และไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันเสมอไป ยกเว้นการทดลองครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นไปในทิศทางที่น้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 200 ppm ก่อนการลำเลียงมีปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อ *Vibrio* ปนเปื้อนน้อยกว่าน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm ก่อนการลำเลียง และปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ในน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่แช่ใน PI ความเข้มข้น 100 ppm ก่อนการลำเลียงน้อยกว่าในน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูที่ไม่แช่ใน PI ก่อนการลำเลียง ผลการศึกษาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า การแช่ตับปิ้งไข่ปูในสารละลาย PI ก่อนการลำเลียงมีผลให้ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ในน้ำลำเลียงลดลงเพียงเล็กน้อยในบางครั้ง เช่นเดียวกับปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ปูก่อนนำไปบ่มฟัก PI มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม อยู่บ้างแต่ไม่เด่นชัด ในกรณีนี้อาจเป็นเพราะก่อนนำไข่ปูไปบ่มฟักในขวดโหล ทำการกรองสิ่งสกปรกออกและล้างด้วยน้ำทะเลสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง การล้างไข่ปูมีส่วนช่วยชะแบคทีเรียบริเวณผิวบางส่วนออกไป ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ปูจึงขึ้นอยู่กับความพิถีพิถันในการล้างไข่ปูด้วย

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับที่เคยปรากฏในการศึกษาครั้งที่ผ่านมา ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก หากขวดโหลใดที่ไข่ปูฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจำนวนมากหรืออัตราการฟักสูง ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในขวดโหลนั้นๆลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับความเป็นด่าง

ของน้ำก่อนบ่มฟักไข่ปู และเป็นผลให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงด้วย ซึ่งเป็นไปได้ที่ HCO_3^- และ CO_3^{2-} ในน้ำถูกดึงไปใช้เป็นส่วนประกอบในการสร้างเปลือกของลูกปู ส่วนปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) และ แอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มฟักไข่ปูโดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) ดังนั้น เมื่อลูกปูฟักออกจากไข่เป็นจำนวนมากต้องรีบรวบรวมออกจากภาชนะบ่มฟักไข่เพื่อไม่ให้เป็นอันตราย

ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง

งานวิจัยนี้ศึกษาระดับความเค็มของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูม้าเพื่อให้ไข่ปูจากตับปิ้งที่ลำเลียงมามีอัตราการฟักสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไข่ปูม้าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเค็มต่างกัน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าที่มีความเค็มต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้า

ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม และ/หรืออำเภอยะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในเวลา 5.00-6.00 น. (รูปที่ 1) แล้วลำเลียงโดยใส่ในตะกร้าพลาสติก (รูปที่ 2) มายังโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.00-9.30 น. คณะผู้วิจัยเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนั้น เมื่อรถขนส่งปูม้ามาถึงทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไข่นอกกระดองออกมา (รูปที่ 3) และสุ่มปูไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักตลอดจนวัดความกว้างและความยาวของกระดอง (รูปที่ 4) ซึ่งในครั้งที่ 1 แม่ปูมีน้ำหนักในช่วง 110-290 กรัม ความกว้างกระดอง 10.8-15.7 ซม. และความยาวกระดอง 5.0-9.5 ซม. ครั้งที่ 2 แม่ปูมีน้ำหนัก 120-235 กรัม ความกว้างกระดอง 11.0-14.0 ซม. และความยาวกระดอง 4.8-6.2 ซม. จากนั้นทำการหักตับปิ้งไว้ก่อนนำปูเหล่านี้ไปต้มเพื่อแกะเนื้อ (รูปที่ 5) ตับปิ้งปูที่รวบรวมเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 และเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 เมื่อรวบรวมได้ตามต้องการ นำตับปิ้งปูในปริมาณ 4 กก. ไปใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ที่แต่ละกล่องบรรจุน้ำทะเลความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และที่แต่ละกล่องบรรจุน้ำทะเลความเค็ม 25, 27 และ 30 ppt สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ในปริมาตร 20 ลิตร ระหว่างการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูจากโรงต้มปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครให้ก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา (รูปที่ 6)



รูปที่ 1 ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูมารับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



รูปที่ 2 ปูม้าที่ลำเลียงโดยใส่ตะกร้า (ลำเลียงแห้ง) มายังโรงต้มและแกะเนื้อปู ที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 3 การคัดเลือกและแยกปูม้าที่มี
ไข่นอกกระดอง



รูปที่ 4 การต้มปูไข่นอกกระดอง
เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด



รูปที่ 5 การหักด้ามจากปูไข่นอก
กระดองแล้วรวบรวมไว้ในตะกร้า



รูปที่ 6 การลำเลียงด้ามปูม้าโดยใส่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้ก๊าซออกซิเจน



การแยกไข่นอกจากด้ามและการทำความสะอาดไข่นู่ม้า

เมื่อลำเลียงด้ามปูม้าของแต่ละการทดลองมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ ทำการคัดเลือกด้ามปูม้าสีน้ำตาลที่สีใกล้เคียงมากที่สุดจากแต่ละกล่องโฟมประมาณ 10-12 ด้ามปูม้า ใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำสะอาด การแยกไข่นอกจากด้ามปูม้าโดยใช้มือถูเบาๆ ในน้ำ (รูปที่ 7) จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก (รูปที่ 8) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง (รูปที่ 9) ไข่นู่ม้าที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปบ่มฟัก



รูปที่ 7 การแยกไข่นู่ม้าออกจากด้ามปู
โดยใช้มือถูเบาๆ ในกะละมัง
ที่มีน้ำทะเล



รูปที่ 8 การกรองสิ่งสกปรกและไข่นู่ม้า
ที่จับเป็นก้อนออก



รูปที่ 9 การล้างไข่นู่ม้าด้วยน้ำทะเล
สะอาด 3 ครั้ง

การฟักไข่นู่ม้า

ไข่นู่ม้าจากด้ามปูม้าที่ลำเลียงในน้ำแต่ละความเค็มถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุ น้ำทะเลความเค็มเดียวกันในปริมาตร 6 ลิตร การทดลองแต่ละครั้งแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 30 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 35 ppt

การทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 27 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 30 ppt



รูปที่ 10 การฟักไข่ปูในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอก
ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศ

ปริมาณไข่ปูที่นำไปบ่มฟักในแต่ละขวดโหลมีน้ำหนัก 30 กรัม (ประมาณ 660,900 ฟอง) ระหว่างที่บ่มฟักไข่ปูให้อากาศค่อนข้างแรงเพื่อไม่ให้ไข่จมที่ก้นขวดโหล (รูปที่ 10) นอกจากนี้ ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่ปูในแต่ละวันซึ่งได้แก่ความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Orion อุณหภูมิในช่องเช้าและบ่ายโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ที่มีช่วงระหว่าง 0-100°C ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) โดยใช้เครื่องวัด

ยี่ห้อ Oxy Guard รุ่น Handy Alpha ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1980)

เมื่อสังเกตเห็นขวดโหลใดไข่เริ่มฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจะปรับฟองอากาศให้เบาลง รองนปริมาณลูกปูแรกฟักในขวดโหลมีมากพอสมควรจึงหยุดให้อากาศ เพื่อให้ไข่ปูส่วนที่ยังไม่ฟักออกเป็นตัวจมอยู่ก้นขวดโหล จากนั้นใช้สายยางดูดเอาน้ำพร้อมตัวอ่อนปูม้าที่บริเวณเหนือชั้นของไข่ที่จมด้วยวิธีกลักน้ำลงในสวิงตาที่วางอยู่ในกะละมังที่มีน้ำท่วมถึง ย้ายลูกปูแรกฟักไปใส่ในถังหรือกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลอยู่ระดับหนึ่ง การเลือกใช้ถังหรือกะละมังพลาสติกขึ้นอยู่กับจำนวนลูกปูว่ามีมากน้อยเพียงใดเพื่อสะดวกในการส่นับจำนวน ขวดโหลใดที่แยกลูกปูแรกฟักออกมาแล้ว เติมน้ำทะเลลงไปในขวดโหลให้ได้ปริมาตร 6 ลิตร เท่าเดิม พร้อมให้อากาศอีกครั้งและรอให้ไข่ฟักเป็นตัวอ่อนในครั้งต่อไป แล้วรวบรวมลูกปูวัยอ่อนด้วยวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น การรวบรวมตัวอ่อนปูม้าดำเนินการจนกระทั่งไข่ในขวดโหลเริ่มเน่าเสียและไม่ฟักเป็นตัวโดยไม่เกิน 3 วัน

การส่นับจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักมาไว้ในถังพลาสติกในกรณีที่มีลูกปูจำนวนมาก จากนั้นเติมน้ำทะเลลงไปในถังให้ได้ปริมาตร 300 ลิตร ในกรณีที่ลูกปูแรกฟักมีจำนวนไม่มากจะรวบรวมไว้ในกะละมังพลาสติก เติมน้ำทะเลลงไปได้ปริมาตร 20 ลิตร แล้วให้ฟองอากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายทั่วๆ การประเมินจำนวนลูกปูในถัง 300 ลิตร หรือกะละมัง 20 ลิตร โดยใช้บิกเกอร์ส่นตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. นับจำนวน

ลูกปูที่อยู่ในบิกเกอร์ ถ้าเป็นถึง 300 ลิตร สุ่มตัวอย่าง 9 จุด ถ้าเป็นกะละมัง 20 ลิตร สุ่มตัวอย่าง 4 จุด (รูปที่ 11) แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนลูกปูแรกฟักในปริมาตรน้ำ 100 มล. ซึ่งทำให้สามารถประเมินจำนวนลูกปูทั้งหมดในแต่ละถังหรือในแต่ละกะละมัง การประเมินจำนวนลูกปูทั้งหมดจากแต่ละขวดโหลโดยการรวมจำนวนลูกปูที่สุ่มนับจากถึง 300 ลิตร หรือจากกะละมัง 20 ลิตร ในแต่ละครั้ง จากนั้นคำนวณหาอัตราการฟักของไข่ปูได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการฟัก (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกปูที่นับได้}}{\text{จำนวนไข่ปูที่นำไปฟัก}} \times 100$$



รูปที่ 11 การสุ่มนับจำนวนลูกปูแรกฟัก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่บ่มฟักในน้ำความเค็มต่างกันในแต่ละการทดลองโดยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การทดลองครั้งที่ 1 ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูในปริมาณ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร และบ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในน้ำความเค็มเดียวกันที่ 25, 30 และ 35 ppt หลังจากบ่มฟักไข่ปูของแต่ละชุดการทดลองในขวดโหลๆ ละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 2-4 วัน ลูกปูวัยอ่อนทยอยฟักออกจากไข่ จากการสุ่มนับสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 25 ppt มีจำนวน 181,680, 196,320, 213,990 และ 235,320 ตัว คิดเป็นอัตราฟัก 27.49, 29.70, 32.38 และ 35.61% ลูกปูวัยอ่อนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 30 ppt มีจำนวน 392,480, 494,670, 265,350 และ 388,980 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 59.39, 74.85, 40.15 และ 58.86% ตัวอ่อนปูม้าในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 35 ppt มีจำนวน 442,650, 473,780, 440,340 และ 410,220 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 66.98, 71.69, 66.63 และ 62.07% ตามลำดับ (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 31.30 ± 3.50 , 58.31 ± 14.20 และ $66.84 \pm 3.93\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 35 ppt สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 30 ppt อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำทั้ง 2 ระดับความเค็มสูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ม้วนน้ำจืดที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt			
1	660,900	181,680	27.49
2	660,900	196,320	29.70
3	660,900	213,990	32.38
4	660,900	235,320	35.61
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเค็ม 30 ppt			
1	660,900	392,480	59.39
2	660,900	494,670	74.85
3	660,900	265,350	40.15
4	660,900	388,980	58.86
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเค็ม 35 ppt			
1	660,900	442,650	66.98
2	660,900	473,780	71.69
3	660,900	440,340	66.63
4	660,900	410,220	62.07

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำจืดที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	27.49	35.61	31.30±3.50 ^b
2	4	40.15	74.85	58.31±14.20 ^a
3	4	62.07	71.69	66.84±3.93 ^a

ชุดการทดลอง 1 : บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลอง 2 : บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเค็ม 30 ppt

ชุดการทดลอง 3 : บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเค็ม 35 ppt

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำจืดที่บ่มฟักด้วยอัตราความเค็มต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่ทั้ง 4 ซ้ำ ของแต่ละชุดการทดลองโดยแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในตารางที่ 3 น้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ที่เตรียมไว้ก่อนการบ่มฟักไข่ม้วนมีอุณหภูมิช่วงเช้า 27.9, 28.9 และ 28.8°ซ ช่วงบ่าย 28.8, 28.9 และ 28.8°ซ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.1, 8.0 และ 7.9 ความเป็นด่าง 117, 114 และ 118 มก./ลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 6.8, 6.7 และ 6.5 มก./ลิตร ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) และแอมโมเนีย ($\text{NH}_2\text{-N}$) หลังจากบ่มฟักไข่ม้วนไว้ 1 วัน อุณหภูมิของน้ำในช่วงเช้าลดลงแต่ช่วงบ่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแต่ละชุดการทดลองเท่าเดิมหรือลดลงเล็กน้อย ปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนบ่มฟักไข่ม้วน หลังจากบ่มฟักไข่ม้วนไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก อุณหภูมิของน้ำทั้งช่วงเช้าและบ่ายของแต่ละชุดการทดลองเปลี่ยนแปลงจากเดิมในช่วงแคบๆ ความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 7.1-7.3, 7.1-7.2 และ 7.0-7.1 ความเป็นด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 78-91, 46-53 และ 39-43 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.094-0.104, 0.096-0.103 และ 0.012-0.017 มก./ลิตร และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอย่างมากมาอยู่ในช่วง 2.423-2.663, 2.498-2.552 และ 2.432-2.595 มก./ลิตร และปริมาณ

ออกซิเจนละลายน้ำอยู่ที่ 6.9, 6.7-6.8 และ 6.4-6.5 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำใหม่ที่มีความเค็มระดับเดิมของแต่ละชุดการทดลอง อุณหภูมิน้ำทั้งเช้าและบ่าย (ยกเว้นชุดการทดลองที่ 1) ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่างกลับมาเพิ่มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณออกซิเจนละลาย (ยกเว้นชุดการทดลองที่ 1) ใกล้เคียง ปริมาณแอมโมเนียส่วนใหญ่มีน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำหลังการบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วันของแต่ละชุดการทดลอง

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าสีน้ำตาลในน้ำที่มีความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนบ่มฟักไข่ปู							
1	27.9	28.8	8.1	117	0	0	6.8
2	28.0	28.9	8.0	114	0	0	6.7
3	27.9	28.8	7.9	118	0	0	6.5
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	27.0-27.1	29.0	7.8-7.9	115-117	0.049-0.051	0.859-1.108	6.7-6.8
2	27.0-27.1	29.0-29.1	7.1-7.9	92-112	0-0.063	0.746-0.853	6.7
3	27.0-27.1	29.0-29.1	7.7-7.8	95-118	0-0.063	0.608-0.788	6.4-6.5
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	27.1-27.3	28.7-29.0	7.1-7.3	78-91	0.094-0.104	2.423-2.663	6.9
2	27.0-27.2	28.7-28.9	7.1-7.2	46-53	0.096-0.103	2.498-2.552	6.7-6.8
3	27.1-27.2	28.5-28.6	7.0-7.1	39-43	0.012-0.017	2.432-2.595	6.4-6.5
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	27.3-27.9	-	7.7-7.8	127-136	0.078-0.194	2.290-2.470	-
2	27.6-27.9	29.5-29.9	7.8-7.9	103-115	0.064-0.123	1.862-2.452	6.6-6.7
3	27.5-27.9	28.5-29.0	7.6-7.8	96-102	0.031-0.038	1.703-2.555	6.4-6.5

ชุดการทดลอง 1 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลอง 2 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 30 ppt

ชุดการทดลอง 3 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 35 ppt

การทดลองครั้งที่ 2 ลำเลียงดับปิ้งไข่ปูในปริมาณ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ที่มีความเค็มแตกต่างกันคือ 25, 27 และ 30 ppt และบ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในน้ำที่มีความเค็มเช่นเดียวกับน้ำลำเลียง ไข่ปูม้าของแต่ละชุดการทดลองถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลๆ ละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ชุดการทดลองละ 4 ข้ว ไข่ทยอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไข่ไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ในน้ำความเค็ม 25 ppt มีจำนวน 286,500, 106,500, 232,100 และ 423,360 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 43.35, 16.11, 35.12 และ 64.06% ลูกปูวัยอ่อนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในน้ำเค็ม 27 ppt มีจำนวน 502,160, 436,800, 419,700 และ 471,560 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 75.98, 66.09, 63.50 และ 71.35% ส่วนลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในน้ำความเค็ม 30 ppt มีจำนวน 589,560, 614,100, 266,400 และ 633,200 ตัว ซึ่งมีอัตราการฟัก 89.21, 92.92, 40.31 และ 95.81% (ตารางที่ 4) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 39.66 ± 19.87 , 69.23 ± 5.56 และ $79.56 \pm 26.31\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 30 ppt สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 27 ppt อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะเดียวกัน

อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 และ 27 ppt แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเค็ม 25, 27 และ 30 ppt ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt			
1	660,900	286,500	43.35
2	660,900	106,500	16.11
3	660,900	232,100	35.12
4	660,900	423,360	64.06
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 27 ppt			
1	660,900	502,160	75.98
2	660,900	436,800	66.09
3	660,900	419,700	63.50
4	660,900	471,560	71.35
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 30 ppt			
1	660,900	589,560	89.21
2	660,900	614,100	92.92
3	660,900	266,400	40.31
4	660,900	633,200	95.81

ตารางที่ 5 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเค็ม 25, 27 และ 30 ppt ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	16.11	64.06	39.66±19.87 ^b
2	4	63.50	75.98	69.23±5.56 ^{ab}
3	4	40.31	92.92	79.56±26.31 ^a

ชุดการทดลอง 1 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลอง 2 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 27 ppt

ชุดการทดลอง 3 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 30 ppt

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่ปูทั้ง 4 ซ้ำ ของแต่ละชุดการทดลอง โดยแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในตารางที่ 6 น้ำความเค็ม 25, 27 และ 30 ppt ที่เตรียมไว้ก่อนบ่มฟักไข่ปู มีอุณหภูมิช่วงเช้าอยู่ที่ 27.0°ซ และช่วงบ่ายอยู่ที่ 31.0°ซ ความเป็นกรด-ด่าง 8.53, 8.59 และ 8.62 ความเป็นด่าง 140, 128 และ 122 มก./ลิตร ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนีย 0.036, 0.053 และ 0.029 มก./ลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.0, 6.2 และ 6.1 มก./ลิตร แต่ตรวจไม่พบไนไตรท์ หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน อุณหภูมิของน้ำในช่วงเช้าและช่วงบ่ายสูงกว่าเล็กน้อย ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง แต่ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำ ก่อนบ่มฟักไข่ หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวบลูกปูแรกฟัก อุณหภูมิของน้ำทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย เปลี่ยนแปลงจากเดิมเล็กน้อย ความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 8.09-8.12, 7.93-7.96, และ 7.83-7.94 ความเป็นด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 109-131, 98-108 และ 77-102 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอยู่

ในช่วง 1.455-2.351, 1.254-1.959 และ 1.250-2.130 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 6.3-6.5, 6.6-6.7 และ 6.4-6.6 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำทะเลลงไปในขวดโหลฟักไข่ปูและบ่มฟักต่ออีก 1 วัน คุณภาพน้ำแต่ละ parameter ของแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน ยกเว้น ความเป็นต่างของน้ำความเค็ม 25 ppt ที่บ่มฟักไข่ปูอยู่ที่ 82-123 มก./ลิตร มากกว่าความเป็นต่างของน้ำความเค็ม 27 และ 30 ppt ซึ่งอยู่ที่ 75-79 และ 63-95 มก./ลิตร

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำก่อนบ่มฟักและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าสีน้ำตาลในน้ำที่มีความเค็ม 25, 27 และ 30 ppt ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนบ่มฟักไข่ปู							
1	27.0	31.0	8.53	140	0	0.036	6.0
2	27.0	31.0	8.59	128	0	0.053	6.2
3	27.0	31.0	8.62	122	0	0.029	6.1
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	27.5-27.6	31.2-31.5	8.05-8.19	132-140	-	0.762-1.178	5.9-6.0
2	27.5-27.7	31.5	8.04-8.12	122-126	-	0.363-0.470	6.0-6.1
3	27.5-27.6	31.3-31.5	8.05-8.12	116-122	-	0.139-0.408	5.9-6.0
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	27.1-27.2	31.0	8.09-8.12	109-131	-	1.455-2.351	6.3-6.5
2	27.1-27.4	30.0-31.0	7.93-7.96	98-108	-	1.254-1.959	6.6-6.7
3	27.2-27.4	31.0	7.83-7.94	77-102	-	1.250-2.130	6.4-6.6
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	27.0	31.0	7.61-7.91	82-123	-	2.558-2.746	6.6-6.8
2	27.0	31.0	7.71-7.80	75-79	-	2.612-2.708	6.8
3	27.0	31.0	7.62-7.87	63-95	-	2.558-2.747	6.5-6.6

ชุดการทดลอง 1 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลอง 2 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 27 ppt

ชุดการทดลอง 3 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเค็ม 30 ppt

วิจารณ์ผล

การศึกษาในครั้งนี้ ไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 35 และ 30 ppt มีอัตราการฟักเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่อัตราการฟักทั้งสองสูงกว่าอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 1 ส่วนไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 30 ppt มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 27 ppt อย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่เดียวกันอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 27 และ 25 ppt แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 2 ผลจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง แสดงให้เห็นได้ว่าไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 27-35 ppt มีอัตราการฟักสูงกว่า 50% ขึ้นไป ส่วนไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำความเค็ม 25 ppt มีอัตราการฟักต่ำกว่า 50% ดังนั้น ความเค็มของน้ำที่เหมาะสมในการฟักไข่ปูม้าจึงอยู่ในช่วง 27-35 ppt ซึ่งใกล้เคียงกับที่สุเมธ (2527) ระบุว่า ปูม้าจะวางไข่ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งที่อยู่อาศัยโดยชอบวางไข่ในบริเวณที่มีความเค็มระหว่าง 28-32 ppt

ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในเขตโหลบ่มฟักไข่พบว่าคุณภาพน้ำในเขตโหลเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้กล่าวคือ ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก หากเขตโหลใดที่ไข่ฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าจำนวนมากหรือมีอัตราการฟักสูง ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในเขตโหลนั้นๆลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นด่างของน้ำก่อนบ่มฟักไข่ และเป็นผลให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงตามไปด้วย ปรากฏการณ์นี้คาดว่าเกิดจากการที่ HCO_3^- และ CO_3^{2-} ในน้ำถูกดึงไปเป็นส่วนประกอบของ CaCO_3 ในการสร้างเปลือกของลูกปู ส่วนปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) และปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มฟักไข่ โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียมักเพิ่มขึ้นสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) ดังนั้น เมื่อลูกปูฟักออกจากไข่ต้องรีบรวบรวมออกจากภาชนะบ่มฟักไข่เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อลูกปู

ผลของความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง เพื่อไข่ปูมีอัตราการฟักสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไข่ปูม้าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกัน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้า

ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม และ/หรืออำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในเวลาประมาณ 5.00-6.00 น. เมื่อวันที่ 18 และ 24 มิถุนายน 2546 และในเวลาประมาณ 20.00-21.00 น. เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 แล้วลำเลียงโดยใส่ในตะกร้าพลาสติกมายังโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.00-9.30 น. เมื่อวันที่ 18 และ 24 มิถุนายน 2546 และเวลาประมาณ 23.00 น. เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 คณะผู้วิจัยเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนี้ เมื่อรถขนส่งปูม้ามาถึง ทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไข่นอกกระดองออกมา และสุ่มปูไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ซึ่งในครั้งที่ 1 แม่ปูมีน้ำหนักในช่วง 105-330 กรัม ความกว้างกระดอง 10.6-16.1 ซม. และความยาวกระดอง 5.1-7.5 ซม. ครั้งที่ 2 แม่ปูมีน้ำหนัก 140-260 กรัม ความกว้างกระดอง 11.3-14.4 ซม. และความยาวกระดอง 5.2-7.0 ซม. ครั้งที่ 3 แม่ปูมีน้ำหนัก 62-222 กรัม ความกว้างกระดอง 9.2-14.3 ซม. และความยาวกระดอง 4.4-6.9 ซม. จากนั้นทำการหักตับปิ้งไว้ก่อนนำไปต้มและแกะเนื้อ ตับปิ้งไข่ปูที่รวบรวมเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อรวบรวมได้ตามต้องการ นำตับปิ้งเหล่านั้นใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ที่แต่ละกล่องบรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 20 ลิตร ที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5, 8.0 และ 8.5 สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 และที่แต่ละกล่องบรรจุน้ำทะเลที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5, 8.0, 8.5 และ 9.0 สำหรับการทดลองครั้งที่ 3 ระหว่างการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูจากโรงต้มปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาครให้ก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา

การแยกไข่จากตับปิ้งและการทำความสะอาดไข่ปูม้า

เมื่อลำเลียงตับปิ้งไข่ปูมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาคร ทำการคัดเลือกตับปิ้งไข่ปูจากแต่ละกล่องโดยการทดลองครั้งที่ 1 และ 3 ใช้ตับปิ้งไข่ปูสีน้ำตาล ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 ใช้ตับปิ้งไข่ปูสีเหลืองกล่องละประมาณ 10-12 ตับปิ้ง ใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลสะอาด การแยกไข่ออกจากตับปิ้ง

โดยใช้มืออุเบาะๆ ในน้ำ จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก แล้วล้างด้วยน้ำทะเลสะอาด 3-4 ครั้ง ไข่ปูที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปบ่มฟัก

การฟักไข่ปูม้า

ไข่ปูจากตับปิ้งที่ลำเลียงในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างแต่ละระดับถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วทรงกระบอกในปริมาณ 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 6 ลิตร ที่มีความเป็นกรด-ด่างระดับเดียวกับน้ำลำเลียง การทดลองแต่ละครั้งแบ่งออกเป็นชุดการทดลอง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 บ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันระดับละ 4 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5

การทดลองครั้งที่ 2 บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันระดับละ 4 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5

การทดลองครั้งที่ 3 บ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันระดับละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5

ชุดการทดลองที่ 4 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 9.0

ระหว่างที่บ่มฟักไข่ปูให้อากาศอย่างแรงเพื่อไม่ให้ไข่จมที่ก้นขวดโหล การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างการบ่มฟักไข่ปู ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตลอดจนการรวบรวมลูกปูเมื่อฟักออกจากไข่ด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว

การสุ่มนับจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักจากแต่ละขวดโหล ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปูและคำนวณอัตราการฟักด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันในแต่ละการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

การทดลองครั้งที่ 1 **ไข่ม้วนน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลๆละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง** ที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยไข่ออกเป็นตัวอ่อนไข่ม้วนน้ำตาลหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกไข่ม้วนอ่อนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 มีจำนวน 443,560, 487,260, 435,300 และ 476,360 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 67.11, 73.73, 65.86 และ 72.08% ส่วนลูกไข่ม้วนแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 มีจำนวน 493,800, 363,900, 512,700 และ 447,300 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 74.72, 55.06, 77.58 และ 67.68% ลูกไข่ม้วนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5 มีจำนวน 490,500, 216,000, 229,200 และ 278,700 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 74.22, 32.68, 34.68 และ 42.17% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำตาลในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 69.70 ± 3.80 , 68.76 ± 10.04 และ $45.94 \pm 19.29\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนที่บ่มฟักในน้ำที่มีความกรด-ด่าง 7.5 และ 8.0 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักของไข่ม้วนทั้ง 2 ชุดการทดลอง มากกว่าอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ม้วนน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0 และ 8.5 ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ม้วน (ฟอง)	จำนวนลูกไข่ม้วนแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มี pH 7.5			
1	660,900	443,560	67.11
2	660,900	487,260	73.73
3	660,900	435,300	65.86
4	660,900	476,360	72.08
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มี pH 8.0			
1	660,900	493,800	74.72
2	660,900	363,900	55.06
3	660,900	512,700	77.58
4	660,900	447,300	67.68
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มี pH 8.5			
1	660,900	490,500	74.22
2	660,900	216,000	32.68
3	660,900	229,200	34.68
4	660,900	278,700	42.17

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0 และ 8.5 ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มี pH 7.5	4	65.86	73.73	69.70 ± 3.80^a
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มี pH 8.0	4	55.06	77.58	68.76 ± 10.04^a
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มี pH 8.5	4	32.68	74.22	45.94 ± 19.29^b

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่ปูทั้ง 4 ขั้ว ของแต่ละชุดการทดลองโดยแสดงค่าของแต่ละชุดการทดลองเป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด (ตารางที่ 3) น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5, 8.0 และ 8.5 ก่อนบ่มฟักไข่ปูมีอุณหภูมิ ปริมาณไนไตรท์ ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใกล้เคียงกัน ส่วนความเป็นด่างอยู่ที่ 90, 102 และ 128 มก./ลิตร ตามลำดับ หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 และ 2 วัน อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำค่อยๆลดลง ส่วนปริมาณไนไตรท์ และปริมาณแอมโมเนียกลับเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไปแล้วเติมน้ำใหม่ และบ่มฟักไข่ต่ออีก 1 วัน คุณภาพน้ำแต่ละ parameter ของแต่ละชุดการทดลองเปลี่ยนแปลงโดยมีอุณหภูมิช่วงเช้าที่ 28°C และช่วงบ่ายระหว่าง 28.6-28.9, 28.7-29.0 และ 28.8-29.0°C ความเป็นกรด-ด่าง 6.98-7.14, 7.06-7.94 และ 7.34-7.47 ความเป็นด่าง 42-54, 43-48 และ 68-100 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์ 0.032-0.039, 0.033 และ 0.037-0.052 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 2.279-2.538, 2.498-2.517 และ 2.512-2.560 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.7, 6.6-6.7 และ 6.6-6.7 มก./ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำก่อนบ่มและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าในน้ำตาลินน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0 และ 8.5 ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง	NO ₂ -N	NH ₃ -N	DO
	เช้า	บ่าย		(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)
ก่อนบ่มฟักไข่ปู							
1	-	29.0-29.5	7.50	90	0.027	0	6.6-6.7
2	-	29.0	8.00	102	0.028	0	6.6
3	-	29.0-29.5	8.50	128	0.025	0	6.7
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	27.0	28.0	7.41-7.45	85	0.029	0.376-0.653	6.8-6.9
2	27.0	28.0	8.06-8.09	100	0.029-0.030	0.248-0.478	7.0
3	27.0	28.0	8.18-8.23	124	0.029-0.030	0.079-0.328	7.0
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	26.0	27.5-28.0	7.50-7.53	62-67	0.031-0.032	2.223-2.318	6.2-6.5
2	26.0	27.7-27.9	7.62-7.73	78-98	0.035-0.041	1.920-2.021	6.4-6.5
3	26.0	27.5-27.8	7.61-7.75	77-85	0.031-0.035	1.999-2.147	6.4-6.5
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	28.0	28.6-28.9	6.98-7.14	42-54	0.032-0.039	2.279-2.538	6.7
2	28.0	28.7-29.0	7.06-7.94	43-48	0.033	2.498-2.517	6.6-6.7
3	28.0	28.8-29.0	7.34-7.47	68-100	0.037-0.052	2.512-2.560	6.6-6.7

ชุดการทดลองที่ 1 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 7.5

ชุดการทดลองที่ 2 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.0

ชุดการทดลองที่ 3 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.5

การทดลองครั้งที่ 2 **ไข่มุกสีเหลือง**ของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลๆละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 มีจำนวน 233,460, 119,700, 324,100 และ 306,300 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 35.32, 18.11, 49.04 และ 46.35% ลูกปูวัยอ่อนแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 มีจำนวน 481,500, 528,300, 338,500 และ 517,200 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 72.86, 79.94, 51.22 และ 78.26% ส่วนลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5 มีจำนวน 377,400, 357,300, 299,700 และ 263,400 ตัว โดยมีอัตราการฟัก 57.10, 54.06, 45.35 และ 39.85% (ตารางที่ 4) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 37.21 ± 14.05 , 70.57 ± 13.25 และ $49.09 \pm 7.92\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 8.5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 8.5 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 อัตราการฟักของไข่มุกสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0 และ 8.5 ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่มุก (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มี pH 7.5			
1	660,900	233,460	35.32
2	660,900	119,700	18.11
3	660,900	324,100	49.04
4	660,900	306,300	46.35
บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มี pH 8.0			
1	660,900	481,500	72.86
2	660,900	528,300	79.94
3	660,900	338,500	51.22
4	660,900	517,200	78.26
บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มี pH 8.5			
1	660,900	377,400	57.10
2	660,900	357,300	54.06
3	660,900	299,700	45.35
4	660,900	263,400	39.85

ตารางที่ 5 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0 และ 8.5 ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มี pH 7.5	4	18.11	49.04	37.21 ± 14.05^b
บ่มฟักไข่มุกในน้ำที่มี pH 8.0	4	36.09	79.94	70.57 ± 13.25^a

บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.5	4	39.85	57.10	49.09±7.92 ^b
------------------------------	---	-------	-------	-------------------------

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การทดลองครั้งที่ 3 ไข่ปูม้าสีน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลๆละ 30 กรัม (ประมาณ 660,000 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้า หลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 จำนวน 192,330, 242,970 และ 250,560 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 29.10, 36.76 และ 37.91% ที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 มีจำนวน 210,420, 337,320 และ 307,840 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 31.84, 51.04 และ 46.58% ที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5 มีจำนวน 248,340, 259,200 และ 225,440 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 37.58, 39.22 และ 34.11% ที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 9.0 มีจำนวน 285,000, 319,410 และ 356,330 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 43.12, 48.33 และ 53.92% (ตารางที่ 6) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 34.59 ± 4.79 , 43.15 ± 10.05 , 36.97 ± 2.61 และ $48.46 \pm 5.40\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0, 8.5 และ 9.0 ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 7.5			
1	660,900	192,330	29.10
2	660,900	242,970	36.76
3	660,900	250,560	37.91
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.0			
1	660,900	210,420	31.84
2	660,900	337,320	51.04
3	660,900	307,840	46.58
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.5			
1	660,900	248,340	37.58
2	660,900	259,200	39.22
3	660,900	225,440	34.11
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 9.0			
1	660,900	285,000	43.12
2	660,900	319,410	48.33
3	660,900	356,330	53.92

ตารางที่ 7 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.5, 8.0, 8.5 และ 9.0 ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (n)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 7.5	3	29.10	37.91	34.59 ± 4.79

บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.0	3	31.84	51.04	43.15±10.05
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 8.5	3	34.11	39.22	36.97±2.61
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มี pH 9.0	3	43.12	53.92	48.46±5.40

วิจารณ์ผล

การเตรียมน้ำให้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามที่กำหนดค่อนข้างเป็นปัญหา เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ปรับโดยใช้ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) มักไม่ค่อยเสถียร น้ำที่ใช้ในการทดลองฟักไข่ปูม้าจึงเป็นค่าที่ใกล้เคียงเท่านั้น

ผลการทดลองความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าทั้ง 3 ครั้ง ไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยการทดลองครั้งที่ 1 ไข่ปูสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 8.0 มีอัตราการฟักสูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 ไข่ปูสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 มีอัตราการฟักสูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 8.5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 8.5 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ส่วนการทดลองครั้งที่ 3 ไข่ปูสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5, 8.0, 8.5 และ 9.0 มีอัตราการฟักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และอัตราการฟักของไข่ปูไม่ถึง 50% ในทุกชุดการทดลองซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการฟักของไข่ปูสีเดียวกันในการทดลองของงานวิจัยก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดักบึงไข่ปูที่รวบรวมได้ในแต่ละเที่ยว เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำระหว่างบ่มฟักไข่ปู ความเป็นกรด-ด่างและความเป็นด่างของน้ำในการทดลองครั้งที่ 1 เปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับที่ปรากฏในการทดลองอื่นๆก่อนหน้านี้ แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 เนื่องจากในช่วงนั้นเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างมีปัญหา (ก่อนนำไปซ่อมแซม) ทำให้ค่าที่วัดได้อาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง อย่างเช่น ในการทดลองครั้งที่ 3 ความเป็นกรด-ด่างและความเป็นด่างของน้ำหลังจากบ่มฟักไข่ปูในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน ทั้งที่ค่าเริ่มต้นของทั้ง 2 parameter แตกต่างกันโดยเฉพาะน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 9.0 และความเป็นด่าง 92 และ 202 มก./ลิตร ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมากก่อนบ่มฟักไข่ปู การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 น่าจะมีความผิดพลาด จึงไม่ได้แสดงผลของคุณภาพน้ำในการบ่มฟักไข่ปูทั้ง 2 การทดลอง การศึกษาในครั้งนี้จึงไม่สามารถสรุปค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูม้า อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเป็นด่าง การศึกษาความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูจึงสะท้อนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูด้วย

ผลของความเป็นต่างของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นต่างของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง เพื่อไข่มิ้อตราการฟักสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไข่ปูม้าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นต่างต่างกัน
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูและไข่ปูม้าก่อนบ่มฟัก
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าที่ความเป็นต่างต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงตับปิ้งไข่ปูม้า

ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม และ/หรืออำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในเวลา 5.00-6.00 น. เมื่อวันที่ 18 และ 24 มิถุนายน 2546 และในเวลา ประมาณ 20.00-21.00 น. เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 แล้วลำเลียงโดยใส่ในตะกร้าพลาสติกมายังโรงต้มปู ที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.00-9.30 น. คณะผู้วิจัยเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนี้ เมื่อรถขนส่งปูม้ามาถึง ทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไข่นอกกระดองออกมา และสุ่มปูไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ซึ่งในครั้งที่ 1 แม่ปูมีน้ำหนักในช่วง 115-335 กรัม ความกว้างกระดอง 11.2-15.4 ซม. และความยาวกระดอง 5.2-7.6 ซม. ครั้งที่ 2 แม่ปูมีน้ำหนัก 105-320 กรัม ความกว้างกระดอง 10.7-16.6 ซม. และความยาวกระดอง 4.8-7.7 ซม. ครั้งที่ 3 แม่ปูมีน้ำหนัก 130-285 กรัม ความกว้างกระดอง 12.3-15.5 ซม. และความยาวกระดอง 5.4-7.0 ซม. จากนั้นทำการหักตับปิ้งไว้ก่อนนำไปแช่น้ำเย็นไปต้มและแกะเนื้อ ตับปิ้งไข่ปูที่รวบรวมเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2546 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2548 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อรวบรวมได้ตามต้องการ นำตับปิ้งเหล่านั้นใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. กล่องละ 4 กก. ที่แต่ละกล่องบรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 20 ลิตร ที่มีความเป็นต่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ระหว่างการลำเลียงตับปิ้งไข่ปูจากโรงต้มปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาครให้ก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา

การแยกไข่จากตับปิ้งและการทำความสะอาดไข่ปูม้า

เมื่อลำเลียงตับปิ้งไข่ปูมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯสมุทรสาคร เก็บตัวอย่างน้ำลำเลียงตับปิ้งไข่ปูจากแต่ละกล่องโฟมของการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ปิเกตเตอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน จากนั้นทำการคัดเลือกลำเลียงตับปิ้งไข่ปูจากแต่ละกล่องโดยการทดลองครั้งที่ 1 ใช้ตับปิ้งไข่ปูสีน้ำตาล ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 ใช้ตับปิ้งไข่ปูสีเหลือง กล่องละประมาณ 10-12 ตับปิ้ง ใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลสะอาด การแยกไข่ออกจากตับปิ้งโดยใช้มือถูเบาๆในน้ำ จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง ไข่ปูที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปบ่มฟัก นอกจากนั้น แบ่งตัวอย่างไข่ปูส่วนหนึ่งไว้เพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน

การฟักไข่ปูม้า

ไข่ปูจากตับปิ้งที่ล้าเลียงในน้ำที่มีความเป็นด่างแต่ละระดับถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วทรงกระบอกในปริมาตร 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 6 ลิตร ที่มีความเป็นด่างระดับเดียวกับน้ำล้าเลียง การทดลองแต่ละครั้งแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 4 ซ้ำ ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 บ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในน้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

การทดลองครั้งที่ 2 บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในน้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

การทดลองครั้งที่ 3 บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในน้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำที่ปรับค่าความเป็นด่างโดยใช้ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งมักไม่ค่อยเสถียรโดยผันแปรอยู่ในช่วง ± 5 มก./ลิตร จากค่าที่ต้องการปรับ ดังนั้น ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ใช้ในการทดลองจึงเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ระหว่างที่บ่มฟักไข่ปูให้อากาศอย่างแรงเพื่อไม่ให้ไข่จมที่ก้นขวดโหล การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างการบ่มฟักไข่ปู ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตลอดจนการรวบรวมลูกปูเมื่อฟักออกจากไข่ด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำล้าเลียงและไข่ปูม้า

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำล้าเลียงตับปิ้งไข่ปูและไข่ปูก่อนนำไปบ่มฟักดำเนินการด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

การสุ่มนับจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักจากแต่ละขวดโหล ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปูและคำนวณอัตราการฟักด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่างต่างกันในแต่ละการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การทดลองครั้งที่ 1 ไข่ปูสีน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร มีจำนวน 351,900, 426,560, 444,100 และ 426,300 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 53.25, 64.54, 67.20 และ 64.50% ส่วนลูกปูวัยอ่อนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีจำนวน 516,900, 465,300, 520,160 และ 478,560 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 78.21, 70.40, 78.70 และ 72.41% ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีจำนวน 590,860, 565,100, 596,900 และ 459,360 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 89.40, 85.50, 90.32 และ 69.51% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 62.37 ± 6.21 , 74.93 ± 4.16 และ $83.68 \pm 9.68\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่างทั้ง 2 ระดับ สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั้งไข่ปูและไข่ปูสีน้ำตาลจากดับปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ที่มีความเป็นด่างระดับต่างกันในการทดลองครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216c ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปั้งไข่ปูที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร มีค่าเดียวกันที่ 1.4×10^7 CFU/มล. ส่วนปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงอยู่ที่ 3.8×10^4 , 4.2×10^4 และ 3.8×10^4 CFU/มล. ตามลำดับ การลำเลียงดับปั้งไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่างทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ปนเปื้อนไข่ปูที่ระดับ 10^4 และ 10^3 CFU/กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร			
1	660,900	351,900	53.25
2	660,900	426,560	64.54
3	660,900	444,100	67.20
4	660,900	426,300	64.50
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร			
1	660,900	516,900	78.21
2	660,900	465,300	70.40
3	660,900	520,160	78.70
4	660,900	478,560	72.41
บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร			
1	660,900	590,860	89.40
2	660,900	565,100	85.50
3	660,900	596,900	90.32

4 660,900 459,360 69.51

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำตาลที่บ่มฟักไข่น้ำตาลที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	53.25	67.20	62.37±6.21*
2	4	70.40	78.70	74.93±4.16*
3	4	69.51	90.32	83.68±9.68*

ชุดการทดลองที่ 1 : บ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : บ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : บ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนน้ำตาลที่บ่มฟักด้วยอัตราต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั๊มไข่ม้วนน้ำตาลจากดับปั๊มที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ความเป็นด่างของน้ำลำเลียง (มก./ลิตร)	น้ำลำเลียง (CFU/มล.)		ไข่ม้วนน้ำตาล (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
100	1.4×10^7	3.8×10^4	2.5×10^4	1.1×10^3
150	1.4×10^7	4.2×10^4	4.4×10^4	3.0×10^3
200	1.4×10^7	3.8×10^4	3.7×10^4	2.5×10^3

CFU : colony forming unit

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นด่างเริ่มต้น 100, 150 และ 200 มก./ลิตร โดยแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด (ตารางที่ 4) ก่อนการบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ที่เตรียมไว้มีอุณหภูมิในช่วงบ่าย 30.0°ซ ความเป็นกรด-ด่าง 8.24, 8.60 และ 8.62 ปริมาณไนไตรท์ 0.016, 0.017 และ 0.014 มก./ลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.6, 6.7 และ 6.6 มก./ลิตร แต่ตรวจไม่พบแอมโมเนีย หลังการบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลไว้ 1 และ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปู คุณภาพน้ำโดยทั่วไปทั้ง 2 วัน เปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน โดย parameter ที่เห็นเด่นชัดเมื่อบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลไว้ 2 วัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 7.56-7.70, 7.68-7.96 และ 7.79-8.01 ความเป็นด่างลดลงมาอยู่ระหว่าง 67-80, 80-103 และ 86-90 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นไปอยู่ในช่วง 0.689-0.697, 0.532-0.693 และ 0.532-0.676 มก./ลิตร และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นไปอยู่ในช่วง 2.237-2.820, 2.360-2.453 และ 2.284-2.743 มก./ลิตร ตามลำดับ หลังจากรวบรวมลูกปูออกไปแล้วเติมน้ำใหม่ที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร และบ่มฟักไข่ม้วนน้ำตาลต่ออีก 1 วัน parameter ที่น่าสังเกต คือ ความเป็นด่างลดลงมาอยู่ระหว่าง 63-71, 82-113 และ 145-171 มก./ลิตร ตามลำดับ และความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 7.29-7.38, 7.51-7.73 และ 8.12-8.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่น้ำตาลที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนบ่มฟักไข่ปู							
1	-	30.0	8.24	100	0.016	0	6.6
2	-	30.0	8.60	150	0.017	0	6.7
3	-	30.0	8.62	200	0.014	0	6.6
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	27.0	32.0	7.98-8.02	95-98	0.230-0.259	0.533-1.116	6.4-6.5
2	26.9-27.1	31.0-32.0	8.20-8.24	148-150	0.073-0.234	0.660-0.749	6.5
3	27.0	32.0	8.30-8.36	198-200	0.074-0.257	0.580-1.039	6.5
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	26.5-27.0	29.8-30.0	7.56-7.70	67-80	0.689-0.697	2.237-2.820	6.2-6.3
2	26.3-26.5	29.8-30.0	7.68-7.96	80-103	0.532-0.693	2.360-2.453	6.3-6.4
3	26.5-26.7	29.8-30.0	7.79-8.01	86-90	0.532-0.676	2.284-2.743	6.4-6.6
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	27.0-27.5	30.0	7.29-7.38	63-71	0.341-0.250	2.569-2.616	6.4-6.6
2	27.0	30.0	7.51-7.73	82-113	0.166-0.178	2.568-2.615	6.5-6.6
3	27.0	30.0	8.12-8.21	145-171	0.184-0.196	2.568-2.616	6.4-6.6

ชุดการทดลองที่ 1 : บ่มฟักไข่ในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : บ่มฟักไข่ในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : บ่มฟักไข่ในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

การทดลองครั้งที่ 2 ไข่ปูสีเหลืองของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลๆละ 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร มีจำนวน 136,100, 146,760, 81,100 และ 143,700 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 20.59, 22.21, 12.27 และ 21.74% ส่วนลูกปูวัยอ่อนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีจำนวน 249,000, 201,000, 110,800 และ 132,300 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 37.68, 30.41, 16.77 และ 20.02% ส่วนลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีจำนวน 146,400, 124,200, 160,800 และ 75,900 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 22.15, 18.79, 24.33 และ 11.48% (ตารางที่ 5) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 19.20 ± 4.67 , 26.22 ± 9.60 และ $19.19 \pm 5.62\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 6)

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั๊มไข่ปูและไข่ปูสีเหลืองจากดับปั๊มที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ที่มีความเป็นด่างระดับต่างกันในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216c และปริมาณ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร อยู่ที่ระดับ 10^7 และ 10^5 CFU/มล. ตามลำดับ ส่วนไข่ปูสีเหลืองจาก

ดับปั้งที่ล่ำเลียงในน้ำที่มีความเป็นด่างทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณแบคทีเรียรวมปนเปื้อนจำนวน 2.7×10^4 , 2.0×10^4 และ 2.2×10^4 CFU/มล. และปริมาณ *Vibrio* ปนเปื้อนจำนวน 2.3×10^3 , 2.6×10^3 และ 1.5×10^3 CFU/มล. (ตารางที่ 7) ตารางที่ 5 อัตราการฟักของไข่ม้วนไส้เหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ม้วน (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร			
1	660,900	136,100	20.59
2	660,900	146,760	22.21
3	660,900	81,100	12.27
4	660,900	143,700	21.74
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร			
1	660,900	249,000	37.68
2	660,900	201,000	30.41
3	660,900	110,800	16.77
4	660,900	132,300	20.02
บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร			
1	660,900	146,400	22.15
2	660,900	124,200	18.79
3	660,900	160,800	24.33
4	660,900	75,900	11.48

ตารางที่ 6 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนไส้เหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	12.27	22.21	19.20±4.67
2	4	16.77	37.68	26.22±9.60
3	4	11.46	24.33	19.19±5.62

ชุดการทดลองที่ 1 : บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : บ่มฟักไข่ม้วนในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

ตารางที่ 7 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำล่ำเลียงดับปั้งไข่ม้วนและไข่ม้วนไส้เหลืองจากดับปั้งที่ล่ำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ความเป็นด่างของน้ำล่ำเลียง (มก./ลิตร)	น้ำล่ำเลียง (CFU/มล.)		ไข่ม้วนไส้เหลือง (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
100	2.0×10^7	2.2×10^5	2.7×10^4	2.3×10^3
150	1.5×10^7	3.0×10^5	2.0×10^4	2.6×10^3
200	1.2×10^7	2.5×10^5	2.2×10^4	1.5×10^3

CFU : colony forming unit

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนไส้เหลืองในน้ำที่มีความเป็นด่างต่างกั้แสดงในตารางที่ 8 ก่อนบ่มฟักไข่ม้วน น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร มีอุณหภูมิในช่วงบ่ายใกล้เคียงกันในช่วง 30.1-31.0°ซ และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วง 6.3-6.7 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 8.45, 8.61 และ 8.87 และปริมาณไนโตรเจน 0.029, 0.032 และ 0.058 มก./ลิตร ตามลำดับ แต่ไม่พบแอมโมเนีย หลังจกบ่มฟัก

(ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก) อุณหภูมิของน้ำและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละวันค่อนข้างใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ส่วนความเป็นกรด-ด่างค่อยๆ ลดลงมาอยู่ในช่วง 7.58-7.64, 7.60-7.72 และ 7.64-7.81 เช่นเดียวกับความเป็นด่างที่ลดลงมาอยู่ในช่วง 82-88, 112-125 และ 141-156 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นไปอยู่ในช่วง 0.053-0.056, 0.065-0.067 และ 0.109-0.122 มก./ลิตร และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นไปอยู่ในช่วง 0.942-1.819, 0.878-1.983 และ 1.331-2.376 มก./ลิตร ในแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักต่ออีก 1 วัน อุณหภูมิของน้ำช่วงเช้าลดลงมาอยู่ในช่วง 26.9-27.0 และช่วงบ่ายเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 95-102, 115-147 และ 175-183 มก./ลิตร ในแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์ลดลงเล็กน้อยขณะที่ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ที่ 6.5 มก./ลิตร ทุกชุดการทดลอง หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักอีกครั้งแล้วเติมน้ำและบ่มฟักไข่อีก 1 วัน ไข่อุณหภูมิในบางขวดโหลของชุดการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 เน่าเสีย ส่วนไข่อุณหภูมิในขวดโหลของชุดการทดลองที่ 3 เน่าเสียทั้งหมด

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่อุณหภูมิที่ 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนบ่มฟักไข่ปู							
1	-	30.5-31.0	8.45	100	0.029	0	6.5-6.7
2	-	30.1-30.3	8.61	150	0.032	0	6.4-6.5
3	-	30.5-30.7	8.87	200	0.058	0	6.3-6.4
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน							
1	28.2-28.5	31.0	8.13-8.21	96-100	0.054-0.059	0.321-0.399	6.5
2	28.0-28.4	31.0	8.34-8.37	150-154	0.053-0.057	0.213-0.286	6.5
3	28.0-28.5	31.0	8.44-8.46	195-200	0.093-0.104	0.248-0.327	6.5
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน							
1	27.9-28.0	30.0-30.5	7.91-7.98	90-94	0.054-0.057	0.232-0.892	6.6
2	27.8-28.0	30.0	8.00-8.15	137-145	0.060-0.062	0.276-0.332	6.6
3	28.0	30.0	8.14-8.18	176-186	0.099-0.111	0.271-0.548	6.6
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 3 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
1	29.5-30.0	31.8-32.0	7.58-7.64	82-88	0.053-0.056	0.942-1.819	6.5
2	29.3-29.7	31.8-32.0	7.60-7.72	112-125	0.065-0.067	0.878-1.983	6.5
3	29.5-29.8	31.8-32.0	7.64-7.81	141-156	0.109-0.122	1.331-2.376	6.5
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	26.9-27.0	31.5-31.7	7.76-7.87	95-102	0.029-0.036	2.289-2.612	6.5
2	26.9-27.0	31.2-31.5	7.94-8.10	115-147	0.029-0.033	2.271-2.526	6.5
3	26.9-27.0	31.2-31.7	8.12-8.14	175-183	0.052-0.056	1.662-2.529	6.5
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ปูต่ออีก 1 วัน							
1	27.0	-	7.98-8.08	96-103	0.025-0.033	2.495-2.498	-
2	27.3	-	8.16	138	0.026	2.498	-
3	ไข่ปูเน่าเสีย						

ชุดการทดลองที่ 1 : บ่มฟักไข่อุณหภูมิในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : บ่มฟักไข่อุณหภูมิในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : บ่มฟักไข่อุณหภูมิในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

การทดลองครั้งที่ 3 ไช้ปุ๋ยสีเหลืองของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มผักในขวดโหลๆละ 30 กรัม (660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร มีจำนวน 221,910, 221,490, 209,900 และ 233,470 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 33.58, 33.51, 31.76 และ 35.33% ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีจำนวน 257,010, 280,300, 285,770 และ 259,950 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 38.89, 42.41, 43.24 และ 39.33% ส่วนลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีจำนวน 265,010, 278,650, 313,440 และ 286,707 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 40.10, 42.16, 47.43 และ 43.38% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) อัตราการฟักเฉลี่ยของไช้ปุ๋ยสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 33.54 ± 1.46 , 40.97 ± 2.18 และ $43.27 \pm 3.09\%$ ตามลำดับ ไช้ปุ๋ยที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไช้ปุ๋ยที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่างทั้ง 2 ระดับ สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 อัตราการฟักของไช้ปุ๋ยสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไช้ปุ๋ย (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
บ่มฟักไช้ปุ๋ยในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร			
1	660,900	221,910	33.58
2	660,900	221,490	33.51
3	660,900	209,900	31.76
4	660,900	233,470	35.33
บ่มฟักไช้ปุ๋ยในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร			
1	660,900	257,010	38.89
2	660,900	280,300	42.41
3	660,900	285,770	43.24
4	660,900	259,950	39.33
บ่มฟักไช้ปุ๋ยในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร			
1	660,900	265,010	40.10
2	660,900	278,650	42.16
3	660,900	313,440	47.43
4	660,900	286,707	43.38

ตารางที่ 10 อัตราการฟักเฉลี่ยของไช้ปุ๋ยสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
1	4	31.76	35.33	33.54 ± 1.46^b
2	4	38.89	43.24	40.97 ± 2.18^a
3	4	40.10	47.43	43.27 ± 3.09^a

ชุดการทดลองที่ 1 : บ่มฟักไช้ปุ๋ยในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : บ่มฟักไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

วิจารณ์ผล

การเตรียมน้ำให้มีความเป็นด่างต่างกันตามความต้องการค่อนข้างมีปัญหา เนื่องจากค่าความเป็นด่างที่ปรับโดยใช้ปูนขาว (Ca(OH)_2) ในการศึกษาครั้งนี้มักไม่ค่อยเสถียรโดยผันแปรอยู่ในช่วง ± 5 มก./ลิตร จากค่าที่ต้องการปรับ ดังนั้น ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ใช้ในการทดลองจึงเป็นค่าที่ใกล้เคียงเท่านั้น

ในการทดลองครั้งที่ 1 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร ($83.68 \pm 9.68\%$) สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร ($74.93 \pm 4.16\%$) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร ($62.37 \pm 6.21\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ไข่ปูสีน้ำตาลที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการฟักเฉลี่ยสูงถึง 83.68% ซึ่งสูงกว่าอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเดียวกันในการศึกษาครั้งที่ผ่านๆ มา แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราฟักเฉลี่ยของไข่ปูในน้ำที่มีความเป็นด่างทั้ง 3 ระดับ ค่อนข้างต่ำโดยผันแปรอยู่ในช่วง 19.19-26.22% ทั้งนี้ คุณภาพของไข่ปูขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูม้าตั้งแต่จับจากทะเล ตลอดจนการขนส่งปูม้าจากท่าเทียบเรือประมงมายังโรงต้มปูในแต่ละเที่ยว เนื่องจากอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองในการทดลองครั้งที่ 2 ค่อนข้างต่ำ จึงทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง ซึ่งผลการทดลองในครั้งที่ 3 ปรากฏว่า อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 150 และ 200 มก./ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่างทั้ง 2 ระดับ สูงกว่าที่บ่มฟักในน้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งที่ 1 ดังนั้น น้ำที่มีความเป็นด่างตั้งแต่ 150-200 มก./ลิตร จึงมีความเหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูมากกว่าน้ำที่มีความเป็นด่างตั้งแต่ 100 มก./ลิตร ลงมา

ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ตรวจพบในน้ำลำเลียงดับปั๊งไข่ปูและไข่ปูทั้งสีน้ำตาลและสีเหลืองจากดับปั๊งที่ลำเลียงในปริมาณ 4 กก./น้ำทะเล 20 ลิตร ที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ใกล้เคียงกันมากในแบคทีเรียแต่ละกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเป็นด่างของน้ำไม่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดของปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั๊งไข่ปูก่อนนำไปบ่มฟัก

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับที่เคยปรากฏในการศึกษาก่อนหน้านี้

ผลของการแช่ไข่ม้วนในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine) ก่อนบ่มฟักต่ออัตราการฟัก

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการแช่ไข่ม้วนในสารละลายโพวิโดนไอโอดีน (povidone iodine) ซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Herwig, 1979) ก่อนบ่มฟัก เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียที่ผิวของไข่ม้วน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการฟักของไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการบ่มฟัก
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วน ไข่ม้วนก่อนบ่มฟักและน้ำบ่มฟักไข่ม้วน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วน

การรวบรวมดับปิ้งไข่ม้วนดำเนินการ ณ โรงต้มปุ๋ยและแกะเนื้อที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2548 โดยคณะผู้วิจัยเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปุ๋ยแห่งนี้ เมื่อรถขนส่งปุ๋ยมาถึงในเวลา 7.00 น. ทำการคัดเลือกและแยกปุ๋ยที่มีไข่นอกกระดองออกมาและสุมปุ๋ยไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ซึ่งแม่ปุ๋ยมีน้ำหนักในช่วง 126-280 กรัม ความกว้างกระดอง 11.2-15.0 ซม. ความยาวกระดอง 5.5-7.5 ซม. จากนั้น ทำการหักดับปิ้งไว้ก่อนนำปุ๋ยเหล่านั้นไปต้มเพื่อแกะเนื้อ เมื่อรวบรวมได้แล้ว นำดับปิ้งไข่ม้วนที่แยกเป็นสีน้ำตาลและสีเหลืองใส่ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 20 ลิตร อย่างละ 1 กล่อง ระหว่างการลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนจากโรงต้มปุ๋ยมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯสมุทรสาครให้ก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา และเดินทางถึงศูนย์ฯสมุทรสาครเวลา 8.30 น.

การแยกไข่ม้วนจากดับปิ้งและการทำความสะอาดไข่ม้วน

เมื่อลำเลียงดับปิ้งไข่ม้วนมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯสมุทรสาคร ทำการคัดเลือกดับปิ้งไข่ม้วนสีละ 10-12 ดับปิ้ง ใส่ในกะละมังพลาสติกแต่ละใบที่มีน้ำทะเลสะอาด การแยกไข่ม้วนออกจากดับปิ้งโดยใช้มือถูเบาๆ ในน้ำ จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก แล้วล้างด้วยน้ำทะเลสะอาด 3-4 ครั้ง ไข่ม้วนแต่ละสีที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปใช้ในการทดลองโดยไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้นต่างกันเป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนนำไปบ่มฟัก

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่แช่ในสารละลาย PI

ชุดการทดลองที่ 2 แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm

ชุดการทดลองที่ 3 แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm

การฟักไข่ม้วน

ไข่ม้วนแต่ละสีจากแต่ละชุดการทดลองถูกนำไปบ่มฟักในขวดโหลแก้วทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 6 ลิตร ชุดการทดลองละ 4 ขวด ปริมาณไข่ม้วนที่นำไปบ่มฟักในแต่ละขวดโหลมีน้ำหนัก 30 กรัม (ประมาณ 660,900 ฟอง) ระหว่างบ่มฟักไข่ม้วนให้อากาศอย่างแรงเพื่อไม่ให้ไข่ม้วนที่ก้นขวดโหล นอกจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละขวดโหลใน 2 วันแรกของการบ่มฟักไข่ม้วนด้วยบิกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำ เมื่อสังเกตเห็นขวดโหลใดไข่ม้วนเริ่มฟักออกเป็นตัวอ่อนปุ๋ย

จะปรับฟองอากาศให้เบาลง ร่อนปริมาณลูกปฏู่ในขวดโหลมีจำนวนมากพอสมควรจึงหยดให้อากาศ การรวบรวมลูกปฏู่จากแต่ละขวดโหลเพื่อทำการสุ่มนับจำนวนดำเนินการด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่มุกก่อนนำไปบ่มฟักและนำบ่มฟักไข่มุกดำเนินการด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

การสุ่มนับจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปฏู่แรกฟักจากแต่ละขวดโหล ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปฏู่และคำนวณอัตราการฟักด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกแต่ละสีที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine โดยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ไข่มุกสีน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลละ 30 กรัม หรือประมาณ 660,900 ฟอง ที่บรรจุในทะเลปริมาตร 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปฏู่ในแต่ละขวดโหลที่ไข่มุกแช่ในสารละลาย PI ก่อนบ่มฟักมีจำนวน 306,330, 328,980, 351,600 และ 388,320 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 46.35, 49.78, 53.20 และ 58.76% ส่วนลูกปฏู่ในแต่ละขวดโหลที่ไข่มุกแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟักมีจำนวน 319,650, 273,330, 325,980 และ 300,300 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 48.37, 41.36, 49.32 และ 45.44% ลูกปฏู่ในแต่ละขวดโหลที่ไข่มุกแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟักมีจำนวน 385,950, 414,300, 314,640 และ 363,960 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 58.40, 62.69, 47.61 และ 55.07% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกสีน้ำตาลในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 52.02 ± 5.29 , 46.12 ± 3.58 และ $55.94 \pm 6.37\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ไข่มุกสีเหลืองของแต่ละชุดการทดลองที่บ่มฟักในขวดโหลละ 30 กรัม หรือประมาณ 660,900 ฟอง ที่บรรจุในทะเลปริมาตร 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ทอยฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสม ลูกปฏู่ในแต่ละขวดโหลที่ไข่มุกแช่ในสารละลาย PI ก่อนบ่มฟักมีจำนวน 299,310, 286,980, 313,650 และ 335,640 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 45.29, 43.42, 47.46 และ 50.79% ลูกปฏู่ในแต่ละขวดโหลที่ไข่มุกแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟักมีจำนวน 433,760, 343,320, 301,290 และ 294,960 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 65.63, 51.95, 45.59 และ 44.63% ลูกปฏู่ในแต่ละขวดโหลที่ไข่มุกแช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก มีจำนวน 338,160, 382,920, 345,200 และ 293,640 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 51.17, 57.94, 52.23 และ 44.43% (ตารางที่ 3) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 46.74 ± 3.16 , 51.95 ± 9.68 และ $51.44 \pm 5.54\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 1 อัตราการฟอกของไขปฏุม้าสีน้ำตาลที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไขปฏุม (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ไม่แช่ไขปฏุมใน PI			
1	660,900	306,330	46.35
2	660,900	328,980	49.78
3	660,900	351,600	53.20
4	660,900	388,320	58.76
แช่ไขปฏุมใน PI ความเข้มข้น 100 ppm			
1	660,900	319,650	48.37
2	660,900	273,330	41.36
3	660,900	325,980	49.32
4	660,900	300,300	45.44
แช่ไขปฏุมใน PI ความเข้มข้น 200 ppm			
1	660,900	385,950	58.40
2	660,900	414,300	62.69
3	660,900	314,640	47.61
4	660,900	363,960	55.07

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไขปฏุม้าสีน้ำตาลที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
ไม่แช่ไขปฏุมใน PI	4	46.35	58.76	52.02±5.29
แช่ไขปฏุมใน PI 100 ppm	4	41.35	49.32	46.12±3.58
แช่ไขปฏุมใน PI 200 ppm	4	47.61	62.69	55.94±6.37

ตารางที่ 3 อัตราการฟอกของไขปฏุม้าสีเหลืองที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไขปฏุม (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ไม่แช่ไขปฏุมใน PI			
1	660,900	299,310	45.29
2	660,900	286,980	43.42
3	660,900	313,650	47.46
4	660,900	335,640	50.79
แช่ไขปฏุมใน PI ความเข้มข้น 100 ppm			
1	660,900	433,760	65.63
2	660,900	343,320	51.95
3	660,900	301,290	45.59
4	660,900	294,960	44.63
แช่ไขปฏุมใน PI ความเข้มข้น 200 ppm			
1	660,900	338,160	51.17
2	660,900	382,920	57.94
3	660,900	345,200	52.23
4	660,900	293,640	44.43

ตารางที่ 4 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ม้วนไส้เหลืองที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
ไม่แช่ไข่ม้วนใน PI	4	43.42	50.79	46.74±3.16
แช่ไข่ม้วนใน PI 100 ppm	4	44.63	65.63	51.95±9.68
แช่ไข่ม้วนใน PI 200 ppm	4	44.43	57.94	51.44±5.54

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ม้วนที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย PI เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก ปรากฏว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนไข่ม้วนไส้เหลืองที่ไม่แช่ในสารละลาย PI อยู่ที่ 3.1×10^4 CFU/กรัม บนอาหารวุ้น ZoBell's 2216e ซึ่งมากกว่าที่แช่ในสารละลาย PI และความเข้มข้น 100 และ 200 ppm 2.6 และ 2.8 เท่า ปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไข่ม้วนไส้เหลืองที่ไม่แช่ในสารละลาย PI อยู่ที่ 5.8×10^2 CFU/กรัม บนอาหารวุ้น TCBS ซึ่งมากกว่าที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เพียง 1.2 และ 1.6 เท่า ตามลำดับ ส่วนแบคทีเรียรวมที่ตรวจพบในไข่ม้วนไส้เหลืองที่ไม่แช่ในสารละลาย PI มีจำนวน 9.7×10^4 CFU/กรัม โดยมากกว่าที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm 1.6 และ 1.8 เท่า เชื้อ *Vibrio* ที่แยกจากไข่ม้วนไส้เหลืองที่ไม่แช่ในสารละลาย PI มีจำนวน 2.1×10^3 CFU/กรัม โดยมากกว่าที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เพียง 1.6 และ 3.8 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่ม้วนไส้เหลืองที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที

ชุดการทดลอง	ไข่ม้วนไส้เหลือง (CFU/กรัม)		ไข่ม้วนไส้เหลือง (CFU/กรัม)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
ไม่แช่ไข่ม้วนใน PI	3.1×10^4	5.8×10^2	9.7×10^4	2.1×10^3
แช่ไข่ม้วนใน PI 100 ppm	1.2×10^4	4.9×10^2	6.2×10^4	1.3×10^3
แช่ไข่ม้วนใน PI 200 ppm	1.1×10^4	3.7×10^2	5.4×10^4	5.5×10^2

CFU : colony forming unit

ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนก่อนฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าดังแสดงในตารางที่ 6 สำหรับนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนไส้เหลือง ในวันที่ 1 แบคทีเรียรวมบนอาหารวุ้น ZoBell's 2216e และเชื้อ *Vibrio* บนอาหารวุ้น TCBS ที่แยกจากนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนที่ไม่แช่ในสารละลาย PI ก่อนบ่มฟักมีจำนวน 2.6×10^4 และ 1.2×10^2 CFU/มล. ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่แยกจากนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm (7.9×10^3 และ 5.5×10^1 CFU/มล. ตามลำดับ) และ 200 ppm (4.8×10^3 และ 8.0×10^1 CFU/มล. ตามลำดับ) เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟักเพียงเล็กน้อย ในวันที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ที่ตรวจพบในนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างชุดการทดลอง แต่ปริมาณแบคทีเรียรวมเพิ่มขึ้นไปอยู่ระหว่าง 2.7×10^5 - 1.4×10^6 CFU/มล. ปริมาณ *Vibrio* อยู่ระหว่าง 2.8 - 2.9×10^4 CFU/มล. สำหรับนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนไส้เหลือง ในวันที่ 1 แบคทีเรียรวมและเชื้อ *Vibrio* ในนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนที่ไม่แช่ในสารละลาย PI มีจำนวน 5.89×10^4 และ 1.4×10^2 CFU/มล. ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 100 ppm (5.6×10^4 และ 2.1×10^4 CFU/มล. ตามลำดับ) แต่มากกว่าที่ปนเปื้อนนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนที่แช่ในสารละลาย PI ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก 2.0 เท่า ทั้ง 2 กลุ่ม ในวันที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ในนํ้าบ่มฟักไข่ม้วนแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างชุดการทดลอง แต่ปริมาณเพิ่มขึ้นไปอยู่ระหว่าง 5.0×10^5 - 1.1×10^6 CFU/มล. และ

8.6×10^3 - 1.6×10^4 CFU/มล. ตามลำดับ ในวันที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมผันแปรอยู่ระหว่าง 3.1 - 5.2×10^5 CFU/มล. และปริมาณ *Vibrio* อยู่ระหว่าง 3.2 - 5.7×10^3 CFU/มล. ในน้ำบ่มฟักไข่ปูทั้ง 3 ชุดการทดลอง

ตารางที่ 6 ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำบ่มฟักไข่ปูม้าที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine (PI) ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนบ่มฟัก

ชุดการทดลอง	น้ำบ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาล (CFU/มล.)		น้ำบ่มฟักไข่ปูสีเหลือง (CFU/มล.)	
	ZoBell	TCBS	ZoBell	TCBS
วันที่ 1 ของการบ่มฟัก				
ไม่แช่ไข่ปูใน PI	2.6×10^4	1.2×10^2	5.8×10^4	1.4×10^2
แช่ไข่ปูใน PI 100 ppm	7.9×10^3	5.5×10^1	5.6×10^4	2.1×10^2
แช่ไข่ปูใน PI 200 ppm	4.8×10^3	8.0×10^1	2.9×10^4	7.0×10^1
วันที่ 2 ของการบ่มฟัก				
ไม่แช่ไข่ปูใน PI	9.2×10^5	2.8×10^4	1.1×10^6	1.3×10^4
แช่ไข่ปูใน PI 100 ppm	1.4×10^6	2.9×10^4	7.1×10^5	8.6×10^3
แช่ไข่ปูใน PI 200 ppm	2.7×10^5	2.9×10^4	5.0×10^5	1.6×10^4
วันที่ 3 ของการบ่มฟัก				
ไม่แช่ไข่ปูใน PI			5.2×10^5	5.7×10^3
แช่ไข่ปูใน PI 100 ppm			4.0×10^5	3.8×10^3
แช่ไข่ปูใน PI 200 ppm			3.1×10^5	3.2×10^3

CFU : colony forming unit

วิจารณ์ผล

โพลีไวนิลไพโรลิโดน (povidone iodine : PI) เป็นสารละลายที่มีส่วนประกอบของ polyvinylpyrrolidone และ iodine นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อที่ผิวหนังและไข่ปลา (Herwig, 1979) การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทดลองใช้สารเคมีดังกล่าวในการลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำบ่มฟักไข่ปูม้าซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเน่าเสียก่อนนำไปบ่มฟัก จากการทดลองกับไข่ปูทั้งสีน้ำตาลและสีเหลือง ปรากฏว่า ไข่ปูที่ไม่แช่และแช่ในสารละลาย povidone iodine ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนนำไปบ่มฟัก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไข่ปูสีน้ำตาลและสีเหลืองมีอัตราการฟักเฉลี่ยผันแปรในช่วง 46.12-55.49% และ 46.74-51.95% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ตรวจพบในไข่ปูและน้ำบ่มฟักไข่ปูทั้ง 2 สี โดยปริมาณแบคทีเรียแต่ละกลุ่มแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างชุดการทดลอง ผลจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า povidone iodine ไม่มีผลต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้า ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะก่อนนำไข่ปูไปใช้ในการทดลอง ทำการกรองเอาสิ่งสกปรกและล้างไข่ปูด้วยน้ำทะเลสะอาด 3-4 ครั้ง การล้างไข่ปูด้วยน้ำสะอาดหลายครั้งมีส่วนช่วยชะแบคทีเรียตามผิวของไข่ปูออกไปได้ค่อนข้างมาก จึงไม่จำเป็นต้องแช่ไข่ปูในสารละลาย povidone iodine ก่อนบ่มฟัก

วัดอุประสงค์

- ## อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

ชุดการทดลองที่ 3 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

การทดลองครั้งที่ 2 บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณต่างกันปริมาณละ 4 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 24 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

การทดลองครั้งที่ 3 บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณต่างกันปริมาณละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 42 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

การทดลองครั้งที่ 4 บ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณต่างกันปริมาณละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 54 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร

ระหว่างที่บ่มฟักไข่ให้อากาศค่อนข้างแรงเพื่อไม่ให้ไข่จมที่ก้นขวดโหล นอกจากนี้ ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตลอดจนการรวบรวมลูกปูเมื่อฟักออกจากไข่ด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การสูบน้ำจำนวนปูม้าแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักจากแต่ละขวดโหล ทำการสูบน้ำจำนวนลูกปูและคำนวณอัตราการฟักด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าจากการบ่มฟักในปริมาณต่างกันในแต่ละการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การทดลองครั้งที่ 1 ไข่ปูสีน้ำตาลทยอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน จากการสูบน้ำจำนวนสะสม ลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 24 กรัม (528,720 ฟอง) มีจำนวน 328,200, 340,370, 284,370 และ 320,600 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 62.07, 64.38, 53.78 และ 60.64% ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 30 กรัม (660,900 ฟอง) มีจำนวน 348,340, 372,060, 399,580 และ 438,930 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 52.71, 56.30, 60.46 และ 66.41% ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 36 กรัม (793,080 ฟอง) มีจำนวน 320,520, 412,380, 356,780 และ 329,550 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 40.41, 52.00, 44.99 และ 41.55% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีน้ำตาลของแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 60.22 ± 4.56 , 58.97 ± 5.88 และ $44.74 \pm 5.22\%$ ตามลำดับ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในปริมาณ 24 และ 30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักทั้ง 2

ปริมาณ แตกต่างกับอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูที่บ่มฟักในปริมาณ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
24 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (4 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	528,720	328,200	62.07
2	528,720	340,370	64.38
3	528,720	284,370	53.78
4	528,720	320,600	60.64
30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	660,900	348,340	52.71
2	660,900	372,060	56.30
3	660,900	399,580	60.46
4	660,900	438,930	66.41
36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (6 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	793,080	320,520	40.41
2	793,080	412,380	52.00
3	793,080	356,780	44.99
4	793,080	329,550	41.55

ตารางที่ 2 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีน้ำตาลที่บ่มฟักในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ปริมาณไข่ปู/น้ำทะเล 6 ลิตร (กรัม)	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
24	4	53.78	64.38	60.22±4.56 ^a
30	4	52.71	66.41	58.97±5.88 ^a
36	4	40.41	52.00	44.74±5.22 ^b

a, b : อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณภาพน้ำระหว่างบ่มฟักไข่ปูสีน้ำตาลในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3 หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 25°ซ ในช่วงเช้าและ 26.5°ซ ในช่วงบ่าย ความเป็นกรด-ด่างในช่วง 8.19-8.24, 8.18-8.20 และ 8.10-8.17 ความเป็นด่างในช่วง 138-140, 135-138 และ 130-139 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจนในช่วง 0.053-0.057, 0.053-0.054 และ 0.053-0.054 มก./ลิตร และปริมาณแอมโมเนียในช่วง 0.098-0.145, 0.151-0.256 และ 0.157-0.256 มก./ลิตร ตามลำดับ หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจากวันแรกเล็กน้อย แต่หลังจากรวบรวมลูกปูวัยอ่อนออกไปแล้วเติมน้ำใหม่และบ่มต่ออีก 1 วัน parameter ของน้ำที่เปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 7.46-7.68, 7.30-7.43 และ 7.25-7.36 ความเป็นด่างลดลงมาอยู่ในช่วง 58-87, 62-76 และ 59-70 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 1.065-1.248, 0.952-1.628 และ 1.787-2.513 มก./ลิตร ตามลำดับ

การทดลองครั้งที่ 2 ไข่ปูสีเหลืองทยอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลา 3-5 วัน จากการสุ่มนับจำนวนสะสมลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 24 กรัม (528,720 ฟอง) มีจำนวน 212,940, 186,130, 142,730 และ 126,080 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 40.27, 35.20, 27.00 และ 23.85%

ลูกปฐในแต่ละขวดโหลที่บ่มผักไผ่ในปริมาณ 30 กรัม (660,900 ฟอง) มีจำนวน 177,810, 169,400, 241,590 และ 186,040 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 26.90, 25.63, 36.55 และ 28.15% ส่วนลูกปฐในแต่ละขวดโหลที่บ่มผักไผ่ในปริมาณ 36 กรัม (793,080 ฟอง) มีจำนวน 234,310, 260,500 174,100 และ 203,080 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 29.54, 32.85, 21.95 และ 25.61% (ตารางที่ 4) อัตราการฟักเฉลี่ยของผักไผ่สี่เหลืองในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 31.58 ± 7.51 , 29.31 ± 4.94 และ $27.49 \pm 4.73\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำระหว่างบ่มผักไผ่ในน้ำตาเลในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ปริมาณไข่ปู/น้ำทะเล 6 ลิตร (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง	NO ₂ -N	NH ₃ -N
	เช้า	บ่าย		(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 1 วัน						
24	25.0	26.5	8.19-8.24	138-140	0.053-0.057	0.098-0.145
30	25.0	26.5	8.18-8.20	135-138	0.053-0.054	0.151-0.256
36	25.0	26.5	8.10-8.17	130-139	0.053-0.054	0.157-0.256
หลังจากบ่มฟักไข่ปูไว้ 2 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
24	26.0	27.5	8.13-8.26	125-132	0.088-0.134	0.305-0.534
30	26.0	27.5	8.11-8.16	114-118	0.072-0.075	0.414-0.682
36	26.0	27.5	8.03-8.23	117-121	0.040-0.070	0.062-0.950
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ต่ออีก 1 วัน						
24	25.0	29.5	7.46-7.68	58-87	0.043-0.072	1.065-1.248
30	25.0	29.5	7.30-7.43	62-76	0.047-0.058	0.952-1.628
36	25.0	29.5	7.25-7.36	59-70	0.047-0.058	1.787-2.513

ตารางที่ 4 อัตราการฟักของผักไผ่สี่เหลืองที่บ่มผักไผ่ในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนผักไผ่ (ฟอง)	จำนวนลูกปฐแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
ผักไผ่ 24 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (4 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	528,720	212,940	40.27
2	528,720	186,130	35.20
3	528,720	142,730	27.00
4	528,720	126,080	23.85
ผักไผ่ 30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	660,900	177,810	26.90
2	660,900	169,400	25.63
3	660,900	241,590	36.55
4	660,900	186,040	28.15
ผักไผ่ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (6 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	793,080	234,310	29.54
2	793,080	260,500	32.85
3	793,080	174,100	21.95
4	793,080	203,080	25.61

ตารางที่ 5 อัตราการฟักเฉลี่ยของผักไผ่สี่เหลืองที่บ่มผักไผ่ในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ปริมาณผักไผ่/น้ำทะเล 6 ลิตร (กรัม)	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
24	4	23.85	40.27	31.58 ± 7.51

30	4	25.63	36.55	29.31±4.94
36	4	21.95	32.85	27.49±4.73

การทดลองครั้งที่ 3 การสูมนับจำนวนลูกปูแรกฟักสะสม ปรากฏว่า ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 30 กรัม (660,900 ฟอง) มีจำนวน 299,290, 298,950 และ 305,610 ตัว หรืออัตราการฟัก 45.29, 45.23 และ 46.24% ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 36 กรัม (793,080 ฟอง) มีจำนวน 332,940, 187,620 และ 367,290 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 41.98, 23.66 และ 46.31% ลูกปูในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 42 กรัม (925,260 ฟอง) มีจำนวน 465,630, 493,290 และ 222,630 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 50.32, 53.31 และ 24.06% ส่วนในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปูในปริมาณ 48 กรัม (1,057,440 ฟอง) มีลูกปูฟักออกจากไข่จำนวน 543,270, 497,640 และ 484,950 ตัว ซึ่งคิดเป็นอัตราการฟัก 51.38, 47.06 และ 45.86% (ตารางที่ 6) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสีเหลืองในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 45.59 ± 0.57 , 37.32 ± 12.02 , 42.56 ± 16.09 และ $48.10 \pm 2.90\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีเหลืองที่บ่มฟักในปริมาณ 30, 36, 42 และ 48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	660,900	299,290	45.29
2	660,900	298,950	45.23
3	660,900	305,610	46.24
36 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (6 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	793,080	332,940	41.98
2	793,080	187,620	23.66
3	793,080	367,290	46.31
42 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (7 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	925,260	465,630	50.32
2	925,260	493,290	53.31
3	925,260	222,630	24.06
48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (8 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	1,057,440	543,270	51.38
2	1,057,440	497,640	47.06
3	1,057,440	484,950	45.86

ตารางที่ 7 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าสีเหลืองที่บ่มฟักในปริมาณ 30, 36, 42 และ 48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ปริมาณไข่ปู/น้ำทะเล 6 ลิตร (กรัม)	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
30	3	45.23	46.24	45.59 ± 0.57
36	3	23.66	46.31	37.32 ± 12.02
42	3	24.06	53.31	42.56 ± 16.09
48	3	45.86	51.38	48.10 ± 2.90

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูสีเหลืองในปริมาณ 30, 36, 42 และ 48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 8 ก่อนบ่มฟักไข่ปู น้ำในขวดโหลมีความเป็นกรด-ด่าง 8.56 ความเป็นด่าง 138 มก./ลิตร แต่ไม่พบไนไตรท์และแอมโมเนีย หลังจากบ่มฟักไข่ปูก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก อุณหภูมิของน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานโดยในช่วงเช้าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง $27.5-28.7^{\circ}\text{C}$ ช่วงบ่ายอยู่ระหว่าง

30.0-31.0°ซ ความเป็นกรด-ด่างค่อยๆลดลงจาก 8.56 มาอยู่ในช่วง 7.38-7.77, 7.65-7.76, 7.64-7.72 และ 7.97-8.05 เช่นเดียวกับความเป็นด่างที่ค่อยๆลดลงจาก 138 มาอยู่ในช่วง 115-119, 112-115, 113-115 และ 108-110 มก./ลิตร ในขณะที่ปริมาณไนไตรท์ค่อยๆเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 0.036-0.041, 0.039-0.042, 0.036-0.039 และ 0.039-0.041 มก./ลิตร และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 0.574-0.703, 0.571-0.873, 0.455-0.977 และ 1.056-1.248 มก./ลิตร ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใกล้เคียงกันในแต่ละวันและผันแปรในช่วง 6.2-6.4 มก./ลิตร ในแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำใหม่แล้วบ่มฟักต่ออีก 1 วัน อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ความเป็นกรด-ด่างลดลงมาอยู่ที่ 7.20-7.51, 7.21-7.35, 7.18-7.55 และ 7.29-7.39 ความเป็นด่างอยู่ที่ 75-90, 78-90, 65-75 และ 63-75 มก./ลิตร ส่วนปริมาณไนไตรท์อยู่ที่ 0.026-0.032, 0.031-0.037, 0.028-0.034 และ 0.026-0.028 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 1.517-2.476, 2.450-2.682, 1.844-2.565 และ 2.045-2.476 มก./ลิตร หลังจากการรวบรวมลูกปูแรกฟักอีกครั้ง แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่อีก 1 วัน ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมาอยู่ที่ 7.58-7.79, 7.54-7.72, 7.74-7.94 และ 7.51-7.66 มก./ลิตร ความเป็นด่างอยู่ที่ 95-105, 90-95, 94-98 และ 77-92 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ 1.807-2.450, 2.381-2.533, 2.503-2.565 และ 2.381-2.503 มก./ลิตร ในแต่ละชุดการทดลอง ตามลำดับ

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่ปูม้าสีเหลืองในปริมาณ 30, 36, 42 และ 48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ปริมาณไข่ป้อน้ำทะเล 6 ลิตร (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
ก่อนบ่มฟักไข่							
30	-	-	8.56	138	0	0	-
36	-	-	8.56	138	0	0	-
42	-	-	8.56	138	0	0	-
48	-	-	8.56	138	0	0	-
หลังจากบ่มฟักไข่ไว้ 1 วัน							
30	28.5-28.6	30.0-30.2	8.19-8.22	128-130	0.026-0.035	0.107-0.147	6.2-6.2
36	28.5-28.6	30.0-30.2	8.21-8.31	131-135	0.004-0.037	0.115-0.159	6.2-6.3
42	28.5-28.7	30.0-30.1	8.27-8.30	126-137	0.023-0.036	0.118-0.187	6.2-6.3
48	28.5-28.6	30.0-30.2	8.25-8.33	130-141	0.026-0.037	0.158-0.268	6.2-6.2
หลังจากบ่มฟักไข่ไว้ 2 วัน							
30	28.2-28.2	30.4-30.8	8.12-8.17	110-125	0.026-0.035	0.107-0.147	6.2-6.2
36	28.1-28.2	30.5-30.5	8.12-8.20	115-125	0.004-0.037	0.115-0.159	6.2-6.2
42	28.0-28.0	30.7-30.8	8.22-8.25	110-115	0.023-0.036	0.118-0.187	6.2-6.3
48	28.0-28.2	30.7-31.0	8.21-8.28	117-130	0.026-0.037	0.158-0.268	6.2-6.2
หลังจากบ่มฟักไข่ไว้ 3 วัน ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก							
30	27.8-27.8	30.7-30.8	7.38-7.77	115-119	0.036-0.041	0.574-0.703	6.3-6.3
36	27.5-27.8	30.8-30.9	7.65-7.76	112-115	0.039-0.042	0.571-0.873	6.2-6.3
42	27.5-27.8	30.7-30.9	7.64-7.72	113-115	0.036-0.039	0.455-0.977	6.3-6.4
48	27.5-27.8	30.8-30.8	7.97-8.05	108-110	0.039-0.041	1.056-1.248	6.3-6.3
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ต่อไปอีก 1 วัน							
30	28.5-28.5	30.2-30.3	7.20-7.51	75-90	0.026-0.032	1.517-2.476	6.3-6.3
36	28.5-28.6	30.2-30.2	7.21-7.35	78-90	0.031-0.037	2.450-2.682	6.2-6.3
42	28.5-28.7	30.1-30.3	7.18-7.55	65-75	0.028-0.034	1.844-2.565	6.2-6.3
48	28.5-28.7	30.3-30.3	7.29-7.39	63-75	0.026-0.028	2.045-2.476	6.2-6.3
หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มฟักไข่ต่อไปอีก 1 วัน							

30	29.0-29.1	-	7.58-7.79	95-105	0.041-0.044	1.807-2.450	6.2-6.3
36	29.0-29.1	-	7.54-7.72	90-95	0.045-0.061	2.381-2.533	6.2-6.3
42	29.0-29.2	-	7.74-7.94	94-98	0.042-0.056	2.503-2.565	6.2-6.3
48	29.1-29.2	-	7.51-7.66	77-92	0.054-0.076	2.381-2.503	6.2-6.2

การทดลองครั้งที่ 4 จากการสุ่มนับจำนวนลูกปูแรกฟักสะสม พบว่า ในแต่ละขวดโหลที่บ่มฟักไข่ปู ในปริมาณ 48 กรัม (1,057,440 ฟอง) มีลูกปูฟักออกจากไข่จำนวน 389,970, 414,300 และ 378,630 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 36.88, 39.18 และ 35.81% ในขวดโหลที่บ่มฟักในปริมาณ 54 กรัม (1,189,620 ฟอง) มีลูกปูฟักออกจากไข่จำนวน 605,930, 421,290 และ 515,970 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 50.93, 35.41 และ 43.37% ส่วนในขวดโหลที่บ่มฟักในปริมาณ 60 กรัม (1,321,800 ฟอง) มีลูกปูแรกฟักจำนวน 592,960, 560,720 และ 602,940 ตัว คิดเป็นอัตราการฟัก 44.86, 42.42 และ 45.62% (ตารางที่ 9) อัตราการฟักเฉลี่ยของ ไข่ปูสี่เหลี่ยมในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 37.29 ± 1.72 , 43.24 ± 7.76 และ $44.30 \pm 1.67\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 อัตราการฟักของไข่ปูสี่เหลี่ยมที่บ่มฟักในปริมาณ 48, 54 และ 60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
48 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (8 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	1,057,440	389,970	36.88
2	1,057,440	414,300	39.18
3	1,057,440	378,630	35.81
54 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (9 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	1,189,620	605,930	50.93
2	1,189,620	421,290	35.41
3	1,189,620	515,970	43.37
60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร (10 กรัม/น้ำ 1 ลิตร)			
1	1,321,800	592,960	44.86
2	1,321,800	560,720	42.42
3	1,321,800	602,940	45.62

ตารางที่ 10 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสี่เหลี่ยมที่บ่มฟักในปริมาณ 48, 54 และ 60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 4

ปริมาณไข่ปู/น้ำทะเล 6 ลิตร (กรัม)	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการฟักต่ำสุด (%)	อัตราการฟักสูงสุด (%)	อัตราการฟักเฉลี่ย (%)
48	3	35.81	39.18	37.29 ± 1.72
54	3	35.41	50.93	43.24 ± 7.76
60	3	42.42	45.62	44.30 ± 1.67

วิจารณ์ผล

การทดลองครั้งที่ 1 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูสี่เหลี่ยมที่บ่มฟักในปริมาณ 24 กรัม (528,720 ฟอง) และ 30 กรัม (660,900 ฟอง)/น้ำทะเล 6 ลิตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการฟักเฉลี่ย

ของไข่มุกทั้ง 2 ปริมาณ มากกว่าที่บ่มฟักในปริมาณ 36 กรัม (793,800 ฟอง)/น้ำทะเล 6 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณไข่มุกสีน้ำตาลที่เหมาะสมในการบ่มฟักอยู่ที่ 30 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร หรือ 5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร เนื่องจากลูกปูที่ฟักออกจากไข่มุกมีจำนวนมากกว่า ในขณะที่ใช้น้ำทะเลในปริมาณเท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับที่บ่มฟักในปริมาณ 24 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร หรือ 4 กรัม/น้ำ 1 ลิตร ถึงแม้ อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกทั้ง 2 ปริมาณ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การทดลองครั้งที่ 2-4 อัตราการฟักเฉลี่ยของ **ไข่มุกสีเหลือง** ที่บ่มฟักในปริมาณ 24, 30 และ 36 กรัม ปริมาณ 30, 36, 42 และ 48 กรัม และปริมาณ 48, 54 และ 60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ตามลำดับ ในแต่ละการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ถึงแม้ การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ทำการทดลองบ่มฟักไข่มุกในปริมาณเพิ่มมากกว่า 60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร ไปเรื่อยๆ จนกว่าอัตราการฟักลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากตั้งแต่ปลายปี 2546 เรือประมงปูม้าส่วนใหญ่ เคลื่อนขบวนไปจับปูที่จังหวัดชุมพร เรือประมงเพียงส่วนน้อยที่ยังจับปูในเขตจังหวัดเพชรบุรีหรือบางครั้ง ไม่มีเลย ปูม้าที่ลำเลียงมายังโรงต้มและแกะเนื้อที่ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม จึงมีน้อยมาก หรือไม่มีเลย ดังนั้นไข่มุกจึงมีไม่เพียงพอให้ศึกษาได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลการศึกษาที่ผ่านมา และจากการสังเกตด้วยสายตา การบ่มฟักไข่มุกสีเหลืองในปริมาณมากกว่า 10 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร อาจเกิน ความจำเป็น เนื่องจากความหนาแน่นของไข่มุกค่อนข้างมาก ไข่มุกสีเหลืองที่นำมาบ่มฟักในปริมาณ 60 กรัม (1,321,800 ฟอง)/น้ำทะเล 6 ลิตร หรือ 10 กรัม/น้ำ 1 ลิตร โดยที่อัตราการฟักเฉลี่ยใกล้เคียงกับไข่มุกสีเดียวกัน ที่บ่มฟักในปริมาณน้อยกว่า แต่ลูกปูที่ฟักออกจากไข่มุกมีจำนวนมากกว่า การบ่มฟักไข่มุกสีเหลืองในปริมาณ 60 กรัม/น้ำทะเล 6 ลิตร หรือ 10 กรัม/น้ำ 1 ลิตร จึงมีความคุ้มค่าในเชิงธุรกิจมากกว่า อย่างไรก็ตาม การบ่มฟักไข่มุกสีเหลืองในปริมาณมากถึง 10 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร ต้องเป็นไข่มุกที่มีคุณภาพดีพอสมควร หากคุณภาพไข่มุก ด้อยลงควรบ่มฟักในปริมาณที่น้อยลง ดังนั้น ปริมาณไข่มุกสีเหลืองที่เหมาะสมในการบ่มฟักจึงอยู่ในช่วง 5-10 กรัม/น้ำทะเล 1 ลิตร

คุณภาพน้ำก่อนและระหว่างบ่มฟักไข่มุกเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับที่เคยปรากฏในการศึกษา ก่อนหน้านี้

การปักไต้ปู้ม้าสีเทาดำจากตบั้งปู้ไชน่อกกระดอง

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการบ่มปักไต้ปู้ม้าสีเทาดำจากตบั้งปู้ไชน่อกกระดอง เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากปู้ไต้ที่เคยทิ้งขว้างเป็นแหล่งพันธุ์ในการเพาะพันธุ์ให้ได้มากที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอัตราการปักของปักไต้สีเทาดำโดยบ่มปักไต้ที่แยกจากตบั้งปู้ไชน่อกกระดองและบ่มปักไต้ทั้งตบั้ง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การรวบรวมตบั้งปู้ม้า

ตบั้งปู้ไต้ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1-3 รวบรวมจากโรงต้มและแกะเนื้อที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ดำเนินการด้วยวิธีเดียวกันกับที่เคยกล่าวมาแล้ว ตบั้งปู้ไต้ที่รวบรวมเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2545 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 ตบั้งปู้ไต้ที่รวบรวมเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2545 ผ่านการแช่ใน povidone iodine ความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการลำเลียงใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 และตบั้งปู้ไต้ที่รวบรวมเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2545 ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 ส่วนตบั้งปู้ไต้ที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 4 เป็นตบั้งที่หักจากปู้ไชน่อกกระดอง เมื่อขนส่งแม่ปู้ไต้ที่ซื้อจากชาวประมงในจังหวัดชลบุรีมาถึงโรงเพาะปักของศูนย์สมุทรสาคร ในเวลา 1.00 น. เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2548

การปักปักไต้สีเทาดำที่แยกจากตบั้งปู้ไชน่อกกระดอง

เมื่อตบั้งปู้ไต้ที่รวบรวมในวันที่ 26 มิถุนายน 2545 สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 ลำเลียงมาถึงโรงเพาะปักของศูนย์ฯ คัดเลือกตบั้งปู้ไต้สีเทาดำออกมา 8 ตบั้งใส่ในกะละมังพลาสติกที่น้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ประมาณครึ่งกะละมัง การแยกปักออกจากตบั้งโดยใช้มืออุเบาะๆ ในน้ำ จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและปักที่จับเป็นก้อนออก ล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง แล้วนำไปบ่มปักในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 6 ลิตร ปริมาณปักที่นำไปบ่มปักในแต่ละขวดโหลมีน้ำหนัก 30 กรัม (ประมาณ 660,900 ฟอง) ระหว่างบ่มปักปักไต้ให้อากาศค่อนข้างแรง และดำเนินการทั้งหมดจำนวน 4 ชั่วโมง เมื่อสังเกตเห็นขวดโหลใดปักเริ่มปักออกเป็นตัวอ่อนปู้ม้าจะปรับฟองอากาศให้เบาลง รอจนปริมาณลูกปักแรกปักในขวดโหลมีจำนวนพอสมควร จึงหยุดให้อากาศเพื่อให้ปักส่วนที่ยังไม่ปักจมลงก้นขวดโหล จากนั้นใช้สายยางดูดเอาน้ำพร้อมตัวอ่อนปู้ม้าที่บริเวณเหนือชั้นของปักที่จมด้วยวิธีการกลั่นน้ำลงในสวิงตักที่วางอยู่ในกะละมังที่มีน้ำท่วมถึง ย้ายลูกปักแรกปักไปใส่ในถังหรือกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลอยู่ระดับหนึ่ง การเลือกใช้ถังหรือกะละมังพลาสติกขึ้นอยู่กับจำนวนลูกปักว่ามีมากน้อยเพียงใดเพื่อสะดวกในการสับนับจำนวนต่อไป ส่วนขวดโหลที่แยกลูกปักแรกปักออกไปแล้ว เติมน้ำทะเลลงไปในขวดโหลให้ได้ปริมาตร 6 ลิตรเท่าเดิม พร้อมให้อากาศอีกครั้งและรอให้ปักเป็นตัวอ่อนในครั้งต่อไป แล้วรวบรวมลูกปักวัยอ่อนด้วยวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น การรวบรวมลูกปักแรกปักดำเนินการจนกระทั่งปักในขวดโหลเริ่มเน่าเสียและไม่ปักอีกต่อไป

การปักไข่ปูม้าสีเทาดำทั้งตัวปิ้ง

ตัวปิ้งไข่ปูที่รวบรวมเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2545 สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 และที่รวบรวมเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2547 สำหรับการทดลองครั้งที่ 3 แล้วลำเลียงมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ ในการทดลองครั้งที่ 2 คัดเลือกตัวปิ้งไข่ปูสีเทาดำออกมา 4 ตัวปิ้ง แต่ละตัวปิ้งมีน้ำหนัก 66.25, 93.76, 58.74 และ 75.58 กรัม จากนั้นใช้เชือกไนลอนขนาดเล็กร้อยตัวปิ้งไข่ปูผ่านเข็มเย็บผ้าปลายทั้งสองของเชือกผูกติดกับไม้ไผ่ซีก แล้วนำตัวปิ้งไข่ปูดังกล่าวไปแขวนไว้กลางน้ำในขวดโหลแก้วที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 6 ลิตร โดยวางไม้ไผ่ซีกพาดกับปากขวดโหล พร้อมให้อากาศค่อนข้างแรง (รูปที่ 1) ในการทดลองครั้งที่ 3 คัดเลือกตัวปิ้งไข่ปูสีเทาดำออกมา 3 ตัวปิ้ง แต่ละตัวปิ้งมีน้ำหนัก 58.8, 67.32 และ 80.62 กรัม นำแต่ละตัวปิ้งไปแขวนกลางน้ำในถังพลาสติกทรงสูงที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 60 ลิตร ด้วยวิธีเดียวกันกับการทดลองครั้งที่ 2 ในการทดลองครั้งที่ 4 นำตัวปิ้งไข่ปูสีเทาดำซึ่งแต่ละตัวปิ้งมีน้ำหนัก 21.27, 35.98 และ 25.04 กรัม ไปแขวนกลางน้ำในถังพลาสติกทรงสูงเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการบ่มฟัก นำเฉพาะส่วนของตัวปิ้งมาชั่งน้ำหนักเพื่อทราบน้ำหนักไข่ปูที่เกาะอยู่กับแต่ละตัวปิ้งซึ่งสามารถคำนวณจำนวนไข่ปูที่บ่มฟักในแต่ละถัง



รูปที่ 1 การบ่มฟักไข่ปูสีเทาดำโดยวิธีแขวนตัวปิ้งไข่ปูไว้กลางน้ำ

การสุ่มนับจำนวนลูกปูแรกฟัก

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักจากแต่ละขวดโหลหรือถัง ทำการสุ่มนับจำนวนลูกปูและคำนวณอัตราการฟักด้วยวิธีเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

ผลการศึกษา

การทดลองครั้งที่ 1 ไข่ปูสีเทาดำที่บ่มฟักไว้ในขวดโหลแก้วที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร ขวดโหลละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง พร้อมให้อากาศค่อนข้างแรง ทอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มฟักไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 30 ชม. ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก สังเกตเห็นน้ำในขวดโหลขุ่นและมีกลิ่นเหม็นเน่า จากการสุ่มนับลูกปูแรกฟักในแต่ละขวดโหลมีจำนวน 35,600, 29,150, 31,150 และ 40,250 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 5.39, 4.41, 4.71 และ 6.09% ตามลำดับ เฉลี่ย $5.15 \pm 0.75\%$ (ตารางที่ 1) ส่วนไข่ปูที่ยังไม่ฟักเกิดการเน่าเสีย

ตารางที่ 1 อัตราการฟักของไข่ปูม้าสีเทาดำที่แยกจากตัวปิ้งไข่ปูในออกกระดองในการทดลองครั้งที่ 1

จำนวนซ้ำ (N)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนลูกปูแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
1	660,900	35,600	5.39
2	660,900	29,150	4.41
3	660,900	31,150	4.71
4	660,900	40,250	6.09
เฉลี่ย	660,900	34,038	5.15 ± 0.75

การทดลองครั้งที่ 2 และ 3 หลังจากแขวนตัวปิ้งไข่ปูสีเทาดำไว้กลางน้ำในขวดโหลแก้วที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 6 ลิตร และในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเล 60 ลิตร เป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชม. ไข่ปูที่

เกาะติดอยู่กับตบปี้งทั้ง 2 การทดลองเน่าเสีย เป็นผลให้น้ำที่ไข่มุกปักไข่มุกเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น ส่วนการทดลองครั้งที่ 4 จำนวนไข่มุกสีเทาดำที่เกาะติดกับตบปี้งเมื่อนำไปบ่มฟักไข่มุกมีจำนวน 409,650, 71,0255 และ 485,025 ฟอง แต่จำนวนตัวอ่อนปูม้าที่ฟักจากไข่มุกมีเพียง 41,400, 133,300 และ 93,900 ตัว หรือมีอัตราการฟัก 10.11, 18.77 และ 19.36% ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราการฟักของไข่มุกสีเทาดำที่บ่มฟักไข่มุกทั้งตบปี้งในการทดลองครั้งที่ 4

จำนวนซ้ำ	จำนวนไข่มุก	จำนวนลูกปูแรกฟัก	อัตราการฟัก
(N)	(ฟอง)	(ตัว)	(%)
1	409,650	41,400	10.11
2	710,255	133,300	18.77
3	485,025	93,900	19.36

วิจารณ์ผล

ไข่มุกนอกกระดองของปูม้าเพศเมียเป็นไข่มุกที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อแล้ว และเกาะติดอยู่ที่หน้าท้องบริเวณระยางค์ที่ได้อาหารเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมักเรียกว่าจับปี้งหรือตบปี้ง ประมาณ 9-11 วัน ก่อนฟักเป็นตัวอ่อนปูม้า (สุเมธ, 2527) ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้สามารถหักเฉพาะส่วนตบปี้งของปูไข่มุกนอกกระดองไว้ก่อนเพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุ์ก่อนนำแม่ปูเหล่านั้นไปต้มและแกะเนื้อ การฟักไข่มุกที่แยกจากตบปี้งของปูไข่มุกนอกกระดองตามวิธีของวารินทร์และคณะ (2545) ใช้ได้ผลดีกับไข่มุกที่มีสีเหลืองและสีน้ำตาล โดยเฉพาะไข่มุกสีน้ำตาลมีอัตราการฟักสูงถึง 83.68% จึงมีความพยายามที่จะศึกษาหาวิธีเพาะฟักไข่มุกสีเทาดำโดยเชื่อว่าไข่มุกระยะดังกล่าวมีพัฒนาการจนใกล้ฟักออกเป็นตัว ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด แต่จากการทดลองครั้งที่ 1 อัตราการฟักของไข่มุกสีเทาดำมากในช่วง 4.41-6.09% เท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไข่มุกสีเทาดำเป็นไข่มุกที่ใกล้ฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจึงบอบบาง การแยกไข่มุกสีเทาดำจากตบปี้งโดยใช้มือลูบเบาๆ ในน้ำด้วยวิธีเดียวกับที่ใช้กับไข่มุกสีเหลืองและไข่มุกสีน้ำตาล อาจทำให้ไข่มุกได้รับความกระทบกระเทือนจนเกิดการเน่าเสียเพื่อหลีกเลี่ยงการทำให้ไข่มุกสีเทาดำได้รับความกระทบกระเทือน จึงทดลองบ่มฟักไข่มุกสีเทาดำโดยวิธีแขวนตบปี้งไข่มุกไว้กลางน้ำในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 แต่ปรากฏว่าวิธีการดังกล่าวไข่มุกเน่าเสียเร็วกว่าวิธีแรก สาเหตุอาจเป็นเพราะไข่มุกที่เกาะติดตบปี้งเบียดเสียดกันแน่น โอกาสที่ไข่มุกจะสัมผัสกับออกซิเจนในน้ำจึงมีน้อยกว่าวิธีแรกที่ไข่มุกกระจายอยู่ในมวลน้ำ ถึงแม้ระหว่างการบ่มฟักมีการให้อากาศค่อนข้างแรงทั้ง 2 วิธีตลอดเวลา เมื่อการบ่มฟักไข่มุกสีเทาดำทั้ง 2 วิธีไม่ได้ผล เนื่องจากไข่มุกเน่าเสียก่อนฟักออกเป็นตัว จึงได้พิจารณาถึงสาเหตุอีกประการหนึ่งคือ การขนส่งปูม้าช่วงจากท่าเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรีมายังโรงต้มปูและแกะเนื้อที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยใส่มาในตะกร้าพลาสติกทับซ้อนกันแน่น ไข่มุกสีเทาดำที่เกาะติดอยู่กับตบปี้งของปูไข่มุกนอกกระดองจึงถูกทับและได้รับความเสียหายหรือกระทบกระเทือนได้ง่ายกว่าไข่มุกที่มีสีเหลืองและสีน้ำตาล เนื่องจากไข่มุกสีเทาดำเป็นไข่มุกที่ใกล้จะฟัก เปลือกจึงอาจบางกว่าไข่มุกอื่นๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำการทดลองเพิ่มเติมในครั้งที่ 4 โดยซื้อปูที่มีไข่มุกนอกกระดองสีเทาดำจากชาวประมงในจังหวัดชลบุรี การบ่มฟักไข่มุกสีเทาดำทั้งตบปี้งโดยเป็นตบปี้งที่หักจากปูไข่มุกนอกกระดองเมื่อลำเลียงแม่ปูมีชีวิตมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาคร ปรากฏว่าไข่มุกบางส่วนฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าซึ่งให้ผลดีกว่าในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 อย่างไรก็ตาม ไข่มุกมีอัตราการฟักสูงสุดเพียง 19.36% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแม่ปูไข่มุกได้รับความกระทบกระเทือนระหว่างการขนส่งจากจังหวัดชลบุรีมายังศูนย์สมุทรสาคร ดังนั้น หากบ่มฟักไข่มุกสีเทาดำจากตบปี้งของปูไข่มุกนอกกระดองที่เพิ่งจับจากทะเล อัตราการฟักอาจสูงกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

- กรุณา สัตยมาศ. 2532. การอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนให้มีอัตราการรอดสูง. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 2. กลุ่มพัฒนาแหล่งประมง, ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 16 หน้า.
- กองนโยบายและแผนงานประมง. 2532. ข่าวสภาวะการประมง. ฉบับที่ 1, ปีที่ 1. กองนโยบายและแผนงานประมง, กรมประมง. 5 หน้า.
- จินตนา จินดาลิจิต. 2544. ชีวิตวิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยตอนบน. ใน: รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2544 กรมประมง. วันที่ 18-20 กันยายน 2544. ณ ห้องประชุมกรมประมง.
- ฝ่ายคุณภาพน้ำ. 2534. มาตรฐานคุณภาพน้ำประเศไทย. ฝ่ายคุณภาพน้ำ, กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 142 หน้า.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง, พรทิพย์ อังศุกาญจนกุล และจิราณวัณน์ ชูเพชร. 2545. การฟักไข่ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) จากตับปิ้งของแม่ปูไข่นอกกระดอง. วารสารการประมง 55(4): 319-323.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีวิตวิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. เอกสารเผยแพร่วิชาการ ฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ, กองประมงทะเล, กรมประมง. 67 หน้า.
- APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 15thed. American Public Health Association, Washington. 1134 pp.
- Herwig, N. 1979. Handbook of Drugs and Chemicals Used in the Treatment of Fish Diseases. Charles C. Thomas Publisher, Springfield. 272 pp.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167, Ottawa. 310 pp.

กิจกรรมที่ 2 การอนุบาลลูกปูม้า

ผู้วิจัยหลัก ดร. วารินทร์ ธนาสมหวัง

ผู้ร่วมวิจัย นางภมรพรรณ นัฏฐภูมิ

นายสง่า สิงห์หงษ์

นางสาวศิริภรณ์ โคตะมี

นางพรทิพย์ ทองบ่อ

การอนุบาลลูกปูม้า

คำนำ

ถึงแม้หน่วยงานหลายแห่งของกรมประมงได้ดำเนินการเพาะพันธุ์ปูม้า (*Portunus pelagicus*, Linnaeus, 1758) มาเป็นเวลานาน แต่กิจกรรมส่วนใหญ่เป็นการเพาะและอนุบาลลูกปูม้าจนถึงระยะเมกาโลปา (megalopa) ก่อนนำไปปล่อยลงสู่ทะเลเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับธรรมชาติ (กรรณ, 2532) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันผู้ปฏิบัติงานโรงเพาะฟักมักใช้ปูไข่นอกกระดองที่จับจากทะเลเป็นแหล่งพันธุ์ในการผลิตพันธุ์ปูม้า และในธรรมชาติมีปูไข่นอกกระดองตลอดทั้งปี จึงไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องของพ่อแม่พันธุ์ ปัญหาส่วนใหญ่อยู่ที่การอนุบาลลูกปู เนื่องจากปูม้ามีพฤติกรรมกินกันเองทำให้อัตรารอดตายต่ำ ในอดีตที่ผ่านมาการผลิตพันธุ์ปูม้าเพื่อปล่อยลงสู่ทะเลส่วนใหญ่ดำเนินการในลักษณะลองผิดลองถูกและผลผลิตที่ได้ไม่แน่นอน งานวิจัยที่มีการวางแผนการทดลองและเก็บข้อมูลอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการมีน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงนั้นปูม้ามีราคาถูกไม่จูงใจให้เกษตรกรประกอบเป็นอาชีพ งานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงปูม้าจึงไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร ปัจจุบันสถานการณ์ด้านราคาของปูม้าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างชัดเจนจากกิโลกรัมละ 35 บาท เมื่อปี 2532 (กองนโยบายและแผนงาน, 2532) เป็นกิโลกรัมละ 150-200 บาท การเพาะเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์จึงได้รับความสนใจอย่างมากทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน

การที่จะพัฒนาการเพาะเลี้ยงปูม้าไปสู่เชิงพาณิชย์ได้นั้น งานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์เพื่อให้ได้ลูกปูม้าที่มีขนาดเหมาะสมและปริมาณเพียงพอที่จะขยายผลไปสู่การเลี้ยงในบ่อดินจึงมีความสำคัญอันดับแรก ในอดีตการเพาะพันธุ์ปูม้าดำเนินการโดยนำปูไข่นอกกระดอง (ไข่น้ำเค็ม) ไปปล่อยในบ่อดินซึ่งมีความสำคัญอันดับแรกในที่กักขังเพื่อให้ไข่ที่ตบปั๋งฟักออกมาเป็นตัวอ่อนและอนุบาลต่อไป ต่อมา วารินทร์และคณะ (2545) ประสบความสำเร็จในการฟักไข่ปูม้าจากตบปั๋งที่หักจากตัวแม่ก่อนนำไปต้มและแกะเนื้อในการผลิตปูกระป๋อง ปูม้าที่นำมาต้มและแกะเนื้อมีปูไข่นอกกระดองจำนวนมากพอสมควร ที่ผ่านมาไข่นอกกระดองของแม่ปูเหล่านี้ถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ เป็นการทำลายทรัพยากรพันธุ์สัตว์น้ำอย่างน่าเสียดาย ความสำเร็จในการฟักไข่ปูม้าจากตบปั๋งที่หักจากปูไข่นอกกระดอง ทำให้สามารถใช้ไข่ปูที่เคยทิ้งขว้างเป็นแหล่งพันธุ์แหล่งใหญ่ด้วยต้นทุนต่ำ ลูกพันธุ์ปูม้าที่ใช้ในงานวิจัยของกิจกรรมนี้ส่วนใหญ่เป็นลูกพันธุ์ที่ฟักจากไข่ปูที่แยกจากตบปั๋งไข่นอกกระดองซึ่งรวบรวมจากโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) โดยวิจัยและทดลองเพื่อหาวิธีการต่างๆที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้าไม่ว่าจะเป็นเรื่องของอาหารและการให้อาหาร การจัดการด้านเทคนิค ตลอดจนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ลูกปูมีอัตราการรอดตายสูงขึ้นตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ นอกจากนี้ ยังศึกษาอัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab พร้อมทั้งต้นทุนการผลิตลูกปูระยะ young crab ขนาด 0.3-0.6 ซม. เชิงพาณิชย์

ผลของอาหารต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอาหารชนิดต่างๆในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนดต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ที่อนุบาลในถังไฟเบอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายของลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ที่เลี้ยงด้วยอาหารชนิดต่างๆในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนด
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab ที่เลี้ยงด้วยอาหารชนิดต่างๆในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนด
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab ด้วยอาหารชนิดต่างๆในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนด

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเตรียมถังทดลองและอุปกรณ์

ในการทดลองแต่ละครั้งใช้ถังไฟเบอร์ขนาด 2 ลบ.ม. จำนวน 9 ใบ (รูปที่ 1) ก่อนการทดลองในแต่ละครั้ง ล้างถังทุกใบให้สะอาดและฉีดฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลินความเข้มข้น 200 ppm ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ส่วนอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ สายอากาศ หัวทราย และแก้วตักลูกปู ฆ่าเชื้อที่อาเจปนเปื้อนมาด้วยคลอรีน ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 10 กรัม/น้ำ 50 ลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดและทิ้งไว้ให้แห้ง ก่อนนำอุปกรณ์เหล่านี้มาใช้ในการทดลอง ลวกด้วยน้ำร้อนอีกครั้ง



รูปที่ 1 ถังไฟเบอร์ที่ใช้ในการทดลองอนุบาลลูกปูม้า

การเตรียมน้ำ

น้ำทะเลที่ใช้เป็นน้ำที่ปรับความเค็มไว้ที่ 30 ppt ส่วนน้ำจืดที่ใช้เป็นน้ำบาดาล ทั้งน้ำทะเลและน้ำบาดาล ถูกบำบัดด้วย $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ความเข้มข้น 30 ppm 2 ครั้ง (วารินทร์และคณะ, 2543) หลังจากนั้นสูบน้ำส่วนใสมากลับในบ่อพักที่มีหลังคาปิดก่อนข้างมิดชิด

การวางแผนการทดลอง

การอนุบาลลูกปูม้าด้วยอาหารชนิดต่างๆในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนดแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยวางแผนการทดลองแต่ละครั้งในแต่ละช่วงของลูกปูแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design)

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ดำเนินการ 5 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้อาหารมีชีวิตชนิดต่างๆ เหมือนกัน ได้แก่ *Chaetoceros* sp. โรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) และตัวอ่อนไรน้ำเค็ม (*Artemia nauplii*) แต่ต่างกันที่ระยะเวลาในการให้ไรน้ำเค็มโดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 1

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร (ตัว/มล.)			ปริมาณ <i>Chaetoceros</i> (เซลล์/มล.)
			T1	T2	T3	
1	zoea I	โรติเฟอร์	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
2	zoea I	โรติเฟอร์	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
3	zoea I-II	โรติเฟอร์	2	3	3	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	-	-	
4	zoea II	โรติเฟอร์	2	3	3	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	-	-	
5	zoea II-III	โรติเฟอร์	2	2	3	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	-	
6	zoea III	โรติเฟอร์	2	2	3	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	-	
7-10	zoea III-IV	โรติเฟอร์	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	0.5	

T : ชุดการทดลอง

การทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ไม่ให้และให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิต โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิต

ชุดการทดลองที่ 2 ให้น้ำหมักก้าม-อามี 250 มล. 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เสริมอาหารมีชีวิต

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไข่แดงต้ม 1.1-1.5 กรัม/มื้อ วันละ 5 มื้อ เสริมอาหารมีชีวิต (ไข่แดงต้มบดผ่าน

ผ้ากรองขนาดตา 69 ไมครอน

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 2

วันที่ อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร			ปริมาณ <i>Chaetoceros</i> (เซลล์/มล.)
			T1	T2	T3	
1	zoea I	โรติเฟอร์ (ตัว/มล.)	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
		น้ำหมักอามิ-อามิ (มล./ครั้ง)	-	250	-	
		ไข่แดงต้ม (กรัม/มื้อ)	-	-	1.1-1.5	
2	zoea I	โรติเฟอร์ (ตัว/มล.)	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
		น้ำหมักอามิ-อามิ (มล./ครั้ง)	-	250	-	
		ไข่แดงต้ม (กรัม/มื้อ)	-	-	1.1-1.5	
3-9	zoea I-IV	โรติเฟอร์ (ตัว/มล.)	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม (ตัว/มล.)	0.5	0.5	0.5	
		น้ำหมักอามิ-อามิ (มล./ครั้ง)	-	250	-	
		ไข่แดงต้ม (กรัม/มื้อ)	-	-	1.1-1.5	

T : ชุดการทดลอง

การทดลองครั้งที่ 3

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้อาหารมีชีวิตต่างๆ เหมือนกัน ได้แก่ *Chaetoceros* sp. โรติเฟอร์ และตัวอ่อนไรน้ำเค็ม แต่ต่างกันที่ระยะเวลาในการให้ไรน้ำเค็มโดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 3

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร (ตัว/มล.)			ปริมาณ <i>Chaetoceros</i> (เซลล์/มล.)
			T1	T2	T3	
1	zoea I	โรติเฟอร์	2	2	2	$1-2 \times 10^4$
2	zoea I	โรติเฟอร์	-	2	2	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	-	-	
3	zoea II	โรติเฟอร์	-	2	2	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	-	-	
4	zoea II	โรติเฟอร์	-	-	2	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	-	
5	zoea II	โรติเฟอร์	-	-	2	$1-2 \times 10^4$
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	-	
6-8	zoea III-IV	ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	0.5	$1-2 \times 10^4$

T : ชุดการทดลอง

การทดลองครั้งที่ 4

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้อาหารมีชีวิตต่างๆ เหมือนกัน ได้แก่ *Chlorella* sp. โรติเฟอร์ และตัวอ่อนไรน้ำเค็ม แต่ต่างกันที่ระยะเวลาในการให้ไรน้ำเค็มโดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 4

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร (ตัว/มล.)			ปริมาณ <i>Chlorella</i> (เซลล์/มล.)
			T1	T2	T3	
1	zoea I	โรติเฟอร์	4	4	4	2-4x10 ⁵
2	zoea I	โรติเฟอร์	2	4	4	2-4x10 ⁵
3	zoea II	ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	-	-	2-4x10 ⁵
		โรติเฟอร์	2	4	4	
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	-	-	
4	zoea II	โรติเฟอร์	2	2	4	4-6x10 ⁵
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	-	
5	zoea II	โรติเฟอร์	2	2	4	3-5x10 ⁵
6-8	zoea III- IV	ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	-	3-5x10 ⁵
		โรติเฟอร์	2	2	2	
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม	0.5	0.5	0.5	

T : ชุดการทดลอง

การทดลองครั้งที่ 5

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้โรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ให้และไม่ให้แพลงก์ตอนพืชโดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 5

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร		
			T1	T2	T3
1	zoea I	โรติเฟอร์ (ตัว/มล.)	3	3	3
		<i>Chaetoceros</i> (เซลล์/มล.)	7.5 x10 ⁴ -1.3x10 ⁵	-	-
		<i>Chlorella</i> (เซลล์/มล.)	-	5.5-6.8x10 ⁵	-
2-9	zoea I-IV	โรติเฟอร์ (ตัว/มล.)	2	2	2
		ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม (ตัว/มล.)	0.5	0.5	0.5
		<i>Chaetoceros</i> (เซลล์/มล.)	1-3x10 ⁴	-	-
		<i>Chlorella</i> (เซลล์/มล.)	-	2.8-8.5x10 ⁵	-

T : ชุดการทดลอง

การอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยอาหารชนิดต่างๆในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนดในการทดลองครั้งที่ 1-5 เป็นการทดลองในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 ppt

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ดำเนินการ 2 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ด้วยการให้อาหารต่างชนิดโดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและไรแดง→ ไรแดง

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและไข่อุ่น→ ไข่อุ่น

ไข่อุ่นเตรียมโดยใช้ไข่ไก่ 30 ฟอง นมผง 10 กรัม และน้ำสะอาด 1 ลิตร ปั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำไปนึ่งประมาณ 30 นาที แล้วนำมาบดผ่านอวนไนลอนที่มีขนาดช่องตา 1 มม. ให้เป็นเส้น ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.00 และ 23.00 น.

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูมีระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 1

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชุดการทดลอง	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร (กรัม/มื้อ)
9	zoea IV	1	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
		2	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
		3	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
10	zoea IV-megalopa	1	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
		2	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10 (2 มื้อแรก)
			ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน และ ไรแดง	5-6 และ 4-5
		3	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10 (2 มื้อแรก)
11	megalopa		ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน และ ไข่อุ่น	5-8 และ 2-5
		1	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน และ	5-10 และ 10-15
			ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	
		2	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน และ ไรแดง	5-10 และ 5-20
12-15	megalopa-young crab	3	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน และ ไข่อุ่น	5-10 และ 5-10
		1	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	20-30
		2	ไรแดง	20-30
16-19	young crab	3	ไข่อุ่น	20-30
		1	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	50-100
		2	ไรแดง	40-50
		3	ไข่อุ่น	30

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและไรแดง→ ไรแดง

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและไข่อุ่น→ ไข่อุ่น

การทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ด้วยการให้อาหารต่างชนิด โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาสด→เนื้อปลาสด

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่น้ำจืด→หอยแมลงภู่น้ำจืด

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูแต่ละระยะตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.00 และ 23.00 น.

ตารางที่ 7 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูมีระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลอง ในการทดลองครั้งที่ 2

วันที่ อนุบาล	ระยะลูกปู	ชุดการ ทดลอง	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร (กรัม/มื้อ)
9	zoea IV-megalopa	1	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
		2	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
		3	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10
10	megalopa	1	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10-20
		2	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10-20
		3	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	10-20
11	megalopa	1	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน และ อายุ 5-7 วัน	10 และ 10
		2	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน และเนื้อปลาสด	10 และ 10
		3	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน และหอยแมลงภู่น้ำจืด	10 และ 10
12-15	megalopa-young crab	1	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	20-40
		2	เนื้อปลาสด	10-20
		3	หอยแมลงภู่น้ำจืด	10-20
16-19	young crab	1	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	40-100
		2	เนื้อปลาสด	20-30
		3	หอยแมลงภู่น้ำจืด	20-30

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาสด→เนื้อปลาสด

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไรน้ำเค็ม→ ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่น้ำจืด→หอยแมลงภู่น้ำจืด

การอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ด้วยอาหารต่างชนิดในปริมาณและระยะที่กำหนดในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 เป็นการทดลองในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 ppt แล้วค่อยปรับลดลงให้อยู่ที่ 23 ppt เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa พร้อมใส่สาหร่ายเทียมถึงละ 35 เส้น ให้เป็นที่หลบซ่อน (วารินทร์และคณะ, 2547)

การเตรียมลูกพันธุ์ปูม้า

ลูกปูแรกฟักที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งเป็นลูกปูที่ฟักจากไข่จากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองตามวิธีของวารินทร์และคณะ (2545) ตับปิ้งไข่นอกกระดองจากโรงต้มและแกะเนื้อปูที่ดำบลบางแก้ว จังหวัดสมุทรสงครามมายังโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครก่อนการทดลอง 2 วัน ในกรณีที่ไข่ตับปิ้งไข่นอกกระดองเป็นแหล่งพันธุ์ ทำการแยกไข่นอกกระดองจากตับปิ้งโดยใช้มือลูเบาๆ ในกะละมังที่มีน้ำทะเล จากนั้นกรองสิ่งสกปรกและไข่นอกกระดองด้วยสวิงตาถี่ ล้างไข่นอกกระดองด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนำไข่นอกกระดองไปบ่มฟักในถังพลาสติกทรงสูงในปริมาณ 180 กรัมต่อน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 60 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรงในการทดลองแต่ละครั้งต้องเตรียมบ่มไข่ไว้ประมาณ 4-5 ถึง (รูปที่ 2) ไข่สีน้ำตาลเปลี่ยนสีเป็นสีดำก่อนฟัก

เป็นตัวหลังจากบ่มฟักไว้ 2 วัน โดยทั่วไปลูกปูที่ฟักในวันแรกมีปริมาณมากที่สุดจึงใช้ลูกปูแรกฟักเหล่านั้นในการทดลอง



รูปที่ 2 การบ่มฟักไขปูม้าในถังพลาสติกทรงสูงพร้อมให้อากาศ

การรวบรวมและการประเมินจำนวนลูกปูม้า

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ใช้ลูกปูที่ฟักออกจากไขในถังพลาสติกทรงสูง ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟัก หยดให้อากาศเพื่อให้ไข่ที่ยังไม่ฟักจมลงก้นถัง ส่วนลูกปูว่ายขึ้นมาอยู่บริเวณผิวน้ำ จากนั้นใช้กระบอกตักทั้งน้ำและลูกปูมาใส่ในกะละมังพลาสติก แล้วเติมน้ำทะเลลงไปในกะละมังให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร พร้อมให้อากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายทั่วๆ จากนั้นใช้บิกเกอร์สุ่มตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. 2 ครั้ง เพื่อนับจำนวน ค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกปูจากการนับ 2 ครั้ง ใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดจำนวนลูกปูในกะละมังจนกว่าลูกปูจากการนับจากบิกเกอร์ 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่หรือใกล้เคียง 450 ตัว ซึ่งจำนวนลูกปูในกะละมังมีประมาณ 90,000 ตัว ใช้ลูกปูในกะละมังนี้สำหรับเป็นตัวแทนความหนาแน่นให้กับการประเมินจำนวนลูกปูในกะละมังอื่นๆ การประเมินจำนวนลูกปูในแต่ละกะละมังเพื่อนำไปใส่ในถังทดลอง นอกจากเทียบความหนาแน่นกับลูกปูในกะละมังที่ประเมินจำนวนไว้แล้ว ยังสุ่มตักลูกปูด้วยบิกเกอร์ในปริมาตร 100 มล. 2 ครั้ง เพื่อนับจำนวน ค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกปูจากการนับ 2 ครั้ง ใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดจนกว่าลูกปูในแต่ละกะละมังมีประมาณ 90,000 ตัว จากนั้นนำลูกปูในกะละมังที่ประเมินจำนวนแล้วไปเทใส่ในถังทดลองที่มีน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt รองรับถังละ 2 กะละมัง เติมน้ำลงไปในถังทดลองให้ได้ปริมาตร 1.8 ลบ.ม. ลูกปูในแต่ละถังทดลองมีจำนวนประมาณ 180,000 ตัว หรือความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. ดำเนินการเช่นนี้จนครบทั้ง 9 ถัง ซึ่งใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง

สำหรับการทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ใช้ลูกปูที่เลี้ยงเตรียมไว้ต่างหาก โดยอนุบาลลูกปูแรกฟักในน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยปรับลดลงให้อยู่ที่ 27 ppt และ 25 ppt ในวันที่ 3 และ 6 ของการอนุบาลตามลำดับ การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูระยะ zoea IV ใช้กระบอกตักลูกปูพร้อมน้ำใส่ในกะละมังพลาสติกในปริมาณที่เทียบเคียงกับลูกปูจำนวน 2,000 ตัว ในกะละมังขนาดเดียวกันที่นับจำนวนไว้แล้ว จากนั้นนำไปใส่ในถังทดลองที่มีน้ำทะเลความเค็ม 25 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูในแต่ละถังทดลองมีจำนวน 27,000 ตัว หรือความหนาแน่น 15,000 ตัว/ลบ.ม. และในการทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูในแต่ละถังทดลองมีจำนวน 36,000 ตัว หรือความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม.

การเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอน

ระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลอง ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ในวันที่ 2, 4 และ 6 ของการอนุบาลในปริมาณ 20, 30 และ 30% ตามลำดับ และดูดตะกอนที่ก้นถึงในวันที่ 2, 5 และ 7 ของการอนุบาล โดยใช้ท่อ PVC ที่ปลายทำเป็นปากกลาม ส่วนการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอนกันถึงวันเว้นวันในปริมาณ 30-60%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าในการทดลองแต่ละครั้ง ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปู ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างยี่ห้อ Orion อุณหภูมิในถังและบ่อบำบัดโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ที่มีช่วงระหว่าง 0-100°ซ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) โดยใช้เครื่องวัดยี่ห้อ Oxy Guard รุ่น Handy Alpha ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตามวิธีของ APHA-AWWA-WPCF (1980)

การเก็บผลการทดลอง

การอนุบาลลูกปูจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยอาหารและวิธีการให้ต่างๆ ในการทดลองแต่ละครั้ง ใช้ระยะเวลา 7-8 วัน โดยในวันที่ 8 หรือ 9 ของการอนุบาล ทำการเก็บผลการทดลอง การประเมินจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละถังอนุบาล โดยใช้กระบอกตักลูกปูในถังนั้นๆ ใส่กะละมังพลาสติกในปริมาณที่เทียบเคียงกับจำนวนลูกปู 2,000 ตัว ในกะละมังขนาดเดียวกันที่นับจำนวนไว้แล้ว โดยใช้ลูกปูจากถังอนุบาลถึงใดถังหนึ่งในชุดการทดลองเดียวกัน ดำเนินการตักลูกปูและเทียบจำนวนจนกว่าลูกปูในถังอนุบาลนั้นๆ หมด แล้วนำจำนวนที่เทียบที่ตักลูกปูใส่กะละมังเทียบละ 2,000 ตัว มาคำนวณหาจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละถังอนุบาล ซึ่งนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ zoea IV ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ใช้ระยะเวลา 10 วัน นับจำนวนลูกปูที่เหลือรอดทุกตัวในแต่ละถังเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ young crab

การเก็บตัวอย่างลูกปูม้าเพื่อวัดขนาด

เมื่อสิ้นสุดการอนุบาลลูกปูม้าช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลอง เก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละชุดการทดลองจำนวน 50 ตัว เก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลิน (formalin) ความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย micrometer ความกว้างวัดจากส่วนหัวซึ่งกว้างที่สุด ส่วนความยาวของลูกปูวัดจากปลายข้างหนึ่งถึงปลายอีกข้างหนึ่งเมื่อใช้เข็มเย็บยึดลำตัวให้ตรง เมื่อสิ้นสุดการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละชุดการทดลองจำนวน 10 ตัว เพื่อวัดความกว้างและความยาวกระดอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบอัตราการรอดตายและขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองแต่ละครั้งโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV

ผลการทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV เป็นระยะเวลา 9 วัน ด้วยการให้อาหารมีชีวิต ได้แก่ *Chaetoceros* sp. โรติเฟอร์ และตัวอ่อนไรน้ำ เค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ระยะเวลาในการให้ไรน้ำเค็ม ปรากฏว่า ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มในแต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 31.15, 31.38 และ 20.99% ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มมีอัตราการรอดตาย 14.36, 10.93 และ 12.39% ส่วนอัตราการรอดตายของลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มอยู่ที่ 17.43, 18.68 และ 19.89% (ตารางที่ 8) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 27.84 ± 5.93 , 12.56 ± 1.72 และ $18.67 \pm 1.23\%$ ตามลำดับ อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มสูงกว่าของลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 และ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV (วันที่ 9 ของการอนุบาล) ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2, 4 และ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)	เชื่อกันถึง อนุบาล
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 2 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม				
1	183,000	57,000	31.15	+
2	188,000	59,000	31.38	-
3	181,000	38,000	20.99	+
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 4 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม				
1	181,000	26,000	14.36	+
2	183,000	20,000	10.93	+
3	181,600	22,500	12.39	+
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 6 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม				
1	183,600	32,000	17.43	+
2	182,000	34,000	18.68	+
3	186,000	37,000	19.89	+

ตารางที่ 9 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2, 4 และ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	20.99	31.38	27.84 ± 5.93^a
2	3	10.93	14.36	12.56 ± 1.72^b
3	3	17.43	19.89	18.67 ± 1.23^b

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

a, b : อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูแต่ละซ้าๆละ 10 ตัว ในแต่ละชุดการทดลองเก็บถนอมไว้ในฟอรัมาลินความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาดโดยวัดส่วนหัวซึ่งกว้างที่สุด ปรากฏว่า ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มในแต่ละซ้ามีความกว้างเฉลี่ยอยู่ที่ 1.023, 1.000 และ 0.948 มม. ส่วนที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็ม มีความกว้างเฉลี่ย 0.910, 0.978 และ 0.908 มม. และที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มมีความกว้างเฉลี่ย 0.893, 0.750 และ 0.803 มม. (ตารางที่ 10) ขนาดเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลอง (N=30) อยู่ที่ 0.990 ± 0.073 , 0.932 ± 0.076 และ 0.815 ± 0.130 มม. ตามลำดับ ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มีขนาดใหญ่กว่าในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 และลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 มีขนาดใหญ่กว่าในชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 ขนาดของลูกปูม้าอายุ 9 วัน (วัดส่วนหัวซึ่งกว้างที่สุด) ที่ให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2, 4 และ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	ขนาดของลูกปูจำนวน 10 ตัว										ขนาดเฉลี่ยของลูกปูแต่ละซ้ำ
	(มม.)										(มม.)
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 2 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม											
1	0.925	1.075	1.125	1.125	1.000	1.000	0.975	0.950	0.950	1.100	1.023
2	1.000	1.000	0.975	1.075	0.950	1.175	1.000	0.975	0.925	0.925	1.000
3	0.925	0.875	1.000	0.950	1.000	0.950	0.875	0.925	1.000	0.975	0.948
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 4 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม											
1	0.875	0.850	0.750	0.950	0.925	0.950	0.875	0.970	1.000	0.950	0.910
2	0.975	0.925	0.950	0.975	1.000	0.975	0.900	1.125	0.975	0.975	0.978
3	0.975	0.950	0.825	0.875	0.950	0.975	0.950	0.725	0.925	0.925	0.908
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 6 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม											
1	0.875	0.875	0.900	0.700	0.950	0.725	0.950	1.000	1.000	0.950	0.893
2	0.750	0.725	0.850	0.625	0.700	0.725	0.750	0.675	0.775	0.925	0.750
3	1.050	0.700	0.675	0.900	0.975	0.975	0.725	0.675	0.750	0.600	0.803

ตารางที่ 11 ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 9 วัน ที่ให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2, 4 และ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้า (N)	ความกว้างส่วนหัวน้อยสุด (มม.)	ความกว้างส่วนหัวมากที่สุด (มม.)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)
1	30	0.875	1.175	0.990 ± 0.073^a
2	30	0.725	1.125	0.932 ± 0.076^b
3	30	0.625	1.050	0.815 ± 0.130^c

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

a, b, c : ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังอนุบาลทั้ง 3 ถัง ของแต่ละชุดการทดลอง แล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด (ตารางที่ 12) คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูจากระยะ zoea I ถึง zoea IV เป็นระยะเวลา 9 วัน ในแต่ละชุดการทดลองใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น

ปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในบางช่วงในชุดการทดลองที่ 1 ที่สูงเกินมาตรฐานเล็กน้อยโดยอยู่ที่ 0.564 มก./ลิตร

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-28.0	28.0-30.5	8.2-8.5	117-125	0.009-0.135	0-0.564	5.9-6.8
2	27.0-28.0	28.0-30.5	8.2-8.5	117-120	0.018-0.120	0-0.277	6.7-6.9
3	27.0-28.0	28.0-30.0	8.3-8.5	116-122	0.017-0.135	0-0.309	5.7-6.7

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 4 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ผลการทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้อาหารมีชีวิตชนิดต่างๆเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ไม่ให้และให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิตเป็นระยะเวลา 8 วัน พบว่า ลูกปูที่ไม่ให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิตในแต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 60.35, 47.22 และ 50.38% ส่วนที่ให้น้ำหมักกามิ-อามิ 250 มล. 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เสริมอาหารมีชีวิตมีอัตราการรอดตาย 58.74, 47.46 และ 56.50% และทำให้ไข่แดงตัว 1.1-1.5 กรัม/มื่อ เสริมอาหารมีชีวิตมีอัตราการรอดตาย 52.03, 55.62 และ 59.82% (ตารางที่ 13) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 52.65 ± 6.86 , 54.23 ± 5.97 และ $55.82 \pm 3.90\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักกามิ-อามิ หรือไข่แดงตัวในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (เช้า)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
ไม่ให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิต			
1	180,600	109,000	60.35
2	183,200	86,500	47.22
3	182,600	92,000	50.38
ให้น้ำหมักกามิ-อามิ 250 มล. 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เสริมอาหารมีชีวิต			
1	183,000	107,500	58.74
2	181,200	86,000	47.46
3	183,200	103,500	56.50
ให้ไข่แดงตัว 1.1-1.5 กรัม/มื่อ วันละ 5 มื่อ เสริมอาหารมีชีวิต			
1	182,600	95,000	52.03
2	181,600	101,000	55.62

ตารางที่ 14 อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ไม่เสริมและเสริมด้วยน้ำหมักอามิ-อามิหรือไข่แดงต้มในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราอดตายต่ำสุด (%)	อัตราอดตายสูงสุด (%)	อัตราอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	47.22	60.35	52.65±6.86
2	3	47.46	58.74	54.23±5.97
3	3	52.03	59.82	55.82±3.90

ชุดการทดลองที่ 1 : ไม่ให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิต

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้น้ำหมักอามิ-อามิ 250 มล. 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เสริมอาหารมีชีวิต

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ไข่แดงต้ม 1.1-1.5 กรัม/มื่อ วันละ 5 มื่อ เสริมอาหารมีชีวิต

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ของแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 15 โดยภาพรวมอุณหภูมิของน้ำในถังอนุบาลในช่วงเช้าอยู่ในช่วง 27.5-28.5°ซ บ่ายในช่วง 29-30°ซ ความเป็นกรด-ด่าง (7.95-8.60) ความเป็นด่าง (113-126 มก./ลิตร) ปริมาณไนไตรท์ (0.004-0.098 มก./ลิตร) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (5.9-7.0 มก./ลิตร) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนปริมาณแอมโมเนียสูงสุดที่ตรวจพบอยู่ที่ 0.447 มก./ลิตร ในน้ำอนุบาลลูกปูที่ให้น้ำหมักอามิ-อามิเสริมอาหารมีชีวิต ซึ่งมากกว่าปริมาณแอมโมเนียสูงสุดในน้ำที่อนุบาลลูกปูโดยไม่ให้อาหารอื่นเสริมอาหารมีชีวิต (0.278 มก./ลิตร) และที่ให้ไข่แดงต้มเสริมอาหารมีชีวิต (0.274 มก./ลิตร) ประมาณ 1.6 เท่า

ตารางที่ 15 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.5-28.5	29-30	8.03-8.60	115-126	0.004-0.061	0-0.278	5.9-6.9
2	27.5-28.0	29-30	8.02-8.50	113-122	0.041-0.098	0-0.447	5.9-7.0
3	27.5-28.0	29-30	7.95-8.50	115-124	0.026-0.096	0-0.274	5.9-6.6

ชุดการทดลองที่ 1 : ไม่ให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิต

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้น้ำหมักอามิ-อามิ 250 มล. 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เสริมอาหารมีชีวิต

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ไข่แดงต้ม 1.1-1.5 กรัม/มื่อ วันละ 5 มื่อ เสริมอาหารมีชีวิต

ผลการทดลองครั้งที่ 3

การอนุบาลลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ถึง zoea IV เป็นระยะเวลา 7 วัน ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* sp. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* ในแต่ละถังมีอัตราอดตาย 37.10, 52.31 และ 47.30% ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* ในแต่ละถังมีอัตราอดตาย 38.25, 34.65 และ 40.44% ส่วนที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* ในแต่ละถังมีอัตราอดตาย 15.41, 22.16 และ 14.36% (ตารางที่ 16) อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 45.57±7.75, 37.78±2.92 และ 17.31±4.23% ตามลำดับ อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 และ

2 สูงกว่าในชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 2 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 อัตราการตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV (วันที่ 8 ของการอนุบาล) ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* sp. ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการตาย (%)
ให้ <i>Chaetoceros</i> และ โรติเฟอร์ 1 วันก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ <i>Chaetoceros</i>			
1	180,600	67,000	37.10
2	181,600	95,000	52.31
3	181,800	86,000	47.30
ให้ <i>Chaetoceros</i> และ โรติเฟอร์ 3 วันก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ <i>Chaetoceros</i>			
1	180,400	69,000	38.25
2	181,800	63,000	34.65
3	183,000	74,000	40.44
ให้ <i>Chaetoceros</i> และ โรติเฟอร์ 5 วันก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ <i>Chaetoceros</i>			
1	181,700	28,000	15.41
2	180,500	40,000	22.16
3	181,100	26,000	14.36

ตารางที่ 17 อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* sp. ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการตายต่ำสุด (%)	อัตราการตายสูงสุด (%)	อัตราการตายเฉลี่ย (%)
1	3	37.10	52.31	45.57±7.75 ^a
2	3	34.65	40.44	37.78±2.92 ^a
3	3	14.36	22.16	17.31±4.23 ^b

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

a, b : อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ขนาดของลูกปูอายุ 7 วัน จำนวน 10 ตัว จากแต่ละชุดการทดลองที่ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* ในการทดลองครั้งที่ 3 มีความกว้างส่วนหัวอยู่ในช่วง 0.725-1.050, 0.750-0.875 และ 0.550-0.750 มม. ความยาวของลูกปูอยู่ในช่วง 2.375-3.00, 2.375-2.750 และ 1.750-2.625 มม. (ตารางที่ 18) ลูกปูในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย 0.863 ± 0.099 , 0.820 ± 0.044 และ 0.665 ± 0.068 มม. และความยาวเฉลี่ย 2.700 ± 0.197 , 2.600 ± 0.129 และ 2.200 ± 0.334 มม. ตามลำดับ ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มีขนาด (ทั้งความกว้างและความยาวเฉลี่ย) ใหญ่กว่าลูกปูในชุดการ

ทดลองที่ 2 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ลูกปูทั้ง 2 ชุดการทดลองมีขนาดใหญ่กว่าในชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 ขนาดของลูกปูม้าอายุ 7 วัน ที่อนุบาลด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* sp. ในการทดลองครั้งที่ 3

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	1.050	0.875	0.600	3.000	2.750	2.000
2	0.875	0.825	0.550	2.750	2.500	1.875
3	0.925	0.825	0.750	2.875	2.500	2.500
4	0.725	0.875	0.700	2.750	2.625	1.875
5	0.925	0.750	0.725	2.875	2.750	2.125
6	0.875	0.750	0.625	2.375	2.500	2.500
7	0.875	0.850	0.725	2.500	2.750	2.125
8	0.875	0.825	0.625	2.500	2.625	1.750
9	0.750	0.825	0.625	2.625	2.375	2.625
10	0.750	0.800	0.725	2.750	2.625	2.625

T1 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

T2 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

T3 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ตารางที่ 19 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูอายุ 7 วัน ที่อนุบาลด้วยการให้ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* sp. ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
1	10	0.863±0.099 ^a	2.700±0.197 ^a
2	10	0.820±0.044 ^a	2.600±0.129 ^a
3	10	0.665±0.068 ^b	2.200±0.334 ^b

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

a, b : ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกัมนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปู (zoea I ถึง zoea IV) ในการทดลองครั้งที่ 3 โดยภาพรวมอุณหภูมิน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 26°ซ ในช่วงเช้า สูงสุดในช่วงบ่ายที่ 29.5°ซ ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.92-8.41 ความเป็นด่าง 124-137 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0-0.060 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.0-7.1 มก./ลิตร ส่วนปริมาณแอมโมเนียสูงสุดที่ตรวจพบอยู่ที่ 0.34 มก./ลิตร ในน้ำอนุบาลลูกปูในชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งมากกว่าปริมาณแอมโมเนียสูงสุดในน้ำอนุบาลลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 (0.095 มก./ลิตร) และชุดการทดลองที่ 2 (0.071 มก./ลิตร) (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-28.0	28.0-29.5	8.02-8.31	126-137	0.011-0.060	0.011-0.095	6.0-6.8
2	26.5-28.0	28.0-29.5	7.92-8.35	124-132	0-0.030	0-0.071	6.2-7.1

3	26.0-28.0	28.0-29.5	7.95-8.41	126-130	0.010-0.033	0-0.340	6.1-6.7
---	-----------	-----------	-----------	---------	-------------	---------	---------

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*
ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*
ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros*

ผลการทดลองครั้งที่ 4

การอนุบาลลูกปูจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chlorella* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มเป็นระยะเวลา 7 วัน ปรากฏว่า อัตรารอดตายของลูกปูในแต่ละถังที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มอยู่ที่ 56.71, 67.18 และ 80.76% ส่วนที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มมีอัตรารอดตาย 62.22, 66.33 และ 51.76% และที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มมีอัตรารอดตาย 49.20, 64.82 และ 47.17% (ตารางที่ 21) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 68.22 ± 12.06 , 60.10 ± 7.51 และ $53.73 \pm 9.66\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chlorella* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
ให้ <i>Chlorella</i> และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม			
1	180,400	102,300	56.71
2	180,100	121,000	67.18
3	180,400	145,700	80.76
ให้ <i>Chlorella</i> และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม			
1	180,000	112,000	62.22
2	180,900	120,000	66.33
3	181,600	94,000	51.76
ให้ <i>Chlorella</i> และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม			
1	180,900	89,000	49.20
2	180,500	117,000	64.82
3	180,200	85,000	47.17

ตารางที่ 22 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้ *Chlorella* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตรารอดตายต่ำสุด (%)	อัตรารอดตายสูงสุด (%)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	56.71	80.76	68.22 ± 12.06
2	3	51.76	66.33	60.10 ± 7.51
3	3	47.17	64.82	53.73 ± 9.66

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม
ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม
ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

การสุ่มตัวอย่างลูกปูจำนวน 10 ตัว จากตัวอย่างที่เก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลินของแต่ละชุดการทดลอง เพื่อวัดขนาด ปรากฏว่า ความกว้างส่วนหัวของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.875-1.250, 0.750-1.250 และ 0.625-1.00 มม. ความยาวของลูกปูในช่วง 2.500-3.125, 2.325-2.750 และ 2.000-2.750 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 23) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 1.055 ± 0.133 , 1.050 ± 0.140 และ 0.823 ± 0.123 มม. ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มากกว่าในชุดการทดลองที่ 2 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยมากกว่าในชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนความยาวเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 2.775 ± 0.165 , 2.600 ± 0.142 และ 2.445 ± 0.229 มม. ความยาวเฉลี่ยของลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มากกว่าในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 มีความยาวเฉลี่ยมากกว่าในชุดการทดลองที่ 3 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 ขนาดของลูกปูม้าอายุ 7 วัน (วันที่ 8 ของการอนุบาล) ที่อนุบาลด้วยการให้ *Chlorella* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 4

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	1.250	1.150	0.875	2.500	2.500	2.500
2	1.250	1.050	0.875	2.750	2.625	2.750
3	1.000	1.250	0.800	2.750	2.750	2.500
4	0.875	1.125	1.000	2.875	2.375	2.750
5	1.125	1.000	0.950	2.625	2.500	2.250
6	0.875	1.125	0.750	2.750	2.750	2.250
7	1.050	1.000	0.675	2.750	2.500	2.000
8	1.000	1.125	0.625	2.875	2.750	2.500
9	1.125	0.925	0.925	3.125	2.750	2.500
10	1.000	0.750	0.750	2.750	2.500	2.450

T1 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

T2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

T3 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ตารางที่ 24 ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูอายุ 7 วัน ที่อนุบาลด้วยการให้ *Chlorella* sp. และโรติเฟอร์ 1, 3 และ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
1	10	1.055 ± 0.133^a	2.775 ± 0.165^a
2	10	1.050 ± 0.140^a	2.600 ± 0.142^b
3	10	0.823 ± 0.123^b	2.445 ± 0.229^b

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

a, b : ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกัณมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 25 โดยภาพรวมอุณหภูมิในน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วงเช้าที่ 25°C และสูงสุดในช่วงบ่ายที่ 29°C ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.90-8.58 ความเป็นด่างในช่วง 90-139 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจนในช่วง 0.366-1.061 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0-2.627 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วง 6.0-6.8 มก./ลิตร

ตารางที่ 25 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	25.0-27.5	27.0-28.5	7.90-8.56	101-139	0.710-1.057	0.278-2.627	6.0-6.5
2	25.0-27.0	27.0-29.0	7.90-8.58	101-139	0.629-1.057	0.060-2.570	6.1-6.8
3	25.0-27.0	27.0-29.0	7.90-8.55	90-137	0.366-1.061	0-2.530	6.0-6.4

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ผลการทดลองครั้งที่ 5

การอนุบาลลูกปูจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้โรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ให้และไม่ให้แพลงก์ตอนพืชเป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตรารอดตายของลูกปูในแต่ละถังที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มอยู่ที่ 57.62, 60.59 และ 65.82% ส่วนที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มมีอัตรารอดตาย 75.00, 78.33 และ 76.62% และที่ไม่ให้แพลงก์ตอนพืชแต่ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับไรน้ำเค็มมีอัตรารอดตาย 73.77, 49.20 และ 51.27% (ตารางที่ 26) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 61.34 ± 4.15 , 76.65 ± 1.67 และ $58.08 \pm 13.62\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 26 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้โรติเฟอร์ และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ให้ *Chaetoceros* sp. หรือ *Chlorella* sp. และไม่ให้แพลงก์ตอนพืชในการทดลองครั้งที่ 5

ชุดการทดลอง (เช้า)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
ให้ <i>Chaetoceros</i> และโรติเฟอร์ 1 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม			
1	180,500	104,000	57.62
2	179,900	109,000	60.59
3	180,800	119,000	65.82
ให้ <i>Chlorella</i> และโรติเฟอร์ 1 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม			
1	180,000	135,000	75.00
2	180,000	141,000	78.33
3	180,100	138,000	76.62
ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ให้โรติเฟอร์ 1 วันก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม			
1	180,300	133,000	73.77
2	180,900	89,000	49.20
3	180,400	92,500	51.27

ตารางที่ 27 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยการให้โรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ให้และไม่ให้แพลงก์ตอนพืชในการทดลองครั้งที่ 5

ชุดการทดลอง	จำนวนเช้า (N)	อัตรารอดตายต่ำสุด (%)	อัตรารอดตายสูงสุด (%)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
-------------	---------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

1	3	57.62	65.82	61.34±4.15
2	3	75.00	78.33	76.65±1.67
3	3	49.20	73.77	58.08±13.62

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ขนาดของลูกปูอายุ 8 วัน ที่สุ่มวัดจากตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่าง ของแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 27 ความกว้างส่วนหัวของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.875-1.375, 1.125-1.375 และ 0.875-1.325 มม. ความยาวของลูกปูในช่วง 2.750-3.250, 2.750-3.375 และ 2.750-3.250 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 28) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยอยู่ที่ 1.210 ± 0.142 , 1.260 ± 0.083 และ 1.153 ± 0.147 มม. ความยาวเฉลี่ยของลูกปูอยู่ที่ 2.978 ± 0.185 , 3.080 ± 0.199 และ 2.888 ± 0.161 มม. ทั้งความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 28 ขนาดของลูกปูม้าอายุ 8 วัน (วันที่ 9 ของการอนุบาล) ที่ให้โรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ไม่ให้และไม่ให้แพลงก์ตอนพืชในการทดลองครั้งที่ 5

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	1.375	1.250	1.250	2.825	2.875	3.000
2	1.375	1.250	1.000	2.950	3.000	2.875
3	1.175	1.375	0.875	3.250	3.125	2.750
4	1.225	1.325	1.125	2.750	3.375	2.750
5	1.250	1.250	1.250	3.000	3.175	2.875
6	1.250	1.375	1.250	3.250	3.375	3.250
7	0.875	1.250	1.325	3.000	3.125	2.750
8	1.125	1.250	1.250	3.125	3.000	2.875
9	1.200	1.125	1.200	2.750	3.000	2.750
10	1.250	1.150	1.000	2.875	2.750	3.000

T1 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

T2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

T3 : ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ตารางที่ 29 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่ให้โรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ไม่ให้และไม่ให้แพลงก์ตอนพืชในการทดลองครั้งที่ 5

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
1	10	1.210 ± 0.142	2.978 ± 0.185
2	10	1.260 ± 0.083	3.080 ± 0.199
3	10	1.153 ± 0.147	2.888 ± 0.161

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูของแต่ละชุดการทดลองดังแสดงในตารางที่ 30 อุณหภูมิ น้ำ และ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปูทั้ง 3 ชุดการทดลองใกล้เคียงกัน แต่มีข้อสังเกต น้ำในถัง อนุบาลลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 มีความเป็นกรด-ด่าง (7.52-8.32) และความเป็นด่าง (95-109 มก./ลิตร) น้อยกว่า แต่มีปริมาณไนโตรเจน (0.940-1.012 มก./ลิตร) และปริมาณแอมโมเนีย (0.126-1.760 มก./ลิตร) มากกว่าน้ำอนุบาลลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 และ 3

ตารางที่ 30 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองในการทดลองครั้งที่ 5

ชุดการ ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-28.8	28.0-29.0	7.61-8.40	101-123	0.017-0.096	0-0.652	6.1-6.4
2	26.5-28.5	27.9-29.3	7.52-8.32	95-109	0.940-1.012	0.126-1.760	6.2-6.7
3	26.5-28.0	27.8-29.0	7.54-8.32	95-120	0-0.069	0-0.533	6.0-6.5

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ *Chaetoceros* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ *Chlorella* และ โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 3 : ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม

ลูกปูมีช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab

ผลการทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab เป็นระยะเวลา 10 วัน ด้วยการให้อาหารต่างกัน 3 ชนิด ปรากฏว่า ลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มในแต่ละถังมีอัตราการตาย 39.61, 36.00 และ 48.54% ลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็ม แล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดงมีอัตราการตาย 27.04, 18.98 และ 18.24% ส่วนลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่ม้วนมีอัตราการตาย 35.59, 27.85 และ 36.22% (ตารางที่ 31) อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 41.38 ± 6.45 , 21.42 ± 4.88 และ $33.22 \pm 4.66\%$ ตามลำดับ ลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มมีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่ม้วนอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 แบบนี้สูงกว่าที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 31 อัตราการตายของลูกปูมีที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (เช้า)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการตาย (%)
ให้ไรน้ำเค็ม			
1	27,000	10,695	39.61
2	27,000	9,721	36.00
3	27,000	13,105	48.54
ให้ไรน้ำเค็ม → ไรน้ำเค็มและไรแดง → ไรแดง			
1	27,000	7,300	27.04
2	27,000	5,125	18.98
3	27,000	4,925	18.24

ให้โรน้ำเค็ม→โรน้ำเค็มและไข่น้ำ→ไข่น้ำ

1	27,000	9,610	35.59
2	27,000	7,520	27.85
3	27,000	9,782	36.22

ตารางที่ 32 อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิด ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราอดตายต่ำสุด (%)	อัตราอดตายสูงสุด (%)	อัตราอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	36.00	48.54	41.38±6.45 ^a
2	3	18.24	27.04	21.42±4.88 ^b
3	3	27.85	36.22	33.22±4.66 ^a

ชุดการทดลองที่ 1 ให้โรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้โรน้ำเค็ม→โรน้ำเค็มและไรแดง→ไรแดง

ชุดการทดลองที่ 3 ให้โรน้ำเค็ม→โรน้ำเค็มและไข่น้ำ→ไข่น้ำ

a, b : อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 19 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว เพื่อวัดขนาด พบว่า ความกว้างกระดองของลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็ม ที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดง และที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่น้ำอยู่ในช่วง 3.500-4.250, 2.600-3.875 และ 3.750-4.250 มม. ส่วนความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.500-3.125, 2.350-2.750 และ 2.750-3.250 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 33) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 3.978 ± 0.267 , 3.335 ± 0.438 และ 3.913 ± 0.167 มม. ความยาวกระดองเฉลี่ยอยู่ที่ 2.675 ± 0.138 , 2.495 ± 0.155 , 3.013 ± 0.246 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 34) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มและที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่น้ำมากกว่าที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดง และความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่น้ำมากกว่า ที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มและที่เลี้ยงด้วยโรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 33 ขนาดของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 1

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	3.500	3.750	3.750	2.500	2.450	2.875
2	4.250	3.500	4.000	2.750	2.450	3.125
3	4.250	3.750	4.000	2.000	2.750	3.250
4	4.000	2.600	3.750	3.000	2.500	2.500
5	3.875	3.625	4.000	2.500	2.500	3.250

6	4.125	3.000	4.000	3.125	2.350	3.000
7	3.675	2.875	3.875	2.500	2.450	3.000
8	4.100	3.875	4.250	2.750	2.750	3.250
9	4.250	3.375	3.750	2.875	2.500	3.125
10	3.750	3.000	3.750	2.750	2.250	2.750

T1 : ให้โรนน้ำเค็ม

T2 : ให้โรนน้ำเค็ม→โรนน้ำเค็มและไรแดง→ไรแดง

T3 : ให้โรนน้ำเค็ม→โรนน้ำเค็มและไข่มุน→ไข่มุน

ตารางที่ 34 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
1	10	3.978±0.267 ^a	2.675±0.318 ^b
2	10	3.335±0.438 ^b	2.495±0.155 ^b
3	10	3.913±0.167 ^a	3.013±0.246 ^a

ชุดการทดลองที่ 1 ให้โรนน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้โรนน้ำเค็ม→โรนน้ำเค็มและไรแดง→ไรแดง

ชุดการทดลองที่ 3 ให้โรนน้ำเค็ม→โรนน้ำเค็มและไข่มุน→ไข่มุน

a, b : ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 35 อุณหภูมิน้ำช่วงเช้าอยู่ในช่วง 22.2-27.0°ซ และช่วงบ่ายอยู่ในช่วง 23.0-28.6°ซ ความเป็นกรดด่าง 8.2-8.5 ความเป็นด่าง 159-220 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์ 0.015-0.441 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.031-1.342 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.4-7.4 มก./ลิตร

ตารางที่ 35 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	22.0-27.0	23.2-28.2	8.20-8.50	165-219	0.015-0.159	0.052-1.342	6.6-7.4
2	22.2-27.0	23.1-28.5	8.20-8.50	159-220	0.019-0.104	0.032-1.066	6.5-7.3
3	22.2-27.0	23.0-28.6	8.20-8.50	174-212	0.039-0.441	0.031-0.880	6.4-7.2

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้โรนน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้โรนน้ำเค็ม→โรนน้ำเค็มและไรแดง→ไรแดง

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้โรนน้ำเค็ม→โรนน้ำเค็มและไข่มุน→ไข่มุน

ผลการทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab เป็นระยะเวลา 10 วัน ด้วยการให้อาหารต่างกัน 3 ชนิด ปรากฏว่า ลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรนน้ำเค็มในแต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 29.46, 25.83 และ 29.60% ลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรนน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาบดมีอัตราการรอดตาย 24.93, 19.48 และ 16.65% ลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรนน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นหอยแมลงภู่มีอัตราการรอดตาย 16.66, 18.10 และ 14.76% (ตารางที่ 36) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 28.29±2.14, 20.35±4.21 และ 16.51±1.67% ตามลำดับ ลูกปูที่เลี้ยงด้วยโรนน้ำเค็มมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยโรนน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาบดหรือหอยแมลงภู่

อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาบด และหอยแมลงภู่สับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 37)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูเมื่อสิ้นสุดการทดลองชุดการทดลองละ 10 ตัว เพื่อวัดขนาด ปรากฏว่า ลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็ม ที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาบด และที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นหอยแมลงภู่สับมีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 4.125-5.250, 4.350-5.000 และ 3.850-4.625 มม. ความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.250-3.250, 2.550-3.500 และ 2.225-2.800 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 38) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 4.673 ± 0.370 , 4.635 ± 0.217 , 4.255 ± 0.264 มม. ความยาวกระดองเฉลี่ยอยู่ที่ 2.888 ± 0.287 , 3.043 ± 0.293 และ 2.558 ± 0.198 มม. ตามลำดับ ทั้งความกว้างและความยาวเฉลี่ยของลูกปูที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มและที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาบดมากกว่าที่เลี้ยงด้วยไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นหอยแมลงภู่สับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 36 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
ให้ไรน้ำเค็ม			
1	36,000	10,605	29.46
2	36,000	9,297	25.83
3	36,000	10,655	29.60
ให้ไรน้ำเค็ม → ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาบด → เนื้อปลาบด			
1	36,000	8,975	24.93
2	36,000	7,012	19.48
3	36,000	5,994	16.65
ให้ไรน้ำเค็ม → ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่สับ → หอยแมลงภู่สับ			
1	36,000	5,997	16.66
2	36,000	6,516	18.10
3	36,000	5,314	14.76

ตารางที่ 37 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตรารอดตายต่ำสุด (%)	อัตรารอดตายสูงสุด (%)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	25.83	29.60	28.29 ± 2.14^a
2	3	16.65	24.93	20.35 ± 4.21^b
3	3	14.76	18.10	16.51 ± 1.67^b

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ไรน้ำเค็ม → ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาบด → เนื้อปลาบด

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไรน้ำเค็ม → ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่สับ → หอยแมลงภู่สับ

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 38 ขนาดของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 2

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3

1	5.250	5.000	4.300	3.250	2.750	2.625
2	4.300	4.375	4.150	2.875	3.000	2.225
3	4.900	4.600	4.500	3.000	2.550	2.650
4	4.125	4.775	4.625	2.250	3.200	2.625
5	4.500	4.550	4.250	2.850	3.500	2.500
6	4.325	4.750	4.550	2.725	3.250	2.450
7	4.950	4.650	4.350	2.750	2.875	2.750
8	4.500	4.425	3.850	2.875	3.050	2.800
9	5.000	4.875	3.900	3.200	3.375	2.700
10	4.875	4.350	4.075	3.100	2.875	2.250

T1 : ให้ไรน้ำเค็ม

T2 : ให้ไรน้ำเค็ม→ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาบด→เนื้อปลาบด

T3 : ให้ไรน้ำเค็ม→ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่น้ำจืด→หอยแมลงภู่น้ำจืด

ตารางที่ 39 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิด ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
1	10	4.673±0.370 ^a	2.888±0.287 ^a
2	10	4.635±0.217 ^a	3.043±0.293 ^a
3	10	4.255±0.264 ^b	2.558±0.198 ^b

ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้ไรน้ำเค็ม→ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาบด→เนื้อปลาบด

ชุดการทดลองที่ 3 ให้ไรน้ำเค็ม→ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่น้ำจืด→หอยแมลงภู่น้ำจืด

a, b : ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวม อุณหภูมิในช่วงเช้าอยู่ในช่วง 27.7-29.0°C และช่วงบ่าย 28.5-30.5°C ความเป็นด่าง 145-217 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0-0.181 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0-2.439 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5.7-6.9 มก./ลิตร (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้อาหารต่างชนิดในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
1	27.7-29.0	28.5-30.5	145-210	0-0.181	0.02-2.233	6.2-6.8
2	27.7-29.0	28.5-30.5	181-217	0-0.054	0-2.439	5.7-6.8
3	27.7-29.0	28.5-30.5	167-217	0-0.083	0-1.962	6.1-6.9

ชุดการทดลองที่ 1 : ให้ไรน้ำเค็ม

ชุดการทดลองที่ 2 : ให้ไรน้ำเค็ม→ไรน้ำเค็มและเนื้อปลาบด→เนื้อปลาบด

ชุดการทดลองที่ 3 : ให้ไรน้ำเค็ม→ไรน้ำเค็มและหอยแมลงภู่น้ำจืด→หอยแมลงภู่น้ำจืด

วิจารณ์ผล

โรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) และไรน้ำเค็ม (*Artemia* spp.) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อวงการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำโดยโรติเฟอร์เป็นอาหารแรกเริ่มของสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิด

โดยเฉพาะสัตว์ทะเล (สุพิศและนิวัติ, 2526; ธิดาและคณะ, 2531; Lubzens *et al.*, 1989) เนื่องจากมีขนาดเล็กประมาณ 200 ไมครอน และคุณค่าทางโภชนาการสูง หลังจากนั้นจึงค่อยปรับเปลี่ยนเป็นตัวอ่อนไรน้ำเค็มซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 500 ไมครอน (ธิดา, 2542) การปรับเปลี่ยนอาหารจากโรติเฟอร์ไปเป็นตัวอ่อนไรน้ำเค็มเมื่อระยะเวลาใดขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ การอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็มเป็นอาหารหลักเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ในการทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 4 หรือ 6 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม อัตราการรอดตายของลูกปูในการทดลองครั้งนี้ต่ำมาก เนื่องจากเกิดการติดเชื้อรา ผลการทดลองจึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นว่าลูกปูสามารถกินตัวอ่อนไรน้ำเค็มได้ตั้งแต่วัย zoea I การทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่ให้น้ำหมักกามิ-อามิหรือไข่แดงต้มเสริมอาหารมีชีวิต (*Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 2 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย (54.23 ± 5.97 และ $55.82 \pm 3.90\%$) สูงกว่าที่ไม่ให้อาหารชนิดอื่นเสริมอาหารมีชีวิต ($52.62 \pm 6.85\%$) เพียงเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ที่แบคทีเรียในน้ำหมักกามิ-อามิหรือไข่แดงต้มผ่านผ้ากรองขนาดตา 69 ไมครอน มีขนาดเล็กเกินไปไม่เหมาะสมกับพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปู ข้อเสนอพื้นฐานนี้ยืนยันด้วยผลการทดลองครั้งที่ 3 และ 4 ลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* และลูกปูที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม ตามลำดับ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 3 หรือ 5 วัน ก่อนให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็มและ *Chaetoceros* และที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 3 หรือ 5 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม ถึงแม้ในบางกรณีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าหรือขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบประเด็นที่น่าสนใจมาก กล่าวคือ ตัวอ่อนไรน้ำเค็มมีขนาดประมาณ 500 ไมครอน ซึ่งเป็นขนาดที่ใหญ่กว่าปากของลูกปูระยะ zoea I ลูกปูไม่น่ากินตัวอ่อนไรน้ำเค็มได้ แต่จากการสังเกตพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปูระยะดังกล่าว ลูกปูใช้หางเกี่ยวตัวอ่อนไรน้ำเค็มมาจ่อที่ปากและแทะกิน ขนาดของอาหารจึงต้องใหญ่พอที่ลูกปูสามารถเกี่ยวได้ง่าย นอกจากระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ตัวอ่อนไรน้ำเค็ม แพลงก์ตอนพืช *Chaetoceros* หรือ *Chlorella* ที่ใส่ในถังอนุบาลมีส่วนช่วยให้ลูกปูมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงขึ้นและขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น แต่ไม่ถึงกับแตกต่างกันทางสถิติกับที่ไม่ให้แพลงก์ตอนพืช ดังปรากฏผลในการทดลองที่ 5 ลูกปูที่ให้ *Chlorella* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ($76.65 \pm 1.67\%$) สูงกว่าและขนาดใหญ่กว่าที่ให้ *Chaetoceros* และโรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็ม และลูกปูที่ให้ *Chaetoceros* หรือ *Chlorella* ร่วมกับแพลงก์ตอนพืชดังกล่าว มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดใหญ่กว่าที่ให้โรติเฟอร์ 1 วัน ก่อนให้ร่วมกับตัวอ่อนไรน้ำเค็มโดยไม่ให้แพลงก์ตอนพืชอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามจากการสังเกต ลูกปูน่าจะกินแพลงก์ตอนพืชในช่วงระยะแรกและในปริมาณน้อย เนื่องจากสีของน้ำตามชนิดของแพลงก์ตอนไม่จางลง แต่กลับมีสีเข้มเนื่องจากการเพิ่มจำนวนของ *Chaetoceros* หรือ *Chlorella* ในระยะเวลาต่อมา แพลงก์ตอนพืชในถังอนุบาลลูกปูน่าจะให้ประโยชน์ทางอ้อมโดยเป็นอาหารของโรติเฟอร์และตัวอ่อนไรน้ำเค็ม ตลอดจนช่วยพรางแสง การใส่

แพลงก์ตอนพืชในถังอนุบาลลูกปูอาจมีปัญหาถ้าหากไม่สามารถควบคุมแพลงก์ตอนพืชให้คงอยู่ตลอด เนื่องจากเมื่อแพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนเต็มที่แล้วตาย ซากแพลงก์ตอนจมลงเป็นตะกอนอยู่ตามก้นถังถึงเป็นเหตุให้เชื้อราเกิดได้ง่าย

การอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยอาหารชนิดต่างๆ ในปริมาณและระยะเวลาที่กำหนด ในการทดลองครั้งที่ 1-5 เป็นการทดลองในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 ppt การศึกษาอาหารที่เหมาะสมสำหรับลูกปูช่วงต่อมาจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยทำการทดลองในน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt เช่นเดียวกับที่ทดลองกับลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV จากการทดลองหลายครั้ง เมื่ออนุบาลลูกปูถึงระยะ young crab มีอัตราการตายต่ำมาก (ประมาณ 1-2%) ช่วงที่มีการตายมากเริ่มตั้งแต่เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa สังเกตได้จากการที่ลูกปูมีอาการอ่อนเพลีย โดยส่วนใหญ่กองอยู่ตามก้นบ่อ/ถังและทยอยตายไปเรื่อยๆ ด้วยสาเหตุดังกล่าว จึงได้หยุดการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับอาหารกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab เป็นการชั่วคราว จากนั้นจึงได้ศึกษาปัจจัยความเค็มของน้ำที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูแต่ละระยะ จนพบว่า การอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยอนุบาลในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 27 และ 25 ppt ในวันที่ 4 และ 6 ของการอนุบาลมีอัตราการตายสูงสุด ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab ในน้ำความเค็มเริ่มต้นที่ 25 ppt แล้วค่อยปรับลดลงให้อยู่ที่ 23 ppt ให้ผลดีที่สุด ดังนั้น ในการกลับมาทดลองปัจจัยอาหารกับลูกปูช่วง zoea IV ถึง young crab อีกครั้ง จึงใช้ลูกปูที่เตรียมไว้ล่วงหน้าโดยมีการปรับลดความเค็มของน้ำเป็นระยะๆ จนน้ำที่อนุบาลลูกปูมีความเค็ม 25 ppt ที่ระยะ zoea IV แล้วค่อยปรับลดลงให้อยู่ที่ 23 ppt เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa

สำหรับการศึกษาอาหารที่เหมาะสมกับลูกปูช่วง zoea IV ถึง young crab ปรากฏว่า ในการทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่ให้ไรน้ำเค็มมีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดโดยความกว้างกระดองเฉลี่ยมากกว่าที่ให้ไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไข่ตุ๋นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 2 แบบ มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดโดยความกว้างกระดองเฉลี่ยมากกว่าที่ให้ไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นไรแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่ให้ไรน้ำเค็มมีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าที่ให้ไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาสดหรือหอยแมลงภู่สับอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ลูกปูที่ให้ไรน้ำเค็มและที่ให้ไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นเนื้อปลาสดมีขนาด (ทั้งความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ย) ใหญ่กว่าที่ให้ไรน้ำเค็มแล้วค่อยเปลี่ยนเป็นหอยแมลงภู่สับอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง แสดงให้เห็นว่า ไข่ตุ๋นมีความเหมาะสมในการใช้ทดแทนไรน้ำเค็มมากกว่าไรแดง เนื้อปลาสด และหอยแมลงภู่สับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไข่ตุ๋นมีความอ่อนนุ่ม ลูกปูสามารถแทะกินได้ง่าย

คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลองส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นบางช่วงเวลาที่ปริมาณไนโตรเจนในน้ำระหว่างการทดลองครั้งที่ 1, 4 และ 5 เกินกว่า 0.1 มก./ลิตร ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำในกรณีที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำ (คณิตและคณะ, 2537) และปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่อนุบาลลูกปูในบางช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 1, 4 และ 5 เกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) สำหรับ parameter ของน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ระหว่างการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง

young crab ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน ยกเว้นอุณหภูมิของน้ำในถังอนุบาลของการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งค่อนข้างต่ำ ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่อนุบาลลูกปูสูงเกินมาตรฐานในบางช่วงเวลา สืบเนื่องจากการเน่าเสียของลูกปูที่ตายและเศษอาหารตามก้นถัง ทั้งอุณหภูมิของน้ำที่ค่อนข้างต่ำและปริมาณไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนียที่เกินมาตรฐานที่กำหนดอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของลูกปูไม่มากนักน้อย อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนียที่สูงเกินมาตรฐานเกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ เนื่องจากมีการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอ

ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความเค็มของน้ำที่ระดับต่างๆต่ออัตราการตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า ตั้งแต่ระยะ zoea I ถึงระยะ young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ที่อนุบาลในถังไฟเบอร์หรือบ่อคอนกรีต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการตายของลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ที่อนุบาลในน้ำความเค็มต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab ที่อนุบาลในน้ำความเค็มต่างกัน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำความเค็มต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองความเค็มของน้ำในการอนุบาลลูกปูม้าแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab และวางแผนการทดลองแต่ละครั้งในแต่ละช่วงของลูกปูแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design)

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ดำเนินการ 3 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 35 ppt

การทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วค่อยปรับลดความเค็มของน้ำลงมาอยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในวันที่ 4, 6 และ 8 ของการอนุบาล แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

การทดลองครั้งที่ 3

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วค่อยปรับลดความเค็มของน้ำลงมาอยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และปรับลดลงมาอยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt สำหรับชุดการทดลองที่ 2 ในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาล แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→24→20 ppt

การทดลองกับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ดำเนินการ 4 ครั้ง

การทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มต่างกันโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27 ppt

การทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้นที่ 27, 25 และ 23 ppt แล้วค่อยปรับลงมาให้อยู่ที่ 25, 23 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการอนุบาลนับต่อเนื่องจากช่วงแรก ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ลูกปูทยอยเข้าระยะ megalopa แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27→25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

การทดลองครั้งที่ 3

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 23 ppt และคงความเค็มไว้ที่ 23 ppt ค่อยปรับลดความเค็มให้อยู่ที่ 20 ppt และค่อยปรับความเค็มลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ การปรับลดความเค็มให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ดำเนินการในวันที่ 10 และ 12 ของการอนุบาลนับต่อเนื่องจากช่วงแรก

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำที่คงความเค็มไว้ที่ 23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20→17 ppt

การทดลองครั้งที่ 4

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้นที่ 20 ppt แล้วค่อยปรับลดลงให้อยู่ที่ 17 ppt ในวันที่ 11 ของการอนุบาล สำหรับชุดการทดลองที่ 1 ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 17 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 14 ppt ในวันที่ 11 ของการอนุบาล สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 17 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 14 และ 11 ppt ในวันที่ 11 และ 13 ของการอนุบาลนับต่อเนื่องจากช่วงแรก สำหรับชุดการทดลองที่ 3 แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 20→17 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14→11 ppt

การทดลองทั้ง 4 ครั้ง เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa เกือบหมดใส่สาหร่ายเทียมให้เป็นที่หลบซ่อน
ถึงละ 35 เส้น (วารินทร์และคณะ, 2547)

การเตรียมลูกพันธุ์ปูม้า

ลูกปูแรกฟักที่ใช้ในการทดลองเป็นลูกปูที่ฟักจากไข่จากตับบึงปูไข่นอกกระดองตามวิธีของวารินทร์และคณะ (2545) ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยกเว้นการเตรียมลูกพันธุ์สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่บ่มฟักไข่น้ำในแต่ละถังที่น้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองแต่ละครั้งต้องเตรียมบ่มฟักไข่น้ำไว้ประมาณ 4-5 ถัง ไข่สีน้ำตาลเปลี่ยนสีเป็นสีคาก่อนฟักเป็นตัวหลังจากบ่มฟักไว้ 2 วัน โดยทั่วไปลูกปูที่ฟักในวันแรกมีปริมาณมากที่สุดจึงใช้ลูกปูแรกฟักเหล่านั้นในการทดลอง

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูม้า

สำหรับลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูแรกฟัก ก่อนการรวบรวมหุ้ดให้อากาศเพื่อให้ไข่ที่ยังไม่ฟักจมลงก้นถัง ส่วนลูกปูวัยน้ำจืดมาอยู่บริเวณผิวน้ำ จากนั้นใช้กระบอกตักทั้งน้ำและลูกปูใส่กะละมังพลาสติก เติมน้ำทะเลลงไปในกะละมังให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร พร้อมให้อากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายอย่างทั่วถึง จากนั้นใช้บิกเกอร์ตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. 2 ครั้ง เพื่อบันทึกจำนวนค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกปูจากการนับ 2 ครั้ง ใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดจำนวนลูกปูในกะละมัง จนกว่าลูกปูจากการนับจากบิกเกอร์ 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่หรือใกล้เคียง 500 หรือ 450 ตัว ซึ่งลูกปูในกะละมังมีจำนวนประมาณ 100,000 หรือ 90,000 ตัว ตามลำดับ จากนั้นนำลูกปูในแต่ละกะละมังที่ประเมินจำนวนแล้วไปใส่ในถังทดลอง 1 หรือ 2 กะละมัง แล้วแต่ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ใช้ปริมาตรน้ำ 1 ลบ.ม./ถัง และลูกปูในแต่ละถังมีจำนวน 100,000 ตัว (จากกะละมังที่ประเมินลูกปูไว้ 100,000 ตัว 1 กะละมัง) ในการทดลองครั้งที่ 3 ใช้ปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม./ถัง และลูกปูในแต่ละถังมีจำนวน 180,000 ตัว (จากกะละมังที่ประเมินลูกปูไว้ 90,000 ตัว 2 กะละมัง) หรือความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม.

สำหรับลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูระยะ zoea IV ใช้กระบอกตักลูกปูพร้อมน้ำใส่กะละมังพลาสติกในปริมาณที่เทียบเท่ากับลูกปูจำนวน 2,000 ตัว ในกะละมังขนาดเดียวกันที่นับจำนวนไว้แล้ว จากนั้นนำไปใส่ในถังแต่ละบ่อหรือถังทดลองตามความหนาแน่นที่ต้องการในการทดลองแต่ละครั้ง

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้า

ชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิตที่ให้ลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้าตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร
สำหรับการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I-zoea IV			
1	zoea I	โรติเฟอร์	3-4 ตัว/มล.
		<i>Chaetoceros</i> sp.	10^4 - 10^5 เซลล์/มล.
2-4	zoea I-II	โรติเฟอร์	2-3 ตัว/มล.
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.25-0.5 ตัว/มล.
		<i>Chaetoceros</i> sp.	10^4 - 10^5 เซลล์/มล.
5-8	zoea II-zoea IV	โรติเฟอร์	2-3 ตัว/มล.

ไรน้ำเค็มแรกฟัก			0.5-1.0 ตัว/มล.
สำหรับการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV-young crab			
9-10	zoea IV-megalopa	ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.3-0.9 ตัว/มล.
11-14	megalopa-young crab	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	0.02-0.12 ตัว/มล.
15-19	young crab	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	0.03-0.18 ตัว/มล.

การดูแลก่อนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าในแต่ละการทดลอง ทำการดูแลก่อนที่พื้นก้นบ่อโดยใช้ท่อ PVC ที่ปลายทำเป็นปากฉลามและเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวันในปริมาณ 20-30%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างการอนุบาลลูกปูในการทดลองแต่ละครั้ง ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละถึงทดลอง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนีย (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) และความเป็นด่าง (alkalinity) ด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การเก็บผลการทดลอง

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ใช้ระยะเวลา 8 วัน และเก็บผลการทดลองในวันที่ 9 ของการอนุบาล สุ่มนับจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละถึง นำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ zoea IV ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ใช้ระยะเวลา 10 วัน ต่อจากช่วงแรก เก็บผลการทดลองในวันที่ 19 ของการอนุบาล นับจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละบ่อหรือถึงเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ young crab

การสุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูม้าเพื่อวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก

เมื่อสิ้นสุดการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละชุดการทดลองประมาณ 50 ตัว เก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลินความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย micrometer ความกว้างวัดจากส่วนหัวซึ่งกว้างที่สุด ส่วนความยาวของลูกปูวัดจากปลายข้างหนึ่งถึงปลายอีกข้างหนึ่งเมื่อใช้เข็มเย็บยึดลำตัวให้ตรง ส่วนลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab เมื่อสิ้นสุดการทดลองครั้งที่ 3 สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละชุดการทดลองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนัก ตลอดจนวัดความกว้างและความยาวกระดอง การทดลองครั้งที่ 4 สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละชุดการทดลองจำนวน 10 ตัว เพื่อวัดความกว้างและความยาวกระดองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย micrometer

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบอัตราการตายและขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าจากแต่ละชุดการทดลองของการทดลองแต่ละครั้งโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test สำหรับการทดลองที่มี 3 ชุดการทดลอง และโดยวิธี T-Test สำหรับการทดลองที่มี 2 ชุดการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ลูกปูม้าช่วงระยะ zoea I-zoea IV

ผลการทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำความเค็มระดับต่างกัน ปรากฏว่า ลูกปูในแต่ละถึงที่น้ำความเค็ม 25 ppt มีอัตราการรอดตาย 60.95, 56.45 และ 55.72% ที่น้ำความเค็ม 30 ppt มีอัตราการรอดตาย 50.25, 57.84 และ 49.06% และที่น้ำความเค็ม 35 ppt มีอัตราการรอดตาย 39.28, 41.60 และ 30.63% (ตารางที่ 2) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 57.71 ± 2.83 , 52.38 ± 4.76 และ $37.17 \pm 5.78\%$ ตามลำดับ อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 25 และ 30 ppt แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำทั้ง 2 ความเค็ม สูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 35 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt			
1	102,700	62,600	60.95
2	103,100	58,200	56.45
3	103,200	57,500	55.72
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30 ppt			
1	100,500	50,500	50.25
2	102,000	59,000	57.84
3	100,900	49,500	49.06
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 35 ppt			
1	103,100	40,500	39.28
2	100,000	41,600	41.60
3	101,200	31,000	30.63

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt	3	55.72	60.95	57.71 ± 2.83^a
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30 ppt	3	49.06	57.84	52.38 ± 4.76^a
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 35 ppt	3	30.63	41.60	37.17 ± 5.78^b

a, b : อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 8 วัน ชุดการทดลองละจำนวน 10 ตัว และเก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลินความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาดในเวลาต่อมา ผลปรากฏว่า ความกว้างส่วนหัวของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt อยู่ในช่วง 0.800-1.175, 0.750-1.100 และ 0.550-0.950 มม. ความยาวของลูกปูในช่วง 2.000-2.500, 1.750-2.500 และ 1.500-2.500 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำแต่ละความเค็มอยู่ที่ 1.030 ± 0.111 , 0.845 ± 0.132 และ 0.768 ± 0.127 มม. ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 25 ppt มากกว่าของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 และ 35 ppt อย่างมีนัยสำคัญ

($P < 0.05$) แต่ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt มากกว่าของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 35 ppt อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ความยาวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำแต่ละความเค็มอยู่ที่ 2.350 ± 0.165 , 2.153 ± 0.294 และ 2.090 ± 0.394 มม. ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ขนาดของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	1.125	1.100	0.750	2.500	2.000	1.550
2	1.000	0.875	0.625	2.250	2.125	2.500
3	1.000	0.750	0.675	2.000	2.500	2.250
4	1.125	0.875	0.750	2.375	1.750	2.500
5	1.175	0.750	0.875	2.250	2.300	2.250
6	1.050	0.750	0.750	2.375	2.500	1.750
7	1.100	0.750	0.950	2.250	2.375	2.500
8	1.000	0.750	0.550	2.500	2.350	1.500
9	0.925	0.800	0.875	2.500	1.750	1.850
10	0.800	1.050	0.875	2.500	1.875	2.250

T1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

T2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30 ppt

T3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 35 ppt

ตารางที่ 5 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt	10	1.030 ± 0.111^a	2.350 ± 0.165
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30 ppt	10	0.845 ± 0.132^b	2.153 ± 0.294
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 35 ppt	10	0.768 ± 0.127^b	2.090 ± 0.394

a, b : ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยภาพรวม อุณหภูมิน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าอยู่ที่ 25.5°C และสูงสุดในช่วงบ่ายที่ 29.2°C ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.8-8.4 ความเป็นด่าง 92-128 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0-0.415 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0-0.6 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ $6.5\text{--}7.2$ มก./ลิตร

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำความเค็ม 25, 30 และ 35 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (มก./ลิตร)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	25.5-27.7	26.4-29.2	8.0-8.4	112-128	0.000-0.415	0-0.600	6.8-7.2

2	25.5-27.3	26.8-29.0	8.0-8.3	113-124	0.000-0.175	0.-0.511	6.7-7.1
3	25.5-27.1	26.4-28.5	7.8-8.1	92-112	0.016-0.156	0-0.563	6.5-6.8

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 35 ppt

ผลการทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ปรากฏว่า ลูกปูแต่ละถังที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยลดลงที่ 27 ppt มีอัตราการรอดตาย 54.58, 47.43 และ 44.62% ที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยลดลงที่ 27 และ 25 ppt มีอัตราการรอดตาย 55.83, 55.50 และ 76.28% และที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยลดลงที่ 27, 25 และ 23 ppt มีอัตราการรอดตาย 57.00, 64.42 และ 59.51% (ตารางที่ 7) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 48.88 ± 5.14 , 62.54 ± 11.90 และ $60.31 \pm 3.77\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27 ppt			
1	102,600	56,000	54.58
2	103,300	49,000	47.43
3	103,100	46,000	44.62
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25 ppt			
1	102,100	57,000	55.83
2	101,800	56,500	55.50
3	101,600	77,500	76.28
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt			
1	100,000	57,000	57.00
2	100,900	65,000	64.42
3	102,500	61,000	59.51

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	44.62	54.58	48.88 ± 5.14
2	3	55.50	76.28	62.54 ± 11.90
3	3	57.00	64.42	60.31 ± 3.77

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

การสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 8 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว และเก็บถนอมไว้ในฟอร์มัลินเพื่อวัดขนาด ผลปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วค่อยลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีความกว้างส่วนหัวอยู่ในช่วง 0.700-1.050, 0.875-1.075 และ 0.875-1.125 มม. ความยาวของลูกปูอยู่ในช่วง 2.250-2.875, 2.375-3.000 และ 2.250-2.825 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ลูกปูในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย 0.940 ± 0.109 , 0.985 ± 0.065 และ 1.005 ± 0.076 มม. ความยาวเฉลี่ย 2.603 ± 0.174 , 2.688 ± 0.190 และ 2.615 ± 0.166 ตามลำดับ ทั้งความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มต่างกันดังกล่าวข้างต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ขนาดของลูกปูมาอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	0.875	0.925	1.000	2.500	2.750	2.750
2	1.000	1.000	1.000	2.500	2.625	2.500
3	1.000	0.900	0.975	2.750	2.875	2.700
4	0.875	1.025	0.875	2.725	3.000	2.625
5	1.000	1.050	0.900	2.875	2.375	2.625
6	0.975	0.875	1.050	2.675	2.800	2.500
7	0.700	1.000	1.050	2.625	2.500	2.250
8	1.050	1.075	1.125	2.625	2.700	2.750
9	1.050	1.000	1.000	2.500	2.750	2.825
10	0.875	1.000	1.075	2.250	2.500	2.625

T1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27 ppt

T2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25 ppt

T3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

ตารางที่ 10 ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูมาอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27 ppt	10	0.940 ± 0.109	2.603 ± 0.174
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25 ppt	10	0.985 ± 0.065	2.688 ± 0.190
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt	10	1.005 ± 0.076	2.615 ± 0.166

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลอง ของการทดลองครั้งที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 11 ค่า parameter ของน้ำในแต่ละชุดการทดลองเป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด และค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยภาพรวม อุณหภูมิของน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าที่ 26°ซ สูงสุดในช่วงบ่ายที่ 30°ซ ความเป็นกรด-ด่างผันแปรอยู่ในช่วง 7.95-8.25 ความเป็นด่างในช่วง 94-127 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์ในช่วง 0-0.063 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียในช่วง 0-1.776 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วง 6.0-7.4 มก./ลิตร

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	26.0-28.0	27.5-29.9	7.99-8.16	94-127	0-0.063	0-1.776	6.4-6.8
2	26.0-28.0	27.6-29.9	7.95-8.25	96-125	0-0.044	0-1.160	6.0-6.9
3	26.0-28.0	27.9-30.0	7.95-8.24	97-125	0-0.046	0-1.254	6.2-7.4

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

ผลการทดลองครั้งที่ 3

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วปรับลดความเค็มของน้ำลงมาอยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาล ในชุดการทดลองที่ 1 ปรากฏว่า ลูกปูในแต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 50.06, 56.42, 41.07, และ 43.54% ส่วนอัตราการรอดตายของลูกปูในแต่ละถังที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วปรับลดลงอยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาล ในชุดการทดลองที่ 2 อยู่ที่ 48.73, 47.36, 44.13 และ 46.73% (ตารางที่ 12) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 อยู่ที่ 47.77±6.90% และในชุดการทดลองที่ 2 อยู่ที่ 46.74±1.93% ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt และลดลงอยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt			
1	181,800	91,000	50.06
2	180,800	102,000	56.42
3	181,400	74,500	41.07
4	180,300	78,500	43.54
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→24→20 ppt			
1	180,600	88,000	48.73
2	181,600	86,000	47.36
3	181,300	80,000	44.13
4	181,900	85,000	46.73

ตารางที่ 13 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt และลดลงอยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตรารอดตายต่ำสุด (%)	อัตรารอดตายสูงสุด (%)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
1	4	41.07	56.42	47.77±6.90
2	4	44.13	48.73	46.74±1.93

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→24→20 ppt

การสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 8 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว และเก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลินเพื่อวัดขนาดปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วปรับลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในชุดการทดลองที่ 1 และปรับลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 2 มีความกว้างส่วนหัวอยู่ในช่วง 0.775-1.125 และ 0.600-1.050 มม. ความยาวของลูกปูอยู่ในช่วง 2.250-3.250 และ 1.625-3.125 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 14) ลูกปูในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย 0.925 ± 0.103 และ 0.905 ± 0.145 มม. ความยาวเฉลี่ย 2.668 ± 0.295 และ 2.750 ± 0.444 มม. ตามลำดับ ทั้งความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของลูกปูทั้ง 2 ชุดการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 ขนาดของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt และลดลงอยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับในการทดลองครั้งที่ 3

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)		ความยาวของลูกปู (มม.)	
	T1	T2	T1	T2
1	0.900	0.825	2.750	2.525
2	0.825	1.050	2.500	3.100
3	1.050	1.050	2.875	2.825
4	1.125	0.600	2.750	1.625
5	0.925	0.850	2.625	2.750
6	0.875	0.875	2.750	2.950
7	0.950	0.950	3.250	3.000
8	0.875	0.800	2.250	2.600
9	0.950	1.000	2.675	3.000
10	0.775	1.050	2.250	3.125

T1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

T2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→24→20 ppt

ตารางที่ 15 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt และลดลงอยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
1	10	0.925 ± 0.103	2.668 ± 0.295
2	10	0.905 ± 0.145	2.750 ± 0.444

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→24→20 ppt

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองดังแสดงในตารางที่ 16 ค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในแต่ละชุดการทดลอง โดยภาพรวม คุณภาพน้ำที่อนุบาลลูกปูทั้ง 2 ชุดการทดลอง ค่อนข้างใกล้เคียงกัน อุณหภูมิของน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าอยู่ที่ 25.4°ซ และสูงสุดในช่วงบ่ายที่ 28.5°ซ ความเป็นกรด-ด่างผันแปรในช่วง 8.05-8.45 ความเป็นด่าง 107-136 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจนในช่วง 0-0.360 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียในช่วง 0-1.480 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วง 6.8-7.9 มก./ลิตร

ตารางที่ 16 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt และลดลงให้อยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	25.4-26.7	26.4-28.2	8.05-8.45	107-136	0-0.338	0-1.480	6.8-7.9
2	25.4-26.6	26.4-28.5	8.08-8.44	111-135	0-0.360	0-1.461	6.8-7.5

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 30→27→24→20 ppt

ลูกปูม้าช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab

ผลการทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำความเค็มระดับต่างกัน โดยมีจำนวนลูกปูเริ่มปล่อย 30,000 ตัว/บ่อ หรือความหนาแน่น 7,500 ตัว/ลบ.ม. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปูในแต่ละบ่อที่น้ำความเค็ม 23 ppt มีอัตราการรอดตาย 25.45, 19.67 และ 30.88% ที่น้ำความเค็ม 25 ppt มีอัตราการรอดตาย 20.97, 20.52 และ 22.82% และที่น้ำความเค็ม 27 ppt มีอัตราการรอดตาย 14.55, 11.75 และ 13.79% (ตารางที่ 17) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำแต่ละความเค็มอยู่ที่ 25.33 ± 5.61 , 21.44 ± 1.22 และ $13.36 \pm 1.45\%$ ตามลำดับ อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 และ 25 ppt แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในน้ำทั้ง 2 ความเค็ม สูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 27 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 17 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำความเค็ม 23, 25 และ 27 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt			
1	30,000	7,634	25.45
2	30,000	5,900	19.67
3	30,000	9,263	30.88
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt			
1	30,000	6,292	20.97
2	30,000	6,157	20.52
3	30,000	6,846	22.82
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27 ppt			

1	30,000	4,366	14.55
2	30,000	3,526	11.75
3	30,000	4,136	13.79

ตารางที่ 18 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำความเค็ม 23, 25 และ 27 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตรารอดตายต่ำสุด (%)	อัตรารอดตายสูงสุด (%)	อัตรารอดตายเฉลี่ย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt	3	19.67	30.88	25.33±5.61 ^a
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt	3	20.52	22.82	21.44±1.22 ^a
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27 ppt	3	11.75	14.55	13.36±1.45 ^b

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลทั้ง 3 บ่อ ของแต่ละชุดการทดลองแล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองใกล้เคียงกัน โดยภาพรวม อุณหภูมิน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าอยู่ที่ 27.3[°]C และ สูงสุดในช่วงบ่ายที่ 30.1[°]C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.9-8.5 ความเป็นด่าง 137-184 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์ 0.018-0.063 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0-2.996 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจน 6.1-7.7 มก./ลิตร (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำความเค็ม 23, 25 และ 27 ppt ในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.9-30.0	28.8-30.1	7.9-8.4	137-178	0.023-0.053	0-2.916	6.1-7.0
2	27.8-29.6	28.8-30.0	8.0-8.5	143-184	0.018-0.063	0-2.996	6.2-7.2
3	27.3-29.7	28.1-30.0	8.0-8.5	148-180	0.022-0.038	0-2.496	6.4-7.7

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27 ppt

ผลการทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มต่างกัน โดยมีจำนวนลูกปูเริ่มปล่อย 36,000 ตัว/ถัง หรือความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปูแต่ละถังที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 27 ppt ลดลงให้อยู่ที่ 25 ppt มีอัตรารอดตาย 32.51, 29.36 และ 27.19% ที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 25 ppt ลดลงให้อยู่ที่ 23 ppt มีอัตรารอดตาย 30.35, 28.49 และ 27.92% และที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 23 ppt ลดลงให้อยู่ที่ 20 ppt มีอัตรารอดตาย 30.00, 28.93 และ 27.66% (ตารางที่ 20) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 29.69±2.68, 28.92±1.27 และ 28.86±1.17% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 20 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็ม 27, 25 และ 23 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 25, 23 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
----------------------	-----------------------------	--------------------------------	--------------------

อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27→25 ppt

1	36,000	11,705	32.51
2	36,000	10,570	29.36
3	36,000	9,790	27.19

อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25→23 ppt

1	36,000	10,927	30.35
2	36,000	10,256	28.49
3	36,000	10,050	27.92

อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

1	36,000	10,800	30.00
2	36,000	10,413	28.93
3	36,000	9,957	27.66

ตารางที่ 21 อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีน้ำความเค็ม 27, 25 และ 23 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 25, 23 และ 20 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราอดตายต่ำสุด (%)	อัตราอดตายสูงสุด (%)	อัตราอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	27.19	32.51	29.69±2.68
2	3	27.92	30.35	28.92±1.27
3	3	27.66	30.00	28.86±1.17

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27→25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังทดลองทั้ง 3 ถัง ของแต่ละชุดการทดลองแล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองใกล้เคียงกัน โดยภาพรวม อุณหภูมิของน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าที่ 25.9°ซ และสูงสุดในช่วงบ่ายที่ 30.0°ซ ความเป็นกรด-ด่างในช่วง 7.78-8.30 ความเป็นด่าง 90-138 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.018-0.867 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.050-2.593 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.7-7.5 มก./ลิตร (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีน้ำความเค็ม 27, 25 และ 23 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 25, 23 และ 20 ppt ตามลำดับ ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	26.5-28.0	26.3-30.0	7.78-8.22	90-130	0.020-0.681	0.050-2.503	6.7-7.2
2	25.9-28.0	26.1-30.0	7.85-8.25	100-130	0.021-0.867	0.172-2.458	6.7-7.5
3	25.9-28.0	26.1-30.0	7.87-8.30	108-138	0.018-0.867	0.146-2.593	6.8-7.5

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 27→25 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 25→23 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

ผลการทดลองครั้งที่ 3

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มต่างกัน โดยเมื่อเริ่มการทดลอง ลูกปูในแต่ละถังมีจำนวน 36,000 ตัว/ถัง หรือความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตรารอดตายของลูกปูที่อนุบาลในน้ำที่คงความเค็มไว้ที่ 23 ppt อยู่ที่ 30.97, 38.50 และ 39.38% ส่วนที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 20 ppt มีอัตราการรอดตาย 35.16, 35.03 และ 36.60% และที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 23 ppt แล้วลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt มีอัตราการรอดตาย 38.82, 36.87 และ 41.78% (ตารางที่ 23) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 36.28 ± 4.62 , 35.60 ± 0.87 และ $39.16 \pm 2.47\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 23 ppt และคงไว้ที่ 23 ppt ค่อยลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
อนุบาลลูกปูในน้ำที่คงความเค็มไว้ที่ 23 ppt			
1	36,000	11,148	30.97
2	36,000	13,860	38.50
3	36,000	14,177	39.38
อนุบาลลูกปูในน้ำจากความเค็ม 23→20 ppt			
1	36,000	12,657	35.16
2	36,000	12,610	35.03
3	36,000	13,177	36.60
อนุบาลลูกปูในน้ำจากความเค็ม 23→20→17 ppt			
1	36,000	13,976	38.82
2	36,000	13,274	36.87
3	36,000	15,042	41.78

ตารางที่ 24 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 23 ppt และคงไว้ที่ 23 ppt, ค่อยลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (n)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	30.97	39.38	36.28 ± 4.62
2	3	35.03	36.60	35.60 ± 0.87
3	3	38.82	41.78	39.16 ± 2.47

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 :อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20→17 ppt

การสุ่มตัวอย่าง young crab ชุดการทดลองละ 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ผลปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 23 ppt แล้วคงไว้ที่ 23 ค่อยปรับลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.0050-0.0309, 0.0066-0.0212 และ 0.0022-0.0119 กรัม ความกว้างกระดอง 3.5-6.6, 3.5-7.4 และ 2.5-4.8 มม. และความยาวกระดอง 2.6-4.1, 2.6-4.4 และ 2.0-3.6 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 25) ลูกปูในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.0107 ± 0.0052 , 0.0114 ± 0.0048 และ 0.0073 ± 0.0029 กรัม ความกว้างกระดองเฉลี่ย 4.475 ± 0.631 , 4.640 ± 1.117 และ 3.845 ± 0.661 มม. และความยาวกระดองเฉลี่ย 3.080 ± 0.402 , 3.135 ± 0.476 และ 2.725 ± 0.420 มม. ตามลำดับ ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักและขนาดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ลูกปูทั้ง 2 ชุดการทดลองมีน้ำหนัก ความกว้างกระดอง และความยาวกระดองมากกว่าลูกปูในชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 25 น้ำหนักและขนาดของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 23 ppt และคงไว้ที่ 23 ppt ค่อยลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 3

ลูกปูตัวที่	น้ำหนัก (กรัม)			ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	0.0309	0.0136	0.0104	6.6	5.2	4.7	4.1	3.2	2.4
2	0.0114	0.0200	0.0119	4.2	6.1	4.8	3.0	3.6	3.0
3	0.0104	0.0092	0.0071	4.3	4.2	4.0	3.0	2.9	2.8
4	0.0088	0.0113	0.0064	3.5	4.4	3.8	2.6	3.0	2.9
5	0.0083	0.0212	0.0069	4.3	6.9	3.9	3.0	4.4	2.7
6	0.0084	0.0066	0.0094	4.4	3.9	4.0	2.9	2.6	2.9
7	0.0050	0.0109	0.0097	3.8	4.3	3.4	2.6	3.1	3.0
8	0.0083	0.0102	0.0029	4.5	4.2	2.5	3.0	2.8	2.2
9	0.0082	0.0210	0.0022	4.2	6.2	2.7	2.8	3.8	2.2
10	0.0121	0.0093	0.0080	4.8	4.0	4.2	3.4	3.0	2.8
11	0.0109	0.0087	0.0080	4.7	3.8	3.8	2.8	3.0	2.7
12	0.0118	0.0078	0.0066	4.5	3.9	3.8	3.0	2.7	2.8
13	0.0085	0.0085	0.0108	4.0	3.9	4.2	3.2	2.9	3.4
14	0.0101	0.0095	0.0029	4.5	3.5	3.0	3.2	3.1	2.1
15	0.0160	0.0076	0.0106	5.2	3.8	4.7	4.0	2.7	3.6
16	0.0086	0.0066	0.0050	4.3	4.1	4.2	3.2	3.0	2.7
17	0.0082	0.0185	0.0091	4.3	7.4	4.6	3.3	4.0	3.2
18	0.0092	0.0080	0.0079	4.3	4.1	3.9	2.6	3.0	2.4
19	0.0111	0.0082	0.0062	5.0	4.2	3.8	3.1	2.6	2.7
20	0.0076	0.0106	0.0032	4.1	4.7	2.9	2.8	3.3	2.0

T1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt

T2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt

T3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20→17 ppt

ตารางที่ 26 น้ำหนักและขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 23 ppt และคงไว้ที่ 23 ppt ค่อยลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้างกระดอง (มม.)	ความยาวกระดอง (มม.)
1	20	$0.0107 \pm 0.0052^*$	$4.475 \pm 0.631^*$	$3.080 \pm 0.402^*$

2	20	0.0114±0.0048 ^a	4.640±1.117 ^a	3.135±0.476 ^a
3	20	0.0073±0.0029 ^b	3.845±0.661 ^b	2.725±0.420 ^b

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt
ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt
ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20→17 ppt
a, b : น้ำหนัก ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 27 ค่าของแต่ละ parameter สรุปเป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในแต่ละชุดการทดลอง โดยภาพรวมของคุณภาพน้ำที่อนุบาลลูกปูทั้ง 3 ชุดการทดลอง ค่อนข้างใกล้เคียงกัน อุณหภูมิของน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าอยู่ที่ 26°C และสูงสุดในช่วงบ่ายที่ 30°C ความเป็นกรด-ด่างผันแปรในช่วง 7.90-8.32 ความเป็นด่าง 129-152 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจนในไตรท์ 0.018-0.301 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.162-2.454 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.7-7.9 มก./ลิตร

ตารางที่ 27 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 23 ppt และคงไว้ที่ 23 ppt , ค่อยลดลงให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 3

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	26-29	26-30	7.90-8.21	129-140	0.019-0.301	0.162-2.399	6.7-7.6
2	26-29	26-30	8.00-8.29	130-144	0.019-0.189	0.162-2.398	6.8-7.6
3	26-29	27-30	8.00-8.32	129-152	0.018-0.095	0.162-2.454	6.8-7.9

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt
ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20 ppt
ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 23→20→17 ppt

ผลการทดลองครั้งที่ 4

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มระดับต่างกัน โดยมีจำนวนลูกปูเริ่มปล่อย 20,000 ตัว/ถัง หรือความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปูแต่ละถังที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 20 ppt ลดลงให้อยู่ที่ 17 ppt มีอัตราการรอดตาย 30.06, 25.15 และ 28.23% ที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 17 ppt ลดลงให้อยู่ที่ 14 ppt มีอัตราการรอดตาย 14.08, 13.26 และ 11.65% ส่วนที่อนุบาลในน้ำจากความเค็ม 17 ppt ลดลงให้อยู่ที่ 14 และ 11 ppt มีอัตราการรอดตาย 7.85, 12.30 และ 14.73% (ตารางที่ 28) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 27.81±2.48, 13.00±1.24 และ 11.63±3.49% ตามลำดับ ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) แต่อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 28 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็ม 20 และ 17 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 17, 14 และ 11 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	จำนวนลูกปู zoea IV	จำนวนลูกปู young crab	อัตราการรอดตาย
-------------	--------------------	-----------------------	----------------

(ตัว)	(ตัว)	(ตัว)	(%)
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 20→17 ppt			
1	20,000	6,012	30.06
2	20,000	5,030	25.15
3	20,000	5,646	28.23
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14 ppt			
1	20,000	2,816	14.08
2	20,000	2,652	13.26
3	20,000	2,330	11.65
อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14→11 ppt			
1	20,000	1,570	7.85
2	20,000	2,460	12.30
3	20,000	2,946	14.73

ตารางที่ 29 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็ม 20 และ 17 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 17, 14 และ 11 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	จำนวนตัว	อัตรารอดตายต่ำสุด	อัตรารอดตายสูงสุด	อัตรารอดตายเฉลี่ย
	(N)	(%)	(%)	(%)
1	3	25.15	30.06	27.81±2.48 ^a
2	3	11.65	14.08	13.00±1.24 ^b
3	3	7.85	14.73	11.63±3.49 ^a

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 20→17 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14→11 ppt

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 18 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว และเก็บถนอมไว้ในฟอรัมาลินเพื่อวัดขนาด ผลปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 20 และ 17 ppt แล้วค่อยลดลงให้อยู่ที่ 17, 14 และ 11 ppt ตามลำดับ ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 4.250-7.100, 2.525-5.050 และ 3.875-5.000 มม. ส่วนความยาวกระดอง 2.350-4.300, 1.450-2.575 และ 2.025-2.825 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 30) ลูกปูในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้างกระดองเฉลี่ย 5.348 ± 1.122 , 4.038 ± 0.886 และ 4.532 ± 0.340 มม. ความยาวกระดองเฉลี่ย 3.163 ± 0.707 , 2.223 ± 0.362 และ 2.398 ± 0.330 มม. ตามลำดับ ลูกปูในชุดการทดลองที่ 1 มีความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยมากกว่าลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 30 ขนาดของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 20 และ 17 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 17, 14 และ 11 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 4

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)	ความยาวกระดอง (มม.)
-------------	-----------------------	---------------------

	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	6.725	4.525	5.000	4.125	2.475	2.500
2	4.900	4.450	3.875	2.975	2.325	2.275
3	7.100	4.325	4.500	4.300	2.075	2.050
4	5.000	4.850	4.750	3.125	2.475	2.050
5	6.975	5.050	4.250	3.800	2.400	2.025
6	4.405	2.550	4.500	2.350	1.775	2.575
7	4.825	3.975	4.575	2.375	2.200	2.825
8	4.825	4.500	4.950	2.825	2.575	2.800
9	4.475	3.625	4.550	2.500	2.475	2.125
10	4.250	2.525	4.325	3.250	1.450	2.750

T1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 20→17 ppt

T2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14 ppt

T3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14→11 ppt

ตารางที่ 31 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 20 และ 17 ppt และค่อยลดลงให้อยู่ที่ 17, 14 และ 11 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
1	10	5.348±1.122 ^a	3.163±0.707 ^a
2	10	4.038±0.886 ^b	2.223±0.362 ^b
3	10	4.532±0.340 ^b	2.398±0.330 ^b

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 20→17 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14→11 ppt

a, b : ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองดังแสดงในตารางที่ 32 ค่าของแต่ละ parameter สรุปเป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดในแต่ละชุดการทดลอง แต่โดยภาพรวมของคุณภาพน้ำที่อนุบาลลูกปู ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ค่อนข้างใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำต่ำสุดในช่วงเช้าอยู่ที่ 26.0°ซ และสูงสุดในช่วงบ่ายที่ 29.5°ซ ความเป็นกรด-ด่างผันแปรในช่วง 7.91-8.57 ความเป็นด่าง 111-150 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.010-0.315 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0-1.315 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.3-7.9 มก./ลิตร

ตารางที่ 32 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในน้ำที่มีความเค็ม 20 และ 17 ppt และค่อยลดความเค็มให้อยู่ที่ 17, 14 และ 11 ppt ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในการทดลองครั้งที่ 4

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง	NO ₂ -N	NH ₃ -N	DO
	เช้า	บ่าย		(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)

1	26.3-27.3	27.5-29.4	7.99-8.49	115-150	0.046-0.315	0.004-0.577	6.5-7.5
2	26.2-27.3	27.4-29.5	7.95-8.50	115-148	0.010-0.181	0-1.315	6.3-7.5
3	26.0-27.3	27.5-29.4	7.91-8.57	111-146	0.022-0.295	0-0.400	6.5-7.9

ชุดการทดลองที่ 1 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 20→17 ppt

ชุดการทดลองที่ 2 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14 ppt

ชุดการทดลองที่ 3 : อนุบาลลูกปูในน้ำความเค็ม 17→14→11 ppt

วิจารณ์ผล

การศึกษาผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดอง พบว่าความเค็มของน้ำที่เหมาะสมในการบ่มฟักไข่ปูอยู่ในช่วง 27-35 ppt ซึ่งใกล้เคียงกับที่สุเมธ (2527) ระบุว่าปูม้าจะวางไข่ในบริเวณใกล้เคียงกับที่อาศัยอยู่โดยชอบวางไข่ในบริเวณที่มีความเค็ม 28-32 ppt การบ่มฟักไข่ปูเพื่อเตรียมลูกพันธุ์สำหรับการทดลองช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV (ยกเว้นการทดลองครั้งที่ 1) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำที่มีความเค็ม 30 ppt เช่นเดียวกับที่ใช้เตรียมลูกพันธุ์สำหรับการทดลองที่หลบซ่อนต่างชนิดในการอนุบาลลูกปูม้าในการศึกษาครั้งที่ผ่านมา (วารินทร์และคณะ, 2547) ช่วงต้นของการศึกษาในครั้งนั้นใช้น้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ระดับเดียวตลอดในการอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab ปรากฏว่าลูกปูมีอัตราการรอดตายต่ำมากเพียง 1.69-2.43% ช่วงที่มีการตายมากเริ่มตั้งแต่เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa โดยลูกปูมีอาการอ่อนเปลี้ยและส่วนใหญ่กองอยู่ตามพื้นบ่อจนตายในที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของโกวิทย์และทวี (2547) ที่อนุบาลลูกปูม้าตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง crab ในบ่อซีเมนต์จำนวน 6 บ่อ ที่บรรจุน้ำความเค็ม 32-34 ppt มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเพียง 0.78% ในอดีตกรรณ (2532) ทำการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง megalopa ด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นประมาณ 100,000 ตัว/ลบ.ม. ในบ่อกลมขนาด 5 ลบ.ม. ที่มีระบบการหมุนเวียนของน้ำโดยใช้น้ำที่มีความเค็ม 28-36 ppt จำนวน 4 ครั้ง ซึ่ง 2 ใน 4 ครั้ง ที่มีการแยกลูกปูระยะ zoea IV จากบ่อเดิมลงเลี้ยงในบ่อขนาดเดียวกัน 3 บ่อ ในวันที่ 9 ของการอนุบาล ลูกปูเมื่อเข้าระยะ megalopa มีอัตราการรอดตายสูงขึ้น 92.97 และ 96.53% ทั้งนี้เข้าใจว่าผู้ปฏิบัติคงนำลูกปูที่เพิ่งเข้าระยะ megalopa ไปปล่อยทะเลก่อนมีปัญหาการตายเกิดขึ้น

การศึกษายเป็นระบบในครั้งนี้ ทำให้ทราบว่าความเค็มของน้ำมีผลอย่างมากต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าแต่ละระยะ สำหรับช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ดังผลการทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 25 ppt มีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 35 ppt อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ลูกปูในน้ำความเค็ม 25 ppt ยังมีขนาดใหญ่กว่าลูกปูที่อยู่ในน้ำความเค็ม 30 และ 35 ppt อย่างเห็นได้ชัดเจน ผลจากการทดลองดังกล่าวทำให้เชื่อได้ว่า ในธรรมชาติลูกปูหลังจากฟักออกจากไข่จะค่อยๆ เคลื่อนตัวจากแหล่งฟักตัวที่มีความเค็มสูงเข้าหาฝั่งที่มีความเค็มของน้ำค่อยๆ ลดลง ความเชื่อนี้พิสูจน์ได้จากผลการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 โดยลูกปูที่อนุบาลในน้ำที่มีความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 27 และ 25 ppt ในวันที่ 4 และ 6 ของการอนุบาล มีอัตราการรอดตายสูงสุด (62.54%) ถึงแม้ไม่แตกต่างทางสถิติกับลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt (60.31%) และลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 30 ppt แล้วปรับลดให้อยู่แค่ 27

ppt (48.88%) ตลอดจนลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt มีอัตราการตาย (47.77%) ไม่แตกต่างทางสถิติกับที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 30 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 27, 24 และ 20 ppt (46.74%) ตามลำดับ อัตราการตายของลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้นเท่ากัน และปรับลดความเค็มลงมาในระดับเดียวกันในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 แตกต่างกันค่อนข้างมาก อาจเนื่องจากแม่ปูที่จับจากทะเลซึ่งเป็นแหล่งพันธุ์ในการทดลองแต่ละครั้งอาจมีคุณภาพแตกต่างกัน การเจริญเติบโตโดยวัดจากขนาดของลูกปูแต่ละชุดการทดลองในการทดลองแต่ละครั้งมักเป็นไปในทิศทางเดียวกับอัตราการตาย ส่วนช่วงระยะ **zoea IV ถึง young crab** ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 ppt มีอัตราการตายสูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 25 ppt อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 27 ppt อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ลูกปูระยะ zoea I (ตอนปลาย) ถึง young crab ชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเค็มตั้งแต่ 25 ppt ลงมา ผลการทดลองครั้งที่ 2, 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่า การค่อยๆ ปรับลดความเค็มของน้ำจาก 25 ppt ลงมาตามระยะเวลาที่ลูกปูเจริญเติบโตขึ้นสามารถปรับลดลงมาได้ถึง 17 ppt แต่ลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 23 ppt ตลอด และที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 23 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 20 ppt มีการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนัก ความกว้างและความยาวกระดองดีกว่าลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 23 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt (การทดลองครั้งที่ 3) และลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 20 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 17 ppt มีการเจริญเติบโตซึ่งวัดจากความกว้างและความยาวกระดองดีกว่าลูกปูที่อนุบาลในน้ำความเค็มเริ่มต้น 17 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 14 ppt และปรับลดให้อยู่ที่ 14 และ 11 ppt (การทดลองครั้งที่ 4) อย่างเห็นได้ชัดเจน ลูกปูในน้ำความเค็ม 23 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 20 และ 17 ppt ในการทดลองครั้งที่ 3 มีขนาดเล็กกว่าลูกปูในน้ำความเค็ม 20 ppt แล้วปรับลดให้อยู่ที่ 17 ppt ในการทดลองครั้งที่ 4 เนื่องจากจำนวนลูกปูที่เหลือรอดมีมากกว่า ดังนั้น ในการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab หากคำนึงถึงการเจริญเติบโตด้วย ควรปรับลดความเค็มของน้ำจาก 25 ppt ลงมาแค่ 20 ppt ตามระยะเวลาที่ลูกปูเจริญเติบโตขึ้น ผลจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ลูกปูเมื่ออาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเค็มเหมาะสม ทำให้สามารถอยู่ได้อย่างสบายและไม่ต้องปรับตัวมากจึงไม่เครียด ส่งผลให้ลูกปูมีอัตราการตายสูงขึ้นและการเจริญเติบโตดีขึ้นด้วย

สำหรับคุณภาพน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกปูมาในแต่ละการทดลองส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นในบางการทดลองและบางช่วงเวลา อุณหภูมิของน้ำในบ่ออนุบาลค่อนข้างต่ำ ปริมาณแอมโมเนียรวมเกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) และปริมาณไนโตรเจนเกินกว่า 0.1 มก./ลิตร อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำในกรณีที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ (คณิตและคณะ, 2537) การตรวจพบแอมโมเนียรวมและไนโตรเจนในปริมาณค่อนข้างสูงในบางช่วงเวลา อาจสืบเนื่องจากการเน่าเสียของลูกปูและอาหารมีชีวิตบางส่วนที่ตาย และส่งผลต่อสุขภาพของลูกปูที่เหลือรอดอยู่ไม่มากนักน้อย ในการอนุบาลลูกปูมาอาจจำเป็นต้องดูตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันแทนการทำวันเว้นวัน

ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราการตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าที่อนุบาลในความหนาแน่นต่างกัน ซึ่งจะ
เป็นแนวทางในการอนุบาลลูกปูม้าด้วยความหนาแน่นที่เหมาะสม เพื่อลดการกินกันเองและอัตราการตายสูงขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการตายของลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ที่อนุบาลในความหนาแน่นต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ที่อนุบาลในความหนาแน่นต่างกัน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่นต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง และวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) ในแต่ละการทดลองแบ่งช่วงการทดลองของลูกปูออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงระยะ zoea I-zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) โดยแต่ละช่วงของลูกปูแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ

การทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 50,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 100,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 150,000 ตัว/ลบ.ม.

การอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 10,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 20,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 30,000 ตัว/ลบ.ม.

การทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 70,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 100,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 130,000 ตัว/ลบ.ม.

การอนุบาลลูกปูมีารยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่นต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 1 20,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 25,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 30,000 ตัว/ลบ.ม.

การเตรียมลูกพันธุ์ปูม้า

ลูกปูแรกฟักที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งเป็นลูกปูที่ฟักจากไข่ที่แยกจากตับปิ้งไข่ปูนอกกระดองตามวิธีของวารินทร์และคณะ (2545) โดยทำการแยกไข่ออกจากตับปิ้งด้วยวิธีใช้มือถูเบาๆ ในกะละมังที่มีน้ำทะเล จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออกด้วยสวิงตาถี่ ล้างไข่ปูด้วยน้ำทะเลสะอาด 3 ครั้ง และนำไข่ปูไปฟักในถังพลาสติกทรงสูงในปริมาณ 180 กรัมต่อน้ำ 60 ลิตร ความเค็ม 30 ppt พร้อมให้อากาศค่อนข้างแรง ไข่ฟักเป็นตัวอ่อนปูม้าภายใน 2-3 วัน รวบรวมลูกปูแรกฟักใส่ลงในถังทดลองตามความหนาแน่นของแต่ละชุดการทดลอง

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูม้า

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูแรกฟัก ก่อนรวบรวมลูกปูแรกฟักหุดยให้อากาศเพื่อให้ไข่ที่ยังไม่ฟักจมลงก้นถัง ส่วนลูกปูที่ฟักจะว่ายขึ้นมายังบริเวณผิวน้ำ จากนั้นใช้กระบอกตักลูกปูพร้อมน้ำใส่ในกะละมังพลาสติก แล้วเติมน้ำทะเลลงในกะละมังให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร พร้อมให้อากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายทั่วกัน จากนั้นใช้บีกเกอร์ตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. 2 ครั้ง นับจำนวนหาค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกปูจากการนับ 2 ครั้ง เพื่อใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดจำนวนลูกปูในกะละมังจนกว่าลูกปูจากการนับจากบีกเกอร์ 2 ครั้ง ใกล้เคียงกันและค่าเฉลี่ยที่ได้จะใช้ในการคำนวณจำนวนลูกปูในกะละมัง จากนั้นนำลูกปูในแต่ละกะละมังที่ประเมินจำนวนแล้วไปใส่ในถังทดลอง 1 หรือ 2 กะละมัง ตามชุดการทดลอง ในการทดลองครั้งที่ 1 ใช้ปริมาตรน้ำ 1 ลบ.ม./ถัง ในการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการทดลองครั้งที่ 2 ใช้ปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม./ถัง

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูระยะ zoea IV ใช้กระบอกตักลูกปูพร้อมน้ำใส่กะละมังพลาสติกในปริมาณที่เทียบเคียงกับจำนวนลูกปู 2,000 ตัว ในกะละมังขนาดเดียวกันที่นับจำนวนไว้แล้ว จากนั้นนำไปใส่ในถังแต่ละถังทดลองตามความหนาแน่นที่กำหนดตามชุดการทดลองโดยมีปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม./ถัง สำหรับการทดลองอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ส่วนลูกปูที่เหลือหลังจากการสุมนับจำนวนนำไปเลี้ยงรวมกันในบ่อต่างหาก

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูระยะ young crab โดยทำการนับทุกตัวในแต่ละถังทดลอง

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้า

ชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิตที่ให้ลูกปูในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ให้อาหาร 5 มื้อ/วัน เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.30 น.

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้าในการทดลองครั้งที่ 1

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหารมีชีวิต (ตัวหรือเซลล์/มล.)		
			T1	T2	T3
1	zoea I	โรติเฟอร์	1.5	3	6
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5
2-4	zoea I-II	โรติเฟอร์	1	2	3
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.12	0.25	0.50
5-8	zoea II-zoea IV	โรติเฟอร์	1	2	3
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.25	0.5	1.0
9-10	zoea IV-megalopa	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	0.2-0.3	0.4-0.6	0.8-1.2
11-14	megalopa -young crab	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	0.01-0.02	0.03-0.05	0.06-0.10
15-19	young crab	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	0.01-0.09	0.03-0.18	0.06-0.36

T : ชุดการทดลอง

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้าในการทดลองครั้งที่ 2

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหารมีชีวิต (ตัวหรือเซลล์/มล.)		
			T1	T2	T3
1	zoea I	โรติเฟอร์	2	3	4
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5
2-4	zoea I-II	โรติเฟอร์	1.5	2	2.5
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5	10^4 - 10^5
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.20	0.25	0.30
5-8	zoea II-zoea IV	โรติเฟอร์	1.5	2	2.5
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.30	0.50	0.65
9-10	zoea IV-megalopa	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	0.1-0.2	0.4-0.6	0.5-0.8
11-14	megalopa -young crab	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	0.02-0.03	0.03-0.05	0.03-0.06
15-19	young crab	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	0.02-0.12	0.03-0.18	0.03-0.25

T : ชุดการทดลอง

การอนุบาลช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ในการทดลองครั้งที่ 2 มีการเติมน้ำเทียม โดยใช้ 2 กรัม ละลายในน้ำ 9 ลิตร แล้วนำไปเติมในแต่ละถังทดลองถึงละ 1 ลิตร

การเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอน

ระหว่างอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลอง มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พร้อมปรับลดความเค็มในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาลในปริมาณ 30% โดยลดความเค็มจาก 30 เป็น 27, 25 และ 23 ppt ตามลำดับ และดูดตะกอนกันถึงในวันที่ 4, 6 และ 8 ของการอนุบาลด้วยท่อ PVC ที่ปลายด้านหนึ่งทำเป็นรูปปากฉลาม สำหรับการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในวันที่ 3, 5, 7 และ 9 ของการอนุบาลในปริมาณ 20 % และดูดตะกอนกันถึงในวันที่ 4, 6, 8 และ 10 ของการอนุบาล

การให้ที่หลบซ่อน

ในการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ทั้ง 2 การทดลอง เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa เกือบหมด ใส่ทรายหยาบเทียมซึ่งทำด้วยเชือกพลาสติกสีเขียวอ่อนที่ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 25 ซม. โดยสอดเชือกพลาสติกที่ยาวเท่ากัน 2 ด้าน ดังกล่าวไปตามความยาวของเชือกในลอนเป็นระยะๆ ซึ่งยาวประมาณ 40 ซม. โดยมีระยะห่างประมาณ 5 ซม. จากนั้นคลี่เชือกพลาสติกออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วฉีกเป็นเส้นเล็กๆ จนหมดปลายด้านหนึ่งของเชือกในลอนผูกติดกับท่อนลอย และปลายหนึ่งผูกติดกับตุ้มถ่วงใส่ในถังทดลองทุกถังๆ ละ 25 อัน เพื่อให้เป็นที่หลบซ่อน (วารินทร์และคณะ, 2547)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างการอนุบาลลูกปูในการทดลองแต่ละครั้ง ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละถังทดลอง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนีย (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) และความเป็นด่าง (alkalinity) ด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว

การเก็บผลการทดลอง

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ใช้ระยะเวลา 8 วัน และเก็บผลการทดลองในวันที่ 9 ของการอนุบาล สุ่มจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละถังอนุบาล นำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ zoea IV ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ใช้ระยะเวลาในการอนุบาล 10 วันต่อจากช่วงแรก เก็บผลการทดลองในวันที่ 19 ของการอนุบาล นับจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละถังเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ young crab

การสุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูม้าเพื่อวัดขนาด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วง สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละชุดการทดลองจำนวน 10 ตัว เก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลินความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาด ลูกปูระยะ zoea IV วัดความกว้างส่วนหัว และความยาวของลูกปูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย micrometer ส่วนลูกปูระยะ young crab วัดความกว้างและความยาวกระดอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตในแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ผลการทดลองครั้งที่ 1

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV

การอนุบาลลูกปูม้าตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่า ลูกปูที่อนุบาลในความหนาแน่น 50,000 ตัว/ลบ.ม. แต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 70.02, 60.43 และ 64.03% ที่ความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. แต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 53.00, 51.00 และ 50.50% ส่วนที่ความหนาแน่น 150,000 ตัว/ลบ.ม. แต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 30.25, 18.92 และ 19.61% (ตารางที่ 3) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 64.82 ± 4.84 , 51.50 ± 1.32 และ $22.93 \pm 6.35\%$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ลูกปูทั้ง 3 ชุดการทดลองมีอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
50,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	50,200	35,150	70.02
2	50,800	30,700	60.43
3	50,600	32,400	64.03
100,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	100,200	53,100	53.00
2	100,600	51,300	51.00
3	100,400	50,700	50.50
150,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	150,400	45,500	30.25
2	150,600	28,500	18.92
3	150,400	29,500	19.61

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
50,000 ตัว/ลบ.ม.	3	60.43	70.02	64.82 ± 4.84^a
100,000 ตัว/ลบ.ม.	3	50.50	53.00	51.50 ± 1.32^b
150,000 ตัว/ลบ.ม.	3	18.92	30.25	22.93 ± 6.35^c

a, b, c : อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูระยะ zoea IV ที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 8 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว มาวัดขนาด พบว่า ความกว้างส่วนหัวของลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม. อยู่ในช่วง 0.950-1.450, 0.700-

1.125 และ 0.750-1.050 มม. ส่วนความยาวลำตัวอยู่ในช่วง 2.375-3.625, 2.375-3.875 และ 2.875-3.500 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในแต่ละที่ความหนาแน่นอยู่ที่ 1.170±0.169, 0.910±0.150 และ 0.933±0.094 มม. และความยาวลำตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 2.760±0.476, 3.078±0.534 และ 3.220±0.205 มม. ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50,000 ตัว/ลบ.ม. มากกว่าที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ความยาวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลทั้ง 3 ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ขนาดของลูกปูมีระยะ zoea IV ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม.

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	1.150	0.800	0.875	3.625	3.025	3.125
2	0.950	0.925	0.875	2.450	2.875	3.150
3	1.300	0.750	1.000	2.875	2.500	3.250
4	1.375	1.000	0.750	2.450	3.875	3.500
5	1.025	0.825	0.875	2.625	3.250	3.300
6	1.250	1.125	0.925	2.550	3.250	3.500
7	1.450	1.125	1.050	2.475	3.875	3.125
8	1.050	0.850	0.925	2.375	3.250	3.375
9	1.000	1.000	1.050	2.550	2.500	2.875
10	1.150	0.700	1.000	3.625	2.375	3.000

T1 : 50,000 ตัว/ลบ.ม.

T2 : 100,000 ตัว/ลบ.ม.

T3 : 150,000 ตัว/ลบ.ม.

ตารางที่ 6 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูมีอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
50,000 ตัว/ลบ.ม.	10	1.170±0.169 ^a	2.760±0.476 ^a
100,000 ตัว/ลบ.ม.	10	0.910±0.150 ^b	3.078±0.534 ^a
150,000 ตัว/ลบ.ม.	10	0.933±0.094 ^b	3.220±0.205 ^a

a, b : ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูมีอายุ 8 วัน ที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังทดลองทั้ง 3 ถัง ของแต่ละชุดการทดลอง แล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter จากค่าต่ำสุดถึงสูงสุดในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยอุณหภูมิมีน้ำตอนเช้าอยู่ระหว่าง 26.90-29.00°C และตอนบ่าย 28.00-30.00°C ความเป็นกรด-ด่าง 8.23-8.53

ความเป็นด่าง 130-153 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์ 0-1.128 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.477-1.075 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.1-7.3 มก./ลิตร

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 50,000, 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	26.9-29.0	28.0-30.0	8.31-8.52	135-150	0-0.199	0.522-1.075	6.2-7.3
2	26.9-29.0	28.0-30.0	8.25-8.53	130-153	0-0.178	0.517-0.954	6.2-7.3
3	26.9-29.0	28.0-30.0	8.23-8.48	131-153	0-1.128	0.477-1.070	6.1-7.0

ชุดการทดลองที่ 1 : 50,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 : 100,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 : 150,000 ตัว/ลบ.ม.

การอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน)

การอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่า ลูกปูที่ความหนาแน่น 10,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตาย 47.93, 62.08 และ 56.50% ที่ความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตาย 25.75, 23.19 และ 25.24% ส่วนที่ความหนาแน่น 30,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตาย 23.00, 24.45 และ 25.39% (ตารางที่ 8) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 55.50 ± 7.13 , 24.73 ± 1.35 และ $24.28 \pm 1.20\%$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปูมีที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 10,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกปูที่ความหนาแน่น 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. ($P < 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของลูกปูมีที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
10,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	18,000	8,627	47.93
2	18,000	11,175	62.08
3	18,000	10,170	56.50
20,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	36,000	9,270	25.75
2	36,000	8,350	23.19
3	36,000	9,086	25.24
30,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	54,000	12,420	23.00
2	54,000	13,205	24.45
3	54,000	13,710	25.39

ตารางที่ 9 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูมีที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
10,000 ตัว/ลบ.ม.	3	47.93	62.08	55.50 ± 7.13^a

20,000 ตัว/ลบ.ม.	3	23.19	25.75	24.73±1.35 ^b
30,000 ตัว/ลบ.ม.	3	23.00	25.39	24.28±1.20 ^b

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 19 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว มาวัดขนาด พบว่า ความกว้างกระดองของลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. อยู่ในช่วง 3.350-5.000, 3.000-4.125 และ 3.300-4.625 มม. ส่วนความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.350-3.250, 2.500-3.130 และ 2.700-3.250 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลในแต่ละความหนาแน่นต่างกันอยู่ที่ 4.415 ± 0.457 , 3.465 ± 0.356 และ 3.958 ± 0.432 มม. ส่วนความยาวกระดองเฉลี่ยอยู่ที่ 2.955 ± 0.340 , 2.760 ± 0.175 และ 2.985 ± 0.182 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 11) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 10,000 ตัว/ลบ.ม. มากกว่าที่ความหนาแน่น 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลทั้ง 3 ชุดการทดลองแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 10 ขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	4.125	3.500	4.100	2.350	2.625	3.250
2	4.650	3.250	3.950	2.450	2.750	3.175
3	4.675	3.000	3.775	3.250	2.750	2.950
4	5.000	3.000	4.525	3.000	2.625	3.000
5	4.575	3.250	3.300	2.850	2.750	2.700
6	4.125	3.500	3.975	3.250	2.500	2.850
7	3.350	3.750	3.650	2.775	2.700	3.050
8	4.700	3.775	4.225	3.225	2.875	3.050
9	4.450	3.500	4.625	3.250	2.900	3.100
10	4.500	4.125	3.450	3.150	3.125	2.725

T1 : 10,000 ตัว/ลบ.ม.

T2 : 20,000 ตัว/ลบ.ม.

T3 : 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ตารางที่ 11 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
10,000 ตัว/ลบ.ม.	10	4.415 ± 0.457^a	2.955 ± 0.340^a
20,000 ตัว/ลบ.ม.	10	3.465 ± 0.356^b	2.760 ± 0.175^a
30,000 ตัว/ลบ.ม.	10	3.957 ± 0.432^b	2.985 ± 0.182^a

a, b : ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab แต่ละชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 12 โดยอุณหภูมิน้ำตอนเช้าอยู่ระหว่าง 26.9-27.5°ซ และตอนบ่าย 27.0-28.8°ซ ความเป็นกรด-ด่าง 8.03-8.40 ความเป็นด่าง 145-177 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.024-1.128 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.115-1.579 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.1-6.9 มก./ลิตร

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 10,000, 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	26.9-27.5	27.0-28.8	8.03-8.40	145-169	0.031-0.486	0.201-1.579	6.2-6.7
2	26.9-27.5	27.0-28.8	8.18-8.39	146-168	0.028-0.460	0.202-1.523	6.1-6.9
3	26.9-27.5	27.0-28.8	8.06-8.37	146-177	0.024-1.128	0.115-1.043	6.1-6.8

ชุดการทดลองที่ 1 : 10,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 : 20,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 : 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ผลการทดลองครั้งที่ 2

การอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV

การอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่า อัตรารอดตายของลูกปูที่ความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตรารอดตาย 73.02, 74.22 และ 65.09% ที่ความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตรารอดตาย 57.50, 58.88 และ 62.51% และที่ความหนาแน่น 130,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตรารอดตาย 52.13, 48.08 และ 56.21% ตามลำดับ (ตารางที่ 13) อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองเท่ากับ 70.78 ± 4.96 , 59.63 ± 2.59 และ $52.14 \pm 4.07\%$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) พบว่าอัตรารอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ลูกปูที่อนุบาลในความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตรารอดตายสูงกว่าในความหนาแน่น 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม. (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 อัตรารอดตายของลูกปูมีที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 70,000, 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวน zoea I (ตัว)	จำนวน zoea IV (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
70,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	126,200	92,150	73.02
2	126,100	93,600	74.22
3	126,600	82,400	65.09
100,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	180,100	103,550	57.50
2	180,700	106,400	58.88

3	180,600	112,900	62.51
130,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	234,200	122,100	52.13
2	234,600	112,800	48.08
3	234,300	131,700	56.21

ตารางที่ 14 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 70,000, 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
70,000 ตัว/ลบ.ม.	3	65.09	74.22	70.78±4.96 ^a
100,000 ตัว/ลบ.ม.	3	57.50	62.51	59.63±2.59 ^b
130,000 ตัว/ลบ.ม.	3	48.08	56.21	52.14±4.07 ^b

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 8 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว มาวัดขนาด พบว่า ความกว้างส่วนหัวของลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 70,000, 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม. อยู่ในช่วง 1.125-1.725, 0.950-1.575 และ 0.850-1.725 มม. ส่วนความยาวลำตัวอยู่ในช่วง 3.800-5.375, 4.050-4.750 และ 4.000-6.000 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 15) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูที่แต่ละความหนาแน่นอยู่ที่ 1.423 ± 0.238 , 1.245 ± 0.233 และ 1.325 ± 0.295 มม. ส่วนความยาวลำตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 3.318 ± 0.374 , 3.530 ± 0.351 และ 3.418 ± 0.404 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 16) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ทั้งความกว้างส่วนหัวและความยาวลำตัวเฉลี่ยของลูกปูแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวม อุณหภูมิน้ำช่วงเช้าอยู่ในช่วง 27.0-28.2°C และช่วงบ่าย 27.9-29.0°C ความเป็นกรด-ด่าง 8.10-8.53 ความเป็นด่าง 169-195 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.018-0.844 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.500-1.450 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5.7-6.8 มก./ลิตร (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 15 ขนาดของลูกปูม้าระยะ zoea IV (อายุ 8 วัน) ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 70,000, 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม.

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	1.450	1.475	1.575	3.575	3.500	4.000
2	1.700	1.300	1.250	3.375	3.275	3.625
3	1.150	1.125	0.850	3.800	3.550	3.250
4	1.125	1.000	1.500	3.250	3.200	3.500
5	1.325	1.125	1.225	3.400	4.025	3.250
6	1.700	1.575	1.700	3.525	3.650	3.375
7	1.725	1.275	1.725	3.125	4.050	3.950
8	1.225	1.050	1.275	3.000	3.525	3.100

9	1.575	0.950	1.175	2.500	2.900	3.500
10	1.250	1.575	0.975	3.625	3.625	2.625

T1 : 70,000 ตัว/ลบ.ม.

T2 : 100,000 ตัว/ลบ.ม.

T3 : 130,000 ตัว/ลบ.ม.

ตารางที่ 16 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 70,000, 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
70,000 ตัว/ลบ.ม.	10	1.423±0.238	3.318±0.374
100,000 ตัว/ลบ.ม.	10	1.245±0.233	3.530±0.351
130,000 ตัว/ลบ.ม.	10	1.325±0.295	3.418±0.404

ตารางที่ 17 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ที่ความหนาแน่น 70,000, 100,000 และ 130,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-28.2	27.9-29.0	8.10-8.50	178-193	0.248-0.844	0.234-0.500	5.9-6.7
2	27.0-28.2	27.9-29.0	8.19-8.53	179-195	0.018-0.144	0.500-1.251	6.0-6.8
3	27.0-28.2	27.9-29.0	8.26-8.45	169-183	0.144-0.469	0.500-1.450	5.7-6.7

ชุดการทดลองที่ 1 : 70,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 : 100,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 : 130,000 ตัว/ลบ.ม.

การอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab

การอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่า ลูกปูที่ความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการตาย 33.01, 26.79 และ 24.72% ลูกปูที่ความหนาแน่น 25,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการตาย 20.04, 20.53 และ 23.87% ส่วนลูกปูที่ความหนาแน่น 30,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการตาย 14.46, 13.61 และ 13.37% ตามลำดับ (ตารางที่ 18) อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 28.17±4.31, 21.48±2.09 และ 13.81±0.57 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปูที่ความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการตายสูงกว่าลูกปูที่ความหนาแน่น 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. และที่ความหนาแน่น 25,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการตายสูงกว่าที่ความหนาแน่น 30,000 ตัว/ลบ.ม. ($P<0.05$) (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 อัตราการตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 20,000, 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการตาย (%)
20,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	36,000	11,885	33.01
2	36,000	9,646	26.79
3	36,000	8,900	24.72
25,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	45,000	9,016	20.04

2	45,000	9,240	20.53
3	45,000	10,744	23.87
30,000 ตัว/ลบ.ม.			
1	54,000	7,809	14.46
2	54,000	7,352	13.61
3	54,000	7,220	13.37

ตารางที่ 19 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 20,000, 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
20,000 ตัว/ลบ.ม.	3	24.72	33.01	28.17±4.31 ^a
25,000 ตัว/ลบ.ม.	3	20.04	23.88	21.48±2.09 ^b
30,000 ตัว/ลบ.ม.	3	13.37	14.46	13.81±0.57 ^c

a, b, c : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากการสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 19 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว มาวัดขนาด พบว่า ความกว้างกระดองของลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 20,000, 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. อยู่ระหว่าง 2.375-5.375, 2.925-7.750 และ 3.375-6.000 มม. ส่วนความยาวกระดองอยู่ระหว่าง 2.200-4.625, 2.250-3.700 และ 2.875-3.750 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูที่ความหนาแน่นต่างกันอยู่ที่ 4.018±0.865, 3.735±0.567 และ 4.555±0.938 มม. ส่วนความยาวกระดองเฉลี่ยอยู่ที่ 3.183±0.619, 3.148±0.409 และ 3.398±0.329 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 21) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความกว้างกระดองและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน อุณหภูมิน้ำช่วงเช้าอยู่ในช่วง 27.0-29.0°ซ และช่วงบ่าย 28.0-29.0°ซ ความเป็นกรด-ด่าง 8.06-8.41 ความเป็นด่าง 148-179 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.105-2.581 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.083-1.251 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5.5-6.5 มก./ลิตร (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 20 ขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab (อายุ 19 วัน) ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 20,000, 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	3.800	3.250	6.000	3.000	2.875	3.750
2	4.000	3.750	4.425	3.500	3.125	3.350
3	4.375	3.575	4.500	3.125	2.925	3.000
4	4.750	3.975	4.725	3.375	3.425	3.625
5	4.375	2.925	3.400	3.000	3.050	3.175
6	5.375	4.425	4.625	4.625	3.700	3.625
7	4.250	3.850	4.875	3.125	3.375	3.675
8	4.000	3.100	6.000	3.125	2.250	3.750

9	2.375	3.750	3.625	2.200	3.250	3.150
10	2.875	4.750	3.375	2.750	3.500	2.875

T1 : 20,000 ตัว/ลบ.ม.

T2 : 25,000 ตัว/ลบ.ม.

T3 : 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ตารางที่ 21 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูมีระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 20,000, 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
20,000 ตัว/ลบ.ม.	10	4.018±0.865	3.183±0.619
25,000 ตัว/ลบ.ม.	10	3.735±0.567	3.148±0.409
30,000 ตัว/ลบ.ม.	10	4.555±0.938	3.398±0.329

ตารางที่ 22 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ความหนาแน่น 20,000, 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-29.0	28.0-29.0	8.06-8.35	151-179	0.388-2.581	0.083-0.936	5.5-6.5
2	27.0-29.0	28.0-29.0	8.21-8.37	150-171	0.105-2.181	0.500-1.251	5.8-6.5
3	27.0-29.0	28.0-29.0	8.11-8.41	148-168	0.322-2.356	0.211-0.646	5.7-6.5

ชุดการทดลองที่ 1 : 20,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 2 : 25,000 ตัว/ลบ.ม.

ชุดการทดลองที่ 3 : 30,000 ตัว/ลบ.ม.

วิจารณ์ผล

การอนุบาลลูกปูมีระยะ zoea I ถึง zoea IV ในการทดลองครั้งที่ 1 ลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 50,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ 100,000 และ 150,000 ตัว/ลบ.ม. ($P<0.05$) ในการทดลองครั้งที่ 2 ลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ 100,000 ตัว/ลบ.ม. และ 130,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลการทดลองทั้ง 2 ครั้ง เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ลูกปูที่อนุบาลทั้งความหนาแน่น 50,000 และ 70,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ความหนาแน่นตั้งแต่ 100,000 ตัว/ลบ.ม. ขึ้นไป ในเชิงธุรกิจ การอนุบาลลูกปูช่วงระยะดังกล่าวที่ความหนาแน่นที่ 70,000 ตัว/ลบ.ม. จึงคุ้มค่ากว่าที่ 50,000 ตัว/ลบ.ม. ถึงแม้อัตราการรอดตายของลูกปูที่ความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. สูงกว่าที่ 100,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่จำนวนลูกปูที่เหลือรอดต่อหน่วยมีน้อยกว่า ในประเด็นนี้จึงควรมีการศึกษาต้นทุนการผลิตในโอกาสต่อไป การอนุบาลลูกปูที่ความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. สามารถประหยัดในส่วนของค่าอาหารและลูกพันธุ์แต่ที่ความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. ประหยัดค่าแรงงานและปริมาณน้ำต้นทุนการผลิตจึงขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายทางด้านใดมากกว่ากัน การศึกษาครั้งนี้ อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่ความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. อยู่ที่ $51.50\pm1.32\%$ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ $59.63\pm2.59\%$ ในการทดลองครั้งที่ 2 แต่การทดลองอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ด้วยอาหารมีชีวิตที่ความหนาแน่นเดียวกันก่อนหน้านี้ (วารินทร์และคณะ, อยู่ระหว่างจัดทำรายงาน) มีอัตราการรอดตายสูงสุดอยู่ที่ $76.65\pm1.67\%$

ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าพอใจ อัตรารอดตายของลูกปูในการทดลองแต่ละครั้งค่อนข้างแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแม่พันธุ์ที่ใช้เป็นแหล่งพันธุ์ ดังนั้น ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV จึงน่าจะอยู่ในช่วง 70,000-100,000 ตัว/ลบ.ม. การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า ลูกปูระยะ zoea IV เมื่อเก็บเกี่ยวในการทดลองครั้งที่ 2 มีขนาดใหญ่กว่าลูกปูในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงแม้ลูกปูที่เหลืรอดต่อหน่วยมีจำนวนมากกว่า ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับขนาดและคุณภาพของแม่พันธุ์ที่ใช้เป็นแหล่งพันธุ์ในการทดลองแต่ละครั้ง

ส่วนการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) โดยไม่ได้ให้แพลงก์ตอนพืชและไม่ได้เติมน้ำเทียมในการทดลองครั้งที่ 1 ปรากฏว่า ที่ความหนาแน่น 10,000 ตัว/ลบ.ม. ลูกปูมีอัตราการตายเฉลี่ยถึง $55.50 \pm 7.13\%$ ซึ่งมากกว่าที่ 20,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. กว่าเท่าตัว และลูกปูที่เหลืรอดต่อหน่วยมีจำนวนมากกว่าทั้ง 2 ความหนาแน่นอีกด้วย ในการทดลองครั้งที่ 2 การอนุบาลลูกปูช่วงระยะดังกล่าวมีการเติมน้ำเทียมเพื่อช่วยในการพรางตัวโดยคาดหวังให้สามารถรองรับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น ลูกปูช่วงระยะนี้ไม่กินแพลงก์ตอนพืช การใส่ *Chlorella* หรือ *Chaetoceros* ลงไปในถังอนุบาลเมื่อแพลงก์ตอนเหล่านี้เพิ่มจำนวนเต็มที่และตาย ทำให้เป็นปัญหาต่อคุณภาพน้ำและสุขภาพสัตว์น้ำ การใช้สีน้ำเทียมช่วยลดปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ลูกปูที่อนุบาลที่ความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. มีอัตราการตายสูงกว่าที่ 25,000 และ 30,000 ตัว/ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูที่ความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. อยู่ที่ $28.17 \pm 4.31\%$ ซึ่งมากกว่าที่ความหนาแน่นเดียวกันในการทดลองครั้งที่ 1 ($24.73 \pm 1.35\%$) เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสีน้ำเทียมที่ใส่ในถังทดลองน้อยเกินไป (ไม่สามารถวัดความโปร่งแสงด้วย secchi disc ได้) ซึ่งอาจจะต้องมีการทดลองระดับความโปร่งแสงที่เหมาะสมในโอกาสต่อไป อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูที่ความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. ในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของวารินทร์และคณะ (2547) ที่ทดลองอนุบาลลูกปูม้าโดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด ซึ่งอยู่ที่ $30.10 \pm 1.89\%$ แต่ในการศึกษาความเต็มของน้ำที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้าที่ความหนาแน่นเดียวกันนี้ ลูกปูมีอัตราการตายสูงสุดที่ $39.16 \pm 2.47\%$ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแม่พันธุ์ที่ใช้เป็นแหล่งพันธุ์ อาหารและการดูแลเอาใจใส่ของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab จึงน่าจะอยู่ในช่วง 10,000-20,000 ตัว/ลบ.ม. สำหรับขนาดเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองของการทดลองแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับจำนวนลูกปูที่เหลืรอดมากกว่าความหนาแน่น โดยทั่วไป ลูกปูระยะ young crab ในการทดลองครั้งที่ 2 มีขนาดใหญ่กว่าลูกปูในการทดลองครั้งที่ 1 เนื่องจากมีลูกปูบางตัวสามารถลอกคราบกระดองใหม่อีกครั้งทำให้ขนาดเพิ่มขึ้น

สำหรับคุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าทั้ง 2 ช่วง ในแต่ละการทดลองส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำบางช่วงเวลาเกินมาตรฐานที่กำหนดสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) และปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่อนุบาลลูกปูในบางช่วงเกินกว่า 0.1 มก./ลิตร อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำในกรณีที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (คณิตและคณะ, 2537) การตรวจพบแอมโมเนียรวมและไนไตรท์ในปริมาณค่อนข้างสูงในบางช่วงเวลา อาจสืบเนื่องจากการเน่าเสียของลูกปูและอาหารมีชีวิตบางส่วนที่ตาย ซึ่งอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันแทนการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวัน

ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำต่ออัตราการตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้า เพื่อให้ลูกปูมีอัตราการตายสูงที่สุดและการเจริญเติบโตดีที่สุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกัน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเตรียมน้ำ

น้ำที่ใช้ในการทดลองเตรียมในบ่อคอนกรีตขนาด 10 ลบ.ม. จำนวน 3 บ่อ น้ำที่เตรียมมีความเค็ม 30, 27, 25 และ 23 ppt ตามระยะเวลาที่ต้องการใช้น้ำทั้ง 3 บ่อ ที่เตรียมในแต่ละระยะเวลามีความเค็มเดียวกัน แต่ปรับให้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่างกันในแต่ละบ่อที่ 8.0, 8.5 และ 9.0 การปรับเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความเป็นกรด-ด่างในน้ำโดยใช้น้ำปูนขาว (Ca(OH)_2) และกรดเกลือ (HCl) ตามลำดับ โดยค่อยๆเติมสารเคมีดังกล่าวทีละน้อยจนกว่าวัดค่าได้ตามต้องการ ระหว่างพักน้ำในบ่อให้อากาศตลอดเวลา

การวางแผนการทดลอง

การทดลองอนุบาลลูกปูม้าโดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างกันแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab โดยวางแผนการทดลองแต่ละช่วงแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) การทดลองแต่ละช่วงแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ การอนุบาลลูกปูโดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความเป็นกรด-ด่าง 8.0

ชุดการทดลองที่ 2 ความเป็นกรด-ด่าง 8.5

ชุดการทดลองที่ 3 ความเป็นกรด-ด่าง 9.0

การเตรียมลูกพันธุ์ปูม้า

ลูกปูที่ใช้ในการทดลองเป็นลูกปูที่ฟักจากไข่สีน้ำตาลที่แยกจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองที่รวบรวมจากโรงต้มและแกะเนื้อปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม การแยกไข่ออกจากตับปิ้ง การทำความสะอาดไข่อุปและ การบ่มฟักไข่อุปดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้ว

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูม้า

การรวบรวมและประเมินลูกปูเพื่อให้ได้ในแต่ละถังทดลองจำนวน 9 ถัง ด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้ลูกปูแรกฟักที่ใช้สำหรับการทดลองช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละถังมีจำนวนประมาณ 126,000 ตัว/ปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม หรือความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. ส่วนลูกปูระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ที่ใช้สำหรับการทดลองช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละถังมีจำนวนประมาณ 27,000 ตัว/ปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม หรือความหนาแน่น 15,000 ตัว/ลบ.ม. การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูระยะ young crab เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยนับลูกปูทุกตัวในแต่ละถัง

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้า

ชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิตที่ให้ลูกปูแต่ละระยะดังแสดงในตารางที่ 1 โดยให้อาหารวันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้าในการทดลอง

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร
1	zoea I	โรติเฟอร์	2 ตัว/มล.
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5 เซลล์/มล.
2-4	zoea I-II	โรติเฟอร์	1.5 ตัว/มล.
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5 เซลล์/มล.
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.20 ตัว/มล.
5-8	zoea II-zoea IV	ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.50 ตัว/มล.
9-10	zoea IV-megalopa	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	0.1-0.2 ตัว/มล.
		ไข่ตุ๋น	15-30 กรัม
11-14	megalopa-young crab	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	0.02-0.03 ตัว/มล.
		ไข่ตุ๋น	30-50 กรัม
15-19	young crab	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	0.02-0.12 ตัว/มล.
		ไข่ตุ๋น	40-60 กรัม

การเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอน

ระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลอง มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำพร้อมปรับลดความเค็มในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาลในปริมาณ 30% โดยลดความเค็มจาก 30 เป็น 27, 25 และ 23 ppt ตามลำดับ และดูดตะกอนกันถึงในวันที่ 4, 6 และ 8 ของการอนุบาลด้วยท่อ PVC ที่ปลายด้านหนึ่งทำเป็นรูปปากกลาม สำหรับการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในวันที่ 3, 5, 7 และ 9 ของการอนุบาลในปริมาณ 20 % และดูดตะกอนกันถึงในวันที่ 4, 6, 8 และ 10 ของการอนุบาล

การให้ที่หลบซ่อน

ในการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa เกือบหมดใส่สาหร่ายเทียมซึ่งทำด้วยเชือกพลาสติกสีเขียวอ่อนที่ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 25 ซม. โดยสอดเชือกพลาสติกที่ยาวเท่ากัน 2 ด้าน ดังกล่าวไปตามความยาวของเชือกไนลอนเป็นระยะๆ ซึ่งยาวประมาณ 40 ซม.

โดยมีระยะห่างประมาณ 5 ซม. จากนั้นคลี่เชือกพลาสติกออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วฉีกเป็นเส้นเล็กๆ จนหมดปลายด้านหนึ่งของเชือกในลอนผูกติดกับทุ่นลอย และปลายหนึ่งผูกติดกับค้ำถ่วงไว้ในถังทดลองทุกถังละ 25 อัน เพื่อให้เป็นที่หลบซ่อน (วารินทร์และคณะ, 2547)

การดำเนินการอื่นๆ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปู การเก็บผลการทดลอง การสัมนับตัวอย่างลูกปูเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดำเนินการเช่นเดียวกับในงานวิจัยอื่นๆ ก่อนหน้านี้

ผลการศึกษา

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่างกัน ปรากฏว่าลูกปูในแต่ละถังที่เติมน้ำ pH 8.0 มีอัตราการรอดตาย 57.14, 59.38 และ 63.24% ที่เติมน้ำ pH 8.5 มีอัตราการรอดตาย 69.39, 73.49 และ 72.10% ส่วนที่เติมน้ำ pH 9.0 มีอัตราการรอดตาย 51.83, 44.01 และ 51.28% (ตารางที่ 2) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 59.92 ± 3.09 , 71.66 ± 2.09 และ $49.04 \pm 4.36\%$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
ความเป็นกรด-ด่าง 8.0			
1	129,500	74,000	57.14
2	128,000	76,000	59.38
3	126,500	80,000	63.24
ความเป็นกรด-ด่าง 8.5			
1	129,700	90,000	69.39
2	127,900	94,000	73.49
3	127,600	92,000	72.10
ความเป็นกรด-ด่าง 9.0			
1	131,200	68,000	51.83
2	131,800	58,000	44.01
3	128,700	66,000	51.28

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
ความเป็นกรด-ด่าง 8.0	3	57.14	63.24	59.92 ± 3.09^b
ความเป็นกรด-ด่าง 8.5	3	69.39	73.49	71.66 ± 2.09^a

ความเป็นกรด-ด่าง 9.0	3	44.01	51.83	49.04±4.36 ^c
----------------------	---	-------	-------	-------------------------

a, b, c : อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การสับนับตัวอย่างลูกปูระยะ zoea I ชุดการทดลองละ 10 ตัว และเก็บถนอมไว้ในฟอร์มาลินความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาดในเวลาต่อมา ปรากฏว่า ความกว้างส่วนหัวของลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำ pH 8.0, 8.5 และ 9.0 อยู่ในช่วง 1.000-1.250, 1.000-1.700 และ 0.925-1.375 มม. ความยาวของลูกปูอยู่ในช่วง 2.500-3.125, 3.000-4.500 และ 2.750-3.750 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 1.115 ± 0.093 , 1.475 ± 0.219 และ 1.148 ± 0.141 มม. ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.5 มีความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำ pH 8.0 และ 9.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ความยาวเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 2.770 ± 0.176 , 3.573 ± 0.555 และ 3.013 ± 0.309 มม. ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.5 มีความยาวเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำ pH 8.0 และ 9.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ขนาดของลูกปูม้าระยะ zoea IV ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	1.000	1.250	1.125	2.750	3.000	3.750
2	1.125	1.000	0.925	2.750	3.250	2.750
3	1.250	1.650	1.250	3.000	3.250	2.750
4	1.075	1.700	1.000	2.625	4.500	2.875
5	1.200	1.375	1.000	2.750	3.125	3.000
6	1.250	1.425	1.125	3.125	3.125	3.250
7	1.125	1.625	1.175	2.700	4.250	3.125
8	1.050	1.500	1.250	2.500	3.225	2.750
9	1.075	1.600	1.375	2.750	4.125	3.000
10	1.000	1.625	1.250	2.750	3.875	2.875

t1 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.0

t2 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.5

t3 : ความเป็นกรด-ด่าง 9.0

ตารางที่ 5 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
ความเป็นกรด-ด่าง 8.0	10	1.115 ± 0.093^b	2.770 ± 0.176^b
ความเป็นกรด-ด่าง 8.5	10	1.475 ± 0.219^a	3.573 ± 0.555^a
ความเป็นกรด-ด่าง 9.0	10	1.148 ± 0.141^b	3.013 ± 0.309^b

a, b : ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 อุณหภูมิน้ำทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่ายระหว่างชุดการทดลองใกล้เคียงกัน แต่มีความผันผวนค่อนข้างสูง โดยช่วงเช้าผันแปรอยู่ระหว่าง 21.6-29.7°C ช่วงบ่ายอยู่ระหว่าง 22.4-30.9°C ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใกล้เคียงกันโดยผันแปรอยู่ระหว่าง 6.7-7.7 มก./ลิตร ส่วนปริมาณไนโตรเจนในไตรท์ในแต่ละชุดการทดลองอยู่ระหว่าง 0.030-0.680, 0.140-0.520 และ 0.060-0.150 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.010-1.120, 0.070-0.890 และ 0.060-0.550 มก./ลิตร ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่กำหนดในการทดลองมีความผันผวนอยู่ในช่วง 8.01-8.24, 8.31-8.63 และ 8.60-9.10 และส่งผลให้ความเป็นด่างผันแปรอยู่ในช่วง 150-205, 257-290 และ 214-316 มก./ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	21.7-29.7	22.5-30.8	8.01-8.24	150-205	0.030-0.680	0.010-1.120	6.7-7.7
2	21.6-29.5	22.4-30.5	8.31-8.63	257-290	0.140-0.520	0.070-0.890	6.7-7.7
3	21.6-29.5	22.4-30.9	8.60-9.10	214-316	0.060-0.150	0.060-0.550	6.7-7.6

ชุดการทดลองที่ 1 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.0

ชุดการทดลองที่ 2 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.5

ชุดการทดลองที่ 3 : ความเป็นกรด-ด่าง 9.0

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่างกัน พบว่าลูกปูในถังที่เติมน้ำ pH 8.0 มีอัตราการรอดตาย 20.44, 26.28 และ 24.19% ที่เติมน้ำ pH 8.5 มีอัตราการรอดตาย 23.46, 22.24 และ 29.70% ส่วนที่เติมน้ำ pH 9.0 มีอัตราการรอดตาย 9.89, 12.72 และ 10.98% (ตารางที่ 7) อัตราการตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 23.64 ± 2.96 , 25.13 ± 4.00 และ 11.20 ± 1.43 % ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.5 มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าที่ใช้น้ำ pH 8.0 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่ใช้น้ำ pH 9.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 อัตราการตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการตาย (%)
ความเป็นกรด-ด่าง 8.0			
1	27,000	5,520	20.44
2	27,000	7,095	26.28
3	27,000	6,530	24.19
ความเป็นกรด-ด่าง 8.5			
1	27,000	6,335	23.46
2	27,000	6,005	22.24
3	27,000	8,020	29.70

ความเป็นกรด-ด่าง 9.0

1	27,000	2,670	9.89
2	27,000	3,435	12.72
3	27,000	2,965	10.98

ตารางที่ 8 อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราอดตายต่ำสุด (%)	อัตราอดตายสูงสุด (%)	อัตราอดตายเฉลี่ย (%)
ความเป็นกรด-ด่าง 8.0	3	20.44	26.28	23.64±2.96 ^a
ความเป็นกรด-ด่าง 8.5	3	22.24	29.70	25.13±4.00 ^a
ความเป็นกรด-ด่าง 9.0	3	9.89	12.72	11.20±1.43 ^b

a, b : อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูระยะ young crab ชุดการทดลองละ 10 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.0, 8.5 และ 9.0 มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.008-0.019, 0.010-0.025 และ 0.005-0.009 กรัม ความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 3.750-4.750, 4.000-5.000 และ 4.050-4.975 มม. และความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.250-3.000, 2.200-3.250 และ 2.225-3.000 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 9) น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 0.015 ± 0.004 , 0.015 ± 0.005 , และ 0.008 ± 0.001 กรัม ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.0 และ 8.5 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำ pH 9.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 4.103 ± 0.319 , 4.510 ± 0.303 และ 4.543 ± 0.323 มม. ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำ pH 8.5 และ 9.0 มีความกว้างกระดองเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำ pH 8.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 2.653 ± 0.218 , 2.640 ± 0.300 และ 2.650 ± 0.258 มม. ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 น้ำหนักและขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ลูกปูตัวที่	น้ำหนัก (กรัม)			ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	0.015	0.010	0.005	4.300	4.250	4.325	2.750	2.600	2.800
2	0.019	0.020	0.006	3.750	4.625	4.750	2.375	2.750	2.800
3	0.018	0.018	0.008	4.000	4.625	4.275	2.750	2.675	2.500
4	0.018	0.017	0.008	4.000	4.550	4.925	2.500	2.625	2.500
5	0.010	0.010	0.009	4.250	4.500	4.975	2.675	2.875	2.625
6	0.000	0.013	0.006	4.175	4.875	4.500	2.750	2.675	3.000
7	0.018	0.012	0.008	4.750	4.000	4.050	3.000	2.200	2.925
8	0.017	0.025	0.008	3.750	5.000	4.250	2.750	3.250	2.225
9	0.012	0.011	0.008	4.300	4.200	4.875	2.725	2.250	2.325

10	0.017	0.013	0.008	3.750	4.475	4.500	2.250	2.500	2.800
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

T1 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.0
T2 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.5
T3 : ความเป็นกรด-ด่าง 9.0

ตารางที่ 10 น้ำหนักและขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
ความเป็นกรด-ด่าง 8.0	10	0.015±0.004 ^a	4.103±0.319 ^b	2.653±0.218
ความเป็นกรด-ด่าง 8.5	10	0.015±0.005 ^a	4.510±0.303 ^a	2.640±0.300
ความเป็นกรด-ด่าง 9.0	10	0.008±0.001 ^b	4.543±0.323 ^a	2.650±0.258

a, b : น้ำหนักและความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังทดลองทั้ง 3 ถัง ของแต่ละชุดการทดลอง ปรากฏว่าคุณภาพน้ำโดยทั่วไปในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ระหว่างชุดการทดลองใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิในช่วงเช้าผันแปรอยู่ระหว่าง 25.5-26.6°C ช่วงบ่าย 26.8-27.6°C ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.2-6.8 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0.010-0.690 มก./ลิตร และปริมาณแอมโมเนีย 0.100-1.86 มก./ลิตร ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่กำหนดในการทดลองผันผวนอยู่ในช่วง 7.91-8.21, 8.31-8.53 และ 8.61-8.90 และส่งผลให้ความเป็นด่างผันแปรอยู่ในช่วง 160-197, 210-255 และ 229-306 มก./ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.0, 8.5 และ 9.0

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	25.5-26.5	26.8-27.5	7.91-8.21	160-197	0.010-0.690	0.130-1.860	6.2-6.8
2	25.5-26.6	26.8-27.6	8.31-8.53	210-255	0.020-0.560	0.100-1.700	6.4-6.8
3	25.5-26.5	26.8-27.6	8.61-8.90	229-306	0.020-0.580	0.130-1.570	6.3-6.8

ชุดการทดลองที่ 1 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.0

ชุดการทดลองที่ 2 : ความเป็นกรด-ด่าง 8.5

ชุดการทดลองที่ 3 : ความเป็นกรด-ด่าง 9.0

วิจารณ์ผล

การเตรียมน้ำให้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามที่กำหนดค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ปรับไว้ก่อนนำไปใช้ในการทดลองและที่פקไว้สำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำมักไม่ค่อยเสถียร น้ำที่ใช้ในการทดลองจึงมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกับที่กำหนดเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ระหว่างการอนุบาลลูกปู

น้ำทั้งช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ได้ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำร่วมกับ parameter อื่นๆทุกวันเพื่อตรวจสอบด้วย

การศึกษาในครั้งนี้ ลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้ น้ำ pH 8.5 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ น้ำ pH 8.0 และ 9.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำ pH 8.5 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าที่ใช้ น้ำ pH 8.0 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่ใช้ น้ำ pH 9.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ น้ำ pH 8.0 และ 8.5 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้ น้ำ pH 9.0 และลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ น้ำ pH 8.5 และ 9.0 มีความกว้างกระดองเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้ น้ำ pH 8.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ผลการทดลองโดยรวมแสดงให้เห็นว่า น้ำที่มี pH 8.5 มีความเหมาะสมในการอนุบาลลูกปูมากกว่าที่ pH 8.0 และ 9.0 การผลิตพันธุ์ปู *Portunus trituberculatus* ในประเทศญี่ปุ่น มักใช้ น้ำที่ปรับ pH ให้อยู่ที่ 9.25 ในการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง crab I เพื่อป้องกันหรือลดการติดเชื้อรา *Halocrusticida okinawaensis* ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับผลผลิต (Yasunobu *et al.*, 1997) ในการอนุบาลลูกปูนี้อาจประสบปัญหาติดเชื้อราได้เช่นเดียวกัน จึงควรมีการศึกษาเพื่อหลีกเลี่ยงหรือป้องกันการติดเชื้อราด้วยวิธีการเดียวกันในโอกาสต่อไป

ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูแต่ละช่วง แสดงให้เห็นว่า น้ำที่ปรับ pH ไว้ที่ 8.5 มีความผันผวนระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในช่วง 8.31-8.63 และมีความผันผวนระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในช่วง 8.31-8.53 ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกัน pH ของน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเป็นด่าง (alkalinity) โดยน้ำที่มี pH ผันผวนในช่วง 8.31-8.63 ระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV มีความเป็นด่างผันแปรในช่วง 257-290 มก./ลิตร และน้ำที่มี pH ผันผวนในช่วง 8.31-8.53 ระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab มีความเป็นด่างผันแปรในช่วง 210-255 มก./ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเป็นด่างของน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูทั้ง 2 ช่วง ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งทะเลในโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร ซึ่งปรับค่าความเป็นด่างของน้ำให้อยู่ในช่วง 100-120 มก./ลิตร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความเป็นด่างของน้ำมีส่วนสำคัญในขั้นตอนการลอกคราบและสร้างเปลือกหรือกระดองใหม่ในการเจริญเติบโตแต่ละครั้งของลูกปู สำหรับความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูจะได้ทำการศึกษาอีกครั้งเพื่อยืนยันกับผลการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนปริมาณไนไตรท์ แอมโมเนีย และออกซิเจนละลายน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูทั้ง 2 ช่วง เปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกับน้ำที่ใช้อนุบาลลูกปูในงานวิจัยอื่นๆก่อนหน้านี้ ยกเว้น อุณหภูมิของน้ำซึ่งผันผวนค่อนข้างมากระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยช่วงเช้าอุณหภูมิของน้ำผันแปรอยู่ระหว่าง 21.6-29.7°C และช่วงบ่ายระหว่าง 22.4-30.9°C อุณหภูมิของน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab มีความผันผวนน้อยกว่า โดยในช่วงเช้าอยู่ระหว่าง 25.5-26.6°C ช่วงบ่ายอยู่ระหว่าง 26.8-27.6°C การที่อุณหภูมิของน้ำผันผวนมากย่อมส่งผลต่อสุขภาพและอัตราการรอดตายของลูกปู

ผลของความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำต่ออัตราการตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้า เพื่อให้ลูกปูมีอัตราการตายสูงสุดและการเจริญเติบโตดีที่สุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการตายของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV และระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเตรียมน้ำ

น้ำที่ใช้ในการทดลองเตรียมในบ่อคอนกรีตขนาด 10 ลบ.ม. จำนวน 3 บ่อ น้ำที่เตรียมมีความเค็ม 30, 27, 25 และ 23 ppt ตามระยะเวลาที่ต้องการใช้น้ำทั้ง 3 บ่อ ที่เตรียมในแต่ละระยะเวลามีความเค็มเดียวกัน แต่ปรับให้มีความเป็นด่างต่างกันในแต่ละบ่อที่ 100, 150 และ 200 มก./ลิตร การปรับเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความเป็นด่างในน้ำโดยใช้น้ำปูนขาว (Ca(OH)_2) และกรดเกลือ (HCl) ตามลำดับ โดยค่อยๆเติมสารเคมีดังกล่าวทีละน้อยจนกว่าวัดค่าได้ตามต้องการ ระหว่างพักน้ำในบ่อให้อากาศตลอดเวลา

การวางแผนการทดลอง

การทดลองอนุบาลลูกปูม้าโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่างต่างกันแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab โดยวางแผนการทดลองแต่ละช่วงแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) การทดลองแต่ละช่วงแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ การอนุบาลลูกปูโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

การเตรียมลูกพันธุ์ปูม้า

ลูกปูที่ใช้ในการทดลองเป็นลูกปูที่ฟักจากไข่สีน้ำตาลที่แยกจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองที่ซื้อจากแพตำบลพันท้ายนรสิงห์ อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสาคร การแยกไข่นอกจากตับปิ้ง การทำความสะอาดไข่นู และการบ่มฟักไข่นูดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้ว

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูม้า

การรวบรวมและประเมินลูกปูเพื่อใส่ในแต่ละถังทดลองจำนวน 9 ถัง ด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้ลูกปูแรกฟักที่ใช้สำหรับการทดลองช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละถังมีจำนวนประมาณ 126,000 ตัว/ปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม หรือความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม. ส่วนลูกปูระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ที่ใช้สำหรับการทดลองช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละถังมีจำนวนประมาณ 36,000 ตัว/ปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม หรือความหนาแน่น 20,000 ตัว/ลบ.ม. การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูระยะ young crab เมื่อสิ้นสุดการทดลองโดยนับลูกปูทุกตัวในแต่ละถัง

ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้า

ชนิดและปริมาณอาหารมีชีวิตที่ให้ลูกปูแต่ละระยะดังแสดงในตารางที่ 1 โดยให้อาหารวันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.30 และ 23.00 น.

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณอาหารที่ให้ลูกปูม้าในการทดลอง

วันที่อนุบาล	ระยะลูกปู	ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหาร
1	zoea I	โรติเฟอร์	2 ตัว/มล.
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5 เซลล์/มล.
2-4	zoea I-II	โรติเฟอร์	1.5 ตัว/มล.
		คลอเรลลา	10^4 - 10^5 เซลล์/มล.
		ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.20 ตัว/มล.
5-8	zoea II-zoea IV	ไรน้ำเค็มแรกฟัก	0.50 ตัว/มล.
9-10	zoea IV-megalopa	ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน	0.1-0.2 ตัว/มล.
		ไข่ตุ๋น	15-30 กรัม
11-14	megalopa-young crab	ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	0.02-0.03 ตัว/มล.
		ไข่ตุ๋น	30-50 กรัม
15-19	young crab	ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	0.02-0.12 ตัว/มล.
		ไข่ตุ๋น	40-60 กรัม

การเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอน

ระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละการทดลอง มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำพร้อมปรับลดความเค็มในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาลในปริมาณ 30% โดยลดความเค็มจาก 30 เป็น 27, 25 และ 23 ppt ตามลำดับ และดูดตะกอนกันถึงในวันที่ 4, 6 และ 8 ของการอนุบาลด้วยท่อ PVC ที่ปลายด้านหนึ่งทำเป็นรูปปากกลาม สำหรับการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในวันที่ 3, 5, 7 และ 9 ของการอนุบาลในปริมาณ 20 % และดูดตะกอนกันถึงในวันที่ 4, 6, 8 และ 10 ของการอนุบาล

การให้ที่หลบซ่อน

ในการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa เกือบหมด ใส่สาหร่ายเทียมซึ่งทำด้วยเชือกพลาสติกสีเขียวอ่อนที่ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 25 ซม. โดยสอดเชือกพลาสติกที่ยาวเท่ากัน 2 ด้าน ดังกล่าวไปตามความยาวของเชือกไนลอนเป็นระยะๆ ซึ่งยาวประมาณ 40 ซม. โดยมี

ระยะห่างประมาณ 5 ซม. จากนั้นคลี่เชือกพลาสติกออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วฉีกเป็นเส้นเล็กๆ จนหมด ปลายด้านหนึ่งของเชือกในลอนผูกติดกับท่อนลอย และปลายหนึ่งผูกติดกับตุ้มถ่วงไว้ในถังทดลองทุกถังๆ ละ 25 อัน เพื่อให้เป็นที่หลบซ่อน (วารินทร์และคณะ, 2547)

การดำเนินการอื่นๆ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปู การเก็บผลการทดลอง การสุ่มนับตัวอย่างลูกปูเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดำเนินการเช่นเดียวกับในงานวิจัยอื่นๆ ก่อนหน้านี้

ผลการศึกษา

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน ปรากฏว่า ลูกปูในแต่ละถังที่เติมน้ำความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตาย 54.52, 52.47 และ 47.87% ที่เติมน้ำความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตาย 68.15, 81.17 และ 69.66% ส่วนที่เติมน้ำความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตาย 47.66, 50.43 และ 52.99% (ตารางที่ 2) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 51.62 ± 3.40 , 72.99 ± 7.12 และ $50.36 \pm 2.67\%$ ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 และ 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร			
1	122,900	67,000	54.52
2	131,500	69,000	52.47
3	131,600	63,000	47.87
ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร			
1	130,600	89,000	68.15
2	126,900	103,000	81.17
3	133,500	93,000	69.66
ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร			
1	132,200	63,000	47.66
2	128,900	65,000	50.43
3	134,000	71,000	52.99

ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร	3	47.87	54.52	51.62 ± 3.40^b

ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร	3	68.15	81.17	72.99±7.12 ^a
ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร	3	47.66	52.99	50.36±2.67 ^b

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การสุ่มนับตัวอย่างลูกปูระยะ zoea IV ชุดการทดลองละ 10 ตัว และเก็บถนอมไว้ในฟอรัมาลินความเข้มข้น 5% เพื่อวัดขนาดในเวลาต่อมา ปรากฏว่า ความกว้างส่วนหัวของลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร อยู่ในช่วง 1.050-1.375, 1.375-1.625 และ 1.000-1.500 มม. ความยาวของลูกปูอยู่ในช่วง 2.625-3.250, 3.000-4.250 และ 2.750-4.250 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 1.233 ± 0.113 , 1.478 ± 0.088 และ 1.250 ± 0.186 มม. ตามลำดับ ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีความกว้างส่วนหัวเฉลี่ยมากกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 และ 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ความยาวเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 3.048 ± 0.207 , 3.445 ± 0.437 และ 3.275 ± 0.489 มม. ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีความยาวมากกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่มากกว่าที่ใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ขนาดของลูกปูม้าระยะ zoea IV ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ลูกปูตัวที่	ความกว้างส่วนหัว (มม.)			ความยาวของลูกปู (มม.)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	1.125	1.500	1.250	3.250	3.200	4.000
2	1.250	1.625	1.000	2.750	4.250	4.250
3	1.250	1.500	1.500	3.000	3.625	3.250
4	1.375	1.375	1.375	3.125	3.125	3.125
5	1.125	1.375	1.125	3.125	3.125	2.750
6	1.350	1.500	1.000	3.250	3.500	2.750
7	1.375	1.425	1.125	3.175	3.125	3.250
8	1.250	1.575	1.375	3.050	4.125	3.125
9	1.175	1.525	1.250	3.125	3.375	3.000
10	1.050	1.375	1.500	2.625	3.000	3.250

t1 : ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

t2 : ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

t3 : ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

ตารางที่ 5 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าอายุ 8 วัน ที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำมีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างส่วนหัวเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของลูกปู (มม.)
ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร	10	1.233 ± 0.113^b	3.048 ± 0.207^b
ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร	10	1.478 ± 0.088^a	3.445 ± 0.437^a
ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร	10	1.250 ± 0.186^b	3.275 ± 0.489^{ab}

a, b : ความกว้างส่วนหัวและความยาวเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิในช่วงเช้าผันแปรอยู่ระหว่าง 25.8-29.5°C และช่วงบ่าย 27.9-29.1°C ปริมาณไนโตรเจน 0.009-0.056 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.020-0.403 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.6-6.9 มก./ลิตร ยกเว้นค่าความเป็นด่างของน้ำที่กำหนดในการทดลองมีความผันผวนอยู่ในช่วง 105-122, 156-176 และ 178-226 มก./ลิตร และส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างผันแปรอยู่ในช่วง 7.621-8.015, 8.010-8.222 และ 8.175-8.555 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH (มก./ลิตร)	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	25.8-29.5	27.9-29.1	7.621-8.015	105-122	0.009-0.055	0.020-0.308	6.6-6.8
2	25.8-29.5	27.9-29.1	8.010-8.222	156-176	0.015-0.056	0.034-0.368	6.7-6.9
3	25.8-29.5	27.9-29.1	8.175-8.555	178-226	0.015-0.055	0.021-0.403	6.8-6.9

ชุดการทดลองที่ 1 : ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่างต่างกัน พบว่า ลูกปูในถังที่เติมน้ำความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตาย 2.86, 6.21 และ 4.89% ที่เติมน้ำที่เติมน้ำความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตาย 9.51, 7.18 และ 6.81% ส่วนที่เติมน้ำที่เติมน้ำความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตาย 25.50, 16.01 และ 19.40% (ตารางที่ 7) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 4.65 ± 1.68 , 7.83 ± 1.47 และ $20.31 \pm 4.81\%$ ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าที่ใช้น้ำที่มีน้ำความเป็นด่าง 100 และ 150 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำมีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร			
1	36,000	1,030	2.86
2	36,000	2,235	6.21
3	36,000	1,760	4.89
ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร			
1	36,000	3,425	9.51
2	36,000	2,585	7.18

3	36,000	2,450	6.81
ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร			
1	36,000	9,180	25.50
2	36,000	5,765	16.01
3	36,000	6,985	19.40

ตารางที่ 8 อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราการรอดตายต่ำสุด (%)	อัตราการรอดตายสูงสุด (%)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)
ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร	3	2.86	6.21	4.65±1.68 ^b
ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร	3	6.80	9.51	7.83±1.47 ^b
ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร	3	16.01	25.50	20.31±4.81 ^a

a, b : อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การสุ่มตัวอย่างลูกปูระยะ young crab ชุดการทดลองละ 10 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ปรากฏว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 4.125-7.125, 5.000-7.000 และ 4.000-7.375 มม. และความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.500-4.250, 3.250-4.675 และ 2.750-4.500 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ลูกปูในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้างกระดองเฉลี่ย 5.850 ± 1.080 , 6.438 ± 0.673 และ 6.368 ± 0.941 มม. ความยาวกระดองเฉลี่ย 3.475 ± 0.555 , 3.825 ± 0.409 และ 3.760 ± 0.498 มม. ทั้งความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	6.875	6.750	6.750	3.800	4.675	4.500
2	5.125	7.000	4.000	3.875	4.000	2.750
3	4.125	5.000	7.375	3.750	3.250	3.375
4	6.000	7.000	6.200	4.250	4.000	3.875
5	4.250	6.250	6.750	2.500	3.625	4.350
6	6.500	6.875	6.375	2.750	3.875	4.000
7	5.375	7.000	6.050	3.000	4.125	3.875
8	7.125	6.625	6.125	3.750	3.625	3.750
9	6.750	5.625	6.950	3.500	3.375	3.625
10	6.375	6.250	7.100	3.875	3.700	3.500

T1 : ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

T2 : ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

T3 : ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

ตารางที่ 10 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (มม.)	ความยาวกระดองเฉลี่ย (มม.)
ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร	3	5.850±1.080	3.475±0.555
ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร	3	6.438±0.673	3.825±0.409
ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร	3	6.368±0.941	3.760±0.498

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในแต่ละชุดการทดลองใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิในช่วงเช้าผันแปรอยู่ระหว่าง 27.0-28.0°C และช่วงบ่าย 27.8-28.3°C ปริมาณไนโตรเจน 0.025-0.576 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.258-1.792 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.3-6.9 มก./ลิตร ยกเว้นค่าความเป็นด่างของน้ำที่กำหนดในการทดลองมีความผันผวนอยู่ในช่วง 107-135, 162-176 และ 215-245 มก./ลิตร และส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างผันแปรอยู่ในช่วง 7.610-7.927, 7.735-8.121 และ 8.210-8.713 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 100, 150 และ 200 มก./ลิตร

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-28.0	27.8-28.3	7.610-7.927	107-135	0.030-0.488	0.367-1.792	6.3-6.9
2	27.0-28.0	27.8-28.3	7.735-8.121	162-176	0.025-0.576	0.295-1.494	6.3-6.9
3	27.0-28.0	27.8-28.3	8.201-8.713	215-245	0.034-0.573	0.258-1.451	6.4-6.9

ชุดการทดลองที่ 1 : ความเป็นด่าง 100 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 : ความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 : ความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร

วิจารณ์ผล

การเตรียมน้ำให้มีความเป็นด่าง (alkalinity) ตามที่กำหนดค่อนข้างเป็นปัญหาเช่นเดียวกับการเตรียมน้ำให้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามต้องการ เนื่องจากค่าความเป็นด่างของน้ำที่ปรับไว้ก่อนนำไปใช้ในการทดลองและที่פקไว้สำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำมักไม่ค่อยเสถียร น้ำที่ใช้ในการทดลองจึงมีค่าความเป็นด่างใกล้เคียงกับที่กำหนดเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าทั้งช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV และช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ได้วิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำร่วมกับ parameter อื่นๆทุกวันเพื่อตรวจสอบด้วย

การศึกษาในครั้งนี้ ลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea I ถึง zoea IV โดยใช้น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 และ 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ยกเว้นความยาวเฉลี่ยของลูกปูที่อนุบาลโดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 150 มก./ลิตร

มากกว่าที่ใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนลูกปูที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 200 มก./ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าที่ใช้ น้ำที่มีความเป็นด่าง 100 และ 150 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ขนาดเฉลี่ยของลูกปูทั้ง 3 ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ผลการทดลองดังกล่าวประกอบกับผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูโดยน้ำที่ปรับความเป็นด่างไว้ที่ 150 มก./ลิตร มีความผันผวนระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV ในช่วง 156-176 มก./ลิตร และน้ำที่ปรับความเป็นด่างให้อยู่ที่ 200 มก./ลิตร มีความผันผวนระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในช่วง 215-245 มก./ลิตร แสดงให้เห็นว่า ความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปูม้าน่าจะอยู่ในช่วง 150-250 มก./ลิตร ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ใช้อนุบาลกุ้งทะเลในโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครซึ่งปรับความเป็นด่างของน้ำให้อยู่ในช่วง 100-120 มก./ลิตร ความเป็นด่างของน้ำน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับอย่างมากกับการลอกคราบและสร้างเปลือกหรือกระดองใหม่ในการเจริญเติบโตแต่ละครั้งของลูกปู แต่จะเกี่ยวข้องอย่างไรเป็นเรื่องที่ต้องศึกษาในโอกาสต่อไป

คุณภาพน้ำโดยทั่วไประหว่างการอนุบาลลูกปูทั้ง 2 ช่วง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนียในน้ำอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ที่ค่อนข้างสูงในบางเวลา สภาพะดังกล่าวน่าจะเป็นเพียงช่วงระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างน้อยวันเว้นวัน

ผลของที่หลบซ่อนต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของที่หลบซ่อนชนิดต่างๆต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปูม้าที่อนุบาลจากระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าจากระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเตรียมลูกพันธุ์ปูม้า

ลูกปูแรกฟักที่นำมาอนุบาลจนถึงระยะ zoea IV ก่อนนำไปใช้ในการทดลองแต่ละครั้งเป็นลูกปูที่ฟักจากไข่ที่แยกจากตับปิ้งปูไข่นอกกระดองตามวิธีของวารินทร์และคณะ (2545) ลูกปูที่ฟักในวันแรกมีปริมาณมากที่สุดจึงรวบรวมไปใส่บ่ออนุบาล การรวบรวมลูกปูแรกฟักโดยหยดให้อากาศเพื่อให้ไข่ที่ยังไม่ฟักจมลงก้นถัง ส่วนลูกปูว่ายขึ้นมามีอยู่บริเวณผิวน้ำ ใช้กระบอกตักทั้งน้ำและลูกปูใส่ในกะละมังพลาสติกเพื่อลำเลียงไปยังถังอนุบาล

การอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV

การอนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV (รูปที่ 1) ก่อนนำไปใช้ในการทดลองดำเนินการในถังไฟเบอร์ขนาด 2 ลบ.ม. ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 1.8 ลบ.ม. จำนวน 3 ถัง โดยปล่อยลูกปูแรกฟักถึงละ 180,000 ตัว (100,000 ตัว/ลบ.ม.) ระหว่างการอนุบาลปรับลดความเค็มของน้ำให้ลดลงมาอยู่ที่ 27, 25 และ 23 ppt ในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาล ตามลำดับ อาหารที่ให้ ได้แก่ โรติเฟอร่าและอาร์ทีเมีย การดูดตะกอนก้นบ่อและเปลี่ยนถ่ายน้ำดำเนินการในวันที่ 3, 5 และ 7 ของการอนุบาลในปริมาณ 30% ในวันที่ 9 ของการอนุบาลซึ่งลูกปูอยู่ในระยะ zoea IV ทำการเก็บเกี่ยวและประเมินจำนวนลูกปูไปใส่ในถังทดลอง



รูปที่ 1 ลูกปูม้าระยะ zoea

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูม้า

การรวบรวมลูกปูระยะ zoea IV โดยลดระดับน้ำ แล้วใช้กระบอกตักลูกปูพร้อมน้ำใส่ในกะละมังพลาสติกในปริมาณเทียบเคียงกับจำนวนลูกปู 2,000 ตัว ในกะละมังขนาดเดียวกันที่นับจำนวนไว้ก่อนแล้ว แล้วลำเลียงไปใส่ในถังทดลองที่มีน้ำทะเลความเค็ม 23 ppt ส่วนหนึ่งรองรับจนกระทั่งลูกปูในแต่ละ

ถึงได้จำนวนตามต้องการ จึงเติมน้ำความเค็มเดียวกันจนได้ปริมาตร 1.8 ลบ.ม. ดำเนินการเช่นนี้จนครบจำนวน 9 ถัง

การเตรียมที่หลบซ่อน

ที่หลบซ่อนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ ถาดทราย เชือกฟางสำหรับร่ายเทียม และแกลนสำหรับร่ายเทียม ถาดทรายโดยการนำทรายที่ล้างสะอาดใส่ในถาดพลาสติกขนาด 28x42.5x9.5 ซม. ให้มีระดับความสูง 5 ซม. และด้านข้างของถาดเจาะรูร้อยเชือกไว้สำหรับแขวนทั้ง 2 ข้าง (รูปที่ 2) เชือกฟางสำหรับร่ายเทียมทำด้วยเชือกพลาสติกสีเขียวอ่อนที่ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 25 ซม. โดยใช้เชือกพลาสติกยาวเท่ากัน 2 ด้าน การสอดเชือกพลาสติกดังกล่าวสอดไปตามความยาวของเชือกในลอนเป็นระยะๆ โดยมีระยะห่างประมาณ 5 ซม. จากนั้นคลี่เชือกพลาสติกออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วฉีกเป็นเส้นเล็กๆจนหมด ปลายด้านหนึ่งของเชือกในลอนผูกติดกับท่อนลอยและปลายข้างหนึ่งผูกติดกับตุ้มถ่วง (รูปที่ 3) แกลนสำหรับร่ายเทียมทำด้วยแกลนสีเขียวอ่อน โดยนำแกลนขนาดความยาว 70 ซม. ความกว้าง 40 ซม. พับทบกัน 2 ชั้น แล้วตัดเป็นเส้นขนาดความกว้าง 5 ซม. ทั้งผืนโดยตัดจากด้านปลายเปิดไปเกือบถึงรอยพับ ด้านล่างของแกลนสำหรับร่ายเทียมติดตุ้มถ่วง (รูปที่ 4)



รูปที่ 2 ถาดทราย



รูปที่ 3 เชือกฟางสำหรับร่ายเทียม



รูปที่ 4 แกลนสำหรับร่ายเทียม

การวางแผนการทดลองและดำเนินการ

การอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ zoea IV (อายุ 8 วัน) จนถึง young crab (7 วันหลังจากเข้าระยะ crab) โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ถาดทราย

ชุดการทดลองที่ 2 เชือกฟางสำหรับร่ายเทียม

ชุดการทดลองที่ 3 แกลนสำหรับร่ายเทียม

การทดลองดำเนินการในถังไฟเบอร์ขนาด 2 ลบ.ม. โดยลูกปูระยะ zoea IV ที่ปล่อยในแต่ละถังที่มีปริมาตรน้ำ 1.8 ลบ.ม. มีจำนวน 27,000 ตัว หรือความหนาแน่น 15,000 ตัว/ลบ.ม. อาหารที่ให้ลูกปู ได้แก่ ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน อายุ 5-7 วัน และตัวเต็มวัยตามลำดับ เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa (รูปที่ 5) เกือบทั้งหมด ใส่ที่หลบซ่อนแต่ละชนิดๆละ 3 ถัง โดย

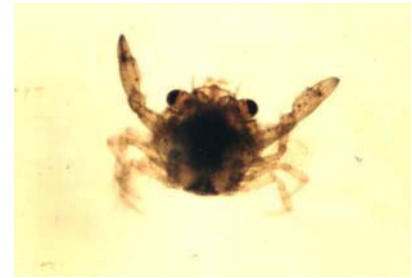


รูปที่ 5 ลูกปูมีระยะ megalopa

ใส่ถาดทรายถึงระดับ 7 ถาด เชือกฟางสาหร่ายเทียมถึงระดับ 20 เส้น และแกล่นสาหร่ายเทียมถึงระดับ 20 ฟัน ระหว่างการอนุบาล คูดตะกอนก้นถังและเปลี่ยนถ่ายน้ำในวันที่ 3, 5, 7 และ 9 ของการอนุบาลใน ปริมาณ 20%

การเก็บผลการทดลอง

การเก็บผลการทดลองโดยนับจำนวนลูกปูทุกตัวในแต่ละถังทดลองเพื่อคำนวณอัตราการรอดตาย และสุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูระยะ young crab (รูปที่ 6) จากแต่ละชุดการทดลองจำนวน 10 ตัว เก็บถนอมไว้ในฟอรั่มาลีนความเข้มข้น 5% เพื่อวัดความกว้างและความยาวกระดองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย micrometer



รูปที่ 6 ลูกปูระยะ young crab

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างการอนุบาลลูกปู ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละถังทดลอง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนไตรท์ และความเป็นด่าง (alkalinity) ด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบอัตราการรอดตายและขนาดเฉลี่ยของลูกปูโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การอนุบาลลูกปูมีตั้งแต่ระยะ zoea IV ถึง young crab (7 วันหลังจากเข้าระยะ crab) ในความหนาแน่น 27,000 ตัว/ถัง (15,000 ตัว/ลบ.ม.) โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ พบว่า ลูกปูที่อนุบาลโดยให้ที่หลบซ่อนเป็นถาดทรายแต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 16.67, 12.61 และ 13.44% ที่ให้ที่หลบซ่อนเป็นเชือกฟางสาหร่ายเทียมแต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 32.46, 30.57 และ 31.52% ที่ให้ที่หลบซ่อนเป็นแกล่นสาหร่ายเทียม แต่ละถังมีอัตราการรอดตาย 23.96, 22.94 และ 23.91% (ตารางที่ 1) อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 14.24 ± 2.14 , 31.52 ± 0.95 และ $23.60 \pm 0.58\%$ ตามลำดับ ลูกปูที่อนุบาลโดยให้ที่หลบซ่อนเป็นเชือกฟางสาหร่ายเทียมมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ให้ที่หลบซ่อนเป็นแกล่นสาหร่ายเทียม และลูกปูที่อนุบาลโดยให้ที่หลบซ่อนเป็นแกล่นสาหร่ายเทียมมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ให้ที่หลบซ่อนเป็นถาดทรายอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการรอดตายของลูกปูที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนลูกปู zoea IV (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
ถาดทราย			
1	27,000	4,500	16.67
2	27,000	3,405	12.61
3	27,000	3,630	13.44
เชือกฟางสาหร่ายเทียม			

1	27,000	8,765	32.46
2	27,000	8,255	30.57
3	27,000	8,510	31.52
แสดงสำหรับรายเทียม			
1	27,000	6,470	23.96
2	27,000	6,195	22.94
3	27,000	6,455	23.91

ตารางที่ 2 อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (N)	อัตราอดตายต่ำสุด (%)	อัตราอดตายสูงสุด (%)	อัตราอดตายเฉลี่ย (%)
1	3	12.61	16.67	14.24±2.14 ^c
2	3	30.57	32.46	31.52±0.95 ^a
3	3	22.94	23.96	23.60±0.58 ^b

ชุดการทดลองที่ 1 ถาดทราย

ชุดการทดลองที่ 2 เชือกฟางสำหรับรายเทียม

ชุดการทดลองที่ 3 แสดงสำหรับรายเทียม

a, b, c : อัตราอดตายเฉลี่ยของลูกปูม้าที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการสุ่มตัวอย่างลูกปูอายุ 19 วัน ชุดการทดลองละ 10 ตัว มาวัดขนาด พบว่า ความกว้างกระดองของลูกปูที่ให้ที่หลบซ่อนเป็นถาดทราย เชือกฟางสำหรับรายเทียมและแสดงสำหรับรายเทียมอยู่ในช่วง 3.025-4.675, 2.875-4.075 และ 2.025-4.250 มม. ส่วนความยาวกระดองอยู่ในช่วง 3.000-3.575, 2.750-3.500 และ 2.375-3.675 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ความกว้างกระดองเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 3.745 ± 0.621 , 3.473 ± 0.414 และ 3.415 ± 0.624 มม. ความยาวกระดองเฉลี่ยอยู่ที่ 3.335 ± 0.244 , 3.020 ± 0.264 และ 3.130 ± 0.422 มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ความกว้างและความยาวกระดองเฉลี่ยของลูกปูระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 ขนาดของลูกปูระยะ young crab (อายุ 19 วัน) ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด

ลูกปูตัวที่	ความกว้างกระดอง (มม.)			ความยาวกระดอง (มม.)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	4.300	2.875	3.025	3.525	2.825	2.600
2	3.025	3.000	3.650	3.000	2.750	3.675
3	4.675	3.675	4.250	3.575	2.775	3.525
4	4.050	3.650	3.875	3.550	3.500	3.600
5	3.225	3.550	3.350	3.050	3.400	3.225
6	3.200	4.075	3.225	3.475	3.100	3.250
7	4.475	4.050	4.025	3.550	3.150	3.075
8	3.500	3.475	2.025	3.200	2.875	2.375
9	3.950	3.075	3.500	3.000	3.000	2.925
10	3.050	3.300	3.225	3.425	2.825	3.050

T1 : ถาดทราย

T2 : เชือกฟางสาหร่ายเทียม

T3 : แสตนสาหร่ายเทียม

ตารางที่ 4 ขนาดเฉลี่ยของลูกปูมีระยะ young crab ที่อนุบาลจากระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ	ความกว้างกระดองเฉลี่ย	ความยาวกระดองเฉลี่ย
		(มม.)	(มม.)
ถาดทราย	10	3.745±0.621	3.335±0.244
เชือกฟางสาหร่ายเทียม	10	3.473±0.414	3.020±0.264
แสตนสาหร่ายเทียม	10	3.415±0.624	3.130±0.422

คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 7 วัน) ในแต่ละชุดการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงดังแสดงในตารางที่ 5 อุณหภูมิน้ำช่วงเช้าอยู่ในช่วง 27-29°C และช่วงบ่ายอยู่ในช่วง 27.5-29.5°C ความเป็นกรด-ด่าง 8.15-8.40 ความเป็นค่า 159-189 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 0-1.214 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.052-1.630 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.3-6.7 มก./ลิตร

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab โดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นค่า (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
1	27.0-29.0	27.5-29.5	8.15-8.35	159-189	0-1.214	0.052-1.373	6.5-6.7
2	27.0-29.0	28.0-29.5	8.19-8.36	164-188	0-0.966	0.109-1.595	6.3-6.7
3	27.0-29.0	28.0-29.5	8.15-8.40	169-187	0-0.975	0.068-1.630	6.3-6.7

ชุดการทดลองที่ 1 : ถาดทราย

ชุดการทดลองที่ 2 : เชือกฟางสาหร่ายเทียม

ชุดการทดลองที่ 3 : แสตนสาหร่ายเทียม

วิจารณ์ผล

ในการอนุบาลลูกปูม้านอกจากอาหารและสภาพแวดล้อมต้องเหมาะสมแล้ว การให้ที่หลบซ่อนระหว่างการอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ megalopa ซึ่งเริ่มมีก้ามและมักทำร้ายกันเองเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการเผชิญหน้ากัน และส่งผลให้อัตรารอดตายของลูกปูสูงขึ้น วารินทร์และคณะ (2547) ได้ทดลองโดยไม่ให้และให้ที่หลบซ่อนชนิดต่างๆ ได้แก่ ตะแกรงอวน ชั้นถาดไข่ สาหร่ายเทียม และอวนผืน ระหว่างการอนุบาลลูกปูระยะ megalopa ถึง young crab ผลการศึกษาในครั้งนั้น ปรากฏว่า ลูกปูที่ไม่ให้ที่หลบซ่อนระหว่างการอนุบาล มีอัตรารอดตายต่ำกว่าที่ให้ที่หลบซ่อน และสาหร่ายเทียม (ทำด้วยเชือกฟาง) มีความเหมาะสมในการใช้เป็น ที่หลบซ่อนของลูกปูมากที่สุด งานวิจัยในครั้งนี้นี้จึงได้ศึกษาผลของเชือกฟางสาหร่ายเทียมอีกครั้งโดยเปรียบเทียบอัตรารอดตายและขนาดเฉลี่ยของลูกปูที่ให้สาหร่ายเทียมกับที่ให้ถาดทรายแลแสตนเทียมเป็นที่หลบซ่อนระหว่างการอนุบาล ผลการศึกษาในครั้งนี้นั้นย้ำผลการศึกษาเมื่อครั้งที่ผ่านมา (วารินทร์และคณะ, 2547) โดยอัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปูที่ให้เชือกฟางสาหร่ายเทียมเป็นที่หลบซ่อน (31.52±0.95%) สูงกว่าที่ให้ถาดทราย (14.24±2.14%) และแสตนสาหร่ายเทียม (23.60±0.58%) เป็นที่หลบซ่อนอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ขนาดเฉลี่ยของลูกปูในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เชือกฟางสาหร่ายเทียม

จึงยังคงเป็นที่หลบซ่อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลูกปูม้า โดยลูกปูสามารถเกาะและหลบซ่อนตามเส้นเชือกที่แตกเป็นแขนงเล็กๆ ได้ดีกว่าที่หลบซ่อนชนิดอื่น

สำหรับคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูในแต่ละชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นในบางช่วงเวลาที่ปริมาณไนโตรเจนเกิน 0.1 มก./ลิตร ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำในกรณีที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (คณิตและคณะ, 2537) และปริมาณแอมโมเนียเกินมาตรฐานที่กำหนดสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) อย่างไรก็ตาม สภาพดังกล่าวเป็นอยู่แค่ช่วงระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังอนุบาลลูกปูอย่างน้อยวันเว้นวัน

ต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้า

งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราการรอดตายและขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) และต้นทุนการผลิต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายและขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab ที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ ระยะ zoea I ถึง young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน)
2. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตลูกปูม้าระยะ young crab
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้า

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

แผนการผลิตพันธุ์ปูม้า

การศึกษาต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้าเป็นการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการผลิตลูกปูจำนวน 3 รุ่น แต่ละรุ่นดำเนินการการผลิตในบ่อคอนกรีตขนาด 8 ลบ.ม. จำนวน 9 บ่อ

การเตรียมบ่อและอุปกรณ์

ก่อนการอนุบาลลูกปู ล้างบ่อคอนกรีตขนาด 8 ลบ.ม. ที่ใช้ในการอนุบาลลูกปูจำนวน 9 บ่อ (รูปที่ 1) และใช้ในการเตรียมน้ำให้มีความเค็มตามต้องการจำนวน 1 บ่อ รวมทั้งหมด 10 บ่อ ให้สะอาด ฉีดฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลินความเข้มข้น 200 ส่วนในล้าน (200 มล./น้ำ 1 ลบ.ม.) ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนล้างด้วยน้ำสะอาด ส่วนอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ หัวทราย สายลม แก้วตักปู เป็นต้น ฆ่าเชื้อด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 65% ในอัตราส่วน 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดและทิ้งไว้ให้แห้ง ก่อนนำมาใช้งานลวกด้วยน้ำร้อนอีกครั้ง



รูปที่ 1 บ่อคอนกรีตที่ใช้อุณหภูมิสูงในการบำบัดน้ำ

การเตรียมน้ำ

น้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกปูเตรียมไว้ก่อนล่วงหน้าไม่เกิน 1 สัปดาห์ ถ้าเป็นน้ำทะเลปรับความเค็มไว้ที่ 30 ส่วนในพัน ส่วนน้ำจืดใช้น้ำบาดาล ทั้งน้ำทะเลและน้ำจืดบำบัดด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) ความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน (30 กรัม/น้ำ 1 ลบ.ม.) 2 ครั้ง ให้อากาศเต็มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างทั่วถึงเป็นระยะเวลา 2 วัน จากนั้นหยุดให้อากาศเพื่อให้สารแขวนลอยในน้ำตกตะกอน จากนั้นสูบน้ำส่วนใสไปเก็บไว้ในบ่อพักน้ำที่มีหลังคาปิดมิดชิด

แหล่งพันธุ์ปูม้า

การศึกษาในครั้งนี้ ทำการผลิตพันธุ์ปูม้าจำนวน 3 รุ่น การผลิตรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้ดักปั้งปูม้าที่รวบรวมจากโรงต้มและแกะเนื้อที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยลำเลียงในกล่องโฟมพร้อมให้ก๊าซออกซิเจนมายังโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาคร ส่วนรุ่นที่ 3 ใช้ดักปั้งที่หักจากปูไข่นอกกระดองที่ซื้อจากชาวประมงในจังหวัดชลบุรีเมื่อลำเลียงแม่ปูมาถึงโรงเพาะฟัก การผลิตทั้ง 3 รุ่น ใช้ลูกปูวัยอ่อนที่ฟักจากไข่ที่แยกจากดักปั้งปูไข่นอกกระดองเป็นแหล่งพันธุ์ การฟักไข่ปูที่แยกจากดักปั้งปูไข่นอกกระดองตามวิธีของวารินทร์และคณะ (2545) ที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

การรวบรวมและประเมินจำนวนปูม้าแรกฟัก

การรวบรวมและประเมินจำนวนลูกปูเพื่อนำไปอนุบาลโดยหยุดให้อากาศเพื่อให้ไข่ปูส่วนที่ยังไม่ฟักจมลงอยู่ก้นถัง ส่วนลูกปูวัยน้ำขึ้นมาอยู่บริเวณผิวน้ำ จากนั้นใช้กระบอกตักทั้งน้ำและลูกปูไปใส่ในกะละมังพลาสติก เติมน้ำทะเลลงไปจนกะละมังให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร พร้อมให้อากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายอย่างทั่วถึง จากนั้นใช้บีกเกอร์ตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. 2 ครั้ง เพื่อนับจำนวน ค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกปูจากการนับ 2 ครั้ง ใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดจำนวนลูกปูในกะละมัง จากนั้นนำลูกปูไปใส่ในบ่ออนุบาลจนได้จำนวนตามความหนาแน่นที่กำหนดในแต่ละบ่อ

ความหนาแน่นของลูกปูม้า

การผลิตรุ่นที่ 1 เริ่มต้นด้วยการปล่อยลูกปูวัยอ่อนระยะ zoea I ในบ่อคอนกรีตเพื่อทำการอนุบาลจำนวน 3 บ่อๆละประมาณ 700,000 ตัว ในปริมาตรน้ำ 7 ลบ.ม. หรือความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. การผลิตรุ่นที่ 2 ปล่อยลูกปูแรกฟักระยะ zoea I ในบ่อคอนกรีตจำนวน 3 บ่อๆละประมาณ 500,000 ตัว ในปริมาตรน้ำ 7 ลบ.ม. หรือความหนาแน่น 71,429 ตัว/ลบ.ม. ในการผลิตรุ่นที่ 1 และ 2 เมื่อลูกปูเข้าระยะ zoea IV (ตอนปลาย) หรือวันที่ 9 ของการอนุบาล เกลี่ยลูกปูจาก 1 บ่อ เป็น 3 บ่อ ลูกปูที่อนุบาลไว้ 3 บ่อ จึงเกลี่ยออกเป็น 9 บ่อ การเกลี่ยลูกปูในรุ่นที่ 1 โดยการสุ่มนับจำนวน แต่ในรุ่นที่ 2 โดยการประมาณจำนวน ด้วยสายตา ส่วนการผลิตรุ่นที่ 3 ปล่อยลูกปูระยะ zoea I ในบ่อคอนกรีตจำนวน 3 บ่อๆละประมาณ 500,000 ตัว ในปริมาตรน้ำ 5 ลบ.ม. หรือความหนาแน่น 100,000 ตัว/ลบ.ม. เมื่อลูกปูที่อนุบาลเข้าระยะ megalopa เกลี่ยลูกปูจาก 3 บ่อ เป็น 9 บ่อ โดยใช้กะละมังซ้อนลูกปูพร้อมสาหร่ายเทียมซึ่งใส่ไว้ให้เป็นทีหลบซ่อนไปยังบ่อใหม่

อาหารและการให้อาหาร

อาหารที่ให้ลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ได้แก่ *Chlorella* sp. โรติเฟอร์และไรน้ำเค็มแรกฟัก ส่วนลูกปูระยะ zoea IV (ตอนปลาย) ถึง young crab ให้ไรน้ำเค็มอายุ 2-3 วัน, 5-7 วัน และตัวเต็มวัย ตามลำดับ บางครั้งอาจให้ไข่อุดแทนไรน้ำเค็มบางส่วน การให้อาหารให้วันละ 5 มื้อ เวลา 05.00, 08.30, 13.30, 18.00 และ 23.00 น. ชนิดและปริมาณอาหารที่ใช้เลี้ยงลูกปูในแต่ละรุ่นดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกปูมาตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab ในแต่ละรุ่น

ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหารที่ใช้ (ลบ.ม./กก.)*		
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3
<i>Chlorella</i> sp.	3	3	3
โรติเฟอร์	1.50	1.00	0.50
ไรน้ำเค็มแรกฟัก	9.92	8.37	12.38
ไรน้ำเค็มอายุ 5-7 วัน	5.58	9.00	9.60
ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย	137.00	95.00	150.00
ไข่อุด	1.26	-	-
ไรแดง	1.80	-	-

* ปริมาณ *Chlorella* ที่ใช้มีหน่วยเป็น ลบ.ม. ส่วนอาหารชนิดอื่นๆที่ใช้มีหน่วยเป็น กก.

การให้ที่หลบซ่อน

เมื่อลูกปูที่อนุบาลเข้าระยะ megalopa เกือบหมด ใส่เชือกฟางสาหร่ายเทียมลงไปในบ่อเพื่อให้เป็นที่หลบซ่อนบ่อละ 50 เส้น

การเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอน

ระหว่างการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea I ถึง zoea IV ในรุ่นที่ 1 และ 2 และช่วงระยะ zoea I ถึง megalopa ในรุ่นที่ 3 ทำการดูดตะกอนก้นบ่อโดยใช้ท่อ PVC ที่ปลายทำเป็นปากฉลามและเปลี่ยนถ่ายน้ำ พร้อมปรับลดความเค็มในวันที่ 2, 4 และ 6 ของการอนุบาล ในปริมาณ 20, 30 และ 30% โดยลดความเค็มจาก 30 เป็น 27, 25 และ 23 ppt ตามลำดับ ส่วนการอนุบาลลูกปูช่วงระยะ zoea IV ถึง young crab ในรุ่นที่ 1

และ 2 และช่วงระยะ megalopa ถึง young crab ในรุ่นที่ 3 ทำการดูดตะกอนก้นบ่อและเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวันในปริมาณ 30-60%

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างการอนุบาลลูกปูในแต่ละรุ่น ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละบ่อ ซึ่งได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณแอมโมเนีย (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) และความเป็นด่างด้วยเครื่องมือ/อุปกรณ์และวิธีที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้

การเก็บเกี่ยวผลผลิต

เมื่อลูกปูแต่ละรุ่นเข้าระยะ young crab (หลังเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยนับจำนวนลูกปูที่เหลือรอดในแต่ละบ่อ แล้วนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตายและต้นทุนการผลิต นอกจากนี้สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูจากแต่ละรุ่นจำนวน 10 ตัว เพื่อวัดความกว้างและความยาวกระดอง

ผลการศึกษา

การผลิตรุ่นที่ 1 ปล่อยลูกปูระยะ zoea I ในบ่อคอนกรีตจำนวน 3 บ่อๆละประมาณ 700,000 ตัว ในปริมาตรน้ำ 7 ลบ.ม. รวมจำนวนลูกปูที่ปล่อยทั้งสิ้น 2,100,000 ตัว เมื่อลูกปูที่อนุบาลเข้าระยะ zoea IV (ตอนปลาย) เกลี่ยลูกปูจาก 3 บ่อ เป็น 9 บ่อ และอนุบาลต่อจนลูกปูเข้าระยะ young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) จึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ลูกปูที่ผลิตได้มีจำนวนทั้งสิ้น 173,912 ตัว อัตราการรอดตายของลูกปูที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab อยู่ที่ 8.28% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab ในการผลิตรุ่นที่ 1

บ่อที่	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
1	700,000	15,762	
2	700,000	15,394	
3	700,000	15,466	
4		20,675	
5		19,251	
6		24,674	
7		18,702	
8		18,675	
9		25,313	
รวม	2,100,000	รวม 173,912	8.28

การผลิตรุ่นที่ 2 ปล่อยลูกปูระยะ zoea I ในบ่อคอนกรีตจำนวน 3 บ่อๆละ 510,000, 510,000 และ 502,000 ตัว ตามลำดับ ในปริมาตรน้ำ 7 ลบ.ม. รวมจำนวนลูกปูที่ปล่อยทั้งสิ้น 1,522,000 ตัว เมื่อลูกปูที่อนุบาลเข้าระยะ zoea IV (ตอนปลาย) เกลี่ยลูกปูจาก 3 บ่อ เป็น 9 บ่อ และอนุบาลต่อจนลูกปูเข้าระยะ

young crab จึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ลูกปูที่ผลิตได้มีจำนวนทั้งสิ้น 151,490 ตัว อัตรารอดตายของลูกปูที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab อยู่ที่ 9.95% (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab ในการผลิตรุ่นที่ 2

บ่อที่	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
1	510,000	22,160	
2	510,000	21,400	
3	502,000	15,900	
4		10,025	
5		14,280	
6		13,330	
7		13,775	
8		21,000	
9		19,620	
รวม	1,522,000	รวม 151,490	9.95

การผลิตรุ่นที่ 3 ปล่อยลูกปูระยะ zoea I ในบ่อคอนกรีตจำนวน 3 บ่อๆละประมาณ 501,000, 500,400 และ 502,000 ตัว ตามลำดับ ในปริมาตรน้ำ 5 ลบ.ม. รวมจำนวนลูกปูที่ปล่อยทั้งสิ้น 1,503,400 ตัว เมื่อลูกปูที่อนุบาลเข้าระยะ megalopa เก็บลูกปูจาก 3 บ่อ เป็น 9 บ่อ โดยใช้กะละมังช้อนลูกปูพร้อมสาหร่ายเทียมที่ให้เป็นที่หลบซ่อนไปยังบ่อใหม่ และอนุบาลต่อจนลูกปูเข้าระยะ young crab จึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ลูกปูที่ผลิตได้มีจำนวนทั้งสิ้น 154,235 ตัว อัตรารอดตายของลูกปูที่อนุบาลตั้งแต่ zoea I ถึง young crab อยู่ที่ 10.26% (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 อัตรารอดตายของลูกปูม้าที่อนุบาลตั้งแต่ระยะ zoea I ถึง young crab ในการผลิตรุ่นที่ 3

บ่อที่	จำนวนลูกปู zoea I (ตัว)	จำนวนลูกปู young crab (ตัว)	อัตรารอดตาย (%)
1	501,000	12,800	
2	500,400	10,015	
3	502,000	10,200	
4		16,030	
5		17,150	
6		25,060	
7		27,560	
8		20,380	
9		15,040	
รวม	1,503,400	รวม 154,235	10.26

การสุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูระยะ young crab จากแต่ละรุ่นจำนวน 10 ตัว เพื่อวัดขนาด ปรากฏว่า ลูกปูที่ผลิตในรุ่นที่ 1 มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 3.250-7.250 มม. เฉลี่ย 5.033 ± 1.364 มม. และความยาวกระดองอยู่ในช่วง 1.350-3.750 มม. เฉลี่ย 2.633 ± 0.785 มม. ลูกปูที่ผลิตในรุ่นที่ 2 มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 4.000-6.500 มม. เฉลี่ย 4.800 ± 0.878 มม. และความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.500-3.500 มม.

เฉลี่ย 2.963 ± 0.295 มม. ลูกปูที่ผลิตในรุ่นที่ 3 มีความกว้างกระดองอยู่ในช่วง 4.125-6.550 มม. เฉลี่ย 5.910 ± 0.883 มม. และความยาวกระดองอยู่ในช่วง 2.700-4.400 มม. เฉลี่ย 3.870 ± 0.584 มม. (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ขนาดของลูกปูม้าระยะ young crab ที่ผลิตในแต่ละรุ่น

ตัวที่	ลูกปูรุ่นที่ 1 (มม.)		ลูกปูรุ่นที่ 2 (มม.)		ลูกปูรุ่นที่ 3 (มม.)	
	ความกว้างกระดอง	ความยาวกระดอง	ความกว้างกระดอง	ความยาวกระดอง	ความกว้างกระดอง	ความยาวกระดอง
1	4.650	2.425	5.000	2.500	6.475	4.225
2	4.300	1.800	4.125	2.750	6.375	4.350
3	6.500	3.500	4.250	2.750	6.500	4.075
4	3.900	2.725	4.000	2.875	4.125	2.700
5	5.600	1.350	4.625	3.000	5.700	4.075
6	4.000	2.750	6.250	3.375	6.475	3.750
7	3.250	1.950	6.500	3.500	6.550	4.400
8	4.250	2.625	4.250	3.000	6.275	4.325
9	7.250	3.750	4.500	2.875	4.500	3.000
10	6.625	3.450	4.500	3.000	6.125	3.800
เฉลี่ย	5.033 ± 1.364	2.633 ± 0.785	4.800 ± 0.878	2.963 ± 0.295	5.910 ± 0.883	3.870 ± 0.584

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูในแต่ละรุ่น แล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูระยะ zoea I ถึง zoea IV รุ่นที่ 1 และ 2 และระยะ zoea I ถึง megalopa ในรุ่นที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 6 ส่วนคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปูระยะ zoea IV ถึง young crab ในรุ่นที่ 1 และ 2 และระยะ megalopa ถึง young crab ในรุ่นที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยภาพรวม คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูทั้ง 2 ช่วง อยู่ในเกณฑ์ปกติ ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนและแอมโมเนียในบางช่วงเวลาสูงเกินมาตรฐาน

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea I ถึง zoea IV ในรุ่นที่ 1 และ 2 และระยะ zoea I ถึง megalopa ในรุ่นที่ 3

การอนุบาล	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
รุ่นที่ 1	28.0-29.5	28.6-30.1	8.28-8.44	145-178	0.011-0.143	0-1.728	6.5-6.6
รุ่นที่ 2	28.0-28.8	28.8-29.9	8.20-8.49	125-174	0.012-0.035	0.133-2.007	6.0-6.1
รุ่นที่ 3	28.5-28.9	28.9-29.5	8.23-8.73	130-188	0.019-0.404	0.032-1.631	6.6-6.8

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูม้าระยะ zoea IV ถึง young crab ในรุ่นที่ 1 และ 2 และระยะ megalopa ถึง young crab ในรุ่นที่ 3

การอนุบาล	อุณหภูมิ (°C)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)	DO (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย					
รุ่นที่ 1	28.0-29.6	28.9-30.0	8.31-8.56	158-218	0.008-0.676	0.071-2.239	6.3-7.1

รุ่นที่ 2	28.0-28.8	28.5-29.9	8.12-8.57	148-185	0.004-0.433	0.087-2.196	6.3-7.2
รุ่นที่ 3	28.5-28.9	28.9-29.5	8.23-8.77	130-224	0.003-0.775	0.311-2.683	6.4-7.2

ในการผลิตพันธุ์ปูม้าทั้ง 3 รุ่น มีค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าเบี้ยเลี้ยงในการลำเลียงดิบปิ้งไขปูม้าจากโรงต้มปูในจังหวัดสมุทรสงครามมายังโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาครเพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุ์ในการผลิตรุ่นที่ 1 และ 2 และลำเลียงปูม้าไข่นอกกระดองจากจังหวัดชลบุรีมายังโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาครเพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุ์ในการผลิตรุ่นที่ 3 ค่าแม่พันธุ์ปูม้า (ไข่นอกกระดอง) ที่ซื้อจากชาวประมงในจังหวัดชลบุรีสำหรับการผลิตรุ่นที่ 3 นอกจากนี้ยังมีค่าอาหาร ไฟฟ้า สารเคมี น้ำทะเลความเค็มสูง อุปกรณ์ต่างๆ แรงงาน ตลอดจนค่าเสื่อมของบ่อคอนกรีตและเครื่องจักร เมื่อรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตลูกปูจำนวน 173,912, 151,490 และ 154,235 ตัว ในรุ่นที่ 1, 2 และ 3 เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 35,655.96, 32,746.75 และ 33,714.03 บาท ซึ่งคิดเป็นต้นทุนการผลิต 0.21, 0.22 และ 0.22 บาท/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้าขนาด 0.3 - 0.7 ซม. ในรุ่นที่ 1, 2 และ 3

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)		
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3
1. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าเบี้ยเลี้ยง *	740.00	740.00	860.00
2. ค่าแม่พันธุ์ปูม้า (ปูไข่นอกกระดอง)	-	-	1,620.00
3. ค่าอาหาร			
- <i>Chorella</i> (ลบ.ม.ละ 10 บาท)	30.00	30.00	30.00
- ไข่ไรน้ำเค็ม (โหลละ 5,500 บาท)	11,000.00	11,000.00	8,250.00
- ไรน้ำเค็มตัวเต็มวัย (กก.ละ 45 บาท)	6,165.00	4,275.00	6,750.00
- โรติเฟอร์ (กก.ละ 349.44 บาท)	524.16	349.44	174.72
- ไข่ตุ๋น (ไข่ไก่ 1 แผงๆละ 95 บาท นมผง 10 บาท ค่าแก๊ส 10 บาท)	115.00	-	-
- ไรแดง (กก.ละ 206.49 บาท)	206.49	-	-
4. ค่าไฟฟ้า (กิโลวัตต์ละ 2 บาท)			
- ค่าแสงสว่าง (ขนาด 40 วัตต์)	30.00	30.00	30.00
- ป้อนลม (ขนาด 3 แรงม้า)	2,148.00	2,148.00	2,148.00
- ป้อนน้ำ (ขนาด 3 แรงม้า)	144.00	228.00	100.00
5. ค่าสารเคมี			
- $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ (กก. ละ 55 บาท)	1,650.00	1,320.00	1,100.00
- ฟอรัมาลิน (ลิตรละ 22.5 บาท)	225.00	225.00	225.00
- สีนํ้าเทียม (กรัมละ 0.5 บาท)	50.00	50.00	75.00
6. ค่าน้ำทะเลความเค็มสูง (ลบ.ม.ละ 138 บาท)	692.50	415.50	415.50
7. ค่าอุปกรณ์			
- หัวทราย 250 หัว, สายอากาศ 400 เมตร ใช้ได้ 4 รุ่น	507.50	507.50	507.50
- สาหร่ายเทียม จำนวน 450 เส้น/รุ่น			

(ราคาเส้นละ 11 บาท อายุใช้งาน 3 ปี ละ 8 รุ่น)	206.25	206.25	206.25
- สวิง กะละมัง ถังหัวและกระบวยตักน้ำ	17.63	17.63	17.63
8. ค่าจ้างแรงงาน			
- นักวิชาการประมง 1 คน ระยะเวลา 1 เดือน	7,260.00	7,260.00	7,260.00
- ล่วงเวลา 20 วัน วันละ 100 บาท	2,000.00	2,000.00	2,000.00
9. ค่าเสื่อม			
- บ่อคอนกรีตขนาด 8 ลบ.ม. จำนวน 10 บ่อ (ราคาบ่อละ 50,000 บาท อายุใช้งาน 30 ปี)	1,388.89	1,388.89	1,388.89
- ปั้มน้ำขนาด 3 แรงม้าพร้อมมอเตอร์ (ราคาตัวละ 10,000 บาท อายุใช้งาน 3 ปี)	277.77	277.77	277.77
- ปั้ลมขนาด 3 แรงม้าพร้อมมอเตอร์ (ราคาตัวละ 10,000 บาท อายุใช้งาน 3 ปี)	277.77	277.77	277.77
รวมค่าใช้จ่าย	35,655.96	32,746.75	33,714.03
จำนวนลูกปูที่ผลิต (ตัว)	173,912	151,490	154,235
ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัว)	0.21	0.22	0.22

* ค่าเบี่ยงเบนไปรวบรวบดับปึงไข่มุ้มาสำหรับการผลิตลูกปูรุ่นที่ 1 และ 2 จำนวน 3 คน เป็นเงิน 540 บาท และค่าเบี่ยงเบนคนไปล่าเลี้ยงปูไข่นอกกระดองสำหรับการผลิตลูกปูรุ่นที่ 3 จำนวน 2 คน เป็นเงิน 360 บาท

วิจารณ์ผล

ในการผลิตพันธุ์ปูม้าแต่ละรุ่น มีวิธีการที่เหมือนและแตกต่างกัน การผลิตรุ่นที่ 1 และ 2 อนุบาลลูกปูในบ่อคอนกรีตแต่ละบ่อมีปริมาตรน้ำ 7 ลบ.ม. แต่ด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นต่างกัน เมื่อลูกปูเข้าระยะ zoea IV (ตอนปลาย) หรือวันที่ 9 ของการอนุบาล เกือบลูกปูที่อนุบาลเริ่มต้น 3 บ่อ เป็น 9 บ่อ การเกลี่ยลูกปูในรุ่นที่ 1 โดยการสูบน้ำจำนวน แต่ในรุ่นที่ 2 โดยการประมาณจำนวนด้วยสายตา เมื่อลูกปูที่อนุบาลเข้าระยะ young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) จึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ลูกปูในการผลิตรุ่นที่ 1 มีอัตราการตายต่ำ (8.28%) กว่าลูกปูในรุ่นที่ 2 (9.95%) 1.67% ทั้งนี้ เนื่องจากความหนาแน่นของลูกปูเมื่อเริ่มปล่อยในรุ่นที่ 1 (100,000 ตัว/ลบ.ม.) มากกว่าในรุ่นที่ 2 (71,429 ตัว/ลบ.ม.) และการเกลี่ยลูกปูระยะ zoea IV จาก 3 บ่อ เป็น 9 บ่อ ในรุ่นที่ 1 ใช้วิธีเกลี่ยโดยการสูบน้ำจำนวนซึ่งใช้ระยะเวลานานกว่าและโอกาสที่ลูกปูได้รับความกระทบกระเทือนและบอบช้ำมีมากกว่าลูกปูในรุ่นที่ 2 ที่เกลี่ยโดยการประมาณจำนวนด้วยสายตา อย่างไรก็ตาม ลูกปูระยะ young crab ที่ผลิตได้ในรุ่นที่ 1 มีมากกว่ารุ่นที่ 2 จำนวน 22,422 ตัว ทำให้ต้นทุนการผลิตลูกปูในรุ่นที่ 1 (0.21 บาท/ตัว) ถูกกว่าในรุ่นที่ 2 (0.22 บาท/ตัว) เล็กน้อย ดังนั้น การอนุบาลลูกปูด้วยความหนาแน่นเริ่มต้น 100,000 ตัว/ลบ.ม. จึงมีความคุ้มทุนมากกว่าที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 70,000 ตัว/ลบ.ม.

การผลิตพันธุ์ปูม้ารุ่นที่ 3 จึงอนุบาลลูกปูด้วยความหนาแน่นเริ่มต้น 100,000 ตัว/ลบ.ม. เช่นเดียวกับในรุ่นที่ 1 แต่ปรับเปลี่ยนระยะและวิธีการเกลี่ยลูกปูเป็นการเกลี่ยเมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa โดยใช้กะละมังช้อนลูกปูพร้อมสาหร่ายเทียมซึ่งใส่ไว้ให้เป็นที่หลบซ่อนไปยังบ่อใหม่ วิธีการนี้ทำให้ลูกปูไม่บอบช้ำ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต อัตราการตายของลูกปูระยะ young crab จึงเพิ่มสูงขึ้นเป็น 10.26% โดยสูงกว่าอัตราการตายของลูกปูในรุ่นที่ 1 ซึ่งอยู่ที่ 8.28% แต่ลูกปูที่ผลิตได้ในรุ่นที่ 3 (154,235 ตัว) มีจำนวนน้อยกว่าในรุ่นที่ 1 (173,921

ตัว) เนื่องจากลูกปูแรกฟักที่ใช้เป็นแหล่งพันธุ์ในการผลิตรุ่นที่ 3 มีจำนวนน้อย จึงลดปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละบ่อเป็น 5 ลบ.ม. ทำให้ใช้บ่อได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การผลิตรุ่นที่ 3 จึงใช้ลูกปูแรกฟักเพียง 1,503,400 ตัว ในขณะที่การผลิตรุ่นที่ 1 ใช้ลูกปูแรกฟักรวมทั้งสิ้น 2,100,000 ตัว ด้วยเหตุนี้ ต้นทุนการผลิตลูกปูในรุ่นที่ 3 (0.22 บาท/ตัว) จึงแพงกว่าในรุ่นที่ 1 (0.21 บาท/ตัว) เล็กน้อย เนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนของการอุปกรณื แรงงาน ตลอดจนค่าเสื่อมของบ่อคอนกรีตและเครื่องจักรคงที่ ไม่ว่าจะอนุบาลลูกปูจำนวนมากหรือน้อย อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตพันธุ์ปูม้าในการผลิตทั้ง 3 รุ่นใกล้เคียงกันมากโดยอยู่ในช่วง 0.21-0.22 บาท/ตัว

การผลิตลูกปูระยะ young crab (หลังจากเข้าระยะ crab 6-7 วัน) ในแต่ละรุ่นใช้ระยะเวลา 19 วัน คุณภาพน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปูอยู่ในเกณฑ์ปกติและเหมาะสม โดยเฉพาะความเป็นด่าง ลูกปูที่ผลิตในแต่ละรุ่นมีหลายขนาดโดยมีความกว้างกระดองประมาณ 0.3-0.7 ซม. ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมในการขยายผลไปสู่การเลี้ยงในบ่อดิน เพราะหากยังอนุบาลลูกปูในบ่อคอนกรีตหรือในที่แคบให้นานออกไป จำนวนลูกปูจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการกินกันเอง

เอกสารอ้างอิง

- กรรณา สัตยมาส. 2532. การอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนให้มีอัตราการรอดสูง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2. กลุ่มพัฒนาแหล่งประมง, ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 16 หน้า.
- กองนโยบายและแผนงานประมง. 2532. ข่าวสภาวะการประมง. ฉบับที่ 1, ปีที่ 1. กองนโยบายและแผนงานประมง, กรมประมง. 5 หน้า.
- โกวิทย์ แก้วเย็น และทวี จินดาพยกุล. 2547. การเพาะและอนุบาลปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758). เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 7 หน้า.
- คณิต ไชยาคำ, สิริ ทุกขวินาศ, ขงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ต้นวิไลย. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา, กรมประมง. 10 หน้า.
- ธิดาเพชรมณี. 2542. คู่มือการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จ. สงขลา. 49 หน้า.
- ธิดาเพชรมณี, มาวิทย์ อัสวารีย์, ไพบุลย์ บุญลิปตานนท์ และไพฑูรย์ อรรถนายนนท์. 2531. ความเป็นไปได้ในการใช้ไรดิเฟอร์ *Brachionus plicatilis* เป็นอาหารระยะแรกของลูกปลากระรัง *Epinephelus malabaricus*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2531. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ, กรมประมง. 10 หน้า.

- ฝ่ายคุณภาพน้ำ. 2534. มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาประเทศไทย. ฝ่ายคุณภาพน้ำ, กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 142 หน้า.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง, พรทิพย์ อังศุกาญจนกุล และจิราวัฒน์ ชูเพชร. 2545. การฟักไข่ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) จากตับปิ้งของแม่ปูไข่นอกกระดอง. วารสารการประมง 55(4): 319-323.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง, พรทิพย์ ทองบ่อ, จลอง ทองบ่อ และวุฒิชัย ทองล้ำ. 2547. การอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ในที่กักขังโดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 35/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง, พรทิพย์ อังศุกาญจนกุล, ทวีชัย สุไพรัตน์ และวลัย คลีฉายา. 2543. คุณภาพน้ำในระบบบำบัดเพื่อการเพาะพันธุ์กุ้งทะเล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 22/2543. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 28 หน้า.
- สุพิศ ทองรอด และนิติ สุทธิมีชัยกุล. 2526. การทดลองหาอัตราการกินโรติเฟอร์ของลูกปลากระพง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 8/2526. สถานีประมงน้ำจืดจันทบุรี. 22 หน้า.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีววิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. เอกสารเผยแพร่วิชาการฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ, กองประมงทะเล, กรมประมง. 67 หน้า.
- APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 15thed. American Public Health Association, Washington. 1134 pp.
- Lubzens, E., A. Tandler and G. Minkoff. 1989. Rotifer as food in Aquaculture. Hydrobiologia. 186/187: 387-400.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167, Ottawa. 310 pp.
- Yasunobu, H., Nagayama, K. Nakamura and K. Hatai. 1997. Prevention of fungal infection in the swimming crab *Portunus trituberculatus* larvae by high pH of rearing water. Nippon Suisan Gakkaishi. 63(1): 56-63.

**กิจกรรมที่ 3 การทดสอบอาหารหนึ่งในการอนุบาลลูกปูม้าระยะ
megalopa ถึงระยะ young crab**

ผู้วิจัยหลัก ดร. สุพิศ ทองรอด

ผู้ร่วมวิจัย นางรัชฎา ขาวหนูนา

การทดสอบอาหารหนึ่งในการอนุบาลลูกปูม้าระยะ megalopa ถึงระยะ young crab

ก่อนทำการศึกษาวิจัยเรื่องนี้ ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการใช้อาหารสำเร็จรูปกึ่งกุลาคำชนิดผง การใช้หอยสด ปลาต้มอัดเม็ด และอาหารไข่ตุน มาทดลองเลี้ยงปูม้าระยะ megalopa ผลทดลองพบว่าปูม้าระยะดังกล่าวไม่ยอมรับอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากอาหารจมลงสู่ก้นถังทดลองเร็ว คุณภาพน้ำเสื่อม และมีผลทำให้อัตราการตายของปูต่ามาก จากพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปูระยะ megalopa ซึ่งคล้ายกับลูกกุ้งก้ามกรามระยะ protozoa มีวิธีการกินอาหารแบบจับอาหารแทะกิน และอาหารที่นิยมใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเป็นกุ้งวัยรุ่น คือ อาหารหนึ่งชนิดไข่ตุน (อนันต์ และพจน์, 2524) ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนแผนการทดลองจากการทดสอบอาหารสำเร็จรูปชนิดต่างๆดังกล่าวในการอนุบาลลูกปูม้าระยะ megalopa ถึงระยะ young crab เป็นการทดสอบอาหารหนึ่งสูตรต่างๆในการอนุบาลลูกปูม้าจากระยะ megalopa จนถึงระยะ young crab ด้วยอาหารหนึ่งสูตรต่างๆ

การศึกษานี้ มีจุดประสงค์ที่จะทดสอบการยอมรับอาหารผสมไข่ตุนของลูกปูม้าระยะ megalopa และผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการตายของลูกปูจนถึงระยะปูเล็ก young crab โดยทำการทดลองที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาและอนุรักษ์พันธุ์ปูป่าทุ่งทะเลอันเนื่องมาจากพระราชดำริ บ้านปากคลอง ต. เกาะกลาง อ. เกาะลันตา จ. กระบี่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการใช้อาหารไข่ตุน มีแหล่งโปรตีนต่างกัน 4 สูตร และเปรียบเทียบการใช้อาหารที่เมียแซ่แข็งต่อการเจริญเติบโตและอัตราการตายของลูกปูม้า
2. เพื่อศึกษาการยอมรับอาหารผสมสำเร็จแทนอาหารมีชีวิต

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลองๆละ 3 ซ้ำ

วิธีการทดลอง

1. วัสดุทดลอง

- 1.1 ใช้ถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุ 1 ตัน ใส่ น้ำทะเลมีความเค็ม 28 ppt 800 ลิตร จำนวน 15 ถัง
- 1.2 เพิ่มอากาศในน้ำให้กระจายทั่วถึง โดยใช้สายยางและหัวทรายจำนวน 10 ชุด/ถัง

2. พันธุ์ปูม้าระยะ megalopa : ได้จากพ่อแม่พันธุ์เดียวกัน จำนวน 60,000 ตัว

3. อัตราการปล่อย : 5 ตัว ต่อลิตร (4000 ตัว/ถัง)

4. อาหารและการให้อาหาร

4.1 สูตรอาหารดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหารที่ใช้ทดลองเลี้ยงลูกปูม้า

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร (กรัม)				
	1	2	3	4	5
ปลาหมึกสด	100	-	-	50	อาร์ทีเมียแช่แข็ง
ปลาเป็ดสด	-	100	-	50	
หอยแมลงภู่สด	-	-	200	-	
ไข่ไก่	300	300	300	300	
นม (High Ca)*	10	10	10	10	
วิตามินรวมกุ้ง	0.5	0.5	0.5	0.5	
วิตามินซี	0.2	0.2	0.2	0.2	
กล้วยน้ำว้า	10	10	10	10	
น้ำมันปลา	2	2	2	2	

* นมผงเด็กมีแคลเซียมสูง

4.2 วิธีเตรียมอาหาร

- ล้างเนื้อหอยแมลงภู่สด ปลาสด และหมึกสด (ลอกเอาหนังออก) ให้สะอาดแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นอาหาร
- ไข่ไก่ตีให้ไข่แดงและไข่ขาวเข้ากันดี
- ชั่งวัสดุอาหารตามสูตรด้วยตาชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- ผสมส่วนผสมของอาหารให้เข้ากันได้ดี (โดยใส่วิตามินและน้ำมัน หลังจากในส่วนอื่นผสมเข้ากันดีแล้ว)
- นำอาหารไปนึ่งในถาดอลูมิเนียมที่ร้อนจัด โดยเกลี่ยอาหารให้บาง (มีความหนาประมาณ 1 ซม.) ใช้เวลานึ่ง 15 นาที
- วางให้เย็นแล้วเก็บใส่กล่องพลาสติก ปิดให้มิดชิด แช่ในตู้เย็นโดยใช้อาหารภายใน 2-3 วัน

4.3 การให้อาหาร ให้วันละ 4 มื้อ โดยมีปริมาณการให้อ้างอิงแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการให้อาหาร

สูตรอาหาร	ปริมาณอาหาร (กรัม)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
1	180	180	170
2	170	170	170
3	170	170	170
4	170	170	170
5	180	185	100

5. การจัดการบ่อ

- 5.1 วัสดุเกาะ แต่ละถังใช้จนเป็นวัสดุเกาะ จำนวน 10 ชุด/ถัง
 - 5.2 เปลี่ยนน้ำวันละ 10-20% ทุกวัน
 - 5.3 ตรวจวัดคุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปูทุกวัน ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างยี่ห้อ Orion อุณหภูมิน้ำโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ที่มีช่วงระหว่าง 0-100°C ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) โดยใช้เครื่องวัดยี่ห้อ Oxy Guard รุ่น Handy Alpha ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1980)
 - 5.4 ตรวจสอบการเจริญเติบโตและการติดเชื้อ parasite ภายนอก ทุกวัน
6. เมื่อสิ้นสุดการทดลองจำนวน 10 วัน นับจำนวนปูที่เหลือ และสุ่มวัดขนาดความยาว ความกว้างของลูกปู

ผลการทดลอง

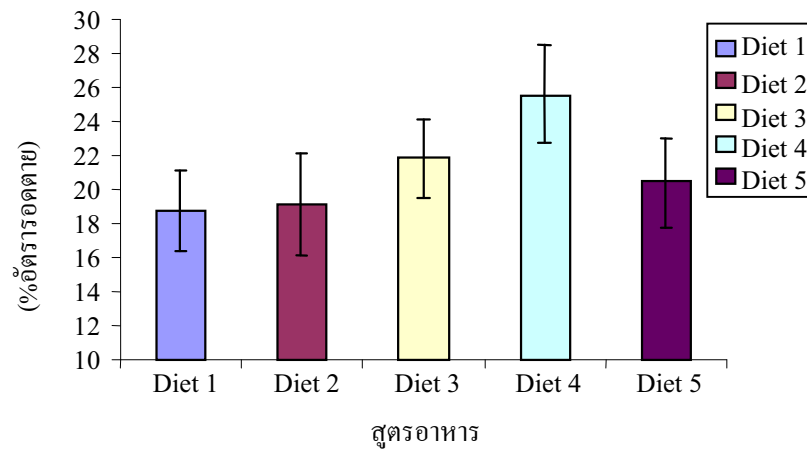
อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโต

การทดลองพบว่าอัตราการรอดตายของลูกปูมาจากทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ young crab อยู่ระหว่าง 18.75- 25.5% ทั้งนี้ ลูกปูที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 4 โดยใช้หมึกสดและปลาเป็ดสดร่วมกับไข่ เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารหนึ่ง มีอัตราการรอดตายสูงสุด (25%) รองลงมาคือลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารหนึ่งสูตร 3, 5, 2 และ 1 ตามลำดับ สำหรับการเจริญเติบโตพบว่าลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 5 ซึ่งเป็นอาร์ทีเมียแช่แข็งมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งด้านน้ำหนักและความกว้างของลูกปู

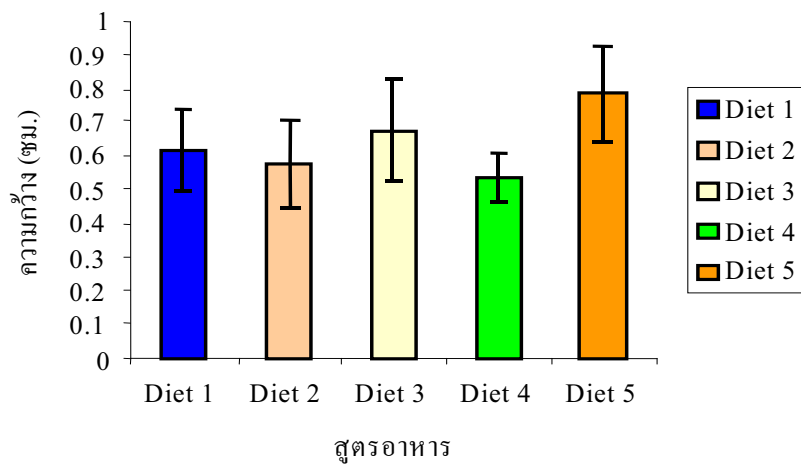
ตารางที่ 3 อัตราการรอดตายของลูกปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน 5 สูตร เป็นระยะเวลา 10 วัน

สูตรอาหาร / แหล่งโปรตีน	จำนวนปู (ตัว)		อัตราการรอดตาย (%)	การเจริญเติบโต*	
	เริ่มต้น	สิ้นสุดการทดลอง		ความกว้าง (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)
หมึกสด	4000	750±95.70	18.75±2.39	0.62	0.03
ปลาสด	4000	764±119.80	19.09±2.99	0.57	0.02
หอยแมลงภู่	4000	872±94.16	21.81±2.35	0.67	0.03
โปรตีนรวม	4000	1022±114.86	25.54±2.87	0.52	0.01
อาร์ทีเมียแช่แข็ง	4000	816±104.19	20.41±2.60	0.78	0.07
ANOVA	p	0.061	0.061		
	F	3.218	3.215		

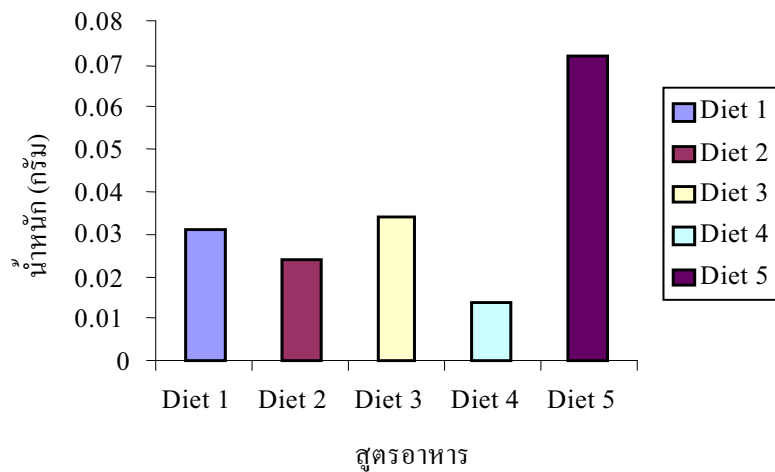
* จำนวนตัวอย่าง = 20 ตัว



รูปที่ 1 อัตราการอดตายของลูกปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตรเป็นระยะเวลา 10 วัน



รูปที่ 2 การเจริญเติบโต (ความกว้าง; ซม.) ของลูกปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตรเป็นระยะเวลา 10 วัน



รูปที่ 3 การเจริญเติบโต (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว ; กรัม) ของลูกปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหาร 5 สูตรเป็นระยะเวลา 10 วัน

ตารางที่ 4 แสดงผลค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองเป็นระยะเวลานาน 10 วัน

พารามิเตอร์	สูตรอาหาร				
	1	2	3	4	5
ความเค็ม (พีพีที)	28.25	28.5	28.75	28.25	28.25
อุณหภูมิ (°C)	30.1	30.33	30.5	30	30.1
pH	8.25	8.31	8.27	8.25	8.22
DO (mg/l)	7.4-7.8	7.2-8	7.4-8	7.4-8	7.2-8
Alkalinity (mg/l)	133-142.5	138.8-147	140.9-176.8	132.7-135.7	143-151
NH ₃ (mg/l)	1.15-1.626	1.02-1.48	1.17-1.37	0.84-1.67	0.96-1.73
PO ₄ (mg/l)	0.006-0.03	0.002-0.01	0.02-0.035	0.002-0.019	0.22-0.24
NO ₂ (mg/l)	0.02-0.03	0.01-0.05	0.01-0.04	0.003-0.018	0.003-0.009

หมายเหตุ เป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลอง

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจาก 3 ถังทดลองต่อสูตรอาหาร ผลคุณภาพน้ำโดยรวมมีค่าอยู่ในช่วงที่ปกติ ยกเว้นค่าแอมโมเนียรวม ซึ่งพบมีค่าสูง โดยมีค่าต่ำสุด 0.96 มก./ลิตร และค่าสูงสุด เท่ากับ 1.73 มก./ลิตร สำหรับอุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 30-30.5°C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 8.2 -8.3 ความเป็นด่าง 133 -176.8 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน (NO₂-N) 0.009-0.05 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 7.2 -8 มก./ลิตร

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาของสุเมธ (2527) รายงานชนิดอาหารที่พบในปูม้าในธรรมชาติ คือ สัตว์ขนาดเล็กๆ ต่างๆ เช่น กุ้ง (44.34%) ปลา (31.55%) หมึก (15.05%) สาหร่าย (1.34%) และอื่นๆ (3.4%) อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบการชอบกินชนิดอาหารต่างๆ ของปูม้า พบว่า ปูม้าชอบเนื้อหอยมากกว่าเนื้อปลาและหมึก

กรรณา (2532) ได้เริ่มศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงปูม้า และพยายามพัฒนาเทคนิคการอนุบาลเพื่อให้มีอัตราการรอดตายสูง แต่เนื่องจากปูม้ามีการกินกันเองสูงจึงทำให้อัตราการรอดตายต่ำ ทำให้ต้นทุนการเพาะเลี้ยงปูม้าสูง ไม่คุ้มทุนกับการประกอบเป็นอาชีพ ปัจจุบันปริมาณปูม้าในธรรมชาติลดลงและราคาปูม้าสูงขึ้นจึงเป็นแรงจูงใจทำให้มีผู้หันมาทำการเพาะเลี้ยงปูม้าเพิ่มขึ้น

วารินทร์ และคณะ (2547ก) ได้รายงานอัตราการตายของปูม้าซึ่งพบมาก เริ่มตั้งแต่เมื่อลูกปูเข้าระยะ megalopa สังเกตได้จากการที่ลูกปูมีอาการอ่อนเพลีย โดยส่วนใหญ่กองอยู่ตามพื้นบ่อและทยอยตายไปเรื่อยๆ อย่างไรก็ตาม ลูกปูในบ่อที่อนุบาลโดยให้ที่หลบซ่อนมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่ไม่ให้ที่หลบซ่อน โดยเฉพาะการให้สาหร่ายเทียมเป็นที่หลบซ่อนมีอัตราการรอดตายสูงสุด และรายงานว่าความเค็มของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการตายอีกประการหนึ่ง

กรรณา (2532) รายงานการอนุบาลปูม้าถึงระยะปูเล็ก (young crab) มีอัตราการรอดตายต่ำมาก เนื่องจากการอนุบาลลูกปูในน้ำความเค็มค่อนข้างสูงโดยตลอดที่ 28-36 ppt การศึกษาของวารินทร์ และคณะ (2547 ข)

รายงานความเค็มที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกปูระยะ megalopa เป็นลูกปูมีระยะ young crab เท่ากับ 23 ppt ซึ่งสอดคล้องกับสภาพธรรมชาติของลูกปูระยะ megalopa ที่เข้ามาเลี้ยงตัวใกล้ชายฝั่งที่ความเค็มของน้ำทะเลต่ำกว่า 30 ppt และรายงานอัตราการรอดตายของลูกปูระยะ young crab สูงถึง 36.28% ความเค็มของน้ำยังมีผลต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของปู Ong (1964) รายงานว่าปูวัยอ่อนระยะ megalopa ใช้เวลาในการพัฒนาการเจริญเติบโตเป็นปูเต็มวัย (young crab) 11-12 วัน ในน้ำที่มีความเค็ม 30 ± 2 ppt แต่ที่ความเค็ม 21-27 ppt จะใช้เวลาเพียง 7-8 วัน การลดช่วงเวลาของระยะ megalopa ย่อมทำให้อัตราการรอดตายของปูสูงขึ้นเนื่องจากปูเต็มวัยมีความแข็งแรงกว่าระยะ megalopa

จากรายงานของวารินทร์ (กิจกรรมที่ 2) รายงานการอนุบาลลูกปูมีระยะ megalopa ถึงระยะ young crab ด้วยไรน้ำเค็มซึ่งเป็นอาหารมีชีวิต ปูมีอัตราการรอดตายสูงสุด 41.38% เมื่อมีการใช้อาหารไข่ตุ่นร่วมกับไรน้ำเค็ม พบว่า มีอัตราการรอดตายลดลงเหลือ 33.22% โดยทั่วไปอาหารสำเร็จหรืออาหารไข่ตุ่นสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้ แต่การใช้อาหารสำเร็จหรือไข่ตุ่นในการอนุบาลสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารมีชีวิต ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอาหารที่ได้กินลดลง สำหรับการทดลองนี้มีอัตราการรอดตายที่ต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากความเค็มน้ำที่ใช้ในการทดลองมีค่า 28.25 ppt อย่างไรก็ตามผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับที่วารินทร์และคณะ (2547ข) รายงานเมื่อใช้ความเค็มสูงในการอนุบาลลูกปูตั้งแต่ระยะ megalopa เป็นปูวัยเล็ก จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากการเจริญเติบโตพบว่าการใช้อาร์ทีเมียแช่แข็งให้ผลดีกว่าอาหารไข่ตุ่นทุกชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องจากคุณสมบัติอาหารไข่ตุ่นซึ่งละลายได้ง่าย ทำให้การได้รับปริมาณสารอาหารลดลง เมื่อพิจารณาภายในกลุ่มทดลองที่ใช้อาหารหนึ่งพบว่าการใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโตดีกว่าแหล่งโปรตีนชนิดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับความชอบกินอาหารที่มีการศึกษากับปู (สุเมธ, 2527) อย่างไรก็ตามการใช้โปรตีนรวมในอาหารมีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูที่สูงกว่าเมื่อพิจารณาจากอัตราการรอดตาย แสดงให้เห็นว่าอาหารหนึ่งชนิดไข่ตุ่นสามารถใช้เป็นอาหารเพื่อการอนุบาลลูกปูระยะ megalopa ได้ดี เนื่องจากอาร์ทีเมียมีราคาแพง ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตลูกพันธุ์สัตว์น้ำสูง ดังนั้นการใช้อาหารไข่ตุ่นร่วมกับอาร์ทีเมียแช่แข็ง ช่วยลดปริมาณการใช้อาร์ทีเมียลง และในขณะเดียวกันอาจมีผลช่วยทำให้การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปูม้าเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตามจะต้องมีการจัดการบ่อที่ดี เพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมต่อสัตว์น้ำอย่างต่อเนื่อง

ระบบถังที่ใช้ในการอนุบาลลูกปูเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งต่อการได้กินอาหารของลูกปูระยะ megalopa การพัฒนาระบบปิดหมุนเวียนน้ำเพื่อหมุนเวียนอาหารกลับให้เกิดการแขวนลอยอยู่ในน้ำ อาจมีส่วนช่วยทำให้ลูกปูมีปริมาณการได้กินอาหารเพิ่มขึ้น ถ้ามีการประดิษฐ์คิดค้นระบบถังอนุบาลดังกล่าว การประยุกต์ใช้อาหารผงสำเร็จเพื่อการอนุบาลลูกปูมีระยะ megalopa เพื่อเพิ่มปริมาณการได้กินอาหาร ย่อมทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของลูกปูสูงขึ้น อนึ่ง การใช้อาหารผงสำเร็จในการอนุบาลลูกปูระยะชูเอี้ยถึงระยะไมซิสประสบผลสำเร็จเนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปูเป็นแบบการกรองกิน (filter feeder) ดังนั้น ปริมาณการกินอาหารของลูกปูขึ้นอยู่กับขนาดของอาหารที่สามารถผ่านเข้าไปในช่องปากได้ และปริมาณที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ในขณะที่พฤติกรรมการกินอาหารของลูกปูระยะ megalopa ซึ่งมีพฤติกรรมกินแบบจับแทะ ดังนั้น ปริมาณการได้กินอาหารของลูกปูระยะนี้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ

ดังนั้น การอนุบาลลูกปูม้าระยะ megalopa ด้วยอาหารสำเร็จ จึงควรมีการพัฒนารูปแบบถังเพื่อให้ อนุบาล ให้มีความเหมาะสมต่อพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปู ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรุณา สัตยมาศ. 2532. การอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนให้มีอัตราการรอดสูง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2. กลุ่มพัฒนา แหล่งประมง, ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวง เกษตรและสหกรณ์. 16 หน้า.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง พรทิพย์ ทองบ่อ ฉลอง ทองบ่อ และวุฒิชัย ทองล้ำ. 2547ก. การอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ในที่กักขังโดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 34/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, สำนักวิจัยและพัฒนาประมง ชายฝั่ง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง สง่า สิงห์หงษ์ และฉลอง ทองบ่อ. 2547ข. ผลของความเค็มของน้ำต่อการรอดตายและ การเจริญเติบโตของลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ที่อนุบาลในที่กักขัง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 30 หน้า.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีวิตวิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 67 หน้า.
- อนันต์ ตันสุตะพานิช และพจน์ย์ แพงไพรี. 2524. แนวทางเพิ่มผลผลิตลูกกุ้งก้ามกราม. วารสารการประมง กรมประมง, ปีที่ 34, ฉบับที่ 6. หน้า 603-613.
- Ong, K.S. 1964. Observation on the postlarval life history of *Scylla serrata* Forskal, reared in the laboratory. Malaysian Agricultural Journal 45: 429-443.

กิจกรรมที่ 4 การผลิตแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของลูกปูม้า

ผู้วิจัยหลัก

ดร. วารินทร์ ธนาสมหวัง

ผู้ร่วมวิจัย

นางภมรพรรณ นัตรภูมิ

นางพรทิพย์ ทองบ่อ

นายสุทธิชัย ฤทธิธรรม

ดร. สุพิศ ทองรอด

การผลิตแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของลูกปูม้า

คำนำ

การผลิตแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เป็นงานสำคัญในขบวนการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ เนื่องจากแพลงก์ตอนเหล่านี้เป็นอาหารมีชีวิตที่เหมาะสมในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน (ธิดา, 2542) นักเพาะพันธุ์สัตว์น้ำจึงให้ความสำคัญอย่างมากกับการผลิตแพลงก์ตอนแบบมวลรวม (mass production) เพื่อผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำวัยอ่อน ถึงแม้ในปัจจุบันมีอาหารสำเร็จรูปสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อนมากมายหลายชนิดวางจำหน่ายในท้องตลาด แต่แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ยังมีความจำเป็นในการเป็นอาหารมื้อแรกของสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะในช่วงที่ระบบย่อยอาหารยังพัฒนาไม่เต็มที่

ในการผลิตพันธุ์สัตว์ทะเล โรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่นักเพาะพันธุ์สัตว์น้ำทั่วโลกนิยมใช้เป็นอาหารเริ่มแรกของสัตว์น้ำวัยอ่อน (Lubzens *et al.*, 1989; ธิดาและคณะ, 2531; มาวิทย์และธิดา, 2538; สุพิศและนิวัติ, 2526) เนื่องจากมีขนาดเล็กประมาณ 200 ไมครอน และคุณค่าทางโภชนาการสูง หลังจากนั้นจึงค่อยปรับเปลี่ยนเป็นตัวอ่อนไรน้ำเค็ม (*Artemia* spp.) ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 500 ไมครอน (ธิดา, 2542) นักเพาะพันธุ์สัตว์ทะเลมักใช้แพลงก์ตอน 2 ชนิดนี้เป็นหลักในการอนุบาลสัตว์ทะเลวัยอ่อน แต่ในขบวนการผลิตโรติเฟอร์มีความยุ่งยากมากกว่าการเตรียมตัวอ่อนไรน้ำเค็ม เพราะโรงเพาะฟักส่วนใหญ่ต้องผลิตโรติเฟอร์เองซึ่งต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีทักษะพอสมควร ตลอดจนสิ้นเปลืองพื้นที่ อุปกรณ์ ระยะเวลา และแรงงาน การเตรียมตัวอ่อนไรน้ำเค็มค่อนข้างสะดวกโดยซื้อไข่ไรน้ำเค็มที่บรรจุกระป๋อง แล้วนำไข่มาฟักเป็นตัวอ่อนไรน้ำเค็ม จากนั้นจึงเก็บเกี่ยวไปเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ไข่ไรน้ำเค็มเป็นสินค้าที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ บางปีมีราคาแพงมาก จึงมีการศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่นๆ เพื่อทดแทนหรือลดปริมาณการใช้ไรน้ำเค็ม ชัยรัตน์และสุพจน์ (2547) ศึกษาผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวไรน้ำกร่อย (*Diaphanosoma* sp.) 5 วิธี เพื่อหาวิธีเก็บเกี่ยวผลผลิตไรน้ำกร่อยไปใช้ออนุบาลสัตว์น้ำกร่อย/สัตว์ทะเลอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาไรแดง (*Moina macrocopa*) ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่ใช้ออนุบาลสัตว์น้ำจืด เพื่อใช้ออนุบาลสัตว์ทะเลวัยอ่อน (วีระและชัยวัฒน์, 2540; สมประสงค์และคณะ, 2542; สมประสงค์และคณะ, 2543)

ในการผลิตพันธุ์ปูม้าให้ได้ในระดับมวลรวม (mass production) เพื่อให้มีปริมาณเพียงพอขยายผลการเลี้ยงในบ่อดิน การเตรียมอาหารมีชีวิตสำหรับใช้ออนุบาลลูกปูวัยอ่อนเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก ลูกปูแรกฟักในระยะ zoea I สามารถกินแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดเล็กอย่างโรติเฟอร์ในวันแรกหลังฟักออกจากไข่ หากไม่ให้อาหารหรือให้ไม่เพียงพอในช่วง 24 ชั่วโมงแรก จะส่งผลให้ลูกปูในระยะต่อมา มีอัตราการตายต่ำ งานวิจัยในกิจกรรมนี้จึงมุ่งศึกษาการผลิตแพลงก์ตอนสัตว์เพื่อเป็นอาหารของลูกปูม้า โดยเน้นการผลิตโรติเฟอร์และไรแดงโดยให้ *Chlorella* ซึ่งเป็นอาหารหลักและอาหารสมทบเพื่อให้ผลผลิตเพียงพอและมีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมต่อการนำไปใช้ออนุบาลลูกปูม้าให้มีอัตราการตายสูงขึ้น ทั้งนี้รวมทั้งศึกษาการผลิต *Chlorella* ด้วยวิธีธรรมชาติโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมเชื้อในห้องปฏิบัติการ