

ปริมาณการลำเลียงตัวบึงไข่มุก (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ต่ออัตราการฟักของไข่

วารินทร์ ธนาสมหวัง สง่า สิงห์หงษ์ และชัยยุทธ พุทธิจัน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร ตู้ ปณ. 50 อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณการลำเลียงตัวบึงไข่มุกต่ออัตราการฟักของไข่โดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งตัวบึงไข่มุกในปริมาณต่างๆถูกลำเลียงจากโรงต้มปู จ.สมุทรสงคราม ถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาคร ในกล่องโฟมขนาด 35x50x27 ซม. ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ในปริมาตร 20 ลิตร ไข่สีน้ำตาลที่แยกจากตัวบึงจำนวน 4 ไข่ จากแต่ละปริมาณการลำเลียงถูกนำไปบ่มในขวดโหลแก้วทรงกระบอก โหลละ 30 กรัม (ประมาณ 660,900 ฟอง) ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ในปริมาตร 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ไข่สีน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีดำก่อนทยอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มไว้เป็นระยะเวลา 2-4 วัน ในการทดลองแต่ละครั้ง ตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนน้ำ ลำเลียงตัวบึงไข่มุกและไข่มุกก่อนนำไปฟัก ตลอดจนตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่มุก ควบคุมไปด้วยทุกครั้ง

อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุกสีน้ำตาลจากตัวบึงไข่มุกในปริมาณการลำเลียง 2, 3 และ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 อยู่ที่ 62.16±3.37%, 57.08±2.79% และ 75.98±11.79% และปริมาณการลำเลียง 4 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2 อยู่ที่ 76.16±11.17% และ 61.99±5.15% ส่วนปริมาณการลำเลียง 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3 อัตราการฟักของไข่มุกอยู่ที่ 26.21±4.48% และ 45.80±5.10% ตามลำดับ การเปรียบเทียบอัตราการฟักของไข่มุกจากปริมาณการลำเลียงต่างๆ โดยครั้งที่ 1 ใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 1 ส่วนครั้งที่ 2 ใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 2 ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan's multiple range test ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้ง 2 ครั้ง เหมือนกัน คือ ตัวบึงไข่มุกในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มุกสูงสุดและแตกต่างกับอัตราการฟักของไข่มุกจากตัวบึงในปริมาณการลำเลียงอื่นๆ ปริมาณการลำเลียงที่ 2, 3 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มุกรองลงมาและมากกว่าอัตราการฟักของไข่มุกจากตัวบึงไข่มุกในปริมาณการลำเลียง 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร และปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มุกมากกว่าอัตราการฟักของไข่มุกจากตัวบึงไข่มุกในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำ 20 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงตัวบึงไข่มุกและไข่มุกก่อนนำไปบ่มฟัก ไม่ได้ผันแปรตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นเสมอไป ส่วนคุณภาพน้ำในขวดโหลบ่มฟักไข่มุกมีการเปลี่ยนแปลงโดยความเป็นด่าง (alkalinity) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงตามอัตราการฟักของไข่มุกที่เพิ่มขึ้น และปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) และแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มฟักไข่มุก

คำสำคัญ: อัตราการฟัก ไข่มุก ตัวบึงไข่มุก ปริมาณการลำเลียง

**TRANSPORTED QUANTITIES OF BERRIED APRONS OF BLUE SWIMMING CRAB
(*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ON THE EGG HATCHING RATES**

Varin Tanasomwang, Sanga Singhong and Chaiyut Phuttichum

Samutsakhon Coastal Fisheries Research and Development Center, P.O. Box 50, Samutsakhon 74000, Thailand

ABSTRACT

Transported quantities of berried aprons of blue swimming crab on the egg hatching rates were studied by performing 3 experiments. In each experiment, the berried aprons, removed from the sponge crabs, at various quantities were transported from crab boiling plant in Samutsongkhram to the hatchery of Samutsakhon Center in 35x50x27 cm stylofoam boxes containing 20 l of 30 ppt salinity seawater. Four replications of crab eggs of 30 g (approximately 660,900 eggs), after separation from the aprons at each transported quantity were incubated in a cylindrical glass jar, filled with 6 l of seawater at 30 ppt salinity strength. With vigorous aeration, all eggs were kept swirling in the water column for 2-4 days until hatching. The total bacterial stocks and contaminating *Vibrio* prior to incubation, as well as water qualities before and during incubation were monitored.

In the first experiment, the hatching rates of $62.16 \pm 3.37\%$, $57.08 \pm 2.79\%$ and $75.98 \pm 11.79\%$ were obtained from 2, 3 and 4 kg berried aprons in 20 l of seawater, respectively. The second experiment transported quantities of 4 and 5 kg berried aprons yielded $76.16 \pm 11.17\%$ and $61.99 \pm 5.15\%$ hatching rates respectively. The 6 and 7 kg quantities of berried aprons resulted in $26.21 \pm 4.48\%$ and $45.80 \pm 5.10\%$ hatching rates respectively in the third experiment. The comparisons among the hatching rates from various transported quantities of berried aprons using 4 kg quantity in the first and second experiment in each comparison by the Duncan's multiple range test showed the same results. The 4 kg quantity of berried aprons gave the best hatching rate which differed significantly from all other quantities. The next best were obtained from the 2, 3 and 5 kg quantities, in that order, of the berried aprons. The hatching rate of crab egg, transported at 7 kg berried aprons quantity, was statistically higher than that of the 6 kg quantity.

The total bacterial and *Vibrio* counts did not always increase correspondingly with the berried aprons quantities. The water qualities in the hatching jars were characterized by decreasing alkalinity and pH, with the increased hatching rates of eggs. The amounts of nitrite and ammonia increased corresponding with the incubation time.

Keywords: Hatching rates, Blue swimming crab's eggs, Berried aprons, Transported quantities

คำนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก ทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน นอกจากเป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคในประเทศ ยังมีศักยภาพสูงในการส่งออก ปี 2546 ประเทศไทยส่งออกสินค้าและผลิตภัณฑ์ปูคิดเป็นมูลค่า 4,617 ล้านบาท โดยเป็นปูปรุงแต่ง 83% และปูแช่เยือกแข็ง 17% ของมูลค่าส่งออก นับเป็นประเทศส่งออกผลิตภัณฑ์ปูปรุงแต่งอันดับ 1 ของโลก (Globefish, 2002) ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ผลิตภัณฑ์ปูของไทยเป็นที่ต้องการของตลาดโลก และยังมีตลาดรองรับอีกมาก นอกจากนี้ประเทศไทยมีศักยภาพและเทคโนโลยีการแปรรูปสินค้าสัตว์น้ำเพื่อส่งออก แต่ปริมาณส่งออกถูกจำกัดด้วยปัญหาวัตถุดิบไม่เพียงพออันโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป

ปูม้าที่บริโภคทั้งในประเทศและใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเพื่อส่งออกเป็นผลผลิตจากทะเลแทบทั้งสิ้น การจับปูม้าจากทะเลขึ้นมาใช้ประโยชน์จนเกินขนาดทั้งปูวัยรุ่นและแม่ปูไข่นอกกระดองจนปูในธรรมชาติเกิดทดแทนไม่ทัน ส่งผลให้ผลผลิตปูม้าในท้องทะเลไทยมีแนวโน้มลดลง แต่ความต้องการของตลาดกลับเพิ่มมากขึ้น ทำให้ราคาปูม้าแพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากกิโลกรัมละ 35 บาท เมื่อปี 2532 (กองนโยบายและแผนงานประมง, 2532) เป็นกิโลกรัมละ 100-200 บาท (แล้วแต่ขนาด) ในปัจจุบัน กรมประมงจึงต้องมีการบทยาทในการเพิ่มผลผลิตเพื่อบรรเทาความขาดแคลนวัตถุดิบปูม้าสำหรับบริโภคในประเทศ (จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นทุกปี) และป้องกันโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป การเพาะพันธุ์ปูม้าถึงระยะเมกาโลปา (megalopa) ก่อนนำไปปล่อยทะเลเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับธรรมชาติได้ดำเนินการมานานแล้ว (กรกฎ, 2532) ในอดีตที่ผ่านมา การเพาะพันธุ์ปูม้าดำเนินการโดยนำแม่ปูไข่นอกกระดอง (ไข่นอกกระดอง) จากธรรมชาติมาไว้ในที่กักขังเพื่อให้ไข่ที่ดับบั้งฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าและทำการอนุบาลต่อไป ต่อมา วารินทร์และคณะ (2544) ประสบความสำเร็จในการฟักไข่ปูม้าจากดับบั้งที่หักจากตัวแม่ก่อนนำไปต้มและแกะเนื้อเพื่อจำหน่ายให้กับโรงงานผลิตปูกระป๋อง แม่ปูไข่นอกกระดองที่จับจากทะเลมีเป็นจำนวนมาก ที่ผ่านมาไข่นอกกระดองของแม่ปูเหล่านี้ถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ เป็นการทำลายทรัพยากรพันธุ์สัตว์น้ำอย่างน่าเสียดาย ความสำเร็จในการฟักไข่ปูม้าจากดับบั้งที่หักจากแม่ปูไข่นอกกระดอง ทำให้สามารถใช้ไข่ปูที่เคยถูกทิ้งขว้างเป็นแหล่งพันธุ์แหล่งใหญ่ เพื่อประโยชน์ในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับธรรมชาติและลดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนี้

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเบื้องต้นของวารินทร์และคณะ (2544) ในครั้งที่ผ่านมามีอัตราฟักของไข่ปูสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ที่ 36.16% ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าพอใจระดับหนึ่ง เนื่องจากดับบั้งไข่ปูม้ามีปริมาณมากให้นำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหลือเฟือโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย นอกจากค่าใช้จ่ายในการลำเลียงขนส่ง แต่การปรับปรุงวิธีการลำเลียงดับบั้งไข่ปูตลอดจนการจัดการสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการฟักไข่ปูยังมีความจำเป็น เพื่อให้ไข่ปูที่ลำเลียงมาได้รับความกระทบกระเทือนหรือเสียหายน้อยที่สุด และให้ลูกปูวัยอ่อนที่ฟักออกจากไข่สมบูรณ์แข็งแรงที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาปริมาณดับบั้งไข่ปูม้าโดยนำหนักต่อปริมาตรน้ำที่เหมาะสมในการลำเลียง เพื่อให้ไข่ปูจากดับบั้งที่ลำเลียงมามีอัตราการฟักสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณตบปิ้งไข่ม้วนโดยนำหน้าตบปิ้งปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการลำเลียง
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงตบปิ้งไข่ม้วนและไข่ม้วนจากตบปิ้งที่ลำเลียงในปริมาณต่างๆ
3. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำก่อนบ่มและระหว่างบ่มไข่ม้วน

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

การรวบรวมและลำเลียงตบปิ้งของแม่ปูไข่นอกกระดอง

ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูไปรับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม และ/หรืออำเภอลำลูกกาในเวลา 5.00-6.00 น. (รูปที่ 1) แล้วลำเลียงโดยใส่ในตะกร้าพลาสติก (แบบแห้ง) เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 2) มีบ้างเป็นบางครั้งที่ลำเลียงโดยใส่ถังพลาสติกทรงสูงที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ (รูปที่ 3) มายังโรงต้มปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดสมุทรสงคราม เวลาประมาณ 8.00-9.30 น. นอกจากนี้ระบุไว้ว่าเป็นปูม้าที่ลำเลียงมายังโรงต้มโดยใส่ในถังที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ นอกนั้นเป็นการลำเลียงแบบแห้ง ผู้วิจัยและคนงานของบริษัทผลิตปูกระป๋องเดินทางไปรออยู่ที่โรงต้มปูแห่งนั้น ระหว่างรอรถขนส่งปูม้ามาถึง วัดและจดบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ลำเลียงตบปิ้งไข่ม้วน เมื่อรถขนส่งปูม้ามาถึงทำการคัดเลือกและแยกปูที่มีไข่นอกกระดองออกมา (รูปที่ 4) และสุ่มปูไข่นอกกระดองจำนวน 20 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนัก ตลอดจนวัดความกว้างและความยาวของกระดอง (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. จากนั้นทำการหักตบปิ้งไว้ก่อนนำไปแช่ในน้ำไปต้มเพื่อแกะเนื้อ (รูปที่ 6) เมื่อรวบรวมตบปิ้งไข่ม้วนได้ตามต้องการ นำตบปิ้งเหล่านั้นไปใส่ในกล่องโฟม ขนาด 35x50x27 ซม. ที่บรรจุน้ำทะเลสะอาด 20 ลิตร ความเค็ม 30 ppt และอุณหภูมิ 29 °ซ พร้อมให้ก๊าซออกซิเจน (รูปที่ 7) ปริมาณตบปิ้งไข่ม้วนโดยนำหน้าตบปิ้งปริมาณน้ำ 20 ลิตร ในการลำเลียงจากโรงต้มปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครในแต่ละครั้งการทดลองดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 ปริมาณตบปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2545

ชุดการทดลองที่ 1 ตบปิ้งไข่ม้วน 2 กก./น้ำ 20 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ตบปิ้งไข่ม้วน 3 กก./น้ำ 20 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ตบปิ้งไข่ม้วน 4 กก./น้ำ 20 ลิตร (ปูม้าถูกลำเลียงมาในถังที่มีน้ำพร้อมให้อากาศ)

การทดลองครั้งที่ 2 ปริมาณตบปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2545

ชุดการทดลองที่ 1 ตบปิ้งไข่ม้วน 4 กก./น้ำ 20 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ตบปิ้งไข่ม้วน 5 กก./น้ำ 20 ลิตร

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



รูปที่ 1 ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูมารับซื้อปูม้าจากชาวประมงที่ทำเทียบเรือประมงอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



รูปที่ 2 ปูม้าที่ลำเลียงโดยใส่ตะกร้า (ลำเลียงแห้ง)มายังโรงต้มและแกะเนื้อปูที่ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 3 ปูม้าที่ลำเลียงโดยใส่ในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศมายังโรงต้มและแกะเนื้อปู



รูปที่ 4 การคัดเลือกและแยกปูม้าที่มีไข่นอกกระดอง



รูปที่ 5 การสุ่มแม่ปูไข่นอกกระดองเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาด



รูปที่ 6 การหักดับปิ้งจากแม่ปูไข่นอกกระดองแล้วรวบรวมไว้ในตะกร้า



รูปที่ 7 การลำเลียงดับปิ้งไข่ปูม้าโดยใส่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้ก๊าซออกซิเจน



การแยกไข่จากตับปิ้งและการทำความสะอาดไข่

เมื่อตับปิ้งไข่ปูของแต่ละการทดลองลำเลียงมาถึงโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ เก็บตัวอย่างน้ำลำเลียงตับปิ้งจากแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้บีกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน จากนั้นทำการคัดเลือกระดับปิ้งไข่สีน้ำตาลที่สีใกล้เคียงมากที่สุดจากแต่ละชุดการทดลองประมาณ 10-12 ระดับปิ้งใส่ในกะละมังพลาสติกที่มีน้ำสะอาด การแยกไข่ออกจากตับปิ้งโดยใช้มือถูเบาๆ ในน้ำ (รูปที่ 8) จากนั้นกรองเอาสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก (รูปที่ 9) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง (รูปที่ 10) ไข่ปูม้าที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวพร้อมนำไปฟัก อย่างไรก็ตาม แบ่งไข่ส่วนหนึ่งเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย และอีกส่วนหนึ่งโดยแบ่งตัวอย่างไข่ออกมาในปริมาณ 0.1 กรัม จำนวน 2 ตัวอย่าง เพื่อนับจำนวน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ต่อน้ำหนัก 0.1 กรัม เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการนำไปคำนวณจำนวนไข่ปูที่นำไปบ่มในแต่ละขวด โหล



รูปที่ 8 การแยกไข่ออกจากตับปิ้งโดยใช้มือถูเบาๆ ในกะละมังที่มีน้ำทะเล



รูปที่ 9 การกรองสิ่งสกปรกและไข่ที่จับเป็นก้อนออก



รูปที่ 10 การล้างไข่ปูด้วยน้ำทะเลสะอาด 3 ครั้ง

การฟักไข่ปูม้า

ไข่ปูจากแต่ละชุดการทดลองถูกนำไปบ่มในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ในปริมาตร 6 ลิตร ชุดการทดลองละ 4 ข้ว ปริมาณไข่ปูที่นำไปบ่มในแต่ละขวดโหลมีน้ำหนัก 30 กรัม



รูปที่ 11 การฟักไข่ในขวดโหลแก้วรูปทรงกระบอกที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศ

ระหว่างที่บ่มไข่ให้อากาศค่อนข้างแรง (รูปที่ 11) เพื่อไม่ให้ไข่จมที่ก้นขวดโหล นอกจากนี้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในขวดโหลฟักไข่ปูในแต่ละวันซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Orion อุณหภูมิในช่องเช้าและบ่ายโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) ที่มีช่วงระหว่าง 0-100°ซ ปริมาณแอมโมเนียรวม (ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) และไนไตรท์ (nitrite: $\text{NO}_2\text{-N}$) ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) และความเป็นด่าง (alkalinity) ตามวิธี

ของ APHA, AWWA and WPCF (1980)

เมื่อสังเกตเห็นขดโคลนใต้อ่างน้ำเริ่มฟุ้งออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจะปรับฟองอากาศให้เบาลง รอนจนปริมาณลูกปูแรกฟุ้งในขดโคลนมีมากพอสมควรจึงหยุดให้อากาศ เพื่อให้ไข่ปูส่วนที่ยังไม่ฟุ้งออกเป็นตัวจมอยู่กับขดโคลน จากนั้นใช้สายยางดูดเอาน้ำพร้อมตัวอ่อนปูม้าที่บริเวณเหนือชั้นของไข่ที่จมด้วยวิธีกักน้ำลงในสวิงตักที่วางอยู่ในกะละมังที่มีน้ำท่วมถึง ย้ายลูกปูแรกฟุ้งไปใส่ในถังหรือกะละมังพลาสติกที่มีน้ำทะเลอยู่ระดับหนึ่ง การเลือกใช้ถังหรือกะละมังพลาสติกขึ้นอยู่กับจำนวนลูกปูว่ามีมากน้อยเพียงใดเพื่อสะดวกในการสูมนับจำนวนต่อไป ส่วนขดโคลนที่แยกลูกปูแรกฟุ้งออกมาแล้ว เติมน้ำทะเลลงไปในขดโคลนให้ได้ปริมาตร 6 ลิตรเท่าเดิม พร้อมให้อากาศอีกครั้งและรอให้ไข่ฟุ้งเป็นตัวอ่อนในครั้งต่อไป แล้วรวบรวมลูกปูวัยอ่อนด้วยวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น การรวบรวมตัวอ่อนปูม้าดำเนินการจนกระทั่งไข่ในขดโคลนเริ่มเน่าเสียและไม่ฟุ้งเป็นตัว

การสูมนับจำนวนลูกปูแรกฟุ้ง

เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟุ้งมาไว้ในถังพลาสติกในกรณีที่มีลูกปูจำนวนมาก จากนั้นเติมน้ำทะเลลงไปในถังให้ได้ปริมาตร 300 ลิตร ในกรณีที่ลูกปูแรกฟุ้งมีจำนวนไม่มากจะรวบรวมไว้ในกะละมังพลาสติก เติมน้ำทะเลลงไปได้ปริมาตร 20 ลิตร แล้วให้ฟองอากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายทั่วๆ การประเมินจำนวนลูกปูในถัง 300 ลิตร หรือกะละมัง 20 ลิตร โดยใช้บิกเกอร์สูมตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 100 มล. นับจำนวนลูกปูที่อยู่ในบิกเกอร์ ถ้าเป็นถัง 300 ลิตร สูมตัวอย่าง 9 จุด ถ้าเป็นกะละมัง 20 ลิตร สูมตัวอย่าง 4 จุด แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนลูกปูแรกฟุ้งในปริมาตรน้ำ 100 มล. ซึ่งทำให้สามารถประเมินจำนวนลูกปูทั้งหมดในแต่ละถังหรือในแต่ละกะละมัง การประเมินจำนวนลูกปูทั้งหมดจากแต่ละขดโคลนโดยการรวมจำนวนลูกปูที่สูมนับจากถัง 300 ลิตร หรือจากกะละมัง 20 ลิตร ในแต่ละครั้ง จากนั้นคำนวณหาอัตราการฟุ้งของไข่ปูได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการฟุ้ง (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกปูที่นับได้}}{\text{จำนวนไข่ปูที่นำไปฟุ้ง}} \times 100$$

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับเพลิงไข่ปูและไข่ปู

การแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำลำเลียงดับเพลิงไข่ปูของแต่ละชุดการทดลองๆละ 2 ซ้ำ โดยวิธีเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (spread plate method) ตัวอย่างน้ำที่เก็บโดยตรงหรือที่ทำให้เจือจางที่ละ 10 เท่า (serial 10-fold dilution) ในปริมาตร 0.1 มล. ถูกหยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นใช้แท่งแก้วรูปตัว L เกลี่ยให้ทั่ว อาหารรุ่นที่ใช้มี 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) ที่ขึ้นบนอาหารรุ่นทั้ง 2 ชนิด แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียที่ขึ้นบนอาหารรุ่นแต่ละชนิด

ส่วนการแยกเชื้อแบคทีเรียจากไข่มุขของแต่ละชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ โดยนำตัวอย่างไข่มุข 0.1 กรัม มาบดให้ละเอียดในเครื่องบด (homogenizer) ที่มีน้ำทะเล 0.9 มล. แล้วดูดสารแขวนลอยในเครื่องบด โดยตรงหรือที่ทำให้เจือจางที่ละ 10 เท่า ไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อตามวิธีดังกล่าวข้างต้น อนึ่ง อุปกรณ์และน้ำทะเลสำหรับเจือจางตัวอย่างที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียผ่านการฆ่าเชื้อก่อนใช้ทุกครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยวิธี Analysis of variance และการเปรียบเทียบอัตราฟักของไข่มุขจากดักขี้ไข่มุขในปริมาณการลำเลียงต่างๆ โดยวิธี Duncan 's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณดักขี้ไข่มุขต่อปริมาตรน้ำที่เหมาะสมในการลำเลียงจากโรงต้มและแกะเนื้อปูมายังโรงเพาะฟักของศูนย์ฯ สมุทรสาครเพื่อให้อัตราการฟักของไข่มุขสูงสุดโดยดำเนินการทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ละครั้ง ไข่มุขน้ำตาดที่แยกจากดักขี้ที่ลำเลียงในปริมาณต่างๆถูกนำไปบ่มในขวดโหลแก้วทรงกระบอก โหลละ 30 กรัม หรือ 660,900 ฟอง ที่บรรจุน้ำทะเล 6 ลิตร พร้อมให้อากาศอย่างแรง ปริมาณการลำเลียงละ 4 ซ้ำ ไข่มุขน้ำตาดเปลี่ยนสีเป็นสีดำก่อนทยอยฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าหลังจากบ่มไว้ 2-4 วัน อัตราการฟักของไข่มุขจากดักขี้ที่ลำเลียงในแต่ละปริมาณ 2, 3, 4 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร มากกว่า 50% ขึ้นไปทั้ง 4 ซ้ำของแต่ละปริมาณการลำเลียง ส่วนการลำเลียงดักขี้ไข่มุขปริมาณ 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ยกเว้นซ้ำที่ 1 ของปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ที่อัตราการฟักอยู่ที่ 53.22% นอกนั้นต่ำกว่า 50% (ตารางที่ 1) อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุขจากปริมาณการลำเลียง 2, 3 และ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 อยู่ที่ 62.16±3.37%, 57.08±2.79% และ 75.98±11.79% และปริมาณการลำเลียง 4 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2 อยู่ที่ 76.16±11.17% และ 61.99±5.15% ส่วนปริมาณการลำเลียง 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่มุขอยู่ที่ 26.21±4.48% และ 45.80±5.10% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) การเปรียบเทียบอัตราการฟักของไข่มุขจากปริมาณการลำเลียงต่างๆ โดยครั้งที่ 1 ใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 1 (ตารางที่ 3) ส่วนครั้งที่ 2 ใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 2 (ตารางที่ 4) ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan's multiple range test ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้ง 2 ครั้ง เหมือนกัน คือ ดักขี้ไข่มุขในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มุขสูงสุดและแตกต่างกับอัตราการฟักของไข่มุขจากดักขี้ในปริมาณการลำเลียงอื่นๆ ปริมาณการลำเลียงที่ 2, 3 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มุขรองลงมาและมากกว่าอัตราการฟักของไข่มุขจากดักขี้ในปริมาณการลำเลียง 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร และปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่มุขมากกว่าอัตราการฟักของไข่มุขจากดักขี้ในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำ 20 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

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

ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	จำนวนไข่ปู (ฟอง)	จำนวนปูม้าแรกฟัก (ตัว)	อัตราการฟัก (%)
การทดลองครั้งที่ 1			
2 กก. / น้ำ 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. / น้ำ 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. / น้ำ 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. / น้ำ 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. / น้ำ 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. / น้ำ 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. / น้ำ 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 อัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าจากตบปีงไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4 (2 ครั้ง), 5, 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง

ปริมาณตบปีง/น้ำ 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

* : ปูม้าถูกลำเลียงในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราการฟักเฉลี่ยของไข่ปูม้าจากตบปีงไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง และใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 1 ในการเปรียบเทียบ โดยใช้ Duncan 's multiple range test

ปริมาณตบปีง/น้ำ 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 การเปรียบเทียบอัตราการฟักของไข่ปูม้าจากตบปีงไข่ปูที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร จากการทดลอง 3 ครั้ง และใช้ปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ของการทดลองครั้งที่ 2 ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan 's multiple range test

ปริมาณตบปีง/น้ำ 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* ที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่มุ่และไข่มุ่ก่อนนำไปบ่มพักจากปริมาณการลำเลียงต่างๆ (ตารางที่ 5) พบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม (total count) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ZoBell's 2216e และปริมาณ *Vibrio* (*Vibrio* count) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่มุ่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นในการทดลองครั้งเดียวกัน ยกเว้นในการทดลองครั้งที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียรวมซึ่งแยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่มุ่ในปริมาณ 2 กก./น้ำ 20 ลิตร (1.6×10^7 CFU/มล.) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่มุ่ในปริมาณ 3 กก./น้ำ 20 ลิตร (1.3×10^7 CFU/มล.) เล็กน้อย แต่ในภาพรวมของทั้ง 3 การทดลอง ปริมาณแบคทีเรียทั้งบนอาหารวุ้น ZoBell และ TCBS ที่แยกจากน้ำลำเลียงดับปิ้งไข่มุ่ไม่ได้ผันแปรเพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นเสมอไป ดับปิ้งไข่มุ่ในปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร มีปริมาณแบคทีเรียรวมปนเปื้อนน้ำลำเลียงมากที่สุด คือ 2.7×10^7 CFU/มล. และปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียรวมปนเปื้อนน้ำลำเลียงน้อยที่สุด คือ 6.2×10^6 CFU/มล. ดับปิ้งไข่มุ่ในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1 ตรวจพบปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลำเลียงมากที่สุด คือ 2.4×10^5 CFU/มล. และปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำ 20 ลิตร ตรวจพบปริมาณ *Vibrio* ในน้ำลำเลียงน้อยที่สุด คือ 1.0×10^5 CFU/มล. ส่วนปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากตัวอย่างไข่มุ่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้นในการทดลองครั้งเดียวกัน ยกเว้นในการทดลองครั้งที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากไข่มุ่ในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำ 20 ลิตร (7.9×10^4 CFU/กรัม) มากกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากไข่มุ่ในปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร (4.2×10^4 CFU/กรัม) แต่โดยภาพรวมปริมาณแบคทีเรียรวมที่ปนเปื้อนไข่มุ่จากปริมาณการลำเลียงต่างๆ

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

ปริมาณดับปิ้งไข่มุ่/น้ำ 20 ลิตร (กก.)	น้ำลำเลียงดับปิ้งไข่มุ่ (CFU/มล.)		ไข่มุ่ที่นำตาล (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

* : ไข่มุ่ถูกลำเลียงมาในถังที่มีน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ

ในการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งอยู่ในระดับ 10^6 CFU/กรัม มากกว่าปริมาณแบคทีเรียรวมที่แยกจากไขปูกุ้งที่ปริมาณการลำเลียงต่างๆ ในการทดลองครั้งที่ 2 (ระดับ 10^5 CFU/กรัม) และในการทดลองครั้งที่ 3 (ระดับ 10^4 CFU/กรัม) สำหรับปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนไขปูกุ้งไม่ได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้น โดยภาพรวมปริมาณการลำเลียง 3 กก./น้ำ 20 ลิตร มีเชื้อ *Vibrio* ปนเปื้อนไขปูกุ้งในปริมาณมากที่สุด (1.6×10^4 CFU/กรัม) และปริมาณการลำเลียง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร มีเชื้อ *Vibrio* ปนเปื้อนไขปูกุ้งในปริมาณน้อยที่สุด (1.1×10^3 CFU/กรัม)

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการในเขตโหลฟักไขปูกุ้งแต่ละการทดลอง โดยการทดลองครั้งที่ 1 ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำจาก 1 ใน 4 ของเขตโหลที่ฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง (ตารางที่ 6) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้ง 4 เขตโหลที่ฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง แล้วแสดงค่าของแต่ละ parameter เป็นช่วงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด (ตารางที่ 7 และ 8) ในการทดลองครั้งที่ 1 คุณภาพน้ำในเขตโหลก่อนบ่มไขปูกุ้งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หลังจากบ่มไขปูกุ้งไว้ 1 วัน อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในเขตโหลฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งในแต่ละปริมาณการลำเลียงมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าของน้ำก่อนบ่มไขปูกุ้ง ปริมาณไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในน้ำบ่มฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งทุกปริมาณการลำเลียง ส่วนปริมาณแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในน้ำบ่มฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 2 และ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร เพิ่มขึ้นเป็น 0.286 และ 0.205 มก./ลิตร มากกว่าปริมาณแอมโมเนียในบ่มน้ำฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 3 กก./น้ำ 20 ลิตร (0.037 มก./ลิตร) แต่เมื่อบ่มไขปูกุ้งไว้ 2 วัน (ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก) parameter ของน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากวันแรกอย่างเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ความเป็นด่างซึ่งลดลงจาก 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 ในน้ำบ่มฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3 และ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป เติมน้ำทะเลลงไปในเขตโหลให้ได้ปริมาตร 6 ลิตรเท่าเดิม แล้วบ่มต่ออีก 1 วัน ความเป็นด่างเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ 117, 111 และ 104 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียยังอยู่ในระดับสูงที่ 1.635, 2.480 และ 2.245 มก./ลิตร ในน้ำบ่มฟักไขปูกุ้งดังกล่าว ตามลำดับ ส่วน parameter อื่นๆ ที่เหลือเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (ตารางที่ 6) ในการทดลองครั้งที่ 2 ก็เช่นเดียวกัน หลังจากบ่มไขปูกุ้งไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก ความเป็นด่างในน้ำบ่มฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 4 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร ลดลงอย่างมากจากวันแรกซึ่งอยู่ในช่วง 114-116 และ 115-118 มก./ลิตร มาอยู่ในช่วง 39-59 และ 62-83 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่างลดลงจากช่วง 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 เมื่อรวบรวมลูกปูแรกฟักออกจากเขตโหล เติมน้ำทะเลลงไปในเขตโหลให้ได้ปริมาตรเท่าเดิมแล้วบ่มต่ออีก 1 วัน ความเป็นด่างในน้ำฟักไขปูกุ้งจากตบปั้งทั้ง 2 ปริมาณการลำเลียง อยู่ในช่วง 69-76 และ 53-60 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่างในช่วง 7.9-8.0 และ 7.7-7.8 ปริมาณแอมโมเนียลดลง อยู่ในช่วง 0-0.269 และ 0-0.251 มก./ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำก่อนบ่มและระหว่างบ่มไข่ม้วนในขวดโหลจากดับปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3 และ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 1

ปริมาณดับปิ้งไข่ม้วน/น้ำ 20 ลิตร (กก.)	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
ก่อนบ่มไข่ม้วน						
	27.5	28.5	8.4	124	0	0
หลังจากบ่มไข่ม้วนไว้ 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
หลังจากบ่มไข่ม้วนไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
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
หลังการรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มไข่ม้วนต่ออีก 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 ของขวดโหลฟักไข่ม้วนจากดับปิ้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำก่อนบ่มและระหว่างบ่มไข่ม้วนในขวดโหลจากดับปิ้งไข่ม้วนที่ลำเลียงในปริมาณ 4 และ 5 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 2

ปริมาณดับปิ้งไข่ม้วน/น้ำ 20 ลิตร (กก.)	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
ก่อนบ่มไข่ม้วน						
	-	29.0	8.3	114	0.058	0
หลังจากบ่มไข่ม้วนไว้ 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
หลังจากบ่มไข่ม้วนไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
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
หลังการรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มไข่ม้วนต่ออีก 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 ขวดโหลที่ฟักไข่ม้วนจากดับปิ้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง

ในการทดลองครั้งที่ 3 หลังจากบ่มไข่ปุ๋ยไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก ความเป็นค่าในน้ำบ่มฟักไข่ปุ๋ย จากตบปี้งในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำ 20 ลิตร ลดลงจากวันแรกซึ่งอยู่ในช่วง 124-128 มก./ลิตร มาอยู่ในช่วง 104-127 มก./ลิตร โดยลดลงน้อยกว่าน้ำบ่มฟักไข่ปุ๋ยจากตบปี้งที่ลำเลียงในปริมาณ 7 กก./น้ำ 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 ในน้ำบ่มฟักไข่จากตบปี้งที่ลำเลียงในปริมาณ 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ตามลำดับ หลังจากรวบรวมลูกปูแรกฟักออกไป แล้วเติมน้ำลงในขวดโหลและบ่มต่ออีก 1 วัน ความเป็นค่าอยู่ในช่วง 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 ในน้ำบ่มฟักไข่ปุ๋ยจากตบปี้งทั้ง 2 ปริมาณการลำเลียง ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำระหว่างบ่มไข่ปุ๋ยม้าในขวดโหลจากตบปี้งไข่ปุ๋ยที่ลำเลียงในปริมาณ 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งที่ 3

ปริมาณตบปี้งไข่ปุ๋ย/น้ำ 20 ลิตร (กก.)	อุณหภูมิ (°ซ)		pH	ความเป็นค่า (มก./ลิตร)	NO ₂ -N (มก./ลิตร)	NH ₃ -N (มก./ลิตร)
	เช้า	บ่าย				
หลังบ่มไข่ปุ๋ยไว้ 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
หลังบ่มไข่ปุ๋ยไว้ 2 วัน ก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก						
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
หลังการรวบรวมลูกปูแรกฟัก แล้วเติมน้ำใหม่และบ่มไข่ปุ๋ยต่ออีก 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 ขวดโหลที่ฟักไข่ปุ๋ยจากตบปี้งในแต่ละปริมาณการลำเลียง

วิจารณ์ผล

ช่วงเดือนพฤษภาคมที่คณะผู้วิจัยไปรวบรวมตบปี้งไข่ปุ๋ยม้า ณ โรงต้มปุ๋ยและแคะเนื้อ ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นช่วงที่มีแม่ปูไข่นอกกระดองจำนวนมาก จากการประเมินมีประมาณ 34% ของปริมาณปูม้าที่เข้ามายังโรงต้มปุ๋ยแห่งนี้ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของจินตนา (2544) ที่พบปูม้ามีไข่นอก

กระดองมากที่สุด 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม และเดือนกันยายนถึงธันวาคม ไข่นอกกระดองของแม่ปูเหล่านี้เป็นไข่ที่ได้รับผสมกับน้ำเชื้อ มีขนาด 295-420 ไมครอน และเกาะติดอยู่ที่หน้าท้องบริเวณระยางค์ออกที่เปลี่ยนแปลงไปประมาณ 9-11 วัน ก่อนฟักเป็นตัวอ่อนปูม้า (สุเมธ, 2527)

การศึกษาในครั้งนี้ ดับปั้งไข่ม้วนในปริมาณการลำเลียง 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ให้อัตราการฟักของไข่ม้วนสูงสุด ($75.98 \pm 11.79\%$ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ $76.16 \pm 11.17\%$ ในการทดลองครั้งที่ 2) และแตกต่างกับอัตราการฟักของไข่ม้วนจากดับปั้งไข่ม้วนในปริมาณการลำเลียงอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากการสังเกตด้วยสายตา ปริมาณการลำเลียงที่ 4 กก./น้ำ 20 ลิตร ดับปั้งไข่ม้วนเรียงตัวค่อนข้างพอดีในกล่องโฟมขนาด $35 \times 50 \times 27$ ซม. โดยไม่ทับซ้อนอย่างเช่นดับปั้งไข่ม้วนที่ลำเลียงในปริมาณ 5, 6 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร และไม่โคลงเคลงกลิ้งไปมาเวลาเคลื่อนย้ายอย่างเช่นดับปั้งไข่ม้วนในปริมาณการลำเลียง 2 และ 3 กก./น้ำ 20 ลิตร อย่างไรก็ตามอัตราการฟักของไข่ม้วนน้ำตาลจากดับปั้งของแม่ปูไข่นอกกระดองที่ลำเลียงในปริมาณ 2, 3, 4, 5 และ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร สูงกว่าอัตราการฟักของไข่ม้วนเดียวกันจากการศึกษาที่ผ่านมาของวารินทร์และคณะ (2544) ซึ่งอยู่ที่ $36.16 \pm 2.50\%$ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลำเลียงดับปั้งไข่ม้วนในการศึกษาครั้งนี้ผ่านมา ดำเนินการโดยนำดับปั้งไข่ม้วนที่รวบรวมได้ใส่ในถังพลาสติกทรงสูงที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้อากาศ แล้วลำเลียงมายังโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาคร โดยรถบรรทุกไม่มีหลังคา ในระหว่างการลำเลียงครั้งนั้นอากาศร้อนและแดดจัด จึงอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของไข่ม้วนที่ติดอยู่กับดับปั้ง การศึกษาในครั้งนี้ได้ปรับปรุงวิธีการโดยนำดับปั้งไข่ม้วนใส่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำทะเลพร้อมให้ก๊าซออกซิเจนและลำเลียงโดยรถบรรทุกมีหลังคา ซึ่งน่าจะรักษาคุณภาพของไข่ม้วนที่ติดอยู่กับดับปั้งได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม อัตราการฟักของไข่ม้วนจากดับปั้งในปริมาณการลำเลียง 6 กก./น้ำ 20 ลิตร ($26.21 \pm 4.48\%$) ซึ่งต่ำกว่าอัตราการฟักของไข่ม้วนจากดับปั้งที่ลำเลียงในปริมาณ 7 กก./น้ำ 20 ลิตร ($45.80 \pm 5.10\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และต่ำกว่าผลของการศึกษาครั้งนี้ที่ผ่านมา (วารินทร์และคณะ, 2544) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า คุณภาพของไข่ม้วนไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณการลำเลียงจากโรงต้มปูถึงโรงเพาะฟักของศูนย์สมุทรสาครอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูม้าตั้งแต่จับจากทะเล ตลอดจนการลำเลียงปูม้าจากท่าเทียบเรือประมงจนถึงโรงต้มปูในแต่ละเที่ยว และโดยที่ผู้ประกอบการใช้รถบรรทุกไม่มีหลังคาในการลำเลียง สภาพอากาศ เช่น ฝนตก แดดจัด จึงมีผลกระทบต่อคุณภาพของไข่นอกกระดองของแม่ปู สาเหตุที่ไข่ม้วนอัตราการฟักต่ำ เนื่องจากไข่น้ำตาลก่อนฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้า

ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ตรวจพบในน้ำลำเลียงดับปั้งไข่ม้วนและไข่ม้วนก่อนนำไปบ่มฟักไม่ได้ผันแปรตามปริมาณการลำเลียงที่เพิ่มขึ้น และไม่ได้ผันแปรผกผันกับอัตราการฟักของไข่ม้วนเสมอไป ที่น่าสังเกต ปริมาณแบคทีเรียรวมและปริมาณ *Vibrio* ที่ปนเปื้อนน้ำลำเลียงดับปั้งไข่ม้วนในปริมาณตั้งแต่ 2 ถึง 7 กก./น้ำ 20 ลิตร แตกต่างกันไม่มากนัก (ตารางที่ 5) โดยแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มสามารถเพิ่มจำนวนได้มากที่สุดที่ระดับ 10^7 และ 10^5 CFU/มล. ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มที่ตรวจพบในน้ำลำเลียงดับปั้งไข่ม้วนในแต่ละปริมาณการลำเลียงไม่ได้สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มที่ปนเปื้อนไข่ม้วนจากดับปั้งในปริมาณการลำเลียงนั้นๆเสมอไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะก่อนนำไข่ม้วนไปบ่มฟักในขวดโหล ทำการกรองเอาสิ่งสกปรกออกและล้างด้วยน้ำทะเลสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง การล้างไข่ม้วนด้วยน้ำสะอาดหลายครั้งมี

ส่วนช่วยชะแบคทีเรียตามผิวของไข่มุกบางส่วนออกไป ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนไข่มุกจึงขึ้นอยู่กับความพิถีพิถันในการล้างไข่มุกมากกว่า

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในเขตโหลบ่มฟักไข่มุก พบประเด็นที่น่าสนใจมากโดยหลังจากการบ่มฟักไข่มุกและก่อนการรวบรวมลูกปูแรกฟัก หากเขตโหลบ่มฟักที่ไข่มุกฟักออกเป็นตัวอ่อนปูม้าจำนวนมาก หรือมีอัตราการฟักสูง ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำในเขตโหลบ่มฟักนั้นๆ จะลดลงอย่างฮวบฮาบ (เมื่อเทียบกับความเป็นด่างของน้ำก่อนบ่มไข่มุก) และเป็นผลให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงตามไปด้วย ปรากฏการณ์เช่นนี้สันนิษฐานว่าเกิดจากการที่ HCO_3^- และ CO_3^{2-} ในน้ำถูกดึงไปใช้ในการสร้างเปลือกของลูกปู ส่วนปริมาณไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) และปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มฟักไข่มุก โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียที่มักเพิ่มขึ้นสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 มก./ลิตร (ฝ่ายคุณภาพน้ำ, 2534) ดังนั้น เมื่อลูกปูฟักออกจากไข่มุกต้องรีบรวบรวมลูกปูออกจากภาชนะบ่มฟักไข่มุก เนื่องจากลูกปูแรกฟักมีจำนวนหนาแน่นและปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มสูงขึ้นจะเป็นอันตรายต่อลูกปู

คำขอบคุณ

การศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณชัยพร ฤทธิ์คำรพ ผู้ประกอบการต้มและแกะเนื้อปูม้าที่ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่อำนวยความสะดวกในการคัดเลือกแม่ปูไข่มุกนอกกระดองและหัดดับปิ้งของแม่ปูไข่มุกนอกกระดอง ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์หัดดับปิ้งไข่มุก

เอกสารอ้างอิง

- กรรณา 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 จินดาลิขิต. 2544. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยตอนบน. ใน: รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2544 กรมประมง. วันที่ 18-20 กันยายน 2544. ณ ห้องประชุมกรมประมง.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีววิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. เอกสารเผยแพร่วิชาการ ฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ, กองประมงทะเล, กรมประมง. 67 หน้า.

- วารินทร์ วัฒนาสมหวัง, พรทิพย์ อังศุกาญจนกุล และจิราณัฐวัฒน์ ชูเพชร. 2544. การฟักไข่ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) จากตับปิ้งของแม่ปูไข่ในออกกระดอง. วารสารการประมง 55(4): 319-323.
- APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 15thed. American Public Health Association, Washington. 1134 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2002. Commodity Update Crab. In: Food and Agriculture Organization of the United Nation, Fishery Industries Division (ed.). Globefish. Viale delle Terme di Caracalla, Rome. pp.1-38.
- 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.