

ผลของความหนาแน่นของลูกปูม้า (*Portunus pelagicus*) และระยะเวลาที่บรรจุถุง
ต่ออัตราการตายและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่ง
Effects of Young Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) Density
and Time Period in Bagging on Mortality Rate and Water Quality Changes
during Transportation

อนุรักษ์ สุขดารา^{1,*} วาสนา อากรรัตน์¹ วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม¹ และ รุ่งทิwa คนสันทัด¹
Anurak Sookdara^{1,*}, Wasana Arkronrat¹, Vutthichai Oniam¹ and Rungtiwa Konsantad¹

¹ สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจวบคีรีขันธ์ 77000

¹ Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan 77000

รับเรื่อง: 25 กุมภาพันธ์ 2565 Received: 25 February 2022

ปรับแก้ไข: 15 เมษายน 2565 Revised: 15 April 2022

รับตีพิมพ์: 28 เมษายน 2565 Accepted: 28 April 2022

* Corresponding author: anurak.so@ku.th

ABSTRACT: The purpose of this study was to determine the density of young blue swimming crab in bagging on crab mortality and changes in water quality during transportation. The result showed that bagging of crab at densities of 25, 50 and 75 crabs per liter at 6 and 12 hours had lower mortality rate than at 24 hours. The change in water quality during transportation showed that some parameter of water changes at 6 and 12 hours but the change in water quality during transportation showed that some parameter of water change at 6 and 12 hours but dissolved oxygen content (2.63 ± 0.44 , 1.84 ± 0.56 , 1.48 ± 0.56 and 2.92 ± 0.44 mg/L) and water temperature (28.93 ± 0.46 , 28.86 ± 0.40 , 28.93 ± 0.47 and $28.83 \pm 0.37^\circ\text{C}$) affects the mortality rate. But the salinity content of water (30.66 ± 0.57 , 30.66 ± 0.57 , 30.66 ± 0.57 and 30.66 ± 0.57 ppt), pH (8.62 ± 0.25 , 8.57 ± 0.20 , 8.46 ± 0.25 and 8.36 ± 0.30) amount ammonia (0.00 ± 0.00 , 0.07 ± 0.06 , 0.10 ± 0.08 and 0.15 ± 0.13 mg/L), nitrite content (0.00 ± 0.00 , 0.13 ± 0.23 , 0.00 ± 0.00 and 0.00 ± 0.00 mg/L) and alkalinity of water (168.33 ± 37.07 , 170.66 ± 34.93 , 167.00 ± 32.07 and 162.33 ± 21.38 mg/L) had no effect on the young crabs transported in sequence. On the other hand, the crab larvae transportation at 24 hours had more water changed and directly affected crab mortality in all treatments. This study indicated that density and time period of bagging affected crab mortality and water qualities during transportation. It is suggested that the young crab should be transported at a density of 25–75 crabs per liter, and the transport time should not exceed 12 hours.

Keywords: Blue swimming crab, mortality, density, time period

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราความหนาแน่นของลูกปูม้าที่บรรจุลงต่ออัตราการตายของลูกปู และการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่ง ผลการศึกษาพบว่า การบรรจุลูกปูม้าที่อัตราความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร ที่ระยะเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มีอัตราการตายต่ำกว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่ง พบว่า คุณภาพน้ำระหว่างการขนส่งลูกปูที่ระยะเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (2.63 ± 0.44 , 1.84 ± 0.56 , 1.48 ± 0.56 และ 2.92 ± 0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร) และอุณหภูมิของน้ำ (28.93 ± 0.46 , 28.86 ± 0.40 , 28.93 ± 0.47 และ 28.83 ± 0.37 องศาเซลเซียส) มีผลต่ออัตราการตาย แต่ปริมาณความเค็มของน้ำ (30.66 ± 0.57 , 30.66 ± 0.57 , 30.66 ± 0.57 และ 30.66 ± 0.57 ppt) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (8.62 ± 0.25 , 8.57 ± 0.20 , 8.46 ± 0.25 และ 8.36 ± 0.30) ปริมาณแอมโมเนีย (0.00 ± 0.00 , 0.07 ± 0.06 , 0.10 ± 0.08 และ 0.15 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณไนไตรท์ (0.00 ± 0.00 , 0.13 ± 0.23 , 0.00 ± 0.00 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) และความเป็นด่างของน้ำ (168.33 ± 37.07 , 170.66 ± 34.93 , 167.00 ± 32.07 และ 162.33 ± 21.38 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีผลต่อลูกปูที่ถูกขนส่ง ตามลำดับ การขนส่งลูกปูที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่ออัตราการตายของลูกปูโดยตรงในทุกชุดการทดลอง การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ความหนาแน่นของลูกปูม้าที่บรรจุลงและระยะเวลาในการบรรจุลงมีผลต่ออัตราการตายของลูกปูและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่ง โดยข้อเสนอแนะสำหรับการขนส่งลูกปูม้าที่เหมาะสม คือ ที่อัตราความหนาแน่น 25-75 ตัวต่อลิตร และระยะเวลาขนส่งไม่ควรนานเกิน 12 ชั่วโมง

คำสำคัญ: ปูม้า, อัตราการตาย, ความหนาแน่น, ระยะเวลา

บทนำ

ปูม้าเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีชื่อสามัญว่า blue swimming crab, flower crab และ sand crab โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Portunus pelagicus* พบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งน้ำขึ้นและลง มีนิสัยชอบฝังตัวอยู่ตามพื้นทะเล ปูม้าสามารถหาอาหารกินได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยจะกินซากสัตว์น้ำ หอย และสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร เป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ (Sookdara *et al.*, 2020) ปัจจุบันการจับปูม้าจากทะเลขึ้นมาใช้ประโยชน์จนเกินขนาดทั้งปูวัยรุ่นและปูไข่นอกกระดองจนเกิดการทดแทนไม่ทันทำให้ปูม้าในทะเลไทยลดลง ผลผลิตปูม้าจากทะเลเพียงแหล่งเดียวจึงไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงมีความจำเป็นต้องมีการเพาะเลี้ยงปูม้าเพื่อเพิ่มผลผลิตและทดแทนผลผลิตจากทะเลที่ลดน้อยลง Tanasomwong (2007) การเลี้ยงปูม้าในบ่อดินหรือในที่กักขังเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตปูม้า แต่ยังมีประสบปัญหาขาดแคลนลูกพันธุ์ปูม้า ส่วนการพัฒนาแบบการเลี้ยงและวิธีการเลี้ยงปูม้ายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (Wiroonraj *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตลูกปูให้มีคุณภาพนั้น มีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเริ่มต้นจากคุณภาพพ่อแม่พันธุ์ ระบบและเทคนิคการอนุบาลอาหารที่ใช้ คุณภาพน้ำ ตลอดจนขั้นสุดท้ายคือการลำเลียง ถือว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญแต่ยังขาดความตระหนักเท่าที่ควร ซึ่งคาดว่าจะมีผลกระทบต่อผลผลิตที่จะเกิดระหว่างการเลี้ยง ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากในการบริหารจัดการการเลี้ยงในระยะยาว วิธีการดำเนินการยังขาดวิธีที่ได้มาตรฐาน ทั้งการกำหนดคุณภาพน้ำ ความหนาแน่น และการลำเลียง เพื่อเพิ่มจำนวนต่อเที่ยวการขนส่งท่ามกลางสภาวะน้ำมันที่มีราคาสูง

วิธีการขนส่งปูม้าวัยอ่อนจึงถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ควรคำนึงถึง เพื่อให้การจัดการในระหว่างการขนส่งลูกปูมีอัตราการตายต่ำที่สุด โดยเฉพาะการขนส่งปูม้าระยะ young crab นั้น การหาวิธีการเพื่อขนส่งยังไม่มีวิธีการที่แน่นอน เนื่องจากการผลิตปูม้าวัยอ่อนยังไม่ค่อยประสบความสำเร็จมากเท่าใดนัก จึงไม่มีวิธีการขนส่งที่ดีเหมือนกับสัตว์น้ำจำพวกปลาและกุ้ง ซึ่งจะมีวิธีการขนส่งที่หลากหลายและประสิทธิภาพในการขนส่งแตกต่างกันออกไป เพราะปูม้ามัมนิสัยกินกันเอง ตั้งแต่ระยะ zoea เมื่อเข้าสู่ระยะ young crab จะพบปัญหาการกินกันเองระหว่างขนส่ง และถ้าใช้ระยะเวลาในการขนส่งนานจะทำให้ลูกปูตายได้เช่นเดียวกันจากปัญหาของคุณภาพน้ำที่ทำให้มีอัตราการตายสูงขึ้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้โดยทำการศึกษาอัตราความหนาแน่นของลูกปูม้า ระยะเวลาที่บรรจุลงต่ออัตราการตายของลูกปู และระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่ง เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกความเหมาะสมสำหรับการบรรจุลูกปูม้า ระยะเวลาและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการขนส่งแก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาอัตราความหนาแน่นของลูกปูม้าและระยะเวลาที่บรรจุลงต่ออัตราการตายของลูกปู

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาอัตราความหนาแน่นของลูกปูม้าที่บรรจุลง โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยบรรจุลูกปูม้าลงถุงที่อัตราบรรจุ 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร และกำหนดระยะเวลาในการบรรจุนาน 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

ทำการอนุบาลลูกปูม้าที่ได้จากการเพาะฟักจากแม่ปูม้าไขนอกกระดอง ระยะ zoea 1 ลงในบ่อซีเมนต์ ขนาดความกว้าง 245 เซนติเมตร × ความยาว

177 เซนติเมตร × ความสูง 90 เซนติเมตร อนุบาลลูกปูม้าที่ปริมาณน้ำสองตัน อัตราปล่อยลูกปูม้าระยะ zoea 1 จำนวน 100,000 ตัวต่อตัน โดยให้อาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหารประมาณ 10 กรัมต่อลูกปู 100,000 ตัว ระหว่างการอนุบาลมีการวัดคุณภาพน้ำ 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเค็ม (Salinity) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen; DO) อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ปริมาณแอมโมเนีย (Ammonia) ปริมาณไนไตรท์ (Nitrite) และความเป็นด่างของน้ำ (Alkaline) และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 5 วัน เมื่อลูกปูม้าเข้าสู่ระยะ megalopae เปลี่ยนอาหารเป็นอาร์ทีเมียเต็มวัยแบบแช่เย็นวันละประมาณ 30 กรัม จนลูกปูม้าเข้าสู่ระยะ young crab ประมาณ 3-5 วัน จะได้ลูกปูม้าขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ย 0.58 เซนติเมตร ความยาวกระดองเฉลี่ย 0.35 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.02 กรัม จึงดำเนินการนับจำนวนลูกปูม้า แล้วบรรจุลงในถุงที่มีขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร × ความยาว 65 เซนติเมตร ใส่น้ำประมาณ 4 ลิตร อัตราบรรจุ 25 ตัวต่อลิตร (100 ตัว) 50 ตัวต่อลิตร (200 ตัว) และ 75 ตัวต่อลิตร (300 ตัว) เต็มอากาศลงในถุงบรรจุ แล้วทำการจับเวลาตามแผนการทดลองที่กำหนด เมื่อเวลาสิ้นสุดจึงทำการนับจำนวนลูกปูม้าที่ตายจากการกินกันเองตายจากปัจจัยอื่น ๆ และจำนวนปูที่เหลือรอด แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่งลูกปูม้า

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่งลูกปูม้า โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในถุงบรรจุน้ำเค็มปริมาตรน้ำ 4 ลิตร (ชุดควบคุม) ถุงบรรจุลูกปู 25 ตัวต่อลิตร (100 ตัว) ถุงบรรจุลูกปู 50 ตัวต่อลิตร (200 ตัว) และถุงบรรจุลูกปู 75 ตัวต่อลิตร (300 ตัว) ที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

ดำเนินการอนุบาลลูกปูม้าที่ได้จากการเพาะฟักจากแม่ปูม้าเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น เมื่อได้ลูกปูม้าเข้าสู่ระยะ young crab ประมาณ 3–5 วัน จะได้ลูกปูม้าขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร ความยาวกระดองเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.3 กรัม จึงดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเริ่มต้น และนับจำนวนลูกปูม้าแล้วบรรจุลงในถุงที่มีขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร x ความยาว 65 เซนติเมตร แล้วใส่น้ำปริมาตร 4 ลิตร ที่อัตราบรรจุ 25 ตัวต่อลิตร (100 ตัว) 50 ตัวต่อลิตร (200 ตัว) และ 75 ตัวต่อลิตร (300 ตัว) และไม่บรรจุปูเป็นชุดควบคุม จากนั้น เต็มอากาศลงในถุงบรรจุ แล้วทำการจับเวลาตามแผนการทดลองที่กำหนด เมื่อเวลาสิ้นสุดจึงทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดังนี้ 1) วัดความเค็มของน้ำด้วย salinity refractometer (Primatech) 2) วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และอุณหภูมิของน้ำด้วย DO meter (YSI 550A) และ 3) วัดความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ โดยใช้ pH meter (Cyber Scan pH 11) จากนั้น เก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และความเป็นต่างในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐานของ American Public Health Association *et al.* (2017) ได้แก่ Koroleff's indophenol blue method, colorimetric method และ titration method ตามลำดับ และวัดการดูดกลืนคลื่นแสงเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (i5 uv-vis Hanon Spectrophotometer)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp.)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของอัตราความหนาแน่นของลูกปูม้าและระยะเวลาที่บรรจุถุงต่ออัตราการตายของลูกปู

ลูกปูม้าที่บรรจุถุงที่ความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร มีอัตราการตายที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$; Table 1) โดยมีอัตราการตายรวมร้อยละ 13.66 ± 9.01 , 10.33 ± 4.07 และ 7.77 ± 4.59 ตามลำดับ ซึ่งเป็นการตายจากการกินกันเองเฉลี่ยร้อยละ 13.00 ± 9.16 , 7.16 ± 3.01 และ 5.88 ± 1.50 และการตายของลูกปูม้าจากปัจจัยอื่นเฉลี่ยร้อยละ 0.66 ± 1.15 , 3.16 ± 2.75 และ 1.89 ± 3.27 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า หากใช้ระยะเวลาขนส่งภายใน 6 ชั่วโมง สามารถเลือกบรรจุลูกปูม้าที่ความหนาแน่นระหว่าง 25–75 ตัว ได้โดยไม่กระทบต่ออัตราการตาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Ventura *et al.* (2010) ในปูวัยอ่อน *Ucides cordatus* megalopae ที่ขนส่งในระยะเวลา 3 และ 6 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 50, 150 และ 300 ตัวต่อลิตร ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ปูมีอัตราการรอดไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ที่ความหนาแน่นในการบรรจุและระยะเวลาการขนส่งที่ต่างกัน ในขณะที่ การขนส่งลูกปูทะเล (*Scylla* sp.) ในระยะเวลา 3, 6 และ 9 ชั่วโมง โดยบรรจุในถุงพลาสติกขนาด 34×25 เซนติเมตร อุณหภูมิ 22–24 องศาเซลเซียส ที่ความหนาแน่น 50 และ 100 ตัวต่อลิตร พบอัตราการรอดของลูกปูทะเลภายหลังการขนส่งที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อลิตร (ร้อยละ 86.7 ± 2.4) มีค่าสูงกว่า ที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อลิตร (ร้อยละ 79.7 ± 2.1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การขนส่งลูกปูภายใต้อุณหภูมิต่ำโดยบรรจุให้มีความหนาแน่นต่ำกว่าจะส่งผลให้มีอัตราการตายของลูกปูที่ต่ำกว่าด้วย (Quinitio and Pardo-Esteba, 2000)

Table 1 The effect of packing baby blue swimming crab at densities of 25, 50 and 75 individuals per liter per 6 hours mortality

Density (individuals/liter)	Mortality rate of the baby blue swimming crab (%)		
	Total death	Death from eating	Death from other factors
25	13.66 ± 9.01	13.00 ± 9.16	0.66 ± 1.15
50	10.33 ± 4.07	7.16 ± 3.01	3.16 ± 2.75
75	7.77 ± 4.59	5.88 ± 1.50	1.89 ± 3.27
P-value	0.551	0.326	0.526

ผลการศึกษาการบรรจุลูกปูม้าที่ความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร ต่ออัตราการตายที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า ลูกปูม้าที่บรรจุถึงความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร มีอัตราการตายรวมร้อยละ 23.66 ± 18.58, 15.33 ± 12.77 และ 22.11 ± 27.05 ตามลำดับ ซึ่งเป็นการสูญเสียที่เกิดจากการกินกันเองเฉลี่ยร้อยละ 14.66 ± 6.35, 7.33 ± 4.25 และ 9.89 ± 6.19 และจากปัจจัยอื่น ๆ เฉลี่ยร้อยละ 9.00 ± 12.28, 8.00 ± 8.54 และ 12.22 ± 20.88 ตามลำดับ (Table 2) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการขนส่งภายในเวลา 12 ชั่วโมง สามารถบรรจุลูกปูที่ระดับความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร

ได้ โดยเกิดการสูญเสียลูกปูในภาพรวมที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างจากการขนส่งกึ่งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) หลังจากคว่ำ 5-7 วัน ที่ใช้ระยะเวลาขนส่ง 12, 18 และ 24 ชั่วโมง โดยบรรจุกึ่งก้ามกรามที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 800 และ 1,600 ตัวต่อลิตร พบว่า การบรรจุที่ความหนาแน่น 800 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าที่ความหนาแน่น 1,600 ตัวต่อลิตร ในขณะที่อัตราการรอดระหว่างการขนส่งในระยะเวลา 12 และ 18 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงกว่าการขนส่งโดยใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (Worasayan and Chanthakanon, 2004)

Table 2 The effect of packing baby blue swimming crab at densities of 25, 50 and 75 individuals per liter per 12 hours mortality

Density (individuals/liter)	Mortality rate of the baby blue swimming crab (%)		
	Total death	Death from eating	Death from other factors
25	23.66 ± 18.58	14.66 ± 6.35	9.00 ± 12.28
50	15.33 ± 12.77	7.33 ± 4.25	8.00 ± 8.54
75	22.11 ± 27.05	9.89 ± 6.19	12.22 ± 20.88
P-value	0.870	0.342	0.937

สำหรับการขนส่งที่ใช้เวลา 24 ชั่วโมง ความหนาแน่นในการบรรจุส่งผลต่ออัตราการตายของลูกปูม้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ลูกปูม้าที่บรรจุลงที่ความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร มีอัตราการตายรวมร้อยละ 40.33 ± 4.16 , 49.66 ± 25.86 และ 100.00 ± 0.00 โดยเป็นการสูญเสียที่มีสาเหตุจากการกินกันเองเฉลี่ยร้อยละ 40.33 ± 4.16 , 26.16 ± 5.00 และ 11.66 ± 1.15 และการตายจากปัจจัยอื่น ๆ เฉลี่ยร้อยละ 0.00 ± 0.00 , 23.50 ± 29.78 และ 88.33 ± 1.15 ตามลำดับ (Table 3) แสดงให้เห็นว่า การบรรจุลูกปูม้าที่ความหนาแน่นสูง (75 ตัวต่อลิตร) เมื่อใช้ระยะเวลาการขนส่ง 24 ชั่วโมง จะมีการสูญเสียมากที่สุด สอดคล้องกับศึกษาของ Pratoomchat (2018) ที่พบว่า เมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการขนส่งจะทำให้อัตราการรอดของลูกกุ้งลดลง ($P > 0.05$) นอกจากนี้ การขนส่งภายใต้อุณหภูมิเฉลี่ย 22.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส ทำให้มีอัตราการรอดสูงกว่าการขนส่งภายใต้อุณหภูมิเฉลี่ย 29.2 ± 0.3 องศาเซลเซียส อีกด้วย นอกจากนี้ อัตราการรอดของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสลาวาที่

ขนส่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระดับความหนาแน่นในการบรรจุ (Smith and Wannamaker, 1983; Kubitz, 1997) อย่างไรก็ตาม การขนส่งลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวาจากบ่อเลี้ยง โดยบรรจุที่ความหนาแน่นสูงภายใต้อุณหภูมิต่ำ จำเป็นต้องมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในปริมาณสูงเพื่อให้มีสถานะเหมาะสมสำหรับการขนส่งในระยะเวลาสั้น เช่น การขนส่งลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวาทางเรือที่ใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ควรมีความหนาแน่นในการบรรจุไม่เกิน 1,000 ตัวต่อลิตร (Villalón and Chamberlain, 1992) เป็นต้น ส่วนการขนส่งลูกกุ้งก้ามกรามระยะคว่ำ จะมีอัตราการรอดที่ผันแปรตามระดับความหนาแน่นในการบรรจุและอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง (Pratoomchat, 2018) คือ การขนส่งลูกกุ้งก้ามกรามระยะคว่ำที่อุณหภูมิ 22.5 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการรอดสูงกว่าการขนส่งที่อุณหภูมิ 29.2 องศาเซลเซียส และการเพิ่มระดับความหนาแน่นในการบรรจุจะส่งผลให้มีอัตราการรอดที่ลดลง

Table 3 The effect of packing baby blue swimming crab at densities of 25, 50 and 75 individuals per liter per 24 hours mortality

Density (individuals/liter)	Mortality rate of the baby blue swimming crab (%)		
	Total death	Death from eating	Death from other factors
25	40.33 ± 4.16^b	40.33 ± 4.16^a	0.00 ± 0.00^b
50	49.66 ± 25.86^b	26.16 ± 5.00^b	23.50 ± 29.78^b
75	100.00 ± 0.00^a	11.66 ± 1.15^c	88.33 ± 1.15^a
P-value	0.006	0.000	0.002

^{a, b, c} Means within the column followed by different superscripts are significantly different at $P < 0.05$

ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่งลูกปูม้า

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่บรรจุลูกปูม้าที่ความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อ

ลิตร และไม่บรรจุสัตว์ทดลอง ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง (Table 4) พบว่า ค่าความเค็มของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรท์ และความเป็นด่างของน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

($P > 0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และ อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ระดับความหนาแน่นในการบรรจุลูกปูม้าที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ระหว่างการขนส่งในระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยคุณภาพน้ำระหว่างการขนส่ง ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและอุณหภูมิ มีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงไปเกิดจากการถูกนำไปใช้ในการหายใจของลูกปูม้าระหว่างที่ถูกบรรจุอยู่ในถุง จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง

ที่ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง พบว่า ค่าความเค็มของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และปริมาณไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างระดับความหนาแน่นในการบรรจุที่แตกต่างกัน 3 ระดับ แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย และความเป็นด่างของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 5) แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการขนส่งเพิ่มขึ้นจาก 6 ชั่วโมงเป็น 12 ชั่วโมง

การบรรจุลูกปูม้าที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย และความเป็นด่างของน้ำ โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะมีค่าต่ำสุดในกลุ่มทดลองที่มีความหนาแน่นในการบรรจุ 75 ตัวต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ลดลงระหว่างการขนส่ง อาจทำให้เกิดสภาวะ acidosis จึงมีโอกาสสูญเสียแร่ธาตุบางชนิดได้ ร่างกายจึงปรับสมดุลด้วยการ dissolution จากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากโครงสร้างเปลือก แต่ในกรณีของกุ้งอาจไม่ได้นำไปคาร์บอนเตตจากน้ำภายนอกเพื่อไปใช้สร้างสมดุลดังกล่าวจึงไม่มีผลต่อการลดลงของอัลคาไลน์ (Henry and Cameron, 1982) ขณะที่ ความหนาแน่นในการบรรจุที่แตกต่างกันไม่มีผลต่ออุณหภูมิและความเค็ม เช่น รายงานการขนส่งลูกกุ้ง 3 ชนิด ของ Pratoomchat (2018) ที่พบว่า ความหนาแน่นในการขนส่งที่แตกต่างกันไม่มีผลกระทบต่อความเป็นด่างของน้ำ อุณหภูมิ และความเค็ม

Table 4 Water quality changes during 6-hour transportation of young blue swimming crab at different densities

Parameter	Control	Density (individuals/liter)		
		25	50	75
Salinity (ppt)	30.66 ± 0.57	30.66 ± 0.57	30.66 ± 0.57	30.66 ± 0.57
Dissolve oxygen (mg/L)	2.92 ± 0.44 ^a	2.63 ± 0.44 ^a	1.84 ± 0.56 ^b	1.48 ± 0.56 ^b
Temperature (°C)	28.93 ± 0.46 ^a	28.86 ± 0.40 ^{ab}	28.93 ± 0.47 ^a	28.83 ± 0.37 ^b
pH	8.62 ± 0.25	8.57 ± 0.20	8.46 ± 0.25	8.36 ± 0.30
Ammonia (mg-N/L)	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.06	0.10 ± 0.08	0.15 ± 0.13
Nitrite (mg-N/L)	0.00 ± 0.00	0.13 ± 0.23	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	168.33 ± 37.07	170.66 ± 34.93	167.00 ± 32.07	162.33 ± 21.38

^{a, b} Means within the row followed by different superscripts are significantly different at $P < 0.05$

Table 5 Water quality changes during 12-hour transportation of young blue swimming crab at different densities

Parameter	Control	Density (individuals/liter)		
		25	50	75
Salinity (ppt)	31.00 ± 0.00	30.33 ± 0.57	30.66 ± 0.57	31.33 ± 0.57
Dissolve oxygen (mg/L)	2.00 ± 0.09 ^a	1.93 ± 0.06 ^a	1.56 ± 0.12 ^b	0.97 ± 0.13 ^b
Temperature (°C)	28.03 ± 0.15	27.96 ± 0.11	28.00 ± 0.10	28.00 ± 0.00
pH	8.70 ± 0.03 ^a	8.58 ± 0.02 ^b	8.48 ± 0.10 ^b	8.33 ± 0.02 ^b
Ammonia (mg-N/L)	0.00 ± 0.00 ^a	0.15 ± 0.02 ^b	0.31 ± 0.05 ^b	0.50 ± 0.19 ^b
Nitrite (mg-N/L)	0.13 ± 0.23	0.00 ± 0.00	0.13 ± 0.23	0.14 ± 0.24
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	151.33 ± 0.57 ^b	149.66 ± 2.08 ^b	152.33 ± 2.51 ^{ab}	154.33 ± 3.21 ^a

^{a, b} Means within the row followed by different superscripts are significantly different at P < 0.05

ที่ระยะเวลาการขนส่ง 24 ชั่วโมง พบว่าค่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไป และแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ยกเว้นค่าความเค็มของน้ำ (Table 6) ทั้งนี้เนื่องจากการหายใจของลูกปูที่ถูกบรรจุอยู่ในถุงระยะเวลาานาน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจึงถูกนำไปใช้ในปริมาณมาก อีกทั้ง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังถูกนำไปใช้โดยจุลินทรีย์สำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง เป็นผลต่อเนื้อให้ลูกปูตาย ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang *et al.* (2006) ที่พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลต่อการตายของลูกกุ้งเมื่อเผชิญกับระยะเวลาในการขนส่งที่นานขึ้น จากรายงานการศึกษาของ Pratoomchat *et al.* (2003) แสดงให้เห็นว่า ลูกกุ้งมีโอกาสตายมากขึ้นที่ระดับความหนาแน่น 1,000–1,500 ตัวต่อลิตร เมื่อลูกกุ้งลอกคราบ ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง โดย

ลูกกุ้งที่ถูกขนส่งที่ความหนาแน่น 1,000 และ 1,500 ตัวต่อลิตร จะเริ่มกินกันเอง ในชั่วโมงที่ 6 และมีการตายเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการขนส่งยาวนานขึ้น ซึ่งการตายของลูกกุ้งมีส่วนทำให้มีการผลิตแอมโมเนียและไนโตรที่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นด้วย (Tanthulket and Phornprapha, 1997) โดยแอมโมเนียจะมีผลต่อการขับถ่ายได้ลดลง ทำให้เกิดสภาวะการสะสมของแอมโมเนียในกระแสดเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แอมโมเนียยังทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้นและทำลายเหงือกให้เสียหายได้ (Limsuwan, 2000) ของเสียที่ถูกขับถ่ายจากขบวนการเมแทบอลิซึมหรือการเผาผลาญพลังงานในร่างกายของสัตว์น้ำ มีผลให้ระดับของแอมโมเนียและไนโตรที่สูงขึ้น ซึ่งปริมาณไนโตรที่เพิ่มขึ้นจะเป็นอันตราย และถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้ลูกกุ้งตายได้ แต่ในกรณีของลูกปูนั้น ค่าความเป็นด่างของน้ำที่เปลี่ยนแปลงจะไม่ผลกระทบบระหว่างการขนส่งลูกปูในระยะยาว

Table 6 Water quality changes during 24-hour transportation of young blue swimming crab at different densities

Parameter	Control	Density (individuals/liter)		
		25	50	75
Salinity (ppt)	30.00 ± 0.00	30.00 ± 0.00	30.00 ± 0.00	30.00 ± 0.00
Dissolve oxygen (mg/L)	2.85 ± 0.07 ^a	1.30 ± 0.31 ^{ab}	0.75 ± 0.27 ^b	0.45 ± 0.22 ^b
Temperature (°C)	29.43 ± 0.15 ^a	29.40 ± 0.10 ^a	29.43 ± 0.15 ^a	29.36 ± 0.11 ^b
pH	8.45 ± 0.09 ^a	7.71 ± 0.13 ^b	7.76 ± 0.12 ^b	7.60 ± 0.05 ^b
Ammonia (mg-N/L)	0.64 ± 0.23 ^a	1.27 ± 0.30 ^{ab}	1.58 ± 0.35 ^a	0.98 ± 0.08 ^b
Nitrite (mg-N/L)	0.00 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.01 ^a	0.00 ± 0.00 ^b
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	166.33 ± 2.0 ^b	169.66 ± 5.85 ^b	173.00 ± 4.35 ^b	207.33 ± 6.80 ^b

^{a, b} Means within the row followed by different superscripts are significantly different at P < 0.05

สรุป

การบรรจุลูกปูม้าที่อัตราความหนาแน่น 25, 50 และ 75 ตัวต่อลิตร ที่ระยะเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มีอัตราการตายของลูกปูม้าไม่แตกต่างกัน จึงสามารถกำหนดความหนาแน่นในการบรรจุและระยะเวลาการขนส่งที่ 6 หรือ 12 ชั่วโมงก็ได้ แต่ลูกปูม้าที่ถูกบรรจุนาน 24 ชั่วโมง มีการตายจากการกินกันเองของลูกปู และการตายจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ เนื่องจากคุณภาพน้ำระหว่างที่ลูกปูถูกบรรจุ มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก จึงส่งผลทำให้ลูกปูมีอัตราการตายในระหว่างการขนส่งสูง ดังนั้น ระยะเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งลูกปูม้า เนื่องจากคุณภาพน้ำในระหว่างการขนส่ง มีการเปลี่ยนแปลงบางพารามิเตอร์และอยู่ในระดับ

ที่ลูกปูสามารถอาศัยอยู่ได้ จึงไม่มีผลต่ออัตราการตายของลูกปูม้า แต่คุณภาพน้ำที่ระยะเวลาขนส่งนาน 24 ชั่วโมง ลูกปูมีอัตราการตายที่สูง เนื่องจากน้ำที่ถูกบรรจุในถุงมีการเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์ที่สูงมาก ส่งผลให้ลูกปูทยอยตายเกือบหมด จึงไม่เหมาะสมต่อการขนส่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม หัวหน้าสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd edition. American Public Health Association, Washington, D.C., USA. 1504 pp.
- Henry, R.P. and J.N. Cameron. 1982. Acid-base balance in *Callinectes sapidus* during acclimation from high to low salinity. J. Exp. Biol. 101: 255–264.
- Kubitza, F. 1997. Transporte de peixes vivos – Parte I. Panorama da Aquicultura 43: 20–26.
- Limsuwan, C. 2000. Thai Shrimp 2002. Charoenrat Printing House, Bangkok, Thailand. 260 pp. (in Thai)
- Pratoomchat, B. 2018. Effects of Temperature and Density for Transportation the Post Larva of *Litopenaeus vannamei*, *Penaeus monodon* and *Macrobrachium rosenbergii* on Survival Rate and Changeable Some Properties of Transported Medium. The Complete Research Report. Department of Aquatic Sciences, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi. (in Thai)
- Pratoomchat, B., P. Sawangwong and J. Machado. 2003. Effects of controlled pH on organic and inorganic in haemolymph, epidermal tissue and cuticle of mud crab *Scylla serrata* J. Exp. Zool. A Comp. Exp. Biol. 295(1): 47–56.
- Quinitio, E.T. and F.D. Pardo-Esteva. 2000. Transport of *Sylla serrata* megalopae at various densities and durations. Aquaculture. 185(1–2): 63–71.
- Smith, T.I.J. and A.J. Wannamaker. 1983. Shipping studies with juvenile and adult Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Aquacult. Eng. 2(4): 287–300.
- Sookdara, A., W. Arkronrt and V. Oniam. 2020. Comparison of the hatching performance berried female blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) at different hatching tanks, pp. 537–545. In Proc. the 17th National Kasetsart University Kamphaeng Saen Conference, 2–3 December 2020. (in Thai)
- Tanasomwong, V. 2007. Commercial Seed Production and Culture of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus). Research Fund Office, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tanthulket, M. and P. Phornprapha. 1997. Water Quality Management and Wastewater Treatment in Fish Ponds and Other Aquatic Animals. Volume 1: Water Quality Management. 3rd edition. Thammasat Printing House, Bangkok, Thailand. 214 pp. (in Thai)

- Ventura, R., U.A.T. da Silva, A. Ostrensky, K. Cottens and G. Perbiche-Neves. 2010. Survival of *Ucides cordatus* (Decapodidae) megalopae during transport under different conditions of density and duration. *Zool.* 27(6): 845–847.
- Villalón, J. and G.W. Chamberlain. 1992. A survey of commercial maturation, pp. 227–237. *In* Proc. the Special Session on Shrimp Farming, 22–25 May 1992, Orlando, Florida, USA.
- Wiroonraj, P., T. Chamloun, K. Kaewkhiew, P. Singtana, S. Champasri and W. Singthaweesak. 2015. Rearing on Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in Earthen Ponds. Kung Krabaen Bay Royal Development Study Centre, Chanthaburi, Thailand. (in Thai)
- Worasayan, P. and B. Chanthakanon. 2004. Giant Freshwater Prawn Cultivar Transported. Academic Papers No. 75/2004. Rayong Inland Fisheries Research and Development Center, Rayong, Thailand. (in Thai)
- Zhang, P., X. Zhang, J. Li and G. Huang. 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture.* 256: 579–587.