รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของอุณหภูมิและความหนาแน่นของการลำเลียงลูกกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei)* ลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium rosenbergii)* ระยะโพสลาวา ต่อการรอดตาย และการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่ใช้ลำเลียงบางประการ

Effects of temperature and density for transportation the post larva of *Litopenaeus vanname, Penaeus monodon* and *Macrobrachium rosenbergii* on survival rate and changeable some properties of transported medium

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

รหัสโครงการ 2559A10802168
สัญญาเลขที่ 78/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของอุณหภูมิและความหนาแน่นของการลำเลียงลูกกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei)* ลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium rosenbergii)* ระยะโพสลาวา ต่อการรอดตาย และการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่ใช้ลำเลียงบางประการ

Effects of temperature and density for transportation the post larva of *Litopenaeus vanname, Penaeus monodon* and *Macrobrachium rosenbergii* on survival rate and changeable some properties of transported medium

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

มกราคม 2561

บทคัดย่อ

การลำเลียงลูกกุ้งระยะโพสลาวา 3 ชนิด ได้แก่ กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium rosenbergii*) ในถุงพลาสติกที่ความหนาแน่น 4 ระดับ (750, 1,000, 1,500 และ 2,000 ตัว/ลิตร) ร่วมกับการใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 29.2±0.3 ℃ และ 22.5 ±0.2 ℃ โดยแบ่งการทดลองเป็น 8 การทดลองต่อชนิดลูกกุ้งตามแผนการทดลองแบบ Factorial design ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ ใช้ลูกกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวา 15 ลูกกุ้งก้ามกรามระยะคว่ำ 1-2 วัน (อายุ 25 วัน) การลำเลียงใส่น้ำ 2 ลิตร/ถุง โดยใช้น้ำทะเลความเค็ม 15 ppt สำหรับลูกกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ และใช้น้ำจืดสำหรับกุ้งก้ามกราม เติมอากาศด้วยปริมาตรของอากาศ 2 เท่าของปริมาตรน้ำในขั้นตอนต่อไปก่อนนำมาใส่กล่องโฟม กล่องโฟมที่ควบคุมอุณหภูมิ 22.5 ±0.2 ℃ ใช้น้ำแข็ง 500-600 กรัม/กล่อง ทดสอบการลำเลียงเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ตรวจสอบอุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO), pH, แอมโมเนีย (NH_3), ไนไตรท์ (NO_2^-), อัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) และอัตรารอดลูกกุ้งเมื่อเริ่มต้นและที่สิ้นสุดของการลำเลียง

จากการทดลองพบว่าทั้งอุณหภูมิและความหนาแน่นลูกกุ้งมีผลกระทบต่ออัตรารอดภายหลังการลำเลียงลูกกุ้ง (p<0.05) ทั้ง 3 ชนิด กล่าวคือการลำเลียงที่อุณหภูมิ 22.5±0.2 ℃ มีอัตรารอดสูงกว่าที่ 29.2±0.3 ℃ (p<0.05) และเมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการลำเลียงเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ต่ออัตรารอดลดลง (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความหนาแน่นที่สูงของการลำเลียงลูกกุ้งแต่ละชนิด พบอัตรารอดสูงกว่า (p<0.05) ที่ 22.5±0.2 ℃ ทั้ง 2 ปัจจัยยังมีผลต่อคุณภาพน้ำ กล่าวคือ pH และ DO มีค่าการลดลง (p<0.05) เมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการลำเลียง และมีค่าลดมากขึ้นเมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3℃ ขณะที่เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3℃ พบแอมโมเนียและไนไตรท์สูงกว่า (p<0.05) โดยระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้นส่งผลให้ทั้งความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนไตรท์สูงขึ้น (p<0.05) แต่ไม่มีผลกระทบต่ออัลคาไลนิตี้ อุณหภูมิ และความเค็ม

จากผลการทดลองชี้ชัดได้ว่าการลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด นาน 10 ชั่วโมงนั้น สามารถลำเลียงได้สูงสุดที่ระดับ 1,000 ตัวต่อลิตร เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำ 22.5±0.2 ℃ และสามารถลำเลียงได้สูงสุดไม่เกิน 750 ตัวต่อลิตร เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3 ℃ อย่างไรก็ตามหากลำเลียงในช่วงเวลาที่สั้นกว่า 10 ชั่วโมง สามารถลำเลียงลูกกุ้งได้หนาแน่นขึ้นได้ กล่าวคือ การลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด สามารถลำเลียงได้ถึง 2,000 ตัวต่อลิตร ที่ 22.5±0.2℃ และ 1,000-1,500 ตัวต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 29.2±0.3℃ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาลำเลียง

Abstract

Transportation of the three post larva species of *Litopenaeus vannamei*, *Penaeus monodon* and *Macrobrachium rosenbergii* in transparency plastic bag at four densities (750, 1,000, 1,500 and 2,000 ind/L) and combining with 2 levels of temperature (29.2±0.3 ℃ and 22.5 ±0.2 ℃) which was divided in to eight treatments in each species followed as completely randomized design (CRD). The three replications were used. Post larva-15 was used for *L. vannamei* and *P. monodon* and post larva 1-2 (25 day-old of larval stage) for *M. rosenbergii*. The two liters of medium at 15 ppt was applied for *L. vannamei* and *P. monodon* while the freshwater was applied for *M. rosenbergii* in each plastic bag. The oxygen was added up to a double of medium volume in the next step then laid each bag in Styrofoam box. Styrofoam with 22.5 ±0.2 ℃ inside was using ice at 500-600g. Duration for transportation test was 10 hours. Water qualities Temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), pH, total ammonia (NH_3), total nitrite (NO_2^-), alkalinity and survival rate were examined at start and final of transportation.

From the experiment found that both temperature and larval density affected on survival rate after transportation. The survival rate of transported larva at 22.5±0.2 ℃ was higher (p<0.05) than those of at 29.2±0.3 ℃. Survival rate was decreased (p<0.05) while was increasing of larval density. Survival rate of transportation in each species at 22.5±0.2 ℃ was higher (p<0.05) those of at 29.2±0.3 ℃ when comparing at high larval density. Both factors were also affected to water quality, pH and DO were decreased (p<0.05) if density larval increased and their values were significantly (p<0.05) decreased if transportation at 29.2±0.3℃. Transportation at 29.2±0.3℃ found higher (p<0.05) concentrations ammonia and nitrite and their values also increased (p<0.05) when increasing the density of larva. But both factors were not affected to alkalinity, temperature and salinity.

The results indicates that larval transportation for 10 hours among the three species can use 1,000 ind/L at 22.5±0.2 ℃ and less than 750 ind/L at 29.2±0.3 ℃. However the higher density can apply if period of transportation is less than 10 hours. Transportation of the three larval species can be applicable to 2,000 ind/L at 22.5±0.2 ℃ and 1,000-1,500 ind/L at 29.2±0.3 ℃ depending on transportation period.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทนำ	1
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
วิธีดำเนินการวิจัย	8
ผลการทดลอง	10
อภิปรายผลการทดลอง	22
สรุปผลการทดลอง	26
ผลผลิต	26
เอกสารอ้างอิง	27

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	อัตรารอดของการลำเลียงลูกกุ้งขาว *(L. vannamei)* ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....	10
2	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L.vannamei*) ระยะ โพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ	11
3	พีเอช (pH) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....	12
4	ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ...	12
5	ความเข้มข้นไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....	13
6	อัตรารอดของลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ	14
7	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนานชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ	15
8	พีเอช (pH) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ	15
9	ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....	16
10	ความเข้มข้นไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ...	17
11	อัตรารอดของลูกกุ้งลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำหลังการการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....	18
12	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำหลังลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ....	19
13	ค่าพีเอช (pH) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำ หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....	19
14	ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำหลังลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....20	
15	ความเข้มข้นไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำหลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ.....20	

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙ มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 78/2558

บทนำ

การเพาะเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium rosenbergii)* ถือเป็นอาชีพสำคัญยิ่งที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรเป็นจำนวนมาก ซึ่งจัดว่าเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ที่ให้ผลตอบแทนต่อหน่วยการลงทุนสูงแก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงและทำให้มีรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอย่างมาก ให้ผลผลิตและผลตอบแทนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับธุรกิจทางด้านการเกษตรอาชีพอื่น ๆ จึงเป็นที่นิยมสำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย กระบวนการผลิตลูกกุ้งคุณภาพนั้น มีปัจจัยหลายอย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเริ่มต้นจากคุณภาพพ่อแม่พันธุ์ ระบบและเทคนิคการอนุบาล อาหารที่ใช้ คุณภาพน้ำ ตลอดจนขั้นตอนสุดท้ายคือการลำเลียง ถือว่าเป็นขั้นตอนคุณภาพขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญแต่ยังขาดให้ความตระหนักเท่าที่ควร ซึ่งคาดว่าน่าจะมีผลกระทบต่อผลผลิตที่จะเกิดระหว่างการเลี้ยง ได้แก่ อัตรารอดตายลดลงจากความเครียดที่เป็นผลมาจากภูมิคุ้มกันที่ลดลง ทั้งโดยระยะสั้นคือพบการตายอย่างรวดเร็ว และความแตกต่างของขนาดกุ้งที่เจริญเติบโตในระยะแรก ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากในการบริหารจัดการเลี้ยงในระยะยาว วิธีการที่ดำเนินการอยู่ยังขาดวิธีการที่ได้มาตรฐาน ทั้งการกำหนดคุณภาพน้ำ ความหนาแน่น และการลำเลียงลูกกุ้งที่แนวโน้มใช้ถุงขนาดเล็กลง ปริมาตรน้ำและการบรรจุอากาศน้อยลงกว่าเท่าตัว ทั้งนี้เพื่อต้องการเพิ่มจำนวนต่อเที่ยวขนส่งท่ามกลางสภาวะน้ำมันที่มีราคาสูง แตกต่างจากเดิมที่การลำเลียงลูกกุ้งจะใช้ปริมาตรน้ำมาก (ประมาณ 5 ลิตร) ความหนาแน่นของลูกกุ้งประมาณ 300 ตัว/ลิตรและ มีการบรรจุอากาศประมาณ 5-7 ลิตร ซึ่งเป็นระดับที่น่าจะเหมาะสม แต่ด้วยเหตุที่ต้องการลดต้นทุนในการลำเลียงเนื่องจากมีต้นทุนค่าน้ำมันที่สูงขึ้น จึงได้มีพัฒนาการใช้วิธีการลำเลียงลูกกุ้งขาวด้วยการบรรจุน้ำน้อยลง (ประมาณ 2 ลิตร) โดยมีการบรรจุลูกกุ้งในอัตราประมาณ 1,000 ตัว/ลิตร ประกอบกับถุงบรรจุมีขนาดเล็กลง และบรรจุอากาศน้อยลงอีกด้วย เหตุการณ์ดังกล่าวน่าจะมีโอกาสสร้างผลเสียหายให้กับลูกกุ้งได้ โดยมีโอกาสเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันหรือมีความเครียดสะสม เนื่องจากลูกกุ้งอยู่ในสภาพจำกัดทั้งปริมาณน้ำและมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำสูง มีการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียและไนไตรท์ ขณะที่ออกซิเจนและพีเอช ของน้ำลดลง ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีระเคมีอย่างรุนแรง ผลกระทบดังกล่าวอาจจะเป็นเรื่องที่ไม่มีผลปรากฏความเสียหายอย่างชัดเจน แต่ด้วยผลกระทบดังกล่าวมีโอกาสสูงต่ออัตราการรอดตายในช่วงเวลาที่เลี้ยงในบ่อดิน และมีส่วนทำให้ลูกกุ้งด้อยคุณภาพลงซึ่งอาจจะมีผลต่อเจริญเติบโต การแตกต่างของขนาด (แตกไซส์) และอัตรารอด ดังนั้นการขนส่งและการบรรจุลูกกุ้งออกจากฟาร์ม ซึ่งถ้ามีการจัดการดีก็จะทำให้ลูกกุ้งที่ได้จะมีสุขภาพร่างกายแข็งแรง และเลี้ยงได้ผลดีในบ่อดิน

ตามที่ทราบกันมานานว่าการลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดนี้มีมานานไม่ต่ำกว่า 20 ปีแล้ว แต่จะมีหลักวิธีการคล้ายกัน ประสิทธิภาพในการลำเลียงก็แตกต่างกันไป แต่ไม่ปรากฏเป็นหลักฐานชัดเจนในเอกสารวิชาการทั้งภายในและต่างประเทศ สุดท้ายสรุปไม่ได้ว่าวิธีใดดีที่สุดที่สามารถใช้เป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best practice) ได้ ไม่ทราบว่าจะสามารถลำเลียงได้นานเท่าใด มีปัจจัยอะไรที่มีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อการลำเลียง ท้ายที่สุดเกษตรกรได้ลูกกุ้งไม่ดีเท่าที่ควรในการเลี้ยง ทั้ง ๆ ที่ฟาร์มผลิตก็ผลิตได้ดีมาก (ต้นทาง) แต่มามีผลกระทบช่วงของการลำเลียง (กลางทาง) ดังนั้นเพื่อหาแนวทางการลำเลียงที่มีประสิทธิภาพ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การตัดสินใจเลือกใช้อัตราความหนาแน่นและวิธีการลำเลียงที่เหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมและระยะเวลานานของการลำเลียง เพื่อลดความเครียดและการใช้พลังงาน ช่วยปรับสมดุลเกลือแร่ กลไกทางสรีระเคมี เพื่อเพิ่มอัตรารอด โดยลูกกุ้งยังคงมีคุณภาพและสุขภาพดี และเป็นวิธีที่ประหยัดและดีที่สุด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดนี้ และมีผลดีต่อการเลี้ยงกุ้งทั้ง 3 ชนิด (ปลายทาง) เพื่อเพิ่มผลผลิตที่ดีต่อไป

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

1.1 การหายใจของสัตว์น้ำ

กุ้งหายใจเข้าเพื่อเอาก๊าซออกซิเจนไปใช้ในการเผาผลาญเพื่อให้เกิดพลังงาน (metabolism) และมีการหายใจเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกและสะสมอยู่ในน้ำที่ใช้ในการลำเลียง หากในน้ำที่ใช้ในการลำเลียงมี ออกซิเจนอยู่มากพอและมีคาร์บอนไดออกไซด์น้อย การลำเลียงพันธุ์สัตว์ก็จะไม่มีปัญหา แต่ถ้าหากมีคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินขีดอันตรายต่อปลา ปลาก็จะตายได้ กรรมวิธีการหายใจของสัตว์น้ำส่วนใหญ่นั้นจะหายใจทางเหงือกซึ่งมีเส้นโลหิตฝอยกระจายอยู่ทั่วไปในเหงือกที่เส้นโลหิตฝอยนี้จะมีเม็ดเลือดเป็นตัวดึงหรือสัมผัสเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปใช้เป็นพลังงานในตัวของสัตว์น้ำ แต่ถ้ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ละลายอยู่ในน้ำในปริมาณมากถึงจุดหนึ่งแล้วคาร์บอนไดออกไซด์ จะถูกดึงไปสะสมในเม็ดเลือดแดงและยังผลให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถนำเอาออกซิเจน ไปใช้ได้อีกต่อไป โดยการหายใจของสัตว์น้ำในภาชนะลำเลียงนั้น ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีดังกล่าวมีผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมาดังต่อไปนี้ (เกรียงศักดิ์, 2543)

1.2 ผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำตาย ถ้าปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลจากการหายใจของปลาสะสมในเม็ดเลือดสูง ประกอบกับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งละลายอยู่ในน้ำที่ใช้ในการลำเลียงสูง เช่นกันแล้ว ผลที่เกิดขึ้นคือคาร์บอนไดออกไซด์ในเม็ดเลือดจะไม่สามารถถ่ายหรือระบายออกมาจากตัวสัตว์น้ำได้ มันจะกลายเป็นพิษโดยทำให้สัตว์น้ำดังกล่าวสามารถนำออกซิเจนไปใช้ในการหายใจ ซึ่งทำให้ตายในที่สุด

1.3 ผลกระทบจากก๊าซออกซิเจน

ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการหายใจของปลาและสัตว์น้ำทั่วๆไป สัตว์น้ำต่างชนิดหรือชนิดเดียวกันแต่ต่างขนาดก็มีความต้องการออกซิเจน สำหรับการหายใจในปริมาณต่างกัน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากน้อยเพียงใดนั้น มีอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นส่วนประกอบด้วย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและสุขภาพของกุ้งถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไปอาจมีผลทำให้กุ้งตายได้ (ชลอ, 2543)

1.4 ผลกระทบจากก๊าซแอมโมเนีย

ก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในภาชนะลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำนั้น เกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุที่หลบเหลืองอยู่ในน้ำจากสัตว์น้ำที่ตายและเน่าเปื่อยและจากการถ่ายของเสียของสัตว์น้ำเอง ในขณะลำเลียงผลกระทบของแอมโมเนียที่ละลายน้ำจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง ระดับของการเป็นพิษมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของสัตว์น้ำ

ชลอ (2543) ได้กล่าวถึงสารประกอบไนโตรเจน (แอมโมเนียและไนไตรท์) ที่มีต่อกุ้งและสัตว์น้ำอื่นๆว่าแอมโมเนียและไนไตรท์เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อกุ้งและสัตว์น้ำ แหล่งของ

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำส่วนใหญ่มาจากสารอินทรีย์ซึ่งอาจเกิดจากขบวนการเน่าสลายของเศษอาหารที่เหลือ แพลงก์ตอนที่ตาย เศษซากพืชซากสัตว์ และสารอินทรีย์อื่นๆ โดยจุลินทรีย์แล้วปล่อยแอมโมเนียออกมาสู่แหล่งน้ำโดยตรง เช่นกัน ในสภาวะที่มีออกซิเจนแบคทีเรียจำพวกไนตริไฟอิ้งแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) จะเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท

แอมโมเนีย เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อกุ้งและสัตว์น้ำเช่นเดียวกับไนไตรท์ แอมโมเนียที่พบอยู่ในน้ำจะอยู่ใน 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมอิออน (NH^+_4) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ในการวัดแอมโมเนียโดยทั่วไปจะวัดรวมทั้งสองรูป แอมโมเนียทั้งสองรูปแบบนี้จะเปลี่ยนกลับไปกลับมาตามพีเอชของน้ำและอุณหภูมิของน้ำ โดยเฉพาะพีเอช (pH) ของน้ำที่สูงขึ้นอัตราส่วนของแอมโมเนีย NH_3 จะสูงขึ้น ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมีมากขึ้น แต่ถ้าพีเอชของน้ำลดลงแอมโมเนียในรูปแอมโมเนียมอิออนจะมีในอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง และเมื่อแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงขึ้นจะมีผลทำให้การขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งทำได้น้อยลง ทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้พีเอชของเลือดเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ แอมโมเนียจะทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้นจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน ทำให้กุ้งอ่อนแอติดโรคง่าย (ชลอ, 2543)

1.5 ผลกระทบจากการเป็นกรดและด่าง (pH)

ในน้ำที่ใช้ในการลำเลียงพันธุ์ปลาได้มีการศึกษาและพบว่าน้ำในระดับของ pH 6.8 – 8.1 และการเปลี่ยนแปลงระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไปด้วยความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ใช้ในการลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำ จึงควรเป็นข้อหนึ่งที่ควรพิจารณาถึงผลกระทบ (เกรียงศักดิ์, 2543)

ชลอ (2543) ได้กล่าวถึงผลกระทบของพีเอชต่อกุ้งว่า เมื่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำในรอบวันมากเกินไปจะมีผลทำให้กุ้งเครียดมีผลต่อการการเจริญเติบโตด้วย การแก้ปัญหาโดยการลดปริมาณแพลงก์ตอนหรือถ่ายน้ำมากขึ้นเพื่อลดความเข้มของสีน้ำการเพิ่มระดับอัลคาไลน์ก็จะทำให้พีเอชของน้ำตอนเช้าและตอนบ่ายเปลี่ยนแปลงน้อยลง นอกจากนี้เมื่อพีเอชลดต่ำลงทำให้ความเป็นพิษของไนไตร์ทสูงขึ้นด้วย

สำหรับอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมากกับค่าพีเอช ซึ่งค่าอัลคาไลน์จะเป็นตัวรักษาระดับพีเอชน้ำในบ่อให้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดและช่วยในการรักษาสีน้ำ ซึ่งความหมายโดยทั่วไปแล้วอัลคาไลน์ หมายถึง ปริมาณหรือความสามารถในการเป็นด่างของน้ำ ซึ่งจะรวมปริมาณของคาร์บอเนต (CO^{2-}_3) , ไบคาร์บอเนต (HCO^-_3) และไฮดรอกซี่กรุ๊ป (OH^-) เรียกรวมว่าอัลคาไลน์รวม และค่าอัลคาไลน์ในน้ำที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำนั่น คือ 80–150 ppm โดยทั่วไปการรักษาระดับอัลคาไลน์ให้คงที่นั้น จะใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต ส่วนการเพิ่มอัลคาไลน์ในน้ำอาจจะใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตแล้วแต่ระดับพีเอชของน้ำ (ชลอ, 2543)

1.6 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการลำเลียงสัตว์น้ำ มีผลกระทบโดยตรงต่อการหายใจของปลาในน้ำหรืออากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้สัตว์น้ำหายใจเร็ว และมีส่วนสัมพันธ์ในการใช้ออกซิเจนและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น ทางตรงข้ามหากอุณหภูมิต่ำจะมีผลให้สัตว์น้ำหายใจช้าลงและใช้ออกซิเจนน้อย ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลงด้วย ดังนั้นในการลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำจึงมีความจำเป็นที่ต้องเลือก

เวลาในการลำเลียงในขณะที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ตอนเย็น กลางคืนหรือตอนเช้า หากมีการลำเลียงในเวลาอื่นหรือขณะอุณหภูมิสูงก็มีความจำเป็นที่ต้องหาทางลดอุณหภูมิในภาชนะที่ลำเลียง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการลำเลียงสัตว์น้ำในประเทศไทยควรประมาณ 15- 23 °C (เกรียงศักดิ์, 2543)

ไมตรี และจารุวรรณ (2528) ได้กล่าวถึง อุณหภูมิโดยใช้กฎของเวนฮอฟฟ์ (Van Hoff's Law) ช่วยในการอธิบาย "อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกิจกรรมต่างๆในการดำรงชีวิตจะสูงขึ้นและเมื่ออุณหภูมิลดลง กิจกรรมเหล่านี้ก็จะลดลงด้วย โดยตามกฎของ (Van Hoff's Law) กล่าวว่าอัตราของขบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่าเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนไปทุกๆ 10 °C อุณหภูมิมีผลต่อสัตว์พวกครัสเตเชียน คือ ถ้าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงกว่าเดิม จะมีผลต่อสรีรวิทยาต่างๆ ของร่างกายที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้การบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะเดียวกันอัตราการบริโภคออกซิเจนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง (จารุวัฒน์ และสมนึก, 2532; Kinne ,1964)

2. การตื่นเต้นตกใจของสัตว์น้ำ

การตื่นตกใจของสัตว์น้ำมีผลกระทบโดยตรงต่อการลำเลียง การตื่นตกใจทำให้มันต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจมากขึ้นแล้ว การตื่นตกใจยังทำกระโดดซึ่งบางครั้งบาดเจ็บหรือตาย ในการแก้ไขการตื่นเต้นตกใจของสัตว์น้ำโดยเฉพาะพวกปลานั้นได้มีการใช้สารเคมีจำพวกยาสลบ (anesthetic) ซึ่งมีส่วนช่วยให้ปลามีการเคลื่อนไหวน้อยลงและมีการหายใจช้าซึ่งยังผลให้มีการใช้ออกซิเจนน้อยลงไปด้วย สารเคมีจำพวกยาสลบที่ใช้กันในปัจจุบันได้แก่ Quinaldine ที่มีความเข้มข้น 2–5 ppm MS 222 (Tricane Methane Sulfonate) ที่มีความเข้มข้นประมาณ 40 – 50 ppm หรือขนาด 0.4 –1.0 gm/ น้ำแกลลอน (เกรียงศักดิ์, 2543)

3. การเตรียมการก่อนและขณะขนส่ง

การเตรียมพันธุ์สัตว์น้ำ ในขั้นแรกก่อนการลำเลียงจะต้องมีการเตรียมพันธุ์สัตว์น้ำที่จะต้องลำเลียงดังต่อไปนี้ (เกรียงศักดิ์, 2543)

3.1 การป้องกันโรคและพยาธิ

เริ่มจากรับสัตว์น้ำมาจากบ่อมาขังไว้ จะต้องป้องกันมิให้โรคและพยาธิติดตัวสัตว์น้ำไปจนถึงผู้รับปลายทาง สัตว์น้ำที่เป็นโรคและพยาธิอ่อนแอและตายง่ายมากเมื่ออยู่ในระยะการลำเลียง นอกจากนั้นเชื้อโรคหรือพยาธิต่างๆ ยังจะแพร่พันธุ์ติดต่อสัตว์น้ำตัวอื่นๆ ซึ่งอยู่ในภาชนะลำเลียงอันเดียวกันด้วย จึงควรจะได้มีการให้น้ำยาเคมีบางอย่างเพื่อฆ่าเชื้อโรคและเป็นการป้องกันเชื้อโรคและพยาธิก่อนที่จะมีการลำเลียง เช่น แช่ในด่างทับทิมที่มีความเข้มข้น 10 ppm หรือ เกลือ 0.1% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดโรครา พยาธิในเหงือก และโปรโตซัว ส่วนพยาธิที่เกาะภายนอกตัวใช้ฟอร์มาลิน (Formalin)

3.2 การให้สัตว์น้ำอดอาหาร

สัตว์น้ำที่ถูกลำเลียงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้อดอาหารอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้อาหารที่มีอยู่ในกระเพาะได้ถูกใช้ให้หมดก่อนที่จะถูกลำเลียงในระยะที่ถูกขังให้อดอาหารนี้จะสังเกตเห็นว่าสัตว์น้ำจะถ่ายของเสียออกเป็นจำนวนมากและเพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำถ่ายของเสียลงใน

ภาชนะลำเลียงขนส่ง จึงต้องให้อดอาหาร เนื่องจากของเสียดังกล่าวจะเป็นเหตุให้น้ำในภาชนะลำเลียงเกิดเสีย เพราะมีก๊าซแอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ และซัลไฟด์สะสม เป็นสาเหตุให้สัตว์น้ำถึงตายได้

3.3 การเลือกขนาดสัตว์น้ำที่จะลำเลียง การคัดเลือกสัตว์น้ำขนาดเดียวกันหรือใกล้เคียงกันเพื่อการลำเลียงขนส่งในภาชนะเดียวกันนั้น มีความจำเป็นที่ควรได้รับการพิจารณาอย่างยิ่ง เพราะสัตว์น้ำที่ให้อดอาหารนั้นจะแสดงอาการดุร้าย หงุดหงิด ชอบทำร้ายตัวที่เล็กกว่าและเป็นสัตว์น้ำที่อ่อนแอกว่าหรือขณะลำเลียงด้วยแล้ว มักถูกรุมกัดและกินเป็นอาหาร

3.4 การป้องกันการทิ่มแทงของสัตว์น้ำกันเอง การตัดเงี่ยงหรือใช้ยาสลบลดการเคลื่อนที่ขณะขนส่ง

3.5 การเลือกภาชนะที่ใช้ในการขนส่ง อาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ (เกรียงศักดิ์, 2543) ได้แก่

(ก) ภาชนะแบบเปิด เป็นภาชนะที่ใช้ในการลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำแบบเปิดฝาหรือปิดฝาแค่มีรูถ่ายอากาศเข้าและออกในภาชนะที่ลำเลียงได้ อาจทำด้วย โลหะ พลาสติกเป็นตะกร้าไม้ไผ่สานและทำด้วยชันหรือน้ำมันดิบ หม้อดิน ถังไม้ ฯลฯ ได้มีการใช้ไม้กระทุ้งน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำในการลำเลียง ต่อมาได้มีการพัฒนาภาชนะเปิดสำหรับลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกกุ้ง–ปลา ที่ต้องการขนส่งจำนวนมากในระยะทางไกล ได้มีการประดิษฐ์ เครื่องให้อากาศ (aerator) หรือใช้ท่อระบายสูบน้ำเป่าถ่ายเทน้ำให้หมุนเวียนท่อโดยตรงไปยังถังลำเลียงสัตว์น้ำ วิธีดังกล่าวอาจใช้กับการลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำโดยตรงหรือนำพันธุ์สัตว์น้ำขนาดใหญ่เพื่อไปส่งขายในตลาด

(ข) ภาชนะแบบปิด เป็นภาชนะลำเลียงที่นิยมในปัจจุบัน สำหรับสัตว์น้ำขนาดเล็ก ภาชนะชนิดนี้ หมายถึงภาชนะที่มีฝาปิดหรือใช้วัสดุชนิดหนึ่งชนิดใด ปิดภาชนะที่ใช้ลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำ ภาชนะชนิดนี้จำเป็นต้องอัดออกซิเจนหรืออากาศบริสุทธิ์บรรจุลงไป สมัยก่อนได้มีการประดิษฐ์ภาชนะลำเลียงปิดโดยปี๊บ หรือถังแบบถังน้ำเป็นภาชนะและบรรจุออกซิเจนลงไปแทนน้ำประมาณ 2 ใน 3 ถึง 3 ใน 4 แต่ในปัจจุบันนิยมการใช้ถุงพลาสติกเป็นภาชนะลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำ

3.7 การเตรียมถุงพลาสติก ถุงพลาสติกที่ใช้ในการลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำไปเลี้ยงเพื่อบริโภคหรือเลี้ยงในตู้ประจำเพื่อความสวยงามนั้นมีขนาดต่างๆ กัน แต่ขนาดที่ใช้กันมากที่สุดนั้นเป็นขนาด 20 × 30 นิ้ว ขนาดดังกล่าวมีทั้งชนิดหนาและชนิดบาง ชนิดหนาเหมาะสำหรับใส่ลำเลียงพวกปลาที่มีเงี่ยง เช่น ปลาสวาย ปลาดุก กุ้งก้ามกราม ส่วนชนิดบางเป็นชนิดที่ใช้กับปลาและลูกปลาทั่วๆ ไป การลำเลียงสัตว์น้ำในระยะทางไกลหรือในท้องถิ่นทุรกันดารมักจะใช้ซ้อนกัน 2–3 ชั้น เพื่อป้องกันมิให้มีการรั่วหรือฉีกขาดในชั้นใดชั้นหนึ่งซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอ

3.8 น้ำที่บรรจุควรเป็นน้ำสะอาด ควรเป็นน้ำที่มาจากแหล่งเดียวกับที่ใช้ฟักสัตว์น้ำให้อดอาหารก่อนการลำเลียง ทั้งนี้เคยปรากฏว่าสัตว์น้ำบางชนิดไม่เคยชินกับน้ำใหม่เวลาบรรจุลงไปในถุงจะมีอาการช็อกหรือตื่นผิดปกติ และอาจถึงตายก็มี จึงควรตั้งข้อสังเกตไว้หลีกเลี่ยง ปริมาณที่ใช้ในการบรรจุลงในถุงนั้นควรจะประมาณ 1/3 – 1/4 ของปริมาตรถุง

3.9 การอัดออกซิเจน การอัดออกซิเจนลงในถุงพลาสติกนั้นจะปล่อยก๊าซจากถังค่อยๆปล่อย เพื่อป้องกันถุงแตกและอันตรายต่อลูกสัตว์น้ำ ตามสายยางซึ่งจุ่มลงน้ำภายในถุง โดยปล่อยให้ฟองก๊าซแทนที่อากาศภายในถุง 2 ใน 3 ส่วน หรือ 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรความจุของถุง

3.10 การวางถุงอัดออกซิเจนเพื่อลำเลียงพันธุ์สัตว์น้ำ ควรวางตามแนวนอนเพื่อเพิ่มเนื้อที่ของสัตว์น้ำได้มากขึ้นในการขนส่งทางไกลซึ่งอาจต้องกินเวลานานถึง 2–3 วัน ควรหาทางลดอุณหภูมิและรักษาอุณหภูมิเพื่อให้สัตว์น้ำเคลื่อนไหวน้อยที่สุด เช่น ใช้กล่องโฟมบรรจุถุงพลาสติกซึ่งมีอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ หรือลำเลียงโดยรถห้องเย็น

4 การทดลองในการลำเลียงสัตว์น้ำ

นับจากอดีตถึงปัจจุบัน ได้มีผู้วิจัยด้านขนส่งสัตว์น้ำอยู่บ้าง เพื่อให้มีอัตราการรอดสูงสุด โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้สัตว์น้ำที่ผ่านการลำเลียงมีความแข็งแรงหลังจากลำเลียงและประหยัดต้นทุนมากที่สุด ถึงแม้จะไม่มากนัก บรรจง และบุญรัตน์ (2545) ได้กล่าวถึงการขนส่งปูทะเล (*Scylla* sp.) ว่าเป็นที่นิยมนำมาเลี้ยงเช่นเดียวกับปูม้า โดยอยู่ใน Family เดียวกัน (Portunidae) เมื่อจะส่งตลาดจะต้องใช้เชือกมัดขาให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้ปูหนี วิธีมัดปูทะเลที่นิยมกันมากทางภาคใต้ฝั่งทะเลตะวันออกและทางฝั่งทะเลอันดามันนิยมใช้ เนื่องจากปูทะเลเปลี่ยนสภาพเร็วมากปูทะเลที่ตายแล้วมีเนื้อน้อยรสชาติไม่ชวนกิน ตลาดจึงนิยมบริโภคปูทะเลที่ยังไม่ตาย โดยการขนปูทะเลจากท่าเรือหรือจากฟาร์มเลี้ยงปูมายังที่รับซื้อปูในท้องถิ่นที่ใช้ระยะการเดินทางประมาณ 30–60 นาที ชาวประมงจะใส่ปูในกระสอบ ป่านมัดปากถุงหรือตะกร้าไม้ไผ่หรือตะกร้าพลาสติกที่มีกระสอบหรือใบไม้ปิดฝาเพื่อรักษาความชื้น ซึ่งการขนส่งปูโดยวิธีนี้มีความเสียหายน้อยมากเพราะระยะการเดินทางสั้นแต่ถ้าจำเป็นต้องส่งปูไปในที่ไกลๆที่ใช้ระยะเวลาในการเดินทางตั้งแต่ 8 ชั่วโมง ขึ้นไปก็บรรจุปูในกล่องโฟม ชั้นล่างมีน้ำแข็งห่อด้วยถุงโพลีเอทธีลีน เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในหีบห่อให้อยู่ระหว่าง 18–22°C ชั้นบนบรรจุปูทะเลมีตาข่ายลอดช่วยป้องกันไม่ให้ปูสัมผัสกับน้ำแข็งถ้าจำเป็นต้องการเก็บไว้นานๆ เพื่อจำหน่ายหรือขายปลีกก็จำเป็นต้องเก็บไว้ในที่ร่มมีกระสอบคลุมเพื่อรักษาความชื้นในบรรยากาศความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 86–91 อุณหภูมิระหว่าง 26-28 °C ไม่มียุงคอยรบกวนหรือดูดเลือดที่บริเวณก้านตา

Quinitio & Parado Estepa (1999) ได้ศึกษาทดลองการลำเลียงลูกปูทะเล (*Scylla* sp.) ที่ความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ 20, 24 และ 28-29 °C โดยลำเลียง 6, 9 และ 15 ชั่วโมง โดยผลของความหนาแน่นและการลดอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปู ทำนองเดียวกัน Villalón & Chamberlain (1992) ได้กล่าวถึงการลำเลียงขนส่งลูกกุ้งระยะโพสลาวา (*L. vannamei*) จากบ่อเลี้ยง ซึ่งได้ใช้หลักในการขนส่งว่า ลำเลียงที่ความหนาแน่นสูง อุณหภูมิต่ำและต้องมีการละลายของออกซิเจนที่สูง และในการบรรจุลูกกุ้งจะต้องบรรจุที่ความหนาแน่นแน่นอนเหมาะกับขนาดของลูกกุ้งที่ทำการลำเลียงกับระยะการขนส่งและได้ทดลองทำการขนส่งทางเรือเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือมากกว่าความหนาแน่นในการลำเลียงจะไม่เกิน 1,000 ตัว/ลิตร สำหรับลูกกุ้งที่มีขนาดเล็กกว่าระยะโพสลาวาจะลำเลียงที่ความหนาแน่นถึง 2,000-3,000 ตัว/ลิตร แต่จะลำเลียงที่ระยะทางใกล้ๆ บางครั้งอาจจะถึง 5,000 ตัว/ลิตร ทำการลดอุณหภูมิโดยที่อุณหภูมิ 18-20°C ทดลองลำเลียงที่ระยะทางไกลที่เวลา 12 ชั่วโมง จะควบคุมอุณหภูมิที่ 20-22°C ในการลำเลียงที่ระยะทางใกล้ ซึ่งลูกกุ้งระยะนี้สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำๆ ได้ถึง 16°C

ไพบูลย์ และบุรฉัตร (2547) ทำการศึกษาและทดลองการขนส่งกุ้งก้ามกราม (***Macrobrachium rosenbergii***) ได้ดำเนินการทดลอง 4 ครั้ง เพื่อวัดผลกระทบของความหนาแน่น ระยะเวลาขนส่ง สารเคมีที่ใช้ขนส่งและอุณหภูมิอากาศขณะขนส่ง ต่ออัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามหลังจากคว่ำ 5-7 วัน ที่ความหนาแน่น 800 และ 1,600 ตัว/ลิตร เป็นเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ความหนาแน่นทำให้อัตราการรอดต่างกันโดยที่ความหนาแน่น 800 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่า 1,600 ตัว/ลิตร และการขนส่งที่เวลา 12 และ18 ชั่วโมง ไม่ทำให้อัตราการรอดต่างกัน แต่สูงกว่าที่ 24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนการทดลองการใช้สารเคมีที่ความหนาแน่น 800 ตัว/ลิตรเป็นเวลา 15 ชั่วโมง ในสารละลายต่างๆ ได้แก่ น้ำจืด น้ำจืด+น้ำเกลือ 0.3 % น้ำจืด+ยาเหลือง 4 ppm น้ำจืด+เกลือ 0.3 % + ยาเหลือง 4 ppm พบว่าอัตราการรอดตายของกุ้งที่ใช้น้ำจืดมีอัตราการรอดสูงสุดและการใช้น้ำจืด+เกลือ 0.3% และน้ำจืดไม่แตกต่างกัน แต่น้ำจืดจะแตกต่างจากการใช้น้ำจืด+เกลือ 0.3 % + ยาเหลือง 4 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดลองอุณหภูมิอากาศขณะขนส่งที่ความหนาแน่น 800 ตัว/ ลิตร เป็นเวลา 15 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิ 25.9-29.9, 25 และ 20 ℃ แล้วพบว่าอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองภาคสนามโดยขนส่งลูกกุ้งก้ามกรามในถุงพลาสติกที่ความหนาแน่น 800 ตัว/ลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในรถบรรทุกขนาด 1 ตัน โดยไม่ใช้เครื่องปรับอากาศพบว่ามีอัตรากรรอดเฉลี่ย 78.03±14.42% การขนส่งกุ้งก้ามกรามเป็นระยะทางไกลๆ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ความหนาแน่น ระยะเวลาที่ใช้ และการป้องกันไม่ให้ลูกกุ้งเกิดความเครียดเนื่องจากความเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมรวมทั้งอุณหภูมิ ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้พอสรุปได้ว่าการขนส่งโดยใช้น้ำจากบ่ออนุบาลบรรจุลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 800 ตัว/ลิตร และรักษาอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ระหว่าง 20.7-28.3 ℃ สามารถลำเลียงได้เป็นเวลานาน 18 ชั่วโมง (ไพบูลย์ และบุรฉัตร, 2547)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial design โดยแบ่งการทดลองเป็น 8 การทดลองต่อชนิดลูกกุ้งตามระดับความหนาแน่น 4 ระดับ (750, 1,000, 1,500 และ 2,000 ตัว/ลิตร) และการใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ (โดยควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) และลดอุณหภูมิ (22-23°C) ทำ 3 ซ้ำต่อการทดลอง

2. การทดลองลำเลียง

(1) ใช้ลูกกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวา –10 จากโรงเพาะฟักที่เลี้ยงในน้ำทะเลความเค็ม 15 ppt ขณะที่ใช้ลูกกุ้งก้ามกรามระยะคว่ำ 1-2 วัน (อายุ 25 วัน)

(2) จากนั้นทำการนับลูกกุ้งบรรจุถุงที่ความหนาแน่น 750, 1,000, 1,500 และ 2,000 ตัว/ลิตร และการใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ (โดยควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) และลดอุณหภูมิ (22-23°C) ทำการตวงน้ำทะเลความเค็ม 15 ppt สำหรับลูกกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ และน้ำจืดสำหรับกุ้งก้ามกราม โดยใช้กระบอกตวง ใส่น้ำ 2 ลิตร/ถุง

(3) นำลูกกุ้งในถุงพลาสติกมาทำการเติมออกซิเจนจากถังออกซิเจนด้วยปริมาตรของอากาศ 2 เท่าของปริมาตรน้ำ

(4) การตรวจสอบว่ามีการเติมออกซิเจนเท่ากันนั้นสามารถตรวจสอบได้ดังนี้

(4.1) บรรจุน้ำ 2 ลิตร และเติมอากาศ 2 เท่าของน้ำใส่ในถุงพลาสติกและกดลงในภาชนะที่บรรจุน้ำเต็มจากนั้นนำน้ำที่ล้นออกไปวัดปริมาตร

(4.2) นำปริมาตรน้ำจากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง มาเปรียบเทียบว่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากันแสดงว่าเติมออกซิเจนได้ปริมาตร 4 ลิตร

(5) นำลูกกุ้งที่บรรจุพร้อมลำเลียงมาใส่กล่องโฟม กล่องที่ลดอุณหภูมิใช้น้ำแข็ง 500-600 กรัม/กล่อง ที่ทำการทดลองแล้วว่ามีการควบคุมอุณหภูมิคงที่ 22-23°C ทำการวัดควบคุมอุณหภูมิในถุงโดยใช้ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้ในถุง

(6) เมื่อควบคุมอุณหภูมิจึงทำการเขย่ากล่องโฟมให้เหมือนกับการลำเลียงจริงด้วยรถยนต์เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3. การตรวจคุณภาพน้ำ

(1) ทำการตรวจคุณภาพน้ำได้แก่ pH DO อุณหภูมิ ความเค็ม แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2^-) และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) ที่ชั่วโมงเริ่มแรกและชั่วโมงสุดท้าย

(2) วัด DO และ pH โดยเมื่อเติมน้ำ 2 ลิตรในถุง อัดออกซิเจนแล้วบรรจุถุง ทำการเขย่าถุง เพื่อให้ออกซิเจนอิ่มตัว หลังจากนั้น จึงวัด DO และ pH ก่อนการลำเลียง

(3) เก็บตัวอย่างน้ำ 5 mL/ถุง ที่ชั่วโมงเริ่มแรกและชั่วโมงสุดท้าย (ลำเลียงครบ 10 ชั่วโมง) เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามข้อ (1)

(4) ตรวจสอบคุณภาพน้ำ pH โดย pH meter ของ HORIBA , LTD Model D-21 อุณหภูมิ, ความเค็ม โดย YSI Model 85/10 FT ปริมาณ อัลคาไลนิตี้ ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ โดยวิธีของนิคม และยงยุทธ (2546)

4. อัตราการรอดตายหลังจากลำเลียงแล้ว 10 ชั่วโมง

ทำการตรวจสอบอัตรารอดหลังจากลำเลียงมานาน 10 ชั่วโมงด้วยการนับจำนวนกุ้งที่รอดตายทั้งหมดในแต่ละซ้ำของลูกกุ้งแต่ละชนิด

5 สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

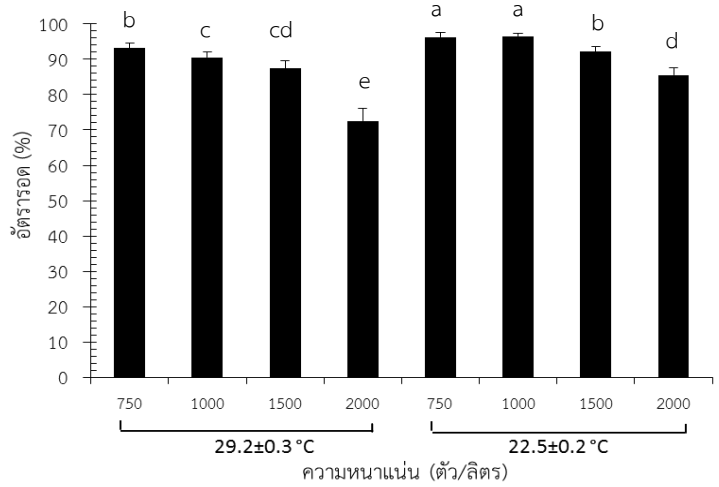
ผลการทดลอง

1. ลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

หลังจากทำการทดสอบการลำเลียงลูกกุ้งขาวระยะโพสลาวา-10 (P-10) บรรจุถุงที่ความหนาแน่น 750, 1,000, 1,500 และ 2,000 ตัว/ลิตร และการใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 29.2±0.3°C และ 22.5±0.2°C ที่ความเค็ม 15 ppt ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ปรากฏผลการทดลองดังนี้

1.1 อัตรารอด

การลำเลียงลูกกุ้งขาวระยะ P-10 ที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C และ 22.5±0.2°C ในความหนาแน่น 4 ระดับพบว่า ทั้งอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด (p<0.05) กล่าวคือกลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C มีอัตรารอดสูงกว่า (p<0.05) และความหนาแน่นที่สูงขึ้นมีผลต่ออัตรารอดที่ลดลง (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือกลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C เมื่อลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 1,000 ตัวต่อลิตร ลูกกุ้งขาวมีอัตรารอดสูงสุด (98.3±0.4%) ซึ่งไม่แตกต่าง (p>0.05) กับการลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 750 ตัวต่อลิตร (97.8±1.1%) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มข้างต้นมีอัตรารอดสูงกว่ากลุ่มที่เหลือ (p<0.05) และพบอัตรารอดต่ำสุด (71.5±1.4%) ในกลุ่มลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 2,000 ตัวต่อลิตร ด้วยอุณหภูมิ 29.2±0.3°C (p<0.05) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 อัตรารอดของการลำเลียงลูกกุ้งขาว *(L. vannamei)* ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

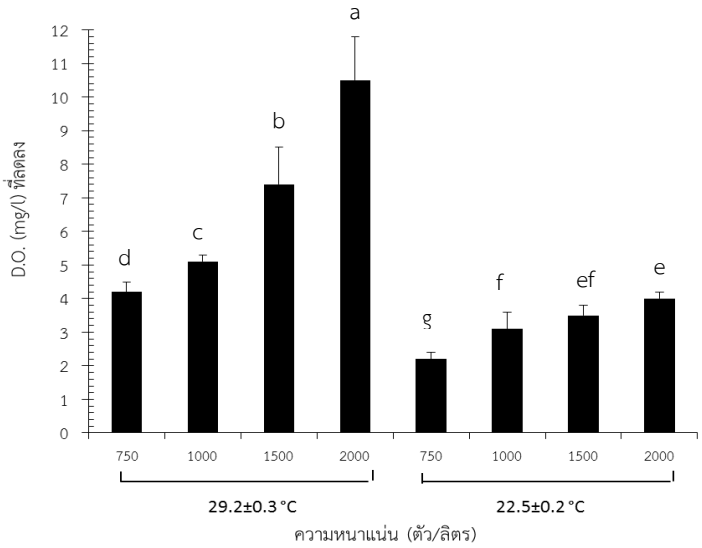
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

1.2 คุณภาพน้ำ

อุณหภูมิ ความหนาแน่น อุณหภูมิร่วมกับความหนาแน่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH, DO, NH_3 และ NO_2^- (p<0.05) ขณะที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) (p>0.05) ในน้ำที่ใช้ลำเลียง

1.2.1 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

กลุ่มลำเลียงที่ 22.5±0.2℃ หรือความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีส่วนต่างที่ลดลงต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อ DO (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าเริ่มต้นที่ 16.5±0.3 mg/l หลังการตรวจวัดในชั่วโมงที่ 10 มีความแตกต่างกัน (p< 0.05) โดยที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร อุณหภูมิ 22.5±0.2℃ มีส่วนต่างที่ลดลงต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 2)

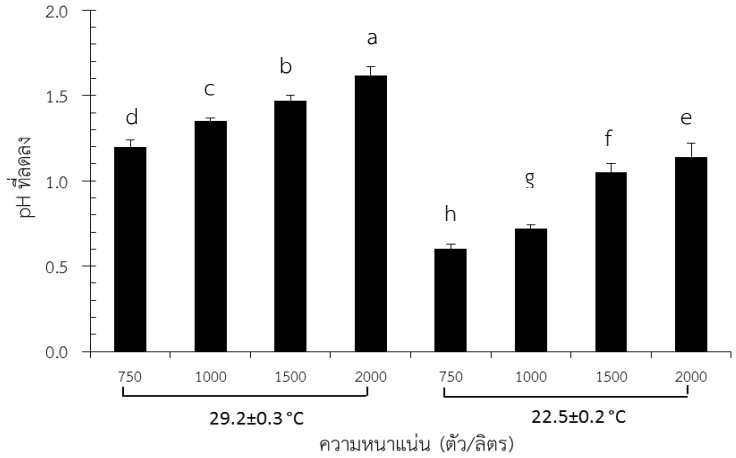


รูปที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L.vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

1.2.2 พีเอช (pH)

พีเอชทุกการทดลองมี pH เริ่มต้น 8.15 หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง พบว่าค่าพีเอชที่ลดลงมีความแตกต่างกัน (p< 0.05) กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2℃ หรือใช้ความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ค่าส่วนต่างของ pH ที่เริ่มต้นและสุดท้ายต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อ pH (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือpH ของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2℃ มีค่าลดลงต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 3)

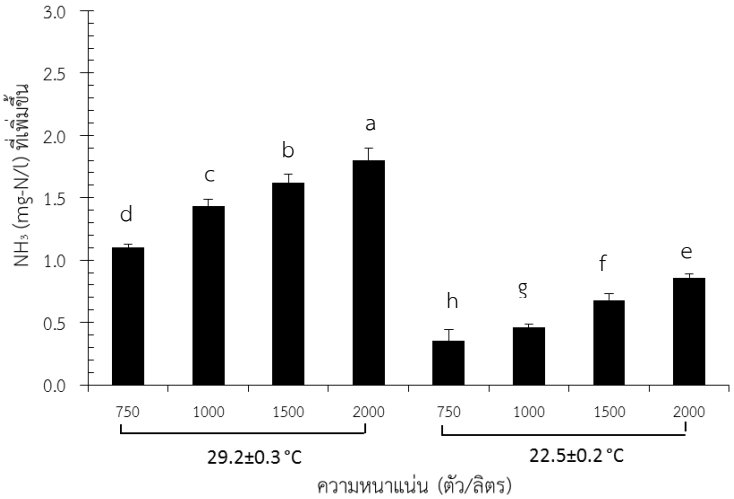


รูปที่ 3 พีเอช (pH) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

1.2.3 แอมโมเนีย (Ammonia)

กลุ่มลูกกุ้งที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C และกลุ่มลำเลียงความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณแอมโมเนีย หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง ต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือปริมาณแอมโมเนียที่พบของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 4)

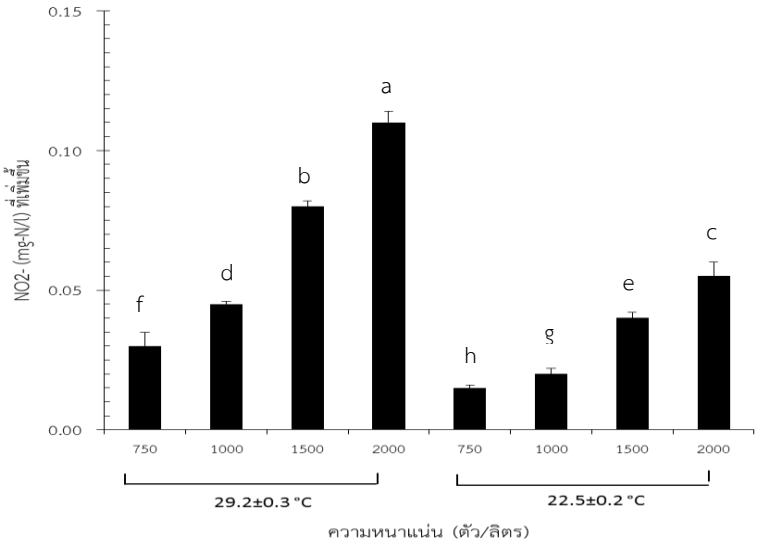


รูปที่ 4 ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

1.2.4 ไนไตรท์ (Nitrite)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C หรือความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ความเข้มข้นไนไตรท์หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง ต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อความเข้มข้นไนไตรท์ (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ความเข้มข้นไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

1.2.5 ความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity)

ผลของความหนาแน่น อุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมทั้ง 2 ปัจจัย ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ (p>0.05)

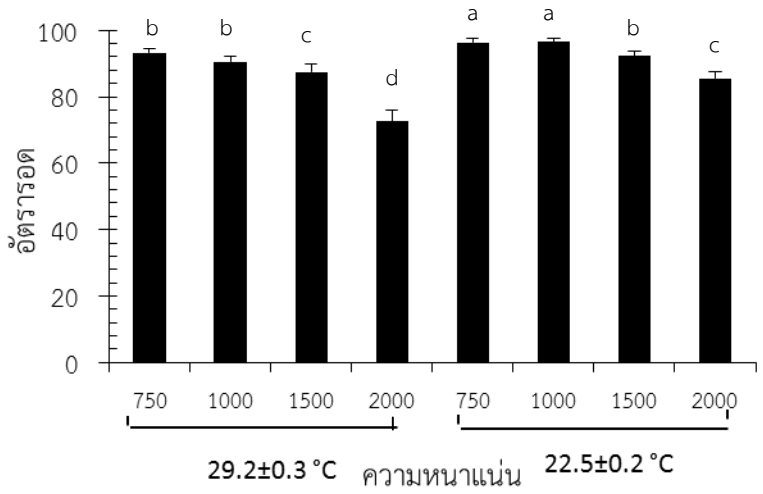
2. ลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)

หลังจากทำการทดสอบการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำโพสลาวา-10 (P-10) บรรจุถุงที่ความหนาแน่น 750, 1,000, 1,500 และ 2,000 ตัว/ลิตร และการใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 29.2±0.3°C และ 22.5±0.2°C ที่ความเค็ม 15 ppt ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ปรากฏผลการทดลองดังนี้

2.1 อัตรารอด

การลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำระยะ P-10 ที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C และ 22.5±0.2°C ที่ความหนาแน่น 4 ระดับ พบว่า ทั้งอุณหภูมิ และความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด (p<0.05) กล่าวคือกลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C มีอัตรารอดสูงกว่า (p<0.05) และความหนาแน่นที่สูงขึ้นมีผลต่ออัตรารอดที่ลดลง (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือกลุ่มที่ลำเลียงระดับหนาแน่น 750 ตัวต่อลิตร ด้วยอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีอัตรารอดสูงสุด (98.2±0.3%) ซึ่งไม่แตกต่าง (p>0.05) กับการลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 1,000 ตัวต่อลิตร (98.0±1.2%) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มข้างต้นมีอัตรารอดสูงกว่ากลุ่มที่เหลือ (p<0.05) และพบอัตรารอด ต่ำสุด (71.6±1.7%) ในกลุ่มลำเลียงที่ระดับ

หนาแน่น 2,000 ตัวต่อลิตร ด้วยอุณหภูมิ 29.2±0.3°C (p<0.05) (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 อัตรารอดของลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

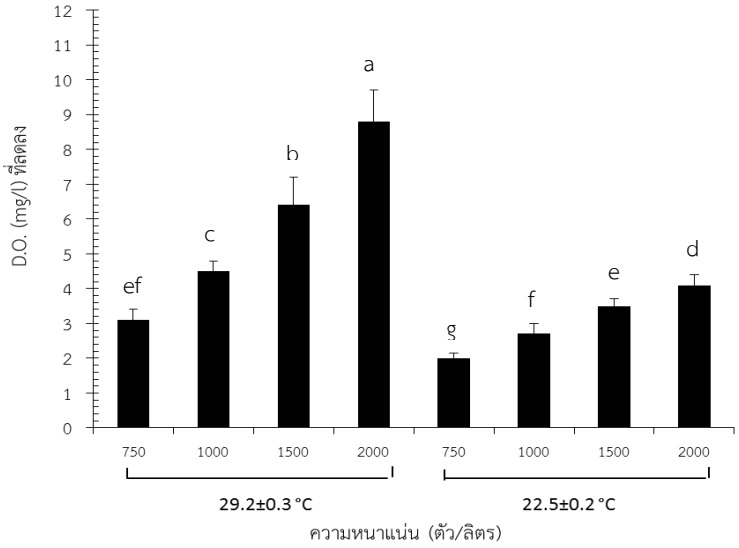
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.2 คุณภาพน้ำ

อุณหภูมิ ความหนาแน่น อุณหภูมิร่วมกับความหนาแน่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH, D.O., NH_3, และNO_2^- (p<0.05) ขณะที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ อัลคาไลนิตี้ และความเค็ม (p>0.05)

2.2.1 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C หรือการลำเลียงลูกกุ้งความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีส่วนต่างที่ลดลงต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อ DO (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าเริ่มต้นที่ 16.0±0.2 mg/l หลังการตรวจวัดในชั่วโมงที่ 10 มีความแตกต่างกัน (p<0.05) โดยที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร อุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีส่วนต่างที่ลดลงต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 7)

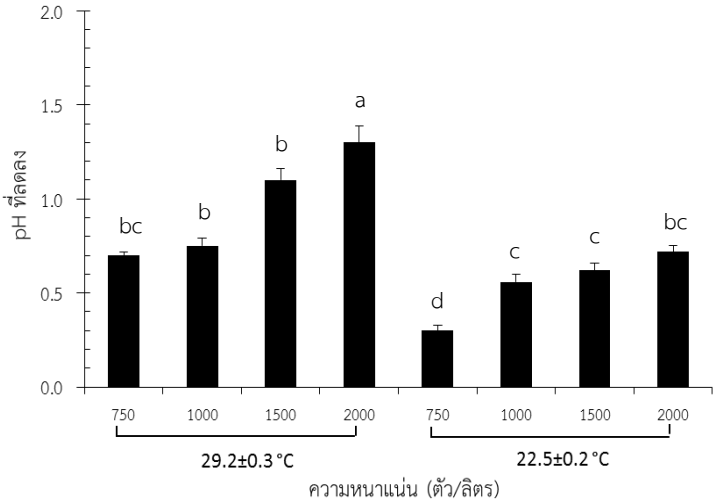


รูปที่ 7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนานชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.2.2 พีเอช (pH)

พีเอชทุกการทดลองมี pH เริ่มต้น 8.15 หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง พบว่าค่าพีเอชที่ลดลงมีความแตกต่างกัน (p< 0.05) กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C หรือใช้ความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ pH ลดลงต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อ pH (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือpH ของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีส่วนต่างค่าลดลงต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 8)

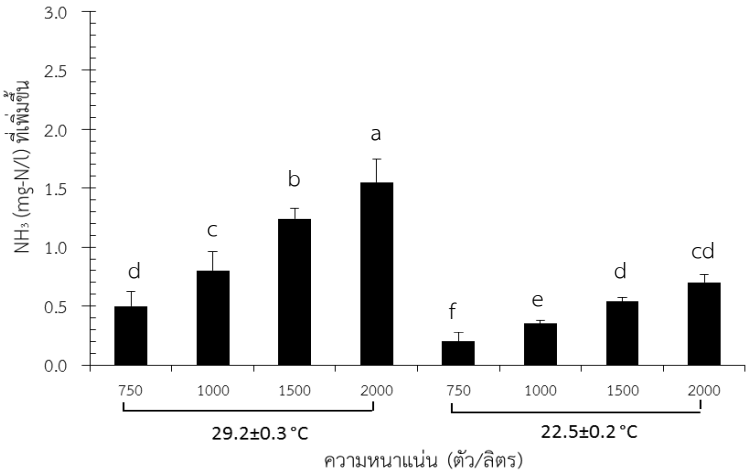


รูปที่ 8 พีเอช (pH) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.2.3 แอมโมเนีย (Ammonia)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C และกลุ่มที่ลำเลียงความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง ต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อความเข้มข้นแอมโมเนีย (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือความเข้มข้นของแอมโมเนียที่พบของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 9)

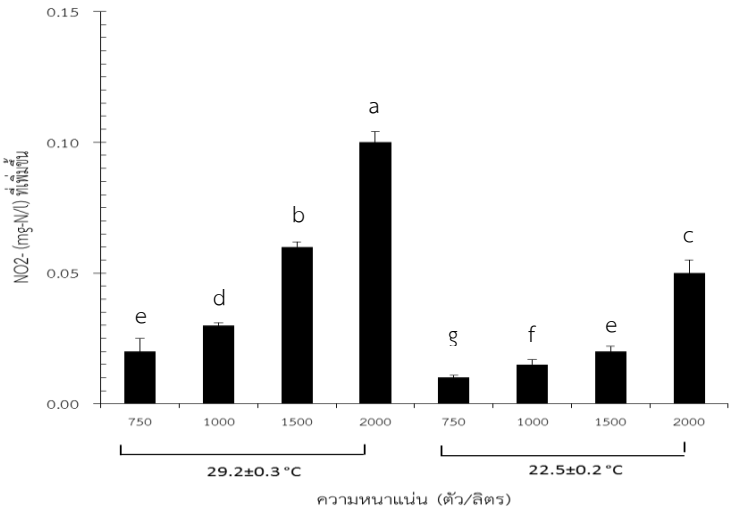


รูปที่ 9 ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.2.4 ไนไตรท์ (Nitrite)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C และที่ลำเลียงความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณปริมาณไนไตรท์ หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง ต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อปริมาณปริมาณไนไตรท์ (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือปริมาณปริมาณไนไตรท์ที่พบของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 ความเข้มข้นไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ระยะโพสลาวา-10 หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.2.5 ความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity)

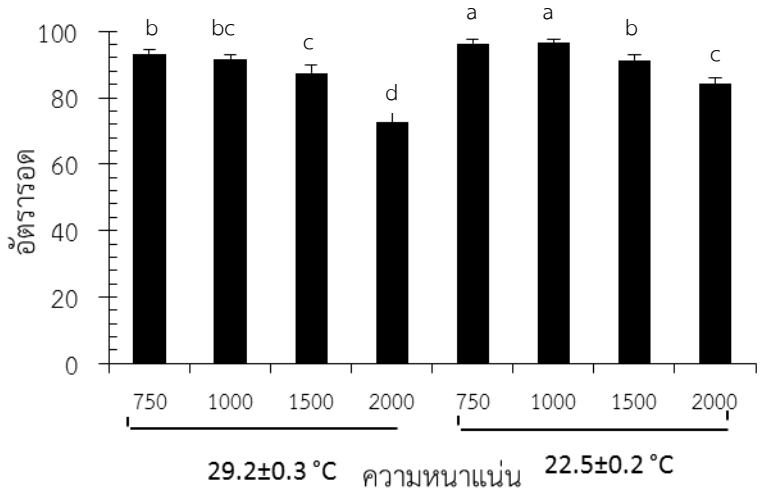
ผลของความหนาแน่น อุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมทั้ง 2 ปัจจัย ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ (p>0.05)

3. ลูกกุ้งก้ามกราม (*Machrobrachium rosenbergii*)

หลังจากทำการทดสอบการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกรามระยะคว่ำ บรรจุถุงที่ความหนาแน่น 750, 1,000, 1,500 และ 2,000 ตัว/ลิตร ในน้ำจืด ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 29.2±0.3°C และ 22.5±0.2°C ปรากฏผลการทดลองดังนี้

3.1 อัตรารอด

การลำเลียงลูกก้ามกรามระยะคว่ำที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C และ 22.5±0.2°C ความหนาแน่น 4 ระดับพบว่า ทั้งอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด (p<0.05) กล่าวคือกลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C มีอัตรารอดสูงกว่า (p<0.05) และความหนาแน่นที่สูงขึ้นมีผลต่ออัตรารอดที่ลดลง (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือลูกกุ้งก้ามกรามมีอัตรารอดสูงสุด (95.7±1.2%) เมื่อลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 1,000 ตัวต่อลิตร ด้วยอุณหภูมิ 22.5±0.2°C ซึ่งไม่แตกต่าง (p>0.05) กับการลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 750 ตัวต่อลิตร (95.5±1.6%) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มข้างต้นมีอัตรารอดสูงกว่ากลุ่มที่เหลือ (p<0.05) โดยพบอัตรารอดต่ำสุด (72.2±2.3%) ในกลุ่มลำเลียงที่ระดับหนาแน่น 2,000 ตัวต่อลิตร ด้วยอุณหภูมิ 29.2±0.3°C (p<0.05) (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 อัตรารอดของลูกกุ้งลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำหลังการการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

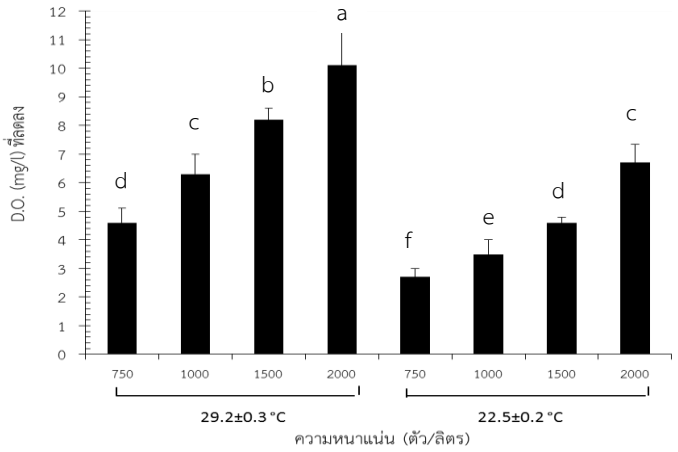
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2 คุณภาพน้ำ

อุณหภูมิ ความหนาแน่น อุณหภูมิร่วมกับความหนาแน่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH, D.O., NH_3, NO_2^- และ Alkalinity ($p<0.05$) ขณะที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็ม ($p>0.05$)

3.2.1 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C หรือกลุ่มที่ความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีส่วนต่างจากที่เวลาเริ่มต้นและสุดท้ายที่ลดลงน้อยกว่า ($p<0.05$) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อ DO ($p<0.05$) เช่นกัน กล่าวคือ DO มีค่าเริ่มต้นที่ 16.5±0.3 mg/l หลังการตรวจวัดในชั่วโมงที่ 10 มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร อุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีส่วนต่างที่ลดลงต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น ($p<0.05$) (รูปที่ 12)

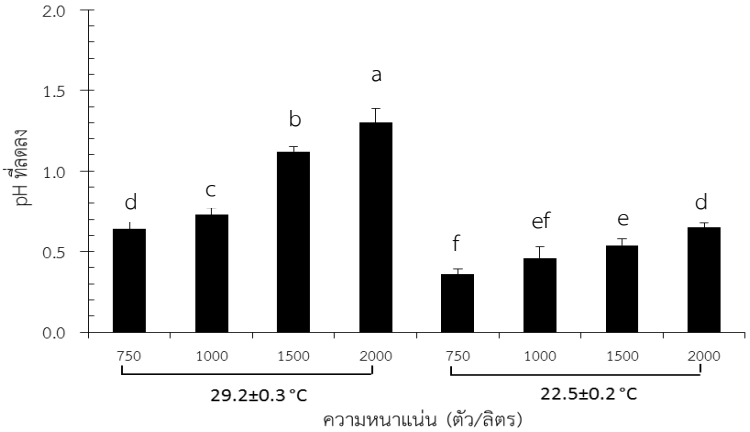


รูปที่ 12 ส่วนต่างของออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำ หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3.2.2 พีเอช (pH)

พีเอชทุกการทดลองมี pH เริ่มต้น 8.10 หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง พบว่าค่าพีเอชที่ลดลงมีความแตกต่างกัน (p< 0.05) กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C หรือใช้ความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้มีส่วนต่างของ pH ที่เริ่มต้นและสุดท้ายลดลงน้อยกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อ pH (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือpH ของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าส่วนต่างลดลงต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 13)

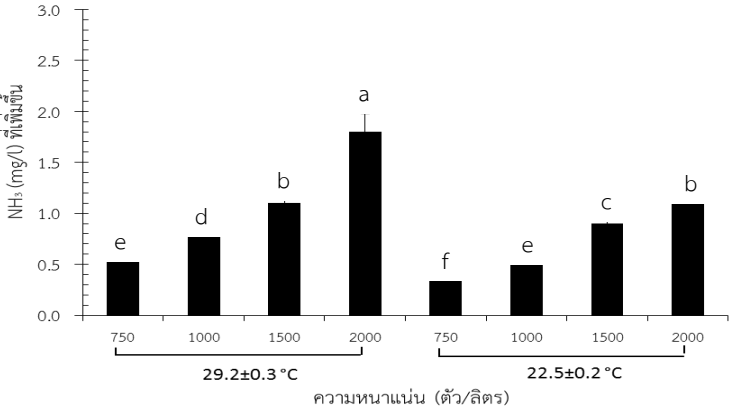


รูปที่ 13 ส่วนต่างค่าพีเอช (pH) ที่ลดลงของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำ หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3.2.3 แอมโมเนีย (Ammonia)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C และที่ลำเลียงความหนาแน่นต่ำกว่าพบปริมาณแอมโมเนียหลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง ต่ำกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือปริมาณแอมโมเนียที่พบของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 14)

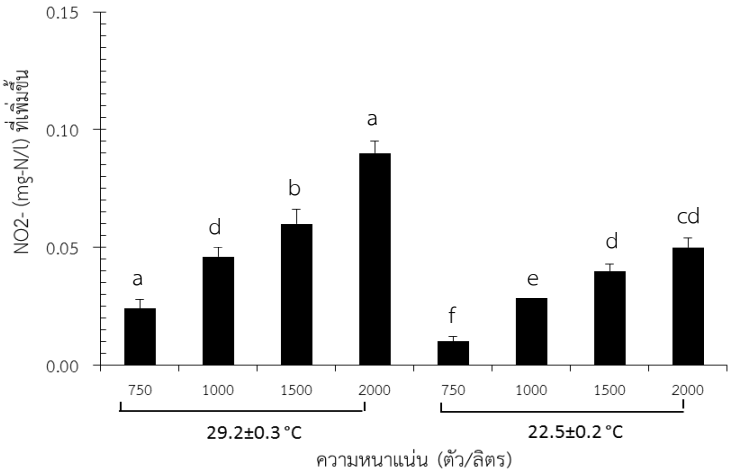


รูปที่ 14 ความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำหลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3.2.4 ไนไตรท์ (Nitrite)

กลุ่มที่ลำเลียงที่ 22.5±0.2°C และที่ลำเลียงความหนาแน่นต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณปริมาณไนไตรท์ หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง มีค่าที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า (p<0.05) ปัจจัยร่วมอุณหภูมิและความหนาแน่นมีผลต่อปริมาณปริมาณไนไตรท์ (p<0.05) เช่นกัน กล่าวคือปริมาณไนไตรท์ที่พบของการลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 750 ตัว/ลิตร และอุณหภูมิ 22.5±0.2°C มีค่าที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดและน้อยกว่ากลุ่มอื่น (p<0.05) (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 ความเข้มข้นไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้นของการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ระยะคว่ำ หลังการลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ด้วยความหนาแน่น 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ (Mean±S.E)

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3.2.5 ความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity)

ผลของความหนาแน่น อุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมทั้ง 2 ปัจจัย ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม และอัลคาไลนิตี้ ($p>0.05$)

อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองผลการลดอุณหภูมิร่วมกับระดับความหนาแน่นของการลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีผลกระทบต่ออัตรารอดภายหลังการลำเลียงลูกกุ้ง (p<0.05) กล่าวคือการลำเลียงที่อุณหภูมิ 22.5±0.2 ℃ มีอัตรารอดสูงกว่าที่ 29.2±0.3 ℃ และเมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการลำเลียงเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ต่ออัตรารอดลดลง (p<0.05) อย่างชัดเจนเมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3 ℃ ในทำนองเดียวกัน เมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการลำเลียงมากขึ้นทำให้อัตรารอดลดลง (p<0.05) เช่นกัน โดยมีผลกระทบมากเมื่อลำเลียงที่ 1,500-2000 ตัวต่อลิตร อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความหนาแน่นที่สูงทั้ง 2 ระดับนี้ กลุ่มลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดที่ลำเลียงอุณหภูมิ 22.5±0.2 ℃ ให้อัตรารอดที่สูงกว่า (p<0.05) โดยจากผลการทดลองสามารถชี้ชัดได้ว่าการลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด นาน 10 ชั่วโมงนั้น สามารถลำเลียงได้สูงสุดที่ระดับ 1,000 ตัวต่อลิตร เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำ 22.5±0.2 ℃ และสามารถลำเลียงได้สูงสุดไม่เกิน 750 ตัวต่อลิตร เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3 ℃ สอดคล้องกับนักวิจัยหลายท่านกล่าวว่าอัตรารอดตายของกุ้งที่ลำเลียงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่น (Smith & Wannamaker, 1983; Kubitza, 1997) ซึ่งพบในการลำเลียงกุ้งขาวระยะโพสลาลา *L. vannamei* (Cobo, 2003) ระยะโพสลาวาและวัยรุ่นของกุ้ง *M. rosenbergii และ M. amazonicum* (Sperandio , 2004)

จากผลการทดลองสามารถเสนอแนะได้ว่าควรใช้ระดับความหนาแน่นต่ำกว่า 750 ตัวต่อลิตร หากต้องการรักษาอัตรารอดให้สูงมากขึ้นซึ่งอาจจะถึง 98-99% ในทางกลับกันหากทำการลำเลียงในช่วงเวลาที่สั้นกว่า 10 ชั่วโมง สามารถลำเลียงลูกกุ้งได้หนาแน่นขึ้น อาจจะสูงถึง 2,000 ตัวต่อลิตร หากลำเลียงที่ 22.5±0.2℃ และอาจสูงถึง 1,000-1,500 ตัวต่อลิตร เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3℃ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาลำเลียงเป็นสำคัญ กล่าวคือจะลำเลียงได้อัตราหนาแน่นขึ้นเมื่อระยะเวลาลำเลียงสั้นลง เนื่องจากทั้งความหนาแน่นและอุณหภูมิที่ใช้ลำเลียงมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหลายประการดังต่อไปนี้

1. ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

DO มีค่าการลดลง (p<0.05) เมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการลำเลียง และจะลดมากขึ้นเมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3℃ จากการลำเลียง 10 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 29.2±0.3℃ มีการลดลงของ DO สูงสุด (p<0.05) เมื่อลำเลียงลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 2,000 ตัวต่อลิตร โดยลดลง 10.2 mg/l ในลูกกุ้งขาว 9 mg/l ในลูกกุ้งกุลาดำ และ 10.1 mg/l ในลูกกุ้งก้ามกราม เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้มีเมตาโบลิซึม (metabolism) ของลูกกุ้งสูงขึ้นตาม จึงทำให้ลูกกุ้งเร่งใช้ออกซิเจน มีการหายใจมากกว่า จึงทำให้ DO ลดลงมากกว่า นอกจากนี้ยังมีการขับถ่ายของเสียปริมาณมากกว่าอีกด้วย ออกซิเจนจึงถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์เพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ แต่ปริมาณของ DO ยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อลูกกุ้ง กล่าวคือยังไม่ต่ำกว่า 5 mg/l ถ้าปริมาณ DO ต่ำกว่าระดับดังกล่าวจะส่งผลให้ลูกกุ้งอ่อนแอ ส่งผลกระทบต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโต และถ้าปริมาณ DO ต่ำเกินไปอาจมีผลทำให้ลูกกุ้งตายได้ (ชลอ, 2543) จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการตายของลูกกุ้งไม่ได้มีผลมาจากระดับของ DO โดยตรง Vadhyar et al. (1992) กล่าวว่าการลดลงของ DO และการเพิ่มของ CO_2, ammonia และ bacteria มีผลต่อการรอดตายของลูกสัตว์น้ำ เนื่องจากมีการสะสมของสารอินทรีย์ซึ่งนำไปสู่สภาพการขาดออกซิเจน (hypoxia or anoxia) (Zhang et al., 2006). DO ที่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลต่อการตายของลูกกุ้งเมื่อเผชิญระยะยาว (Boyd, 1990).

2. พีเอช (pH)

2.1 ลูกกุ้งขาว

pH น้ำของทุกการทดลองมี pH เริ่มต้น 8.10 หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมง พบว่าค่า pH ของกลุ่มที่ลำเลียงภายใต้อุณหภูมิ 22.5±0.2°C และใช้ความหนาแน่นสูงขึ้นมีผลทำให้ pH ในน้ำลดลงมากกว่า (p<0.05) แต่ถ้าลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C ยิ่งทำให้มีค่า pH ของน้ำลดลงมากขึ้น และมากขึ้นตามความหนาแน่นมากที่มากขึ้นด้วยเช่นกัน การลดลงของ pH เกิดจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นในน้ำที่ผลิตขึ้นมาจากลูกกุ้ง ยิ่งลูกกุ้งมีจำนวนมากและมีเมตาโบลิซึมสูงยิ่งขึ้นเท่าใดการผลิตแกสคาร์บอนไดออกไซด์ก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

สำหรับการลำเลียงลูกกุ้งขาวค่า pH ลดลง 1.2-1.6 เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C และค่าจะลดลงมากขึ้นตามระดับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า pH ของน้ำเหลือ 7.0-6.4 ซึ่งค่าดังกล่าวถือว่าส่งผลกระทบต่อลูกกุ้งขาวมีความรุนแรงระดับปานกลางถึงมากจากที่ระดับความหนาแน่น 750-2,000 ตัวต่อลิตร มีผลทำให้อัตรารอดต่ำลง ขณะที่เมื่อลำเลียงที่ 22.5±0.2°C pH ของน้ำเหลือ 7.0-7.5 ซึ่งค่าดังกล่าวถือว่าส่งผลกระทบต่อลูกกุ้งขาวรุนแรงระดับปานกลางที่ระดับความหนาแน่น 1,500-2,000 ตัวต่อลิตร และไม่มีผลกระทบหากใช้ที่ระดับความหนาแน่น 750-1,000 ตัวต่อลิตร

2.2 ลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งก้ามกราม

ในสภาวะเดียวกัน การลำเลียงลูกกุ้งกุลาดำ ค่าpH ลดลง 1.2-1.6 เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C และค่าจะลดลงมากขึ้นตามระดับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า pH ของน้ำเหลือ 7.4-6.8 ซึ่งค่าดังกล่าวถือว่าส่งผลกระทบต่อลูกกุ้งกุลาดำค่อนข้างรุนแรงที่ระดับความหนาแน่น 1,500-2,000 ตัวต่อลิตร และรุนแรงระดับปานกลางที่ระดับความหนาแน่น 750-1,000 ตัวต่อลิตร ขณะที่เมื่อลำเลียงที่ 22.5±0.2°C pH ของน้ำเหลือ 7.4-7.8 ซึ่งค่าดังกล่าวถือว่าส่งผลกระทบต่อลูกกุ้งกุลาดำค่อนข้างต่ำที่ระดับความหนาแน่น 1,000-2,000 ตัวต่อลิตร และไม่มีผลกระทบที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัวต่อลิตร ซึ่งในการลำเลียงลูกกุ้งก้ามกรามให้ผลใกล้เคียงกันกับการลำเลียงกับลูกกุ้งกุลาดำ

จากการทดลองพบว่าเมื่อค่าpH ลดลง การเกิดสภาพกรดนอกจากจะส่งผลต่ออัตราการรอดตายแล้วยังส่งผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนียสูงขึ้น (ไพบูลย์ และบุรฉัตร, 2547) นอกจากนี้ลูกกุ้งจะมีโอกาสลอกคราบมากขึ้นเมื่อน้ำภายในถุงมีสภาวะเป็นกรด เนื่องจากมีขบวนการละลายเปลือกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Decalcification) และสามารถเกิดได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด อีกทั้งสร้างสภาวะความเป็นกรด (acidosis) ภายในร่างกายลูกกุ้งมากส่งผลต่อสรีระเคมีร่างกาย ทั้งนี้เพื่อจะมาสร้างสภาวะสมดุลให้กับเลือดที่ต้องการในระดับพีเอช 8.2 (Pratoomchat et al., 2002) ทำให้ลูกกุ้งลอกคราบและไม่สามารถสร้างเปลือกได้ดีภายหลังลอกคราบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ลูกกุ้งมีโอกาสตายมากขึ้นที่ระดับความหนาแน่น 1,000-1,500 ตัว/ลิตร เมื่อลูกกุ้งลอกคราบมากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ประกอบกับมีปริมาณแอมโมเนียและไนไตร์ทเพิ่มขึ้น จะปรากฏชัดเจนว่าลูกกุ้งที่ลำเลียงหนาแน่นที่ 1,000 และ 1,500 ตัว/ลิตร จะเริ่มมีการกินกันเอง (กุ้งที่เป็นท่อน) ในชั่วโมงที่ 6 และจะพบจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาลำเลียงนานขึ้น การตายของลูกกุ้งก็มีส่วนทำให้มีการผลิตแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้นอีกทางหนึ่ง ขณะที่ความหนาแน่น 750 ตัวต่อลิตรที่อุณหภูมิต่ำจะไม่พบลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดมีการกัดกินกันเองในถุงลำเลียง เพราะว่าค่าpH มีผลมากเมตาบอลิซึมและสรีรวิทยาของลูกกุ้ง (Barajas et al., 2006) เนื่องจากมีผลต่อระดับความเป็นพิษของแอมโมเนีย (Van Wyk & Scarpa, 1999) ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

(sensitivity) หากระดับ pH และ DO ลดลง (Allan & Maguire, 1991; Zhang et al., 2006) ระหว่างการลำเลียงควรควบคุม pH 7-9 (Van Wyk & Scarpa,1999; Girotto, 2010)

อย่างไรก็ดีการเพิ่มค่าอัลคาไลนิตี้ในน้ำที่ใช้ลำเลียงให้สูงขึ้นนั้น สามารถช่วยลดความแปรปรวนของ pH เนื่องจากจะมีค่าลดลงจากอิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของสัตว์น้ำที่ลำเลียง (Van Wyk & Scarpa, 1999) โดยผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้เพื่อการเพิ่มค่าอัลคาไลนิตี้ ได้แก่ limestone (CaCO3) dolomite (CaMg (CO3)2) Hydrated lime (Ca(OH)2) (Boyd, 1990; Vinatea, 1997; Barbieri & Ostrensky, 2002; Furtado et al., 2011) Van Wyk & Scarpa (1999) กล่าวว่าการลำเลียงลูกกุ้ง *L. vannamei* ควรต้องเพิ่มค่าอัลคาไลนิตี้ 100-150 mg CaCO3 L เพื่อควบคุม pH การเพิ่มความหนาแน่นในการลำเลียงจะมีผลทำให้พบความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ (Dissolved carbon dioxide) สูงขึ้น (Timmons & Ebeling, 2010). ซึ่งจะไปมีผลรบกวนการแลกเปลี่ยนของออกซิเจนบริเวณเหงือก (Gill hyperplasia) และไปลดความสามารถในการลำเลียงออกซิเจนในระบบเลือด (Affinity of hemocyanin) ถ้าพบความเข้มข้นสูงกว่า 60 mg L-1 CO2 สามารถทำให้ลูกกุ้งตายได้ (Van Wyk & Scarpa, 1999) เพื่อลดปัญหาดังกล่าว เราสามารถเพิ่มค่าอัลคาไลนิตี้ในน้ำ ซึ่งจะไปช่วยเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นไบคาร์บอเนต (Bicarbonates) และคาร์บอเนต (Carbonates)

3. แอมโมเนียและไนไตรท์ (Ammonia and Nitrite)

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดในกลุ่มลำเลียงภายใต้อุณหภูมิ 22.5±0.2°C ผลิตปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมงต่ำกว่า (p<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Kir et al. (2004) พบว่าสามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำลงได้สำหรับการลำเลียงกุ้ง *Penaeus semisulcatus* ด้วยการลดอุณหภูมิจาก 26°C เป็น 14°C โดยระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้นส่งผลให้มีการผลิตทั้งปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์สูงขึ้น (p<0.05) เช่นกัน เนื่องจากระหว่างการลำเลียงขนส่งลูกกุ้ง ของเสียที่ถูกขับถ่ายจากกิจกรรมที่เกิดจากขบวนการเมตาบอลิซึมหรือการเผาผลาญภายในร่างกายของสัตว์น้ำมีผลทำให้ระดับแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นอันตรายต่อลูกกุ้ง หากมีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ลูกกุ้งตายได้ โดยปริมาณแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อลูกกุ้งกุลาดำเท่ากับ 0.48 mg NH_3-N/L (สิริ, 2540) ซึ่งพบว่าระดับแอมโมเนียที่ผลิตขึ้นในการทดลองนี้จะเป็นระดับที่อันตรายต่อลูกกุ้งขาวได้เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C ตั้งแต่ความหนาแน่น 750-2,000 ตัว/ลิตร ขณะที่มีโอกาสอันตรายต่อลูกกุ้งกุลาดำและลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อลำเลียงที่อุณหภูมินี้ตั้งแต่ความหนาแน่น 1,000-2,000 ตัว/ลิตร ขณะที่จะเป็นระดับที่อันตรายต่อลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อลำเลียงที่อุณหภูมิ 22.5±0.2°C ตั้งแต่ความหนาแน่น 1,500-2,000 ตัว/ลิตร ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของลุกกุ้งทั้ง 3 ชนิดหากพิจารณาจากค่าแอมโมเนียควรลำเลียงที่อุณหภูมิ 22.5±0.2°C และความหนาแน่นไม่ควรเกิน 1,000 ตัวต่อลิตร แต่ถ้าลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C ไม่ควรใช้ความหนาแน่นเกิน 750 ตัวต่อลิตรสำหรับลูกกุ้งกุลาดำและกุ้งก้ามกราม ขณะที่ลูกกุ้งขาวต้องใช้ความหนาแน่นต่ำกว่า 750 ตัวต่อลิตร สอดคล้องกับ Girotto (2010) พบว่าการขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งวัยรุ่น 2 ชนิด ได้แก่ *L. vannamei* และ *L. schmitti* ของลำเลียงนาน 150 นาที มีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่น กล่าวคือที่ระดับความหนาแน่น 2, 3 และ 5 ตัวต่อลิตร ผลิตแอมโมเนีย 0.77, 1.23 และ 1.60 mg/l สำหรับกุ้ง L. schmitti และ 0.47, 0.68 และ 0.85 mg/l สำหรับกุ้ง *L. vannamei* เนื่องจากระดับแอมโมเนียสูงในระดับอันตรายต่อลูกกุ้งหากลำเลียงนาน 10 ชั่วโมง ประกอบกับระดับ pH ลดลง ซึ่ง

จะส่งเสริมให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียสูงขึ้น (มั่นสิน และไพพรรณ, 2540) แอมโมเนียจะมีผลทำให้การขับถ่ายของกุ้งทำได้น้อยลง ทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ pHของเลือดเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ แอมโมเนียจะทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้น และจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน (Rankin & Jensen, 1993) เพราะแอมโมเนียถูกขับถ่ายมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Barajas et al., 2006) ซึ่งมีผลต่อเมตาโบลิซึมโดยไปขัดขวางการทำงานของ Na^{+}-K^{+} pump ทำให้กุ้งดูดซึมโซเดียม (Na^{+}) ลดลง อีกทั้งยังไปเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเซลล์มีผลต่อเอนไซม์ทั้งหมด (Barbieri & Ostrensky, 2002) ซึ่งความทนทานต่อแอมโมเนียขึ้นอยู่กับชนิดกุ้ง (Baldisserotto, 2009) อายุมากขึ้นทนต่อระดับแอมโมเนียมากขึ้น (Van Wyk & Scarpa, 1999; Barajas et al., 2006) ตามการวิจัยของ Ostrensky & Wasielesky (1995) พบว่า ค่าLC50-24 h ของลูกกุ้งโพสลาวา 1 (PL1) กุ้งวัยรุ่น (5.45 ± 0.4 g) และตัวเต็มวัย (31.43 ± 1.3 g) ของกุ้ง *F. paulensis* มีค่าเท่ากับ 24.19, 51.87 and 61.63 mg/l ตามลำดับ

ในระหว่างการลำเลียงขนส่งลูกกุ้งจะถูกบรรจุลงในถุงพลาสติก คุณสมบัติน้ำในถุงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ของเสียที่ถูกขับถ่ายจากกิจกรรมที่เกิดจากขบวนการเมตาบอลิซึมหรือการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกายของสัตว์น้ำ มีผลทำให้ระดับของแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นอันตรายต่อลูกกุ้ง หากมีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ลูกกุ้งตายได้ (ชลอ, 2543) เนื่องจากมีผลต่อการขัดขวางการลำเลียงออกซิเจนของฮีโมซัยนิน (Haemocyanin) กล่าวคือไนไตรท์มีโอกาสมากขึ้นในการแทรกเข้าไปในเซลล์เมมเบรนของเม็ดเลือดแดงและออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินให้เป็น methaemoglobin ทำให้ไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนได้ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดในกลุ่มลำเลียงภายใต้อุณหภูมิ 22.5±0.2°C ผลิตปริมาณไนไตรท์หลังจากผ่านการลำเลียงไป 10 ชั่วโมงต่ำกว่า (p<0.05) โดยระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้นส่งผลให้มีการผลิตทั้งปริมาณไนไตรท์สูงขึ้น (p<0.05) เช่นกัน ระดับความหนาแน่นไม่เกิน 1,500 ตัวต่อลิตร ปลอดภัยต่อลูกกุ้งขาวและลูกกุ้งกุลาดำ ขณะที่ระดับความหนาแน่นไม่เกิน 1,000 ตัวต่อลิตร สำหรับลูกกุ้งก้ามกราม ขณะที่หากลำเลียงที่อุณหภูมิ 29.2±0.3°C ไม่ควรใช้ความหนาแน่นเกิน 750 ตัวต่อลิตร สำหรับลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด

4. อัลคาไลนิตี้ อุณหภูมิ และความเค็ม (Alkalinity, Temperature and Salinity)

การลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลกระทบต่ออัลคาไลนิตี้ อุณหภูมิ และความเค็ม อย่างไรก็ตามค่า pH ของน้ำลำเลียงที่ลดต่ำลง ทำให้ร่างกายกุ้งเกิดสภาวะ acidosis จึงมีโอกาสสูญเสียแร่ธาตุบางชนิดได้เพื่อรักษาสมดุลด้วยการ dissolution สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากโครงสร้างเปลือก (Magnum et al., 1976; Machado et al., 1988; Pratoomchat et al., 2003) เพื่อสร้างสภาวะให้เป็นเบสอ่อน ๆ ไบคาร์บอเนตก็เป็นตัวหนึ่งที่นำมาสร้างสภาวะ alkalosis ภายในร่างกาย (Henry and Cameron, 1982) ซึ่งกลไกดังกล่าวกุ้งน่าจะไม่ได้นำไบคาร์บอเนตจากน้ำภายนอกเพื่อไปใช้สร้างสมดุลดังกล่าวจึงไม่มีผลต่อการลดลงของค่าอัลคาไลนิตี้ ขณะที่ไม่มีผลต่ออุณหภูมิและความเค็ม

สรุปผลการทดลอง

1) อุณหภูมิร่วมกับระดับความหนาแน่นของการลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด มีผลต่ออัตราการรอดและคุณภาพน้ำ ได้แก่ D.O, pH, แอมโมเนีย และไนไตร์ท

2) การลำเลียงที่อุณหภูมิ 22.5±0.2 ℃ ส่งผลให้ลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิด มีอัตรารอดสูงกว่าที่ 29.2±0.3℃ ระดับความหนาแน่นในการลำเลียงเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ต่ออัตรารอดที่ลดลง

3) การลำเลียงลูกกุ้งทั้ง 3 ชนิดนาน 10 ชั่วโมง สามารถลำเลียงอย่างมีประสิทธิภาพที่ระดับ 1,000 ตัวต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 22.5±0.2℃ และสามารถลำเลียงได้สูงสุดไม่เกิน 750 ตัวต่อลิตร เมื่อใช้อุณหภูมิ 29.2±0.3℃

ผลผลิต

คาดว่าจะยื่นจดอนุสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติภายในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน 2543. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง. คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 163 หน้า

จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ และสมนึก กบิลรัมย์ 2532. การเปลี่ยนแปลงอัตราการบริโภคออกซิเจนของกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* fabricius,ในความเค็มและอุณหภูมิต่างระดับ **เอกสารวารสารวิชาการที่ 24/2532** สถานีประมงน้ำกร่อย จังหวัดระยอง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง 31 หน้า

ชลอ ลิ้มสุวรรณ 2543. **กุ้งไทย 2002** โรงพิมพ์เจริญรัฐการพิมพ์ 260 หน้า

นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร 2546. **วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.**กลุ่มวิจัยระบบการจัดการ ,สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 209 หน้า

บรรจง เทียนส่งรัศมี และบุญรัตน์ ประทุมชาติ 2545. ชีววิทยา การอนุรักษ์ทรัพยากรและการ**เพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์แบบยั่งยืน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.กรุงเทพ 197 หน้า**

ไพบูลย์ วรสายันห์และบุรฉัตร จันทกานนท์ 2547. การขนส่งพันธุ์กุ้งก้ามกราม **เอกสารวิชาการฉบับที่ 75/2547** ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดระยอง 134 หน้า

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง** ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง 75 หน้า

มั่นสิน ตัณฑุลเกศม์ และไพพรรณ พรประภา 2540. **การวัดคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ เล่ม 1** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 214 หน้า

สิริ ทุกข์วินาศ 2540. **ISO 14000 กับอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำของไทย.** วารสารการประมง 49 (5): 413-417

Allan, G.L. and Maguire, G.B.1991. Lethal levels of low dissolved oxygen and effects of short-term oxygen stress on subsequent growth of juvenile *Penaeus monodon*. **Aquacult.**, 94: 27-37.

Baldisserotto, B. 2009. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. UFSM, Santa Maria, 352 pp.

Barbieri, R.C.J. and Ostrensky, A. 2002. **Camarões marinhos: engorda. Aprenda Fácil, Viçosa,** 370 pp.

Barajas, F.M., Villegas, R.S., Clark G.P. and Moreno, B.L.2006. *Litopenaeus vannamei* (Boone) post-larval survival related to age, temperature, pH and ammonium concentration. **Aquacult. Res.**, 37: 492- 499.

Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Auburn, 482 pp.

Cobo, M.L. 2003. Study examines effects of transport on shrimp postlarvae survival. **Glob. Aquacult. Advocate**, 6(6): 38.

Girotto, M.V.F. 2010. **Efeitos da amônia sobre juvenis de Litopenaeus schmitti (Burkenroad, 1936) e de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931): excreção e toxidade.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 79 pp.

Henry, R.P. and Cameron J.N. 1982. Acid-base in *Callinectes sapidus* during acclimation form high to low salinity. **J Exp. Biol**. 101 : 255-264.

Kir, M., Kumlu, M. and Eroldogan, O.T. 2004. Effects of temperature on acute toxicity of ammonia to *Penaeus semisulcatus* juveniles. **Aquacult**., 241: 479-489.

Kubitza, F. 1997. Transporte de peixes vivos. Parte 1. **Panorama da Aquicultura**, 43: 20-26.

Machado, J., Coimbra, J., Sa. C., and Cadoso, I. 1988. Shell Thickening in *Anodonta cygnea* by Induced Acidosis. **Comp. Biochem. Physiol**. 19A (4) : 645-651.

Mangum, CP., Silverthorn, S.U., Harris, JL., Towle, D.W. and Krall A.R. 1976. The relationship between blood pH, ammonia excretion, and adaptation to low salinity in the blue crab, *Callinectes sapidus*. **J Exp. Zool**. 195 : 129-136.

Pratoomchat, B., Sawangwong, P. Pakkong, P. and Machado, J. 2002. Organic and inorganic variations in haemolymph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serrata* (Decapoda). **Comp. Biochem. Physiol** 131(2): 243-255.

Pratoomchat, B., Sawangwong P., and Machado, J. 2003. Effects of controlled pH on organic and inorganic composition in haemolymph, epidermal tissue and cuticle of mud crab *Scylla serrate*. **J. Exp. Zool**. 295A : 47-56.

Ostrensky, A. and Wasielesky, W.J. 1995. Acute toxicity of ammonia to various life stages of the São Paulo shrimp, *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. **Aquacult.**, 132: 339-347.

Quinitio E. T. and Parado-Estepa, D. 1999. **Transport of *Scylla serata*_Megalopa at various densities and duration**. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, lloilo, Philippines. p 63-71.

Kinne, O. 1964. **The effect of temperature and salinity on marine and brackish water Animal.** Oceannography Marine Biology Animal Research 2, 281-339.

Sperandio, L.M. 2004. Transporte de pós-larvas e juvenis de camarões de água doce. Jaboticabal. **Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista**, São Paulo, 43 pp.

Rankin, C. and Jensen, F. 1993. **Fish Ecophysiology**. Institute of Biology Odense University. Denmark. 65 pp.

Smith, T.I.J. and Wannamaker, A.J. 1983. Shipping studies with juvenile and adult Malaysian prawns *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). **Aquacult. Eng**., 2: 287-300.

Vadhyar, K.J., Nair, C.M. Singh, I.S. and Joshi. K. 1992. Effect of habitat materials on the safe duration of survival oxygen-packed seed of *Macrobrachium rosembergii* at different packing densities. In: Silas E.G. (ed.). Freshwater prawns. Kerala Agricultural University, **Thrissur,** pp. 159-164.

Van Wyk, P. and Scarpa, J. 1999. Water quality requirements and management. **In: M. Van Wyk, Davis-Hodgkins, R. Laramore, K.L. Main, J. Mountain and J. Scarpa (eds.). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, pp. 141-162.

Villalón, J and Chamberlain, G.W. 1992. A survey of commercial maturation **Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming at Aquaculture.** Wyban, J.A. (Eds) World Aquaculture Society. p 227-237.

Vinatea, L.A. 1997. **Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura.** Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 166 pp.

Zhang, P., X. Li, Z J. and Huang, G. 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquacult.**, 256: 579-587.