

## อิทธิพลของความหนาแน่นและการบรรจุออกซิเจนต่ออัตราการรอดตาย ของไร่น้ำนางฟ้าไทยเพื่อการขนส่ง

### Effect of Density and Oxygen Packaging on Survival Rate of Thai Fairy Shrimp (*Branchinella thailandensis*) for Transport

จามรี เครือหงษ์<sup>1,\*</sup> จงดี ศรีนพรัตน์<sup>1</sup> สุรภี ประชุมพล<sup>1</sup> และ ปริญญา พันบุญมา<sup>2</sup>  
Jamree Krueahong<sup>1,\*</sup>, Chongdee Srinoparatawatana<sup>1</sup>, Surapee Prachumpon<sup>1</sup>  
and Parinya Panboonma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดชัยภูมิ ชัยภูมิ 36130

<sup>1</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000, Thailand

<sup>2</sup> Chaiyaphum Inland Fisheries Research and Development Center, Chaiyaphum 36130, Thailand

รับเรื่อง: พฤษภาคม 2560 Received: May 2017

รับตีพิมพ์: ธันวาคม 2560 Accepted: December 2017

\*Corresponding author: aggie39\_kku@hotmail.com

**ABSTRACT:** Effect of density and oxygen packaging on survival rate of Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) for transport. the experiment design was 5x3 Factorial in Randomized Complete Block Design, 5 replicates. The first factor density of Thai fairy shrimp 20, 40, 60, 80 and 10 ind/ 100 ml and the second factor was packaging as no oxygen, oxygen powder (Sodium Percarbonate;  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ ) and oxygen gas. The results showed that longer transportation times and higher transportation density contributed to a significant decrease in the survival rate of Thai fairy shrimp ( $P < 0.05$ ). Effect of oxygen powder and oxygen gas on survival rate was significantly ( $P < 0.05$ ) higher with no oxygen content at every hours. It is concluded that transported Thai fairy shrimp were transported well within 6 hours. Thai fairy shrimp contained the highest 100 ind/100 ml of oxygen gas, survival rate was  $100.00 \pm 0.00\%$  and Thai Fairy shrimp transported no oxygen or powdered oxygen only 60 ind/100 ml had survival rates of  $92.26 \pm 1.10$  and  $98.58 \pm 2.03 \%$ , respectively.

**Keywords:** Density, oxygen packaging, survival rate, Thai fairy shrimp, transport

Agricultural Sci. J. (2017) Vol. 48(3): 453-463

ว. วิทย์. กษ. (2560) 48(3): 453-463

## บทคัดย่อ

อิทธิพลของความหนาแน่นและการบรรจุออกซิเจนต่ออัตราการรอดตายของไร่น้ำนางฟ้าไทย วางแผนการทดลองแบบ 5 x 3 Factorial in Randomized Complete Block Design 5 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 ความหนาแน่นของไร่น้ำนางฟ้าไทย คือ 20 40 60 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร ปัจจัยที่ 2 การบรรจุไร่น้ำนางฟ้า คือ ไม่มีออกซิเจน ออกซิเจนผง และ แก๊สออกซิเจน ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาการขนส่งนานขึ้นและความหนาแน่นสูงขึ้นส่งผลต่อทำให้อัตราการรอดตายของไร่น้ำนางฟ้าไทยลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ปัจจัยของการบรรจุออกซิเจนผงและแก๊สออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับไม่บรรจุออกซิเจนทุกชั่วโมง จึงสรุปได้ว่า สามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าได้ดีภายในเวลา 6 ชั่วโมงขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยบรรจุแก๊สออกซิเจนสูงที่สุด 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดตายเท่ากับ  $100.00 \pm 0.00$  เปอร์เซ็นต์และขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไม่บรรจุออกซิเจนหรือบรรจุออกซิเจนผงได้เพียง 60 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดตายเท่ากับ  $92.26 \pm 1.10$  และ  $98.58 \pm 2.03$  เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ความหนาแน่น, การบรรจุออกซิเจน, อัตราการรอดตาย, ไร่น้ำนางฟ้าไทย, การขนส่ง

## บทนำ

ไร่น้ำนางฟ้าไทยเป็นสัตว์น้ำจืด ไร่น้ำนางฟ้ารูปร่างส่วนใหญ่คล้ายกับอาร์ทีเมียและมีขนาดใกล้เคียงกัน (Meade and Bulkowski-Cummings, 1987) สามารถทดแทนนำมาใช้ทดแทนอาร์ทีเมียเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบโปรตีนสูงถึง 64.94

เปอร์เซ็นต์ (Saengphan *et al.*, 2006; Velu and Munuswamy, 2008) นอกจากนี้ยังมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง ซึ่งกระตุ้นให้เกิดสีส้มสดใสและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับสัตว์น้ำ (Linan-Cabello *et al.*, 2002; Velu *et al.*, 2003) มีรายงานการนำไร่น้ำนางฟ้ามาใช้เพื่อกระตุ้นให้สัตว์น้ำมีสีส้มสวยงามในกลุ่มปลาสวยงามที่มีราคาแพง เช่น ปลาหมอสี ปลาทอง ปลากัด และปลาการ์ฟ เป็นต้น (Sanoamuang and Saengphan, 2006; Sornsupharph *et al.*, 2015; Koedprang, 2010) และมีรายงานใช้เป็นอาหารกุ้งก้ามกราม พบว่า ทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตดี (Pakdeenarong *et al.*, 2010; Sriputhorn and Sanoamuang, 2011; Sornsupharph *et al.*, 2013) แต่การขนส่งไร่น้ำนางฟ้าในปัจจุบัน เกษตรกรนิยมทำเช่นเดียวกับการขนส่งไรแดง คือ หากเป็นการขนส่งแบบมีชีวิตทำโดยการบรรจุถุงแล้วอัดด้วยออกซิเจนและไม่มีชีวิตทำการแช่แข็งและส่งด้วยกล่องโฟม รายงานของ Panboonma and Wiriypattanasub (2016) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาการขนส่งต่ออัตราการรอดตายของไร่น้ำนางฟ้าไทยที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน เป็นการอัดออกซิเจน และมัดปากถุงก่อนการขนส่งพบว่า ภายในเวลา 3 ชั่วโมงสามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยสูงถึง 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร และภายในเวลา 6 ชั่วโมงสามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยสูงถึง 70 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งจากรายงานดังกล่าวมีเพียงการใช้ก๊าซออกซิเจน หากเกษตรกรจะใช้ในการขนส่งจำเป็นจะต้องซื้อถังและมีร้านสำหรับการเติมก๊าซดังกล่าว อาจเพิ่มต้นทุนให้กับเกษตรกร ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้งานออกซิเจนผงซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่า รวมถึงหากไม่บรรจุออกซิเจนจะสามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าได้ความหนาแน่นและระยะเวลานานเท่าใด ให้ผลเช่นเดียวกับการบรรจุก๊าซออกซิเจนหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการขนส่งสำหรับการจำหน่ายไร่น้ำนางฟ้าอีกทางหนึ่ง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมสัตว์ทดลอง

1. นำไขโรน้านางฟ้าไทยแห้งที่ได้จากการเก็บไขจากบ่อเลี้ยงมาฟัก โดยการใส่ไขโรน้านางฟ้าไทยในถุงซิปลและเติมน้ำลงไปปิดถุงให้สนิทแช่ไขดังกล่าวเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเทไขที่ผ่านการแช่น้ำใส่ลงในภาชนะเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ใส่น้ำลงไปให้เต็มภาชนะเพื่อให้น้ำท่วมไข ใช้เวลาในการฟักไขโรน้านางฟ้าไทย 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ตามวิธีการของ Saengphan *et al.* (2006)

2. เมื่อครบระยะเวลาการฟัก 24 ชั่วโมงแยกตัวโรน้านางฟ้าไทยโดยปิดฝากระดาษมุ้งให้แสงผ่านเล็กน้อย ลูกโรน้านางฟ้าจะมาเล่นแสง ดูดตัวโรน้านางฟ้าบริเวณแสงส่องถึง ด้วยวิธีการกาะลึกลงไปในภาชนะอีกใบ

3. นำตัวอ่อนที่แยกได้ไปเลี้ยงต่อบนบ่อซีเมนต์ขนาด 2 x 3 เมตร ด้วยน้ำบ่อปลาสวายผ่านผ้ากรองขนาด 60 ไมโครเมตร เป็นเวลาประมาณ 15 วัน เพื่อให้ได้โรน้านางฟ้าไทยตัวเต็มวัย มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 เซนติเมตร

### การเตรียมน้ำสำหรับการบรรจุโรน้านางฟ้า

กรองน้ำประปาผ่านผ้ากรองขนาด 60 ไมโครเมตรลงในถังพลาสติก ใส่หัวทรายเพื่อให้อากาศตลอดเวลา ก่อนเริ่มการทดลองตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ใช้ pH meter เครื่อง YSI ออกซิเจนละลาย ใช้ DO meter เครื่อง YSI แอมโมเนียไนโตรเจน ใช้วิธี Indophenols Method (Boyd, 1979) ไนโตรเจน ใช้วิธี Colorimetric analysis (Boyd, 1979)

### วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด 2 ปัจจัย 5 ซ้ำทำทีละซ้ำ (5 X 3 Factorial in Randomized Complete Block Design) ปัจจัยที่ 1 ความหนาแน่นของโรน้านางฟ้าไทย คือ 20, 40, 60,

80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร ปัจจัยที่ 2 การบรรจุโรน้านางฟ้า คือ ไม่มีออกซิเจน ออกซิเจนผง และ ก๊าซออกซิเจน เช็คอัตรการรอดตายทุก 3 ชั่วโมงจนครบ 24 ชั่วโมง รวม 8 ครั้ง

### วิธีการดำเนินงาน

1. เตรียมถุงพลาสติกขนาด 15 x 20 เซนติเมตร โดยใส่น้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร และสุ่มนับตัวโรน้านางฟ้าไทยอายุ 15 วัน ลงในถุงพลาสติกตามแผนการทดลองคือ 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อปริมาตรน้ำสะอาด 100 มิลลิลิตร

2. นำเอาโรน้านางฟ้าไทยจากข้อ 1 มาบรรจุออกซิเจนตามแผนการทดลองคือ ไม่มีออกซิเจน ออกซิเจนผง และ ก๊าซออกซิเจน

3. ชุดการทดลองแต่ละชุดจะนับอัตรการรอดตายทุก 3 ชั่วโมงของระยะการขนส่ง ทำการเทโรน้านางฟ้าไทยออกจากถุง นับจำนวนโรน้านางฟ้าที่ตายด้วยตาเปล่า ครบ 24 ชั่วโมง พร้อมบันทึกอัตรการรอดตายของโรน้านางฟ้าไทย และวิเคราะห์น้ำเช่นเดียวกับก่อนการทดลองในทุกถุง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้อวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

### ผลการทดลองและวิจารณ์

ปัจจัยการบรรจุโรน้านางฟ้า พบว่าเมื่อระยะเวลาการขนส่งนานขึ้นและความหนาแน่นในการขนส่งสูงขึ้นส่งผลต่อทำให้อัตรการรอดตายของโรน้านางฟ้าไทยลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ; Figure 1)



โดยที่เวลา 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง ปัจจัยที่ไม่บรรจุออกซิเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $99.49 \pm 0.85$ ,  $92.26 \pm 1.10$ ,  $96.29 \pm 2.79$ ,  $92.13 \pm 4.62$ ,  $86.26 \pm 6.48$ ,  $76.67 \pm 6.86$ ,  $66.57 \pm 8.16$  และ  $44.66 \pm 10.19$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปัจจัยการบรรจุออกซิเจนผง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $99.86 \pm 0.39$ ,  $98.58 \pm 2.03$ ,  $97.70 \pm 2.64$ ,  $94.37 \pm 3.59$ ,  $89.78 \pm 5.07$ ,  $82.66 \pm 6.14$ ,  $74.93 \pm 6.42$  และ  $61.64 \pm 9.46$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปัจจัยการบรรจุก๊าซออกซิเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $100.00 \pm 0.00$ ,  $100.00 \pm 0.00$ ,  $97.35 \pm 2.65$ ,  $93.78 \pm 3.63$ ,  $89.92 \pm 5.12$ ,  $83.75 \pm 5.33$ ,  $75.58 \pm 5.95$  และ  $64.37 \pm 9.96$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปัจจัยการบรรจุไร่น้ำนางฟ้า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ปัจจัยการบรรจุออกซิเจนผงและธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับไม่อัดออกซิเจนทุกระดับชั่วโมง (Table 1 และ Table 2)

เวลา 3 ชั่วโมง ปัจจัยระดับความหนาแน่น 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $100.00 \pm 0.00$ ,  $100.00 \pm 0.00$ ,  $100.00 \pm 0.00$ ,  $99.58 \pm 0.61$  และ  $99.33 \pm 0.96$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20, 40 และ 60 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร (Table 1)

เวลา 6 ชั่วโมง ปัจจัยระดับความหนาแน่น 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $100.00 \pm 0.00$ ,  $100.00 \pm 0.00$ ,  $100.00 \pm 0.00$ ,  $98.67 \pm 1.45$  และ  $97.73 \pm 2.05$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20, 40 และ 60 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร (Table 1)

เวลา 9 ชั่วโมง ปัจจัยระดับความหนาแน่น 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $100.00 \pm 0.00$ ,  $98.50 \pm 1.58$ ,  $97.00 \pm 1.57$ ,  $96.33 \pm 2.38$  และ  $93.73 \pm 2.19$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร

เวลา 12 ชั่วโมง ปัจจัยระดับความหนาแน่น 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $98.33 \pm 2.44$ ,  $94.83 \pm 2.00$ ,  $92.33 \pm 3.07$ ,  $91.83 \pm 3.09$  และ  $89.80 \pm 3.34$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร (Table 1)

**Table 1** Mean of survival rates (mean  $\pm$  SD) on Thai Fairy shrimp of different packaging transportation density and times 3–12 hour

Packaging	Time (hour)			
	3	6	9	12
No oxygen	99.49 $\pm$ 0.85 <sup>b</sup>	92.26 $\pm$ 1.10 <sup>c</sup>	96.29 $\pm$ 2.79 <sup>b</sup>	92.13 $\pm$ 4.62 <sup>b</sup>
oxygen powder	99.86 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	98.58 $\pm$ 2.03 <sup>b</sup>	97.70 $\pm$ 2.64 <sup>a</sup>	94.37 $\pm$ 3.59 <sup>a</sup>
oxygen gas	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	97.35 $\pm$ 2.65 <sup>a</sup>	93.78 $\pm$ 3.63 <sup>a</sup>
Density (ind/ 100 ml)				
20	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	98.33 $\pm$ 2.44 <sup>a</sup>
40	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	98.50 $\pm$ 1.58 <sup>b</sup>	94.83 $\pm$ 2.00 <sup>b</sup>
60	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	100.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	97.00 $\pm$ 1.57 <sup>c</sup>	92.33 $\pm$ 3.07 <sup>c</sup>
80	99.58 $\pm$ 0.61 <sup>b</sup>	98.67 $\pm$ 1.45 <sup>b</sup>	96.33 $\pm$ 2.38 <sup>c</sup>	91.83 $\pm$ 3.09 <sup>c</sup>
100	99.33 $\pm$ 0.96 <sup>c</sup>	97.73 $\pm$ 2.05 <sup>c</sup>	93.73 $\pm$ 2.19 <sup>d</sup>	89.80 $\pm$ 3.34 <sup>d</sup>

**Note:** Different letters (<sup>a</sup> and <sup>b</sup>) in each column show significant statistical differences ( $P < 0.05$ )

ที่เวลา 15 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.33  $\pm$  5.63, 89.83  $\pm$  4.06, 86.22  $\pm$  6.65, 88.83  $\pm$  2.93 และ 84.07  $\pm$  3.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20 และ 40 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 60 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร

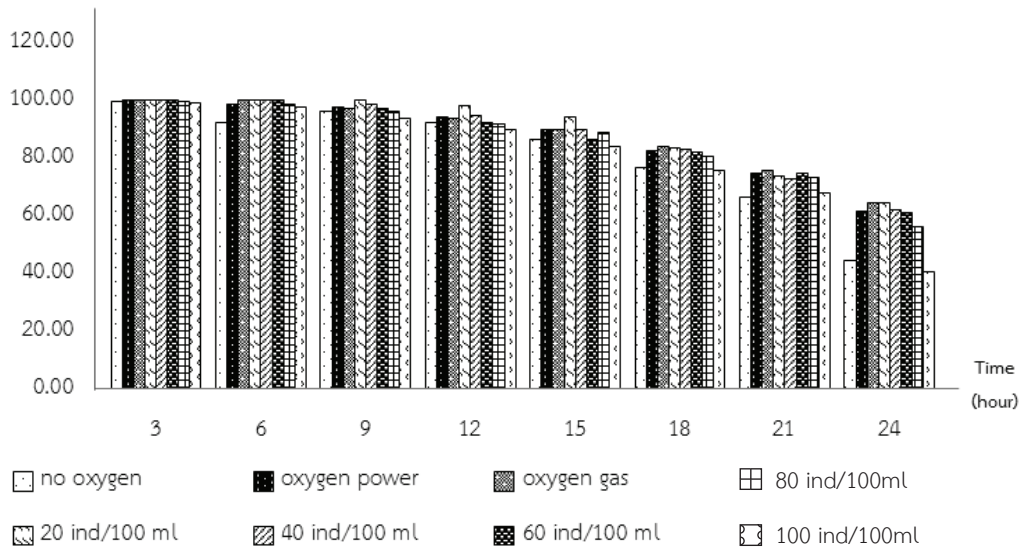
ที่เวลา 18 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.67  $\pm$  8.12, 83.00  $\pm$  5.28, 81.83  $\pm$  6.67 80.78  $\pm$  7.18 และ 75.87  $\pm$  4.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20 40 60 และ 80 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร (Table 2)

ที่เวลา 21 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.67  $\pm$  10.43 73.00  $\pm$  4.14 74.67  $\pm$  7.69 73.33  $\pm$  7.94 และ 67.73  $\pm$  7.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20,

40, 60 และ 80 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร

ที่เวลา 24 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.50  $\pm$  8.67, 62.00  $\pm$  9.68, 61.17  $\pm$  11.63, 56.00  $\pm$  11.05 และ 40.80  $\pm$  9.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 20, 40 และ 60 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร มีอัตราการรอดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น 80 และ 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร (Table 2)

จากผลการศึกษาดังกล่าว ภายในเวลา 6 ชั่วโมงขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยบรรจุแก๊สออกซิเจนสูงที่สุด 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร และขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไม่บรรจุออกซิเจนหรือบรรจุออกซิเจนผงดได้เพียง 60 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร อัตราการรอดตายตายนดังกล่าวดีกว่า รายงานของ Panboonma and Wiriypattanasub (2016) พบว่าสามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยแบบบรรจุออกซิเจนสูงถึง 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร ภายในเวลาเพียง 3 ชั่วโมง



**Figure 1** Mean of survival rates on Thai Fairy shrimp of different packaging transportation density and times

**Table 2** Mean of survival rates (% ± SD) on Thai Fairy shrimp of different packaging transportation density and times 15–24 hour

Packaging	Time (hour)			
	15	18	21	24
No oxygen	86.26 ± 6.48 <sup>b</sup>	76.67 ± 6.86 <sup>b</sup>	66.57 ± 8.16 <sup>b</sup>	44.66 ± 10.19 <sup>b</sup>
oxygen powder	89.78 ± 5.07 <sup>a</sup>	82.66 ± 6.14 <sup>a</sup>	74.93 ± 6.42 <sup>a</sup>	61.64 ± 9.46 <sup>a</sup>
oxygen gas	89.92 ± 5.12 <sup>a</sup>	83.75 ± 5.33 <sup>a</sup>	75.58 ± 5.95 <sup>a</sup>	64.37 ± 9.96 <sup>a</sup>
Density (ind/ 100 ml)				
20	94.33 ± 5.63 <sup>a</sup>	83.67 ± 8.12 <sup>a</sup>	73.67 ± 10.43 <sup>a</sup>	64.50 ± 8.67 <sup>a</sup>
40	89.83 ± 4.06 <sup>a</sup>	83.00 ± 5.28 <sup>a</sup>	73.00 ± 4.14 <sup>a</sup>	62.00 ± 9.68 <sup>a</sup>
60	86.22 ± 6.65 <sup>b</sup>	81.83 ± 6.67 <sup>a</sup>	74.67 ± 7.69 <sup>a</sup>	61.17 ± 11.63 <sup>a</sup>
80	88.83 ± 2.93 <sup>ab</sup>	80.78 ± 7.18 <sup>ab</sup>	73.33 ± 7.94 <sup>a</sup>	56.00 ± 11.05 <sup>b</sup>
100	84.07 ± 3.24 <sup>c</sup>	75.87 ± 4.02 <sup>b</sup>	67.73 ± 7.02 <sup>b</sup>	40.80 ± 9.74 <sup>c</sup>

**Note:** Different letters (<sup>a</sup> and <sup>b</sup>) in each column show significant statistical differences (P < 0.05)

คุณภาพน้ำก่อนการขนส่งไร่น้ำนางฟ้าพบว่า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเท่ากับ  $12.00 \pm 0.018$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.00 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนรวมและไนโตรที่เท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนรวม ปัจจัยการบรรจุออกซิเจน พบว่าใช้แก๊สออกซิเจนบรรจุมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับบรรจุออกซิเจนผงและไม่บรรจุออกซิเจน ในช่วงเวลา 3–12 ชั่วโมง (Table 3) และใช้แก๊สออกซิเจนบรรจุและออกซิเจนผงมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจน

น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับไม่บรรจุออกซิเจนในช่วงเวลา 18–24 ชั่วโมง (Table 4) ปัจจัยความหนาแน่น พบว่า บรรจุไร่น้ำนางฟ้าไทย ความหนาแน่น 20 ตัวต่อลิตร มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับความหนาแน่นอื่น ๆ ในทุกช่วงเวลา เช่นเดียวกับค่าไนโตรที่ ปัจจัยการบรรจุออกซิเจน พบว่าใช้แก๊สออกซิเจนบรรจุ มีค่าไนโตรที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับบรรจุออกซิเจนผงและไม่บรรจุออกซิเจน ในทุกช่วงเวลา (Table 5 และ Table 6)

**Table 3** Mean of total ammonia nitrogen (mg/L  $\pm$  SD) on Thai Fairy shrimp of different after transportation packaging density and times 3–12 hour

Packaging	Time (hour)			
	3	6	9	12
No oxygen	$0.194 \pm 0.053^b$	$0.220 \pm 0.029^b$	$0.250 \pm 0.014^b$	$0.255 \pm 0.016^b$
oxygen powder	$0.188 \pm 0.066^b$	$0.219 \pm 0.048^b$	$0.248 \pm 0.009^b$	$0.252 \pm 0.014^{ab}$
oxygen gas	$0.150 \pm 0.045^a$	$0.200 \pm 0.041^a$	$0.241 \pm 0.026^a$	$0.250 \pm 0.012^a$
Density (ind/ 100 ml)				
20	$0.101 \pm 0.032^a$	$0.147 \pm 0.023^a$	$0.218 \pm 0.020^a$	$0.235 \pm 0.014^a$
40	$0.135 \pm 0.008^b$	$0.198 \pm 0.006^b$	$0.248 \pm 0.006^b$	$0.252 \pm 0.051^b$
60	$0.201 \pm 0.025^c$	$0.229 \pm 0.015^c$	$0.254 \pm 0.007^c$	$0.256 \pm 0.005^{bc}$
80	$0.211 \pm 0.029^d$	$0.239 \pm 0.016^d$	$0.252 \pm 0.006^{bc}$	$0.257 \pm 0.007^c$
100	$0.238 \pm 0.033^e$	$0.254 \pm 0.008^e$	$0.260 \pm 0.007^d$	$0.262 \pm 0.008^d$

**Note:** Different letters (<sup>a</sup> and <sup>b</sup>) in each column show significant statistical differences ( $P < 0.05$ )

**Table 4** Mean of total ammonia nitrogen (mg/L ± SD) on Thai Fairy shrimp of different packaging transportation density and times 15–24 hour

Packaging	Time (hour)			
	15	18	21	24
No oxygen	0.269 ± 0.014 <sup>a</sup>	0.279 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.286 ± 0.007 <sup>b</sup>	0.299 ± 0.004 <sup>b</sup>
oxygen powder	0.268 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.275 ± 0.010 <sup>a</sup>	0.279 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.282 ± 0.009 <sup>a</sup>
oxygen gas	0.267 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.273 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.276 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.286 ± 0.013 <sup>a</sup>
Density (ind/ 100 ml)				
20	0.253 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.266 ± 0.008 <sup>a</sup>	0.272 ± 0.010 <sup>a</sup>	0.283 ± 0.016 <sup>a</sup>
40	0.266 ± 0.014 <sup>b</sup>	0.270 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.271 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.279 ± 0.014 <sup>ab</sup>
60	0.272 ± 0.006 <sup>c</sup>	0.278 ± 0.006 <sup>c</sup>	0.285 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.286 ± 0.010 <sup>bc</sup>
80	0.275 ± 0.014 <sup>c</sup>	0.280 ± 0.006 <sup>c</sup>	0.285 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.290 ± 0.009 <sup>c</sup>
100	0.274 ± 0.014 <sup>c</sup>	0.286 ± 0.007 <sup>d</sup>	0.290 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.295 ± 0.006 <sup>d</sup>

**Note:** Different letters (<sup>a</sup> and <sup>b</sup>) in each column show significant statistical differences (P < 0.05)

**Table 5** Mean of total nitrite (mg/L ± SD) on Thai Fairy shrimp of different packaging transportation density and times 15–24 hour

Packaging	Time (hour)			
	3	6	9	12
No oxygen	0.012 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.014 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.016 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.020 ± 0.003 <sup>b</sup>
oxygen powder	0.011 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.013 ± 0.005 <sup>b</sup>	0.016 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.017 ± 0.004 <sup>b</sup>
oxygen gas	0.008 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.011 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.013 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.016 ± 0.003 <sup>a</sup>
Density (ind/ 100 ml)				
20	0.008 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.011 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.013 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.016 ± 0.002 <sup>a</sup>
40	0.009 ± 0.006 <sup>ab</sup>	0.012 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.013 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.016 ± 0.002 <sup>a</sup>
60	0.010 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.013 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.014 ± 0.004 <sup>ab</sup>	0.016 ± 0.004 <sup>a</sup>
80	0.011 ± 0.005 <sup>b</sup>	0.013 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.015 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.017 ± 0.002 <sup>a</sup>
100	0.014 ± 0.005 <sup>c</sup>	0.016 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.018 ± 0.003 <sup>c</sup>	0.022 ± 0.003 <sup>b</sup>

**Note:** Different letters (<sup>a</sup> and <sup>b</sup>) in each column show significant statistical differences (P < 0.05)



**Table 6** Mean of total nitrite (mg/L  $\pm$  SD) on Thai Fairy shrimp of different packaging transportation density and times 15–24 hour

Packaging	Time (hour)			
	15	18	21	24
No oxygen	0.020 $\pm$ 0.006 <sup>b</sup>	0.035 $\pm$ 0.012 <sup>b</sup>	0.040 $\pm$ 0.013 <sup>c</sup>	0.067 $\pm$ 0.030 <sup>b</sup>
oxygen powder	0.019 $\pm$ 0.005 <sup>b</sup>	0.021 $\pm$ 0.007 <sup>a</sup>	0.035 $\pm$ 0.008 <sup>b</sup>	0.040 $\pm$ 0.028 <sup>b</sup>
oxygen gas	0.015 $\pm$ 0.003 <sup>a</sup>	0.020 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	0.030 $\pm$ 0.010 <sup>a</sup>	0.040 $\pm$ 0.014 <sup>a</sup>
Density (ind/ 100 ml)				
20	0.015 $\pm$ 0.003 <sup>a</sup>	0.019 $\pm$ 0.004 <sup>a</sup>	0.028 $\pm$ 0.009 <sup>a</sup>	0.033 $\pm$ 0.015 <sup>a</sup>
40	0.016 $\pm$ 0.005 <sup>a</sup>	0.020 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	0.030 $\pm$ 0.013 <sup>a</sup>	0.032 $\pm$ 0.019 <sup>a</sup>
60	0.017 $\pm$ 0.004 <sup>a</sup>	0.024 $\pm$ 0.008 <sup>b</sup>	0.034 $\pm$ 0.009 <sup>b</sup>	0.056 $\pm$ 0.032 <sup>b</sup>
80	0.017 $\pm$ 0.007 <sup>a</sup>	0.026 $\pm$ 0.010 <sup>b</sup>	0.042 $\pm$ 0.009 <sup>c</sup>	0.059 $\pm$ 0.030 <sup>b</sup>
100	0.024 $\pm$ 0.004 <sup>b</sup>	0.035 $\pm$ 0.014 <sup>c</sup>	0.042 $\pm$ 0.008 <sup>c</sup>	0.064 $\pm$ 0.024 <sup>b</sup>

**Note:** Different letters (<sup>a</sup> and <sup>b</sup>) in each column show significant statistical differences (P < 0.05)

ภายหลังจากการขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทย พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และเพียงพอ และค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการขนส่ง และความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น แต่อยู่ในช่วงที่ไม่ถือว่าเป็นอันตรายต่อไร่น้ำนางฟ้าไทย เนื่องจากในระหว่างการขนส่งไร่น้ำนางฟ้า จะเครียดมากกว่าในภาวะปกติ จะมีการหายใจที่มากขึ้น และขับถ่าย ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ส่วนค่าแอมโมเนียรวมและไนโตรเจนที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากแอมโมเนียไนโตรเจนรวมที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจมาจากของเสียที่ไร่น้ำนางฟ้าไทยขับถ่ายออกมาในระหว่างการขนส่ง ยิ่งความหนาแน่นมากขึ้นและระยะเวลาการขนส่งนานขึ้น (Table 3–6) ก็ส่งผลให้ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนรวมในน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การบรรจุด้วยก๊าซออกซิเจนมีแนวโน้มทำให้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมน้อยลง ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำมีระดับออกซิเจนสะสมในน้ำสูงมาก แอมโมเนียจึงเปลี่ยนไป

เป็นไนโตรเจนบางส่วน ทำให้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมที่คงเหลืออยู่จึงอยู่ในระดับที่ต่ำ แอมโมเนียไนโตรเจนรวมที่พบอยู่ในน้ำจะอยู่ในรูป 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แอมโมเนียทั้งสองรูปแบบนี้จะสามารถเปลี่ยนรูป ( $\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$ ) ตามการขึ้นลงของความเป็นกรดต่าง และอุณหภูมิ (Bower and Bidwell, 1978) ซึ่งมีรายงานถึงความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนรวม 65.07 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การรอดตายของไร่น้ำนางฟ้าไทย 50 เปอร์เซ็นต์ (Khruaehong, 2015) สังเกตได้ว่าหลังจากการขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยพบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมเมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนเริ่มการขนส่ง ซึ่งเป็นแนวโน้มที่เสื่อมลง ทำให้ไร่น้ำนางฟ้าไทยเกิดความเครียดระหว่างการขนส่ง ส่งผลให้อ่อนแอ จนมีผลต่ออัตราการรอดตายของไร่น้ำนางฟ้าไทย



## สรุป

อัตราความหนาแน่น และระยะเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่ออัตราการรอดตายต่อไร่น้ำนางฟ้าไทยในระหว่างการขนส่ง ภายในเวลา 6 ชั่วโมงสามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยโดยการบรรจุแก๊สออกซิเจนได้สูงที่สุด 100 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร หากต้องการขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไม่บรรจุออกซิเจนหรือบรรจุออกซิเจนผงได้เพียง 60 ตัวต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับ Panboonma and Wiriypattanasub (2016) รายงานว่าภายในเวลา 6 ชั่วโมง สามารถขนส่งไร่น้ำนางฟ้าไทยโดยการบรรจุก๊าซออกซิเจนสูงถึง 70 ตัวต่อ

100 มิลลิลิตร จึงมีความเป็นไปได้หากเกษตรกรจะใช้การบรรจุออกซิเจนผงเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซออกซิเจน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ได้มอบทุนวิจัยงบประมาณปี 2560 ขอขอบคุณสาขาเกษตรศาสตร์ (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้ใช้สถานที่ในการดำเนินงานวิจัยและศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดชัยภูมิที่ได้ช่วยเหลืออุปกรณ์ การตรวจวิเคราะห์ ทำให้งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- Bower, C.E. and J.P. Bidwell. 1978. Ionization of ammonia in seawater – effect of temperature, pH, and salinity. J. Fish. Res. Board Can. 35: 1012–1016.
- Boyd, C.E. 1979. Water quality in warm water fish ponds. Auburn University, Agriculture Experiment Station, Alabama. 359 p.
- Khrueahong, J., C. Srinopparattwattana, S. Prasoompon and P. Panboonma. 2015. Acute Toxicity of Ammonia Nitrite and Effect of Salinity to Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) of different ages. Full report, Agriculture and Industrial Technology Nakhonsawan Rajabhat University. (In Thai)
- Koedprang, W. 2010. Color Inducing in Siamese Fighting Fish (*Betta splendens*) Using Fairy Shrimp. pp. 66–70. In Proceeding of the 4<sup>th</sup> Ubonratchathani University research conference, Ubonratchathani, Thailand. (In Thai)
- Linan–Cabello, M.A., J. Paniagua–Michel and P.M. Hopkins. 2002. Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. Aquac. Nutr. 299–309.
- Meade, J.W. and L. Bulkowski–Comings. 1987. Acceptability of fairy shrimp (*Streptocephalus seali*) as a diet for larval fish. Prog. Fish-Cult. 49: 217–219.
- Pakdeenarong, N. 2010. Culturing of the Giant Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii* de Man supplements with Thai fairy shrimp, *Branchinella thailandensis*, Sanoamuang, Saenphan and Murugan, 2002. KKU Sci. J. 38(1): 96–106.

- Panboonma, P. and P. Wiryapattanasub. 2016. Effect of Transportation times on Survival Rate of Thai Fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) at Different Density. The 12<sup>th</sup> Mahasarakham University Research Conference. Journal of Science and Technology Maha Sarakham University Special Issue. 573–579. (In Thai)
- Saengphan, N., Sriputhorn, K. and L. Sanoamuang. 2006. Cultures of Fairy Shrimp in Thailand. Klangnanatham Publishers, Khon Kaen, Thailand. (In Thai)
- Sanoamuang, L. and N. Saengphan. 2006. A new species of *Streptocephalus* fairy shrimp (Crustacea, Anostraca) with tetrahedral cysts from central Thailand. Int. Rev. Hydrobiol. 91: 250–256.
- Sornsupharp, B., K. Lomthaisong, H.U. Dahms and L. Sanoamuang. 2015. Effects of dried fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* meal on pigmentation and carotenoid deposition in flowerhorn cichlid; *Amphilophus citrinellus* (Gnther, 1864) x *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867). Aquac. Res. 46 :173–184
- Sornsupharp, S., Dahms, H.U. and L. Sanoamuang. 2013. Nutrient composition of fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* nauplii as live food and growth performance of giant freshwater prawn postlarvae. Aquac. Nutr. 19: 349–359.
- Sriputhorn, K. and L. Sanoamuang. 2011. Fairy shrimp (*Streptocephalus sirindhornae*) as live feed improve growth and carotenoid contents of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Int. J. Zool. Res. 7: 138–146.
- Velu, C.S. and N. Munuswamy. 2003. Nutritional evaluation of decapsulated cysts of fairy shrimp (*Streptocephalus dichotomus*) for ornamental fish larval rearing. Aquac. Res. 34: 967–974.
- Velu, C.S. and N. Munuswamy. 2008. Evaluation of *Streptocephalus dichotomus* nauplii as a larval diet for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquac. Nutr. 14: 331–340.