KKU Res. J. 2013; 18(6): 983-995
http : //resjournal.kku.ac.th

การหาความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดิน โดยใช้น้ำทิ้งจากแหล่งเกษตรกรรมและโรงงานขนมจีน

The Optimum Density of Sirindthorn Fairy Shrimp (*Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers and Dumont) Culture System in Earthen Pond By Using Agricultural Waste Water and Fermented Rice Noodle Factory

โฆษิต ศรีภูธร[1]
Kosit Sreeputhorn[1]

[1] *สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่น 3 ระดับ และการเลี้ยงด้วยแหล่งน้ำทิ้ง 3 แหล่ง ทำการทดลองและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงในอำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร โดยใช้ลูกไรน้ำนางฟ้าอายุ 10 วัน ที่มีความยาวเฉลี่ย 1.173±0.054 เซนติเมตร จำนวน 3 ซ้ำในแต่ละการทดลอง หลังทำการทดลองเลี้ยงที่ 20 วัน (ไรน้ำนางฟ้าอายุ 30 วัน) พบว่า ที่ระดับความหนาแน่น $1x10^6$ $2x10^6$ และ $3x10^6$ ตัว/ไร่ ไรน้ำนางฟ้ามีความยาวเฉลี่ย 2.281±0.016 1.929±0.034 และ 1.943±0.098 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.132±0.009 0.121±0.010 และ 0.100±0.002 กรัม/ตัว ตามลำดับ การทดลองใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา ปศุสัตว์ และโรงงานทำขนมจีน พบว่าไรน้ำนางฟ้ามีความยาวเฉลี่ย 1.408±0.020 1.245±0.046 และ 1.263±0.028 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.069±0.002 0.064±0.001 และ 0.597±0.001 กรัม มีคลอโรฟิลล์ในบ่อเฉลี่ย 41.83±1.662 39.28±1.250 และ 34.35±2.115 ไมโครกรัม/ลิตร มีคาโรทีนอยด์เฉลี่ย 92.89±5.074 82.80±2.974 และ 61.68±2.098 ไมโครกรัม/กรัม และปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 64.80±1.570 61.50±2.647 และ 60.32±2.56 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ความหนาแน่นของไรน้ำนางฟ้าที่เหมาะสมที่สุดในบ่อดินคือ $1x10^6$ ตัว/ไร่ ไรน้ำนางฟ้ามีผลผลิตสูงที่สุด 21 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีอัตรารอดสูงที่สุดร้อยละ 63.62 แตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และพบว่า การเลี้ยงที่ใช้แหล่งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา ไรน้ำนางฟ้ามีค่าเฉลี่ยของความยาวลำตัว น้ำหนัก คลอโรฟิลล์ คาโรทีนอยด์ และโปรตีนสูงที่สุด แตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่พบว่าในการทดลองทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น และ 3 แหล่งของน้ำเสีย ไรน้ำนางฟ้ามีอัตราส่วนเพศ และจำนวนไข่ต่อตัว ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และยังพบว่าการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในบ่อดินสามารถวางไข่สะสมในพื้นบ่อซึ่งไข่สามารถฟักใช้สำหรับการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ต่อไป

Abstract

The objectives of this study were to culture fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* in earthen ponds at three stocking densities and three waste water sources. The experiments and Technology Transfer were conducted in Phang Khon district, Sakon Nakhon Province, Thailand. Ten-day old fairy shrimp with average body lengths ranging from 1.173±0.054 cm were used in each experiment with 3 replicates. After culturing the fairy shrimp for 20 days at stocking densities of $1x10^6$, $2x10^6$ and $3x10^6$ individual rai^{-1} had the average body lengths were 2.281±0.016, 1.929±0.034 and 1.943±0.098 cm and the average weight were 0.132±0.009, 0.121±0.010 and 0.100±0.002 g $ind.^{-1}$, respectively. The experiment showed that the waste water sources of fish culture pond waste water, livestock waste water and factory noodles waste water had the average body lengths were 1.408±0.020, 1.245±0.046 and 1.263±0.028 cm, the average weight were 0.069±0.002, 0.064±0.001 and 0.597±0.001 g $ind.^{-1}$, the average chlorophyll a were 41.83±1.662, 39.28±1.250 and 34.35±2.115 μg L^{-1}, the average carotenoid were 92.89±5.074, 82.80±2.974 and 61.68±2.098 μg g^{-1} cell dry weight and the average protein were 64.80±1.570, 61.50±2.647 and 60.32±2.56 % cell dry weight, respectively.

Thus the most suitable condition to culture *S. sirindhornae* is in 1 rai (1,600 m^3) pond at stocking densities of $1x10^6$ ind. rai^{-1} ($p<0.05$) with the highest production of 21 g m^{-3}. The highest survival rate of 63.62% ($p<0.05$) was recorded when cultured at $1x10^6$ individual rai^{-1} ($p<0.05$). The most suitable condition to culture *S. sirindhornae* by waste water source was fish culture waste water ($p<0.05$) with the highest average of body length, weight, chlorophyll a, carotenoid and protein. In contrast, the sex ratios and total eggs per individual female reared in 3 difference stocking densities and 3 waste water sources were not significantly different ($p>0.05$). The advantage of rearing this fairy shrimp in earthen ponds is having viable egg banks in the bottom of the ponds. These eggs can be used as initial stocking animals for commercial cultures.

คำสำคัญ: การเลี้ยง บ่อดิน ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร

Keywords: Culture, Earthen Pond, *Streptocephalus sirindhornae*

1. บทนำ

ในประเทศไทยมีรายงานการค้นพบไรน้ำนางฟ้า 3 ชนิด ได้แก่ ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae*) ไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) และไรน้ำนางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis*) (1,2) ถูกนำมาศึกษาและพบว่าสามารถใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ (3) มีการทดลองเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในห้องทดลองด้วยอาหารชนิดต่างๆ เช่น คลอเรลล่า ยีสต์ น้ำหมักชีวภาพ และอาหารผงสำเร็จรูป เป็นต้น (4-6) จนสามารถพัฒนาการเลี้ยงในเชิงการค้าของประเทศและใช้ประโยชน์จากไรน้ำนางฟ้า ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ โดยมีการใช้ไรน้ำนางฟ้าเป็นแหล่งโปรตีนชนิดต่างๆ และใช้เป็นแหล่งสารสีธรรมชาติในอาหารของปลาสวยงามที่มีราคาแพงโดยเฉพาะในปลาหมอสี ในอาหารปลาเศรษฐกิจ และในอาหารกุ้งก้ามกราม (7) ปัจจุบันพบว่าสามารถผลิตไรน้ำนางฟ้าเพื่อทดแทนการใช้อาร์ทีเมียในการอนุบาลลูกปลาทับทิมและลูกกุ้งก้ามกรามได้เป็นอย่างดี (3,8) และใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ปัจจุบันพบว่าประสบปัญหาในเรื่องของต้นทุนการอนุบาลลูกสัตว์น้ำที่สูง เพราะไข่อาร์ทีเมียที่มีการเพาะเลี้ยงและนำมา

ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำต้องนำเข้าจากต่างประเทศ (9) และยังพบว่ามีปัญหาในเรื่องของความเค็มเมื่อใช้เป็นอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด จากการศึกษาอย่างต่อเนื่องพบว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธรมีศักยภาพสูงในการใช้เป็นอาหารมีชีวิตในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ เนื่องจากไรน้ำนางฟ้าสิรินธรโตเร็ว ขยายพันธุ์ง่าย มีช่วงชีวิตสั้น และมีคุณค่าทางอาหารสูง ในปัจจุบันสามารถเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสินธรในบ่อซีเมนต์ขนาดต่างๆ และบ่อดินขนาด 1-2 ไร่ (10,11) ดังนั้นในอนาคตไข่ไรน้ำนางฟ้าสิรินธรจึงน่าจะใช้ทดแทนไข่อาร์ทีเมียที่มีการนำเข้ากว่าปีละ 500 ล้านบาท โดยผลิตไข่ ไรน้ำนางฟ้าแบบพร้อมฟัก (12,13) บรรจุกระป๋องเมื่อต้องการใช้ก็เติมน้ำสำหรับฟักไข่เป็นตัวอ่อนและผลิตตัวไรน้ำนางฟ้ามีชีวิตและแช่แข็งเป็นอาหารมีชีวิตในการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจของประเทศ (10)

ไรน้ำนางฟ้าสิรินธรมีคุณค่าทางโภชนาการในปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับอาร์ทีเมีย โดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 74.41 ไขมันร้อยละ 6.13 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 12.53 ตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำเท่ากับ 784.92 กรัม/น้ำหนักแห้ง (14) และมีกรดอะมิโนและกรดไขมันที่จำเป็นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ทะเลและสัตว์น้ำจืดหลายชนิด โดยไรน้ำนางฟ้าสิรินธรมีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบทั้งหมด 18 ชนิด กรดอะมิโนที่พบมากที่สุด คือ กลูตามีน (glutamine) คิดเป็นร้อยละ 16.28 (15,16) นอกจากนี้ยังมีปริมาณคาโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดสีในสัตว์น้ำ รวมทั้งเป็นสารที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้สัตว์น้ำอีกด้วยเป็นแหล่งโปรวิตามินเอ เพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มศักยภาพเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาของรังไข่ ตัวอ่อนและการเกิดสีในกุ้ง (17,18) โดยมีประมาณเท่ากับ 128.93 ไมโครกรัม (19-22) คาโรทีนอยด์หลักที่พบในไรน้ำนางฟ้าสิรินธรสารสีกลุ่มแอสตาแซนทิน (23,24) ซึ่งเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระมากกว่าคาโรทีนอยด์ชนิดอื่นถึง 10 เท่า (20,25-27) จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในไรน้ำนางฟ้าสิรินธรของ Dararat และคณะ (28) จากการเลี้ยงในบ่อทดลองด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. พบว่า ไรน้ำนางฟ้ามีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงถึง 128.93±8.78 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่หากเก็บเป็นระยะเวลานาน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลหากต้องการส่งเสริมการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในระดับอุตสาหกรรม (3)

อย่างไรก็ตามการผลักดันให้ไรน้ำนางฟ้าสิรินธรไปเป็นอาหารมีชีวิตที่ใช้ในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำนั้น ประการแรกจะต้องเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าให้ได้ปริมาณมากและมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินสามารถให้ผลผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากจะให้ผลผลิตมากกว่าการเลี้ยงในบ่อคอนกรีตหลายเท่า (10, 11) และเป็นแนวทางในการพัฒนาให้การเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรสามารถแพร่มากขึ้น

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดิน จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณ *Chlorella* sp. ซึ่งสาหร่ายขนาดเล็กที่เป็นอาหารของไรน้ำนางฟ้า โดยการเติมหัวเชื้อสาหร่ายและเติมปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญของคลอเรลลา ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และยังเป็นการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนตามระบบของห่วงโซ่อาหาร (food chain) ในธรรมชาติอีกด้วย เพื่อถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพในบ่อ (7, 29) ปุ๋ยที่นิยมใช้ในการเพิ่มปริมาณสาหร่ายและแพลงก์ตอนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอนินทรีย์ อัตราการใช้ปุ๋ยทั้งสองชนิดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินในช่วงเวลานั้น ซึ่งเป็นผลมาจากคุณภาพน้ำ การจัดการ และอายุของบ่อดิน ปุ๋ยมูลไก่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง และราคาถูกเกษตรกรจึงนิยมใช้ ส่วนปุ๋ยอนินทรีย์ที่มีการใช้ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าส่วนผสมอื่นๆ เช่น สูตร 16-20-0 เนื่องจากในบ่อดินมีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่เพียงพอ (30)

การเจริญเติบโตของไรน้ำนางฟ้าในบ่อดินจะขึ้นกับอาหาร การจัดการและความหนาแน่น ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตสำหรับเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินของเกษตรกรที่จังหวัดสกลนคร โดยการพัฒนาการเลี้ยง

ที่มีระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมและพัฒนาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า โดยใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งสำหรับเป็นแหล่งไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่นๆในการเพิ่มจำนวนสาหร่ายคลอเรลลาเพื่อเป็นอาหารของไรน้ำนางฟ้าสิรินธร ได้แก่ จากบ่ออนุบาลหรือบ่อเลี้ยงปลา จากบ่อ ชะล้างสิ่งขับถ่ายหรือมูลสัตว์ และจากบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานแป้งหรือโรงงานทำขนมจีน เพื่อสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยในการผลิตสาหร่ายคลอเรลลาและเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

2. วิธีวิจัย

2.1 สถานที่ดำเนินการวิจัย

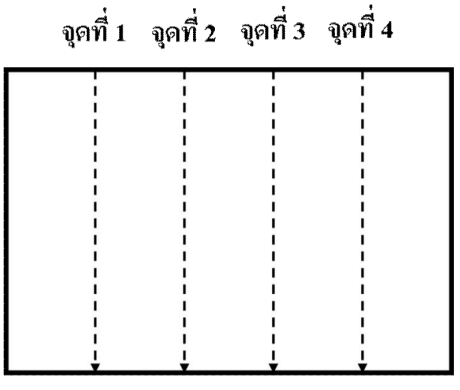
บ่อดิน สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร และบ่อดินเกษตรกรใน อ.พังโคน จังหวัดสกลนคร

2.2 การศึกษาการพัฒนาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

เตรียมบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร ปรับสภาพบ่อและดินให้เหมาะสมกับการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า และกำจัดศัตรูออกจากบ่อโดยทำการสูบน้ำออกเพื่อตากบ่อ จากนั้นเติมปูนขาวในปริมาณ 60 กิโลกรัม/ไร่ให้ทั่วบ่อ แล้วทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 1 สัปดาห์ เติมน้ำดิบเข้าบ่อให้ได้ระดับน้ำประมาณ 60 เซนติเมตร โดยกรองน้ำผ่านถุงกรองขนาด 500 ไมโครเมตร เพื่อป้องกันปลา ไข่ของปลา หรือศัตรูอื่นๆ เข้ามาในบ่อ เติมปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายในบ่อตามสูตรของ Sriputhorn ในปี ค.ศ. 2009 (7) โดยใช้ปุ๋ยมูลไก่ 70 กิโลกรัม และปุ๋ยเคมีสูตร (16-20-0) 10 กิโลกรัม/ไร่/สัปดาห์ จากนั้นเติมหัวเชื้อน้ำเขียว (*Chlorella* sp.) ลงบ่อดินในอัตราร้อยละ 10 ของปริมาตรน้ำในบ่อ พักบ่อประมาณ 3 วันจนกระทั่งทั้งบ่อมีสีเขียวของสาหร่าย ตรวจสอบความโปร่งใสของน้ำให้อยู่ในระหว่าง 30-60 เซนติเมตร ด้วย secchi disc (31)

เตรียมลูกพันธุ์ไรน้ำนางฟ้าสิรินธรโดยการฟักไข่ไรน้ำนางฟ้าและอนุบาลด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. จนกระทั้ง ไรน้ำนางฟ้าอายุ 10 วัน ขนาดความยาวเฉลี่ย 1.0 เซนติเมตร (11) จึงปล่อยลงสู่บ่อดิน โดยกำหนดความหนาแน่นของไรน้ำนางฟ้าที่ปล่อยลงสู่บ่อดิน 3 ระดับด้วยกันคือ ความหนาแน่น $1x10^6$ $2x10^6$ และ $3x10^6$ ตัวต่อไร่หรือ 1,600 ตารางเมตร (โดยในการทดลองจะเป็น $5 x10^5$ $1 x10^6$ และ $1.5 x10^6$ ตัวต่อบ่อ 800 ตารางเมตร) หลังจากปล่อยลูกไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อแล้ว 5 วัน เติมน้ำลงในบ่อดินให้ได้ระดับ 1 เมตร ควบคุมสีน้ำด้วยการวัดค่าความโปร่งใสของน้ำโดยการเติมปุ๋ยทุกสัปดาห์ ปรับปริมาณปุ๋ยเพิ่มลดตามความเหมาะสม ตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อทุก 5 วัน โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ เวลา 06.00 น. และเวลา 15.00 น.

วัดการเจริญเติบโตของไรน้ำนางฟ้าในบ่อดินทุกๆ 5 วันจนไรน้ำนางฟ้าอายุ 30 วัน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง ไรน้ำนางฟ้าในแต่ละบ่อ จำนวน 4 จุด จุดละ 100 ตัว โดยใช้อวนไนล่อนสีฟ้ายาว 2 เมตร ลากตามแนวขวางของบ่อทั้ง 4 จุด นำมาวัดความยาวและชั่งน้ำหนักรวมของแต่ละจุดเพื่อหาค่าเฉลี่ย (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดิน

2.3 การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินแบบผสมผสานกับแหล่งน้ำทิ้ง แหล่งเกษตรกรรมและโรงงานผลิตขนมจีน

เตรียมบ่อดินที่อยู่ในพื้นที่เลี้ยงปลาจำนวน 3 บ่อ พื้นที่ปศุสัตว์ 3 บ่อ และพื้นที่โรงงานขนมจีน จำนวน 3 บ่อเพื่อใช้เลี้ยงไรน้ำนางฟ้า โดยมีขนาดบ่อทุกบ่อเท่ากับ 800 ตารางเมตร สูบน้ำดิบเข้าบ่อตามการทดลองที่ 1 เพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับสาหร่ายในบ่อดินด้วยการเติมน้ำทิ้งผสมลงในบ่อเลี้ยงแต่ละการทดลองโดย

ควบคุมให้แต่ละบ่อมีปริมาณไนโตรเจนในปริมาณเท่ากัน คือ 25 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในแหล่งน้ำทิ้งก่อนที่จะนำมาคำนวณใช้ในแต่ละการทดลอง เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อที่ระดับความหนาแน่นที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดจากทดลองที่ 1 ควบคุมปริมาณแร่ธาตุในน้ำให้คงที่โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อทุก 5 วัน ตามวิธีของ American Pubic Health Association (32) วัดอัตราการเจริญเติบโตของไรน้ำนางฟ้ารวมทั้งน้ำหนักรวมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ตรวจวัดปริมาณธาตุอาหารในแต่ละบ่อ รวมทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2.4 วิเคราะห์หาปริมาณคาโรทีนอยด์รวมในไรน้ำนางฟ้าสิรินธรหลังการเก็บเกี่ยว

นำไรน้ำนางฟ้าที่ได้จากทุกการทดลองนำมาทำความสะอาด เก็บในถุงพลาสติกทึบแสงปราศจากออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน เมื่อครบกำหนดนำไรน้ำนางฟ้ามาปั่นรวมทั้งตัวให้ละเอียด ให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัม เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ ส่วนที่เหลือห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง เติมสาร Butylated Hydroxytoluene (BHT) เพื่อป้องกันการเกิดขบวนการออกซิเดชันและนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดในโกร่งเติมน้ำยา อะซิโตน (acetone) 5 มิลลิลิตร และเทใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียว หลังจากนั้นเติม petroleum ether 5 มิลลิลิตร และเติมน้ำ 5 มิลลิลิตร เพื่อแยกชั้นของอะซิโตนจากออก petroleum ether ทำการดูดแยกส่วนของน้ำและอะซิโตนออก (ทำซ้ำ 3ครั้ง) แล้วทำ sponification โดยการเติม 60% KOH เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บไว้ในที่มืดและห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียม หยุดปฏิกริยาโดยการเติมน้ำและแยกเบสออกโดยการเติม 20% NaCl (ทำ 3 ซ้ำ) ดูดความชื้นโดยการเติม Sodium sulfate แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 5 มิลลิลิตร ด้วย petroleum ether นำไปวัดค่าความดูดกลืนแสงโดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นแสง 450 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้คำนวณตามสมการ (18,33,34)

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ANOVA) ของค่าการเจริญเติบโต คลอโรฟิลล์ เอ คาโรทีนอยด์ และโปรตีน ของไรน้ำนางฟ้าในแผนการทดลองที่ 1 และ 2 จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (35) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ $p<0.05$ ตามวิธี Duncan's multiple range test (14, 36, 37)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ศึกษาการพัฒนาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

จากการทดลองเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรอายุ 30 วัน ที่ระดับความหนาแน่น $1x10^6$ $2 x10^6$ และ $3 x10^6$ ตัวต่อไร่ พบว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธรมีความยาวเฉลี่ย 2.281±0.016 1.929±0.034 และ 1.943±0.098 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นเท่ากับ 0.132±0.009 0.121±0.010 และ 0.100±0.002 กรัม/ตัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) ค่าคุณภาพน้ำได้แก่ ค่า pH ไนไตรท์ แอมโมเนีย Alkalinity ความกระด้าง และค่า DO ของทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (ตารางที่ 3) ส่วนผลผลิตมวลรวมหลังจากการเลี้ยงครบ 20 วันนั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้เฉพาะการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น $1x10^6$ ตัว/ไร่ คือ 21 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (33.6 กิโลกรัม/ไร่) และมีอัตราการรอดร้อยละ 63.62 ขณะที่ความหนาแน่น $2 x10^6$ และ $3 x10^6$ ตัวต่อไร่ ไรน้ำนางฟ้าทั้งสองความหาแน่นตายมากกว่าร้อยละ 90 จึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความยาว (เซนติเมตร) ของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่เลี้ยงในบ่อดินอายุ 10-30 วัน ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ

อายุไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (วัน)	ค่าความยาวเฉลี่ย ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (cm) ระดับความหนาแน่น (x10^6 ตัวต่อไร่)		
	1	2	3
10	1.215±0.024^a	1.083±0.034^b	1.301±0.023^a
15	1.278±0.045^b	1.220±0.026^b	1.446±0.022^a
20	1.796±0.065^a	1.613±0.023^b	1.824±0.015^a
25	2.137±0.037^a	1.795±0.017^c	1.838± 0.028^b
30	2.282± 0.016^a	1.929± 0.034^b	1.943± 0.098^b

อักษร $^{a\,b}$ และ^c ในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม/ตัว) ของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่เลี้ยงในบ่อดินอายุ 30 วัน ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ

ความหนาแน่น (ตัวต่อไร่)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม/ตัว)
1x10^3	0.132±0.009
2x10^3	0.121±0.010
3x10^3	0.100±0.002

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่อายุ 10-30 วัน ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ

คุณภาพน้ำ	ค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธร ระดับความหนาแน่น (x10^{6}ตัวต่อไร่)		
	1	2	3
ความเป็นกรดด่าง	7.500±1.013^a	7.100± 0.489^a	6.920±0.493^a
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมลิตร)	0.160±0.183^a	0.100±0.194^a	0.110±0.144^a
แอมโมเนีย (มิลลิกรั/ลิตร)	0.540±0.271^a	0.330±0.188^a	0.340±0.320^a
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	44.00±11.73^a	44.00± 14.29^a	34.00± 9.660^a
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	60.00± 21.08^a	65.00± 24.15^a	55.00± 15.81^a
ออกซิเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)	9.900± 1.370^a	10.10± 1.646^a	11.50± 3.415^a

อักษร ^{a} ในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

3.2 การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินแบบผสมผสานกับแหล่งน้ำทิ้ง แหล่งเกษตรกรรมและโรงงานผลิตขนมจีน

จากการทดลองเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรอายุ 30 วัน โดยใช้ธาตุอาหารจากแหล่งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา จากบ่อชะล้างปศุสัตว์ และจากบ่อน้ำทิ้งโรงงานทำขนมจีน โดยเลือกเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่ระดับความหนาแน่น 1x10^6 ตัว/ไร่ จากผลการศึกษาข้างต้น ผลการทดลองพบว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธรเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา มีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุด 1.408±0.020

เซนติเมตร (ตารางที่ 4) และ มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด 0.069± 0.002 กรัม ซึ่งแตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 5) และมีค่าคุณภาพน้ำโดยรวม ที่แตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ยกเว้นมีค่าความกระด้างสูงที่สุด 70.66±0.440 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งแตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความยาว (เซนติเมตร) ของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่เลี้ยงในบ่อดินอายุ 10-30 วัน ร่วมกับการใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ

อายุไรน้ำนางฟ้าสิรินธร (วัน)	ค่าความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร โดยใช้ธาตุอาหารจากแหล่งน้ำทิ้ง		
	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	บ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน
10	1.136±0.017[a]	1.131±0.052[a]	1.181±0.003[a]
15	1.150±0.014[b]	1.184±0.001[a]	1.189±0.005[a]
20	1.184±0.003[a]	1.207±0.017[a]	1.201±0.009[a]
25	1.300±0.022[a]	1.243±0.027[ab]	1.232± 0.015[b]
30	1.408± 0.020[a]	1.245± 0.046[b]	1.263± 0.028[b]

อักษร [a] และ[b] ในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม) ของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่เลี้ยงในบ่อดินอายุ 30 วัน ในแหล่งน้ำทิ้งชนิดต่างๆ

แหล่งน้ำทิ้ง	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)
บ่อเลี้ยงปลา	0.069±0.002
บ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	0.064±0.001
บ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	0.059±0.001

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่อายุ 10-30 วัน

คุณภาพน้ำ	ค่าความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร โดยใช้ธาตุอาหารจากแหล่งน้ำทิ้ง		
	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	บ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน
pH	6.700±0.173[a]	6.700±0.173[a]	6.800±0.200[a]
ไนไตรท์ (มก./ลิตร)	0.066±0.033[a]	0.066±0.033[a]	0.033±0.033[a]
แอมโมเนีย (มก./ลิตร)	0	0	0
Alkalinity (มก./ลิตร)	60.00±6.928[a]	52.00±12.165[a]	42.00±165[a]
ความกระด้าง (มก./ลิตร)	70.00±14.52[a]	65.00±15.27[a]	61.00± 12.01[b]
DO (มก./ลิตร)	7.166±0.440[a]	8.000± 1.154[a]	7.666±0.762[a]

อักษร [a] และ[b] ในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าซึ่งมีผลจากการเติมน้ำทิ้งเป็นแหล่งธาตุอาหารโดยเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากการเติมปุ๋ย (การทดลองที่ 1) พบว่าปริมาณปุ๋ยเริ่มต้นอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันจากการคำนวณเติมน้ำทิ้ง คือ มีค่าไนโตรเจน 35.0-37.5 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าฟอสฟอรัส 5.59-6.51 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าโพแทสเซียม 14.48-18.35 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ค่าปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยในช่วงระหว่างการเลี้ยง 30 วัน (ทั้งก่อนเติมและหลังเติม) พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันโดยค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในการเลี้ยงด้วยการเติมน้ำจากบ่อเลี้ยงปลามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 26.96±0.541 และ 15.82±0.196 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณธาตุอาหารในการทดลองที่ 1 ส่วนโพแทสเซียมพบว่า การเลี้ยงด้วยการเติมน้ำจากบ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.523±0.296 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณธาตุอาหารในการทดลองที่ 1 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในบ่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่อายุ 10-30 วัน

ชนิดของน้ำในบ่อ	ค่าเฉลี่ยปริมาณธาตอาหารในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแตสเซียม
น้ำจากบ่อเลี้ยงปลา	26.96±0.541[a]	2.773±0.103[b]	15.82±0.196[a]
น้ำจากบ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	23.53±0.561[b]	4.523±0.296[a]	9.110±0.598[c]
น้ำจากบ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	20.29±0.445[c]	3.283±0.452[b]	7.34±0.350[d]
น้ำจากบ่อพักน้ำ	11.216±1.423[d]	0.330±0.085[c]	3.956±0.306[e]
จากสูตรปุ๋ย (การทดลองที่ 1)	28.00±1.154[a]	5.343±0.337[a]	12.52±0.789[b]

อักษร [a b] และ[c] ในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากการทดลองพบว่าการเลี้ยงด้วยการเติมน้ำจากบ่อเลี้ยงปลามีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยในน้ำตลอดการเลี้ยง 30 วันสูงที่สุด คือ 41.83±1.662 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งพบว่าต่ำกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยโดยใช้ปุ๋ยมูลไก่ 70 กิโลกรัม และปุ๋ย (16-20-0) 10 กิโลกรัม/ไร่/สัปดาห์ และมีปริมาณคาโรทีนอยด์รวมในตัวไรน้ำนางฟ้า (หลังจากการเก็บในรูปแช่แข็ง 6 เดือน) สูงที่สุด คือ 92.89±5.074 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งต่ำกว่าการรายงานของ Sriputhorn และ Sanoamuang (3) คือ 128.92±1.36 ไมโครกรัม/กรัม และแตกต่างจากการศึกษาของ Dararat และคณะ (28) คือ 128.93±8.78 ไมโครกรัม/กรัมด้วย ซึ่งลดลงร้อยละ 28.25 แต่พบว่าแตกต่างจากไรน้ำนางฟ้าจากน้ำทิ้งแหล่งอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 8 และ 9 ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนในตัวไรน้ำนางฟ้า (หลังจากการเก็บในรูปแช่แข็ง 6 เดือน) สูงที่สุด คือร้อยละ 64.80±1.570 ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 10) แต่แตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และพบว่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Saengphan และ คณะ และ Saengphan (10,37,38) ที่ทำการวิเคราะห์ไรน้ำนางฟ้ามีชีวิต คือ ร้อยละ 64.94 ซึ่งแสดงว่าสามารถเก็บไรน้ำนางฟ้าแช่แข็งเป็นเวลา 6 เดือนได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาการเก็บไรน้ำนางฟ้าแช่แข็งสำหรับใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมกรัม/ลิตร) ของน้ำในบ่อดินที่เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรอายุ 30 วัน

แหล่งน้ำทิ้ง	คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัม/ลิตร)
บ่อเลี้ยงปลา	41.83±1.662
บ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	39.28±1.250
บ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	34.35±2.115

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยคาโรทีนอยด์รวม (ไมโครกรัม/กรัม) ของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรแช่แข็ง 6 เดือน ที่เลี้ยงในแหล่งน้ำทิ้งชนิดต่างๆ

แหล่งน้ำทิ้ง	ค่าเฉลี่ยคาโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/กรัม)
บ่อเลี้ยงปลา	52.89±5.074
บ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	82.80±2.974
บ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	61.68±2.098

ตารางที่ 10 ปริมาณโปรตีน (%) ของไรน้ำนางฟ้าสิรินธรแช่แข็ง 6 เดือน ที่เลี้ยงในแหล่งน้ำทิ้งต่างๆ

แหล่งน้ำทิ้ง	ปริมาณโปรตีน (%)
บ่อเลี้ยงปลา	64.80±1.570
บ่อน้ำทิ้งปศุสัตว์	61.50±2.647
บ่อน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	60.32±2.560

4. สรุปและวิจารณ์

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน

ไรน้ำนางฟ้าสิรินธรที่เลี้ยงในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่น $1x10^6$ ตัว/ไร่ โดยการใช้ปุ๋ยเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติให้แก่ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร พบว่ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีอัตรารอดสูงสุดร้อยละ 63.62 และมีผลผลิตสูงสุด คือ 21 กรัม/ลูกบาศก์เมตร (33.6 กิโลกรัม/ไร่) และพบว่าที่ระดับความหนาแน่น $2 x10^6$-$3 x10^6$ ตัว/ไร่ ไรน้ำนางฟ้าจะเจริญเติบโตได้ในช่วงอายุ 15-20 วัน ซึ่งไรน้ำนางฟ้าจะเจริญเติบโตและมีผลผลิตที่หนาแน่นเกินไปทำให้อาหารไม่เพียงพอและพบว่าไรน้ำนางฟ้าตายจำนวนมากในช่วงการเลี้ยงหลังอายุ 20 วัน จึงไม่สามารถเก็บผลผลิตได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธร(อายุ10วันขนาดประมาณ1.0เซนติเมตร)ในบ่อดินไม่ควรมีความหนาแน่นเกิน $1 x10^6$ ตัว/ไร่ สอดคล้องกับ Sriputhorn, Sriputhorn และ Sanoamuang, Saengphan และคณะ (7,10,11) รายงานว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธรสามารถพัฒนาเลี้ยงได้ในเชิงพาณิชย์ในบ่อดินขนาด 1-2 ไร่ โดยสามารถเลี้ยงได้ในระดับความหนาแน่น 1-3 ตัว/ลิตร ขึ้นกับการจัดการ คุณภาพน้ำ คุณภาพดิน ฤดูกาล และความสามารถในการผลิตอาหารให้กับไรน้ำนางฟ้าได้

การเลี้ยงในระดับความหนาแน่นสูงจะลงทุนค่าพันธุ์ที่สูงและเสี่ยงต่อการตายยกบ่อเนื่องจากการขาดอาหารและออกซิเจนในเวลากลางคืน เพราะไรน้ำนางฟ้ามีความต้องการออกซิเจนสูงเช่นเดียวกับกุ้งเนื่องจากอยู่ในกลุ่มครัสเตเซียนเช่นเดียวกัน ทุกการทดลองสามารถตากบ่อหลังการทดลองและเติมน้ำฟักไข่ที่สะสมในพื้นบ่อได้ เนื่องจากเมื่ออายุไรน้ำนางฟ้าประมาณ 15-20 วัน ก็สามารถผสมพันธุ์วางไข่ได้ (38) โดยพบว่ามีการตากบ่อในฤดูหนาวและทำการปรับพื้นบ่อด้วยรถไถทำให้ไข่ไรน้ำที่สะสมในดินถูกดันมาตากไว้บริเวณข้างบ่อและหลังจากเติมน้ำลงพบว่าไรน้ำนางฟ้าฟักออกมาจำนวน

มาก และยังพบว่าสามารถพัฒนาเลี้ยงร่วมกับการอนุบาลลูกปลาได้เป็นอย่างดี โดยเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการสามารถเติมน้ำฟักไข่ไรน้ำนางฟ้าเป็นอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาหมอไทยแปลงเพศซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของเกษตรกรในจังหวัดสกลนครในปัจจุบัน

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินที่ระดับความหนาแน่น 1 x10^6 ตัว/ไร่ แม้ว่าจะมีผลการเลี้ยงที่ดีที่สุด และสามารถเก็บผลผลิตได้ แต่ควรมีการให้ออกซิเจนในบ่อดินเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนในเวลากลางคืน และยังสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น ส่วนการเลี้ยงที่ระดับ 2 x10^6-3 x10^6 ตัว/ไร่ สามารถเลี้ยงได้ในช่วงอายุจาก 10-20 วัน และหลังจากนั้นควรแยกบ่อเลี้ยง ซึ่งพบว่าวิธีดังกล่าวสามารถทำให้ผลผลิตไรน้ำนางฟ้าเพิ่มขึ้น โดยได้มีการทดลองและแนะนำให้เกษตรปล่อยไรน้ำนางฟ้าในช่วง 10 วันแรกที่ระดับ 2 x10^6-3 x10^6 ตัว/ไร่ แล้วทำการเตรียมบ่อใส่ปุ๋ยและแยกไรน้ำนางฟ้าไปเลี้ยง พบว่าไรน้ำนางฟ้าการเจริญเติบโตและมีอัตรารอดที่ดี โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่ออายุรวมเพียง 25 วัน

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในบ่อดินโดยใช้ธาตุอาหารจากแหล่งน้ำทิ้ง

จากการทดลองเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรโดยใช้ธาตุอาหารจากแหล่งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา จากบ่อชะล้างปศุสัตว์และจากโรงผลิตขนมจีน โดยค่าคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำทิ้งทั้ง 3 แหล่งไม่มีความแตกต่างกันยกเว้นค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีความแตกต่างจากน้ำทิ้งจากแหล่งอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากในการเลี้ยงปลานั่นจะมีการเติมปูนขาว ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต ทุกสัปดาห์เพื่อปรับค่า pH ของน้ำ ดังนั้นเมื่อนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลามาเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าส่งผลให้ค่าความกระด้างในบ่อเลี้ยงสูงกว่าบ่อเลี้ยงจากน้ำทิ้งแหล่งอื่น เมื่อเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรจนอายุครบ 30 วัน พบว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธรเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา ที่ระดับความหนาแน่น 1 x10^6 ตัว/ไร่ (625 ตัว/ตารางเมตร) มีความยาวเฉลี่ย ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคาโรทีนอยด์ และมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในบ่อสูงที่สุด แต่พบว่าทุกการทดลองยังมีการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าการเลี้ยงที่ใช้สูตรปุ๋ย ตาม Sriputhorn, Saengphan และคณะ (7,11) และในการทดลองที่ 1 ซึ่งพบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่เกิดขึ้นในทุกการทดลองมีกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยเฉพาะสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีเซลล์ยาว และกลุ่มสาหร่ายสีเขียว กลุ่ม *Volvox* sp. ปะปนซึ่งไรน้ำนางฟ้ากินไม่ได้ จึงน่าจะเป็นสาเหตุให้ไรน้ำนางฟ้าไม่สามารถนำมาเป็นอาหารได้อย่างเต็มที่ และยังพบแพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่ใกล้เคียงกับที่พบในกระเพาะอาหารไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น *Scenedesmus* sp. แต่อย่างไรก็ตามการใช้แหล่งธาตุอาหารจากน้ำทิ้งทุกการทดลองก็สามารถลดการใช้ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอนินทรีย์ตาม Sriputhorn (7) ในการเลี้ยงได้ร้อยละ 100 แต่อาจทำให้ผลผลิตลดลง

การใช้ธาตุอาหารจากแหล่งน้ำทิ้งพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่ต่ำกว่าการเติมปุ๋ยลงในบ่อ อาจเนื่องจากการเติมน้ำจากแหล่งน้ำทิ้งทำให้มีการตกตะกอนของธาตุอาหารบางส่วนเกิดขึ้น ทำให้แพลงก์ตอนพืชไม่สามารถดูดซึมไปใช้ได้เต็มที่ และแหล่งน้ำทิ้งดังกล่าวเป็นแหล่งปุ๋ยที่มีการหมักมานานจึงทำให้แพลงก์ตอนพืชที่เกิดขึ้นเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเกิดขึ้นปะปนกับสาหร่ายชนิดอื่นซึ่งไม่เหมาะสำหรับเป็นอาหารสำหรับไรน้ำนางฟ้า ทำให้การเจริญเติบโตของไรน้ำนางฟ้าแตกต่างจากการเลี้ยงที่ใช้สูตรปุ๋ยปกติ แต่การเลี้ยงโดยใช้การเติมปุ๋ยตาม Sriputhorn (7) พบว่าจะละลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิรินธรในบ่อดินสามารถทำได้โดยการเติมน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆโดยเฉพาะแหล่งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาร่วมกับการเติมปุ๋ยมูลสัตว์น่าจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตไรน้ำนางฟ้ามากขึ้นและมีต้นทุนต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ของไรน้ำนางฟ้าที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าแคโรทีนอยด์มีประมาณลดลงจากการศึกษาของ Sriputhorn และ Sanoamuang (3) วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์จากไรน้ำนางฟ้าสดที่เลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งได้รับอาหารตามธรรมชาติมีปริมาณแคโรทีนอยด์ 128.92±1.36 ไมโครกรัม/กรัม

และ Dararat และคณะ (28) ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp. 128.93±8.78 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งจากการทดลองนี้ลดลงร้อยละ 28.25 และอาจมีแนวโน้มลดลงหากเก็บไว้นานขึ้น ทั้งทีเนื่องจากแคโรทีนอยด์นั้นสามารถสูญสลายได้ง่าย หากสัมผัสแสง ความร้อน และเกิดออซิไดเซชั่นได้ง่ายหากสัมผัสออกซิเจน หากมีการส่งเสริมการเลี้ยงในระดับอุตสาหกรรม จึงต้องคำนึงระยะเวลาและวิธีในการเก็บไรน้ำนางฟ้าให้คุณค่าทางอาหารยังอยู่ในปริมาณสูงสุด

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในบ่อดินร่วมกับการอนุบาลลูกปลากินพืชได้ผลดีมาก เนื่องจากวงจรการผลิตลูกปลากินพืชส่วนใหญ่ประมาณ 1 เดือน เช่นเดียวกับอายุเฉลี่ยของไรน้ำนางฟ้า โดยเมื่อปล่อยไรน้ำนางฟ้าอายุ 10 วันลงเลี้ยงในบ่ออนุบาลลูกปลาอายุ 5 วัน ไรน้ำนางฟ้าจะกรองกินเศษอาหารที่เหลือจากลูกปลาและกินแพลงก์ตอนพืช (ที่เกิดขึ้นจากธาตุอาหารที่ได้จากสิ่งขับถ่ายและเศษอาหารที่เหลือของลูกปลา) นอกจากไรน้ำนางฟ้าจะเจริญเติบโตดีแล้วยังช่วยบำบัดคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกปลาอีกด้วย สอดคล้องกับการรายงานของ Sriputhorn, Saengphan และคณะ, Saengphan และ Sanoamuang (7, 11, 39)

หลังจากไรน้ำนางฟ้าวางไข่สะสมในบ่ออนุบาลลูกปลา ลูกไรน้ำนางฟ้าที่ฟักออกมาจะเป็นอาหารสำหรับลูกปลาในรุ่นต่อไป (10,11) จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าฟาร์มเพาะพันธุ์ลูกปลามีกำไรจากการผลิตลูกปลาจำหน่ายสูงขึ้น เนื่องจากลูกปลามีอัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นซึ่งสูงกว่าการอนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูป ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกปลาได้ สอดคล้องกับ Sriputhorn และ Sanoamuang (8) และยังได้ผลผลิตจากไรน้ำนางฟ้าอีกด้วย ดังนั้นนอกจากจะใช้น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆในการเลี้ยงร่วมกับสูตรปุ๋ยได้แล้ว ยังสามารถเลี้ยงร่วมกับการอนุบาลลูกปลาเศรษฐกิจได้ทุกชนิด

5. ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาในเรื่องของการจัดการ เนื่องจากเกษตรกรแต่ละคนมีความเอาใจใส่ที่แตกต่างกัน และเกษตรกรมีบ่อจำนวนจำกัด โดยหลังจากเสร็จการทดลองเกษตรกรจะใช้บ่อสำหรับเลี้ยงปลาเศรษฐกิจต่อเนื่องในช่วงเดือน มีนาคม-ตุลาคม ทำให้ไข่ไรน้ำนางฟ้าที่สะสมในพื้นบ่อบางส่วนฝ่อไป เนื่องจากไม่สามารถตากบ่อเพื่อให้ไข่อยู่ในระยะพักได้ เมื่อทำการตากบ่อและฟักไข่ไรน้ำนางฟ้าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ทำให้ไข่ไรน้ำนางฟ้าที่สะสมมีอัตราการฟักต่ำลงกว่าที่น่าจะเป็น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่อุดหนุนทุนการวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าสิริธรในบ่อดินสู่เกษตรกรในจังหวัดสกลนคร และขอขอบพระคุณนักวิจัย ผู้ช่วยนักวิจัย สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสกลนคร และศูนย์อนุกรมวิธานประยุกต์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

7. เอกสารอ้างอิง

(1) Sanoamuang L, Murugan G, Weekers GPHH, Dumont HJ. *Streptocephalus sirindhornae,* new species of freshwater fairy shrimp (Anostraca) from Thailand. Journal of Crustacean Biology 2000; 20: 559-565.

(2) Sanoamuang L, Saengphan N, Murugan G. First record of the family Thamnocephalidae, (Crustacea, Anostraca) from Southeast Asia and description of a new species of *Branchinella.* Hydrobiologia 2002; 486: 63-69.

(3) Sornsupharp S, Dahms H-U, Sanoamuang L. Nutrition composition of fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* nauplii as live food and growth performance of giant freshwater prawn postlarvae. Aquaculture Nutrition 2013; 19: 349-359.

(4) Sreeputhorn K, Sanoamuang L. Culture of the Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002) by bioextract and Yeast as food. Journal of Scientific Research (Section T). 2007; 6 special 1: 369-375. Thai

(5) Sriputhorn K. The study on culture of Thai fairy shrimp, *Branchinella thailandensis* by dry diet for *Chlorella* sp. Replacement. RMUTI Journal 2013; 6(1): 66-80. Thai

(6) Maeda-Martinez AM, Belk D, Obregon-Barboza H. Dumont HJ. Laboratory culture of fairy shrimps using baker's yeast as basic food in a flow-through system. Hydrobiologia 1995; 298: 141-159.

(7) Sriputhorn K. The Development of Fairy Shrimp Cultures, *Branchinella Thailandensis* and *Streptocephalus Sirindhornae* for Commercial Purposes and Using as Food for Giant Freshwater Prawns, *Macrobrachium Rosenbergii* [Doctor of Philosophy Thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University, 2009. Thai

(8) Sriputhorn K, Sanoamuang L. Growth and survival rate red Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) nursing by Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*). RMUTI Journal 2012A; 5(1): 1-13. Thai

(9) Tunsutapanich A, Puwapanich T, Sungkorntanakit T, Permngam T. Culture and applications of *Artemia*. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Coorperation; 1993. Thai

(10) Sriputhorn K, Sanoamuang L. The fairy shrimp culture: Form innovation to creative economy. Khon Kaen: Klung Na Na Press; 2012A. Thai

(11) Saengphan N, Sriputhorn K, Sanoamuang L. Culture of Fairy shrimp in Thailand. Khon Kaen: Klung Na Na Press; 2006. Thai

(12) Saengphan N. Culture of the Thai fairy shrimp, *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002 for commercial applications in Thailand [dissertation]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2005.

(13) Saengphan N, Shiel R.J, Sanoamuang L. The Cyst hatching pattern of the Thai fairy shrimp, *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002 (Anostraca) Crustaceana 2005; 78 (5): 513-523.

(14) Aryuthaka C. Basic Biostatistical methods for fishery and marine science researches. Bangkok: Marine Fisheries Development Center of Thailand; 1993.

(15) Booncharoen S. The analyzing of protein pattern and amino acid components in *Streptocephalus sirindhornae* and *Branchinella thailandensis* by using 2D-PAGE and HPLC. [Senior Project]. Khon Kaen: Khon Kaen University, 2006. Thai.

(16) Munuswamy N, Mertens J, Dumont HJ. Lipid classes and fatty acid profiles in cryptobiotic cysts of *Streptocephalus dichotomus* and *Streptocephalus probosideus* (Crustacea: Anostrsca). Hydrobiologia 1992; 231: 65-68.

(17) Jenvanitpanjakul P. Palm oil is the new source of Carotenoid production. Journal of Science and Technology 1994; 9(2): 39-44.

(18) Benjatammanont S. Effects of environment and carotenoid pigment on blue discoloration of pond-raised tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius. [Master in Science Thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University, 1991. Thai.

(19) Dararat W, Lomthaisong K, Sanoamuang L. Biochemical composition of three species of fairy shrimp (Branchiopoda: Anostraca) from Thailand. Journal of Crustacean biology 2012; 32(1): 81-87.

(20) Latcha T. Carotenoid in animal nutrition. Switzerland: F . Hoffmann-La Roche Ltd.; 1990.

(21) Prasath EB, Munuswamy N, NaZar AK. Preliminary studies on the suitability of a fairy shrimp *Streptocepharus dichotomus* as live food in aquaculture. Journal of World Aquaculture Society 1994; 25: 204-207.

(22) Velu CS, Munuswamy N. Improving of the fatty acid profile of fairy shrimp *Streptocephalus dichotomus*, using a lipid emulsion rich in highly unsaturated fatty acid. J Agric. Food Chem 2004; 52:7033-7038.

(23) Di Mascio P, Kaiser S, Sies H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. Arch. Biochem. Biophys. 1989; 274: 532-538.

(24) Di Mascio P, Murphy ME, Sies H. Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. Am. J. Clin. Nutr. 1991; 53:194S-200S.

(25) Ong ASH, Tee ES. Natural sources of carotenoids from plants and oils. Meth. Emzymol. 1992; 213: 142-167.

(26) Pfander H. Carotenoids: an overview. Meth. Emzymol. 1992; 213: 3-13.

(27) Velu CS, Czeczuga B, Munuswamy N. Carotenoprotein complexes in entomostracan crustaceans (*Streptocephalus dichotomus* and *Moina micrura*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B 2003; 135:35-42.

(28) Dararat W, Lomthaisong K, Sanoamuang, L. Biochemical Composition of Three Species of Fairy Shrimp (Branchiopoda: Anostraca) from Thailand. Crustacean Biology 2012; 32(1):81-87.

(29) Munuswamy N. Fairy shrimp as live food in aquaculture. Aqua Feeds: Formulation and Beyond 2005; 2(1): 10-12.

(30) Sumagaysay-Chavoso NS. Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in the Philippines. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers 2007; 497: 269-308.

(31) Wonglat L. Plankton culture manual. Bangkok: Kasetsart University Press; 1999. Thai

(32) American Pubic Health Association. Standard method for the examination of water and west Water. Washington, D.C.; 1981.

(33) Britton G, Liaaen-Jensen S, Pfander H. Carotenoids today and challenges for the future. In: Britton G, Liaaen-Jensen S, Pfander H, editors, Carotenoids vol. 1 A: Isolation and Analysis. Birkhauser Verlag, Basel; 1994.

(34) Rodriguez-Amaya DB, Kimura M. Harvest plus handbook of carotenoid analysis. Washington, D.C: Harvest Plus Technical Monograph 2; 2004.

(35) Phosri R. Statistics for research. Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2006. Thai

(36) Kearnthum A. Principles of Experimental. Department of Statistics, Faculty of Science, Kasetsart University; 1996. Thai

(37) Duncan VB, Multiple range test and multiple F-test; Biometrics 1955; 11: 1-42.

(38) Plodsomboon S, Maeda-Martinez AM, Obregón-Barboza H, Sanoamuang L. Reproductive Cycle and Genitalia of the Fairy Shrimp *Branchinella thailandensis* (Branchiopoda: Anostraca). Journal of Crustacean biology 2012; 32(5): 711-726.

(39) Saengphan N, Sanoamuang L. Culture of Fairy shrimp in Thailand. Khon Kaen: Klung Na Na Press; 2004. Thai