Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของความถี่การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติเชิงพาณิชย์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และอัตราการรอดตายของไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*)

Effects of feeding frequency using a commercial automatic feeder on growth, yield, and survival rate of Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*)

ธนบดี ปิ่นทศิริ[1]*, จามรี เครือหงษ์[1], ภานุพล ไตรรัตน์[1] และ จอมสุดา ดวงวงษา[2]

Thanabodee Pintasiri[1]*, Jamree Khrueahong[1], Panupon Trairat[1] and Jomsuda Doungwongsa[2]

[1] *คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000*
[1] *Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Muang district, Nakhon Sawan Province 60000*
[2] *คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290*
[2] *Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290*

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการให้อาหารด้วยแรงงานคนในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต อัตราการรอด คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณแคโรทีนอยด์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 2 ชุดการทดลอง ชุดละ 4 ซ้ำ โดยชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารด้วยแรงงานคน (3 ครั้ง/วัน) และชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (5 ครั้ง/วัน) ทำการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยในบ่อซีเมนต์ขนาด 2 × 3 × 0.6 เมตร ให้อาหารด้วยสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ที่ความหนาแน่น 1 × 10^7 เซลล์/มิลลิลิตร ปริมาตรรวม 300 ลิตร/บ่อ/วัน ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าไรน้ำนางฟ้าไทย ทั้งสองชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง โดยในช่วง 10 วันแรก น้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) อย่างไรก็ตามเมื่ออายุ 15 วัน ไรน้ำนางฟ้าไทยในชุดการทดลองที่ใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติมีการเจริญเติบโต อัตราการรอด และผลผลิตต่อลิตรสูงกว่าชุดที่ให้อาหารด้วยแรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแคโรทีนอยด์รวมของทั้งสองชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) โดยมีโปรตีนประมาณ 61–62% ไขมัน 3–4% และแคโรทีนอยด์รวม 223–224 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง สรุปได้ว่าการใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และอัตราการรอด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ และสามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยเชิงพาณิชย์ เพื่อลดหรือทดแทนภาระแรงงานและเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ไรน้ำนางฟ้าไทย; ระบบการเลี้ยง; เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ

ABSTRACT: This study aimed to develop the culture system for the Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) using an automatic feeder, and to compare its efficiency with manual feeding in terms of growth performance, yield, survival rate, nutritional composition, and total carotenoid content. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with two treatments and four replicates per treatment. Treatment 1 involved manual feeding

* Corresponding author: Thanabodee.pi@nsru.ac.th

Received: date; December 29, 2025 Revised: date; March 5, 2026

Accepted: date; March 17, 2026 Published: date; June 24, 2026

(3 times/day), whereas Treatment 2 utilized an automatic feeding system (5 times/day). Fairy shrimps were cultured in concrete ponds (2×3×0.6 m) and fed *Chlorella* sp. at a density of 1×10^7 cells/mL, with a total feeding volume of 300 L/pond/day. Body weight and body length were measured every five days throughout a 15-day culture period. The results indicated that fairy shrimp in both treatments exhibited continuous growth over the experimental period. During the first 10 days, no significant differences in mean body weight were observed between treatments (p>0.05). However, at 15 days of age, *B. thailandensis* cultured using the automatic feeding system showed significantly higher growth performance, survival rate, and yield per liter than those fed manually (p<0.05). In contrast, no significant differences were detected between treatments in terms of nutritional composition or total carotenoid content (p>0.05). The fairy shrimp contained approximately 61–62% protein, 3–4% lipid, and total carotenoid levels ranging from 223 to 224 µg/g dry weight. These findings demonstrate that the use of an automatic feeder enhances the efficiency of Thai fairy shrimp culture by improving growth performance, production yield, and survival rate without adversely affecting nutritional quality. Therefore, this system can be effectively applied to the development of commercial-scale Thai fairy shrimp production by reducing/replacing labor requirements and increasing overall productivity.
Keywords: *Branchinella thailandensis*; culture system; automatic feeder system

บทนำ

ไรน้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) เป็นหนึ่งในสามชนิดของไรน้ำนางฟ้าที่ถูกค้นพบในประเทศไทย โดยอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดชั่วคราวตามธรรมชาติ เช่น แอ่งน้ำ หรือทุ่งนาที่มีน้ำขังตามฤดูกาล มีลักษณะลำตัวยาวโปร่งใส หางสีส้มอมแดง และสามารถเจริญเติบโตได้ถึงประมาณ 1.5–4.5 เซนติเมตร ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (นุกูล, 2558) ไรน้ำนางฟ้าไทยมีพฤติกรรมการเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม และมีความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี จึงเหมาะสมต่อการนำมาเพาะเลี้ยงในระบบควบคุมเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ รวมถึงมีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็ว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณ 50–60% ของน้ำหนักแห้ง และเป็นแหล่งของสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโต การพัฒนาระบบภูมิคุ้มกัน และการเพิ่มความเข้มของสีในสัตว์น้ำและสัตว์สวยงาม เมื่อเปรียบเทียบกับแพลงก์ตอนสัตว์น้ำเค็ม เช่น อาร์ทีเมีย (Jindal and Sharma, 2019; Plodsomboon and Sanoamuang, 2023) จึงส่งผลให้มีการพัฒนาและนำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตคุณภาพสูงสำหรับลูกพันธุ์สัตว์น้ำและปลาสวยงามทั้งในและต่างประเทศ โดยมีรายงานการใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเป็นอาหารทั้งในรูปสดและแช่แข็ง ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด และความเข้มของสีสัตว์น้ำสวยงาม เช่น ปลาทอง รวมถึงปลาเศรษฐกิจบางชนิดได้ (จิตรา และคณะ, 2559; ละออศรี และคณะ, 2565)

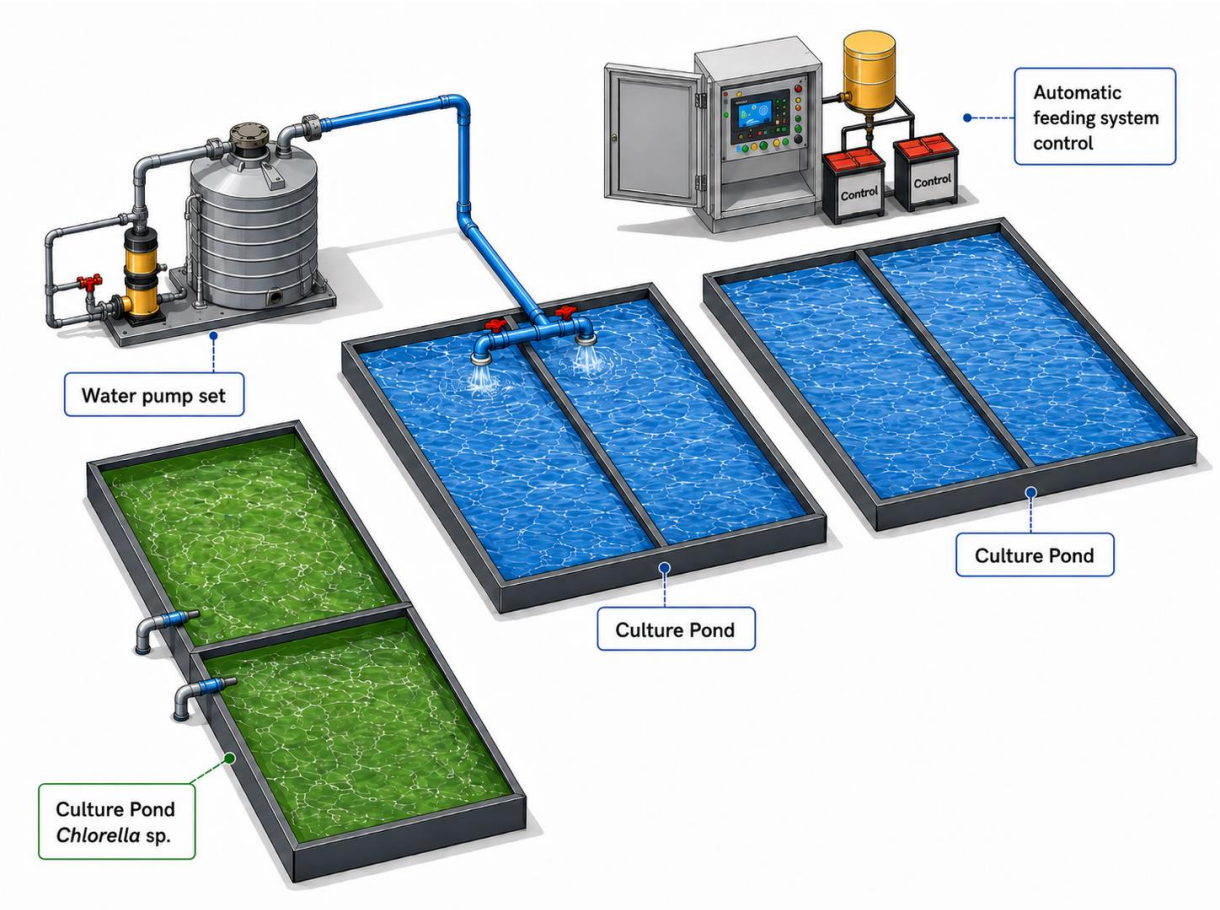
อย่างไรก็ตาม แม้ไรน้ำนางฟ้าไทยจะมีศักยภาพสูงในฐานะอาหารมีชีวิต แต่การเพาะเลี้ยงในระดับฟาร์มและเชิงพาณิชย์ยังคงพบข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะรูปแบบการให้อาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด และคุณภาพของผลผลิต ปัญหาหลักที่พบในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย คือ การให้อาหารจำเป็นต้องเหมาะสมทั้งปริมาตรและความสม่ำเสมอ ในปัจจุบันระบบการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าในรูปแบบเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่ยังคงใช้การให้อาหารด้วยแรงงานคนเป็นหลัก การให้อาหารในลักษณะดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการให้อาหารไม่สม่ำเสมอ การให้อาหารไม่ตรงตามความต้องการของตัวไรน้ำนางฟ้าในแต่ละช่วงอายุ หรือมีการให้อาหารมากเกินไปจนเกิดการสะสมของอินทรียวัตถุในระบบการเลี้ยง ซึ่งล้วนส่งผลให้ประสิทธิภาพการเลี้ยงลดลงและเกิดการสูญเสียทรัพยากร (Kongkeaw et al., 2020) นอกจากนี้การกำหนด “ปริมาตร” และ “ความถี่” ของการให้อาหารต่อวันมักอาศัยประสบการณ์และการสังเกต มากกว่าการคำนวณเชิงปริมาตรอย่างเป็นระบบ ซึ่งอาจนำไปสู่การให้อาหารน้อยเกินไปจนการเจริญเติบโตไม่เต็มศักยภาพ หรือให้อาหารมากเกินไปจนเกิดการสะสมของอินทรียวัตถุ อีกทั้งการให้อาหารหลายครั้งต่อวันยังต้องใช้แรงงานและเวลาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไม่สอดคล้องกับการผลิตในระดับเชิงพาณิชย์ มีรายงานในทิศทางเดียวกันว่าอาหาร และการจัดการอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด ผลผลิต และองค์ประกอบคุณค่าทางโภชนาการของไรน้ำนางฟ้าไทย (Saengphan et al., 2005; Dararat et al., 2012; Chaoruangrit et al., 2018) แต่การประยุกต์ใช้ระบบให้อาหารอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสม่ำเสมอในการให้อาหารสำหรับการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยในระดับเชิงพาณิชย์ยังมีรายงานค่อนข้างจำกัด

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาและออกแบบระบบการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (automatic feeding system) เพื่อควบคุมปริมาตร ความถี่ และช่วงเวลาการให้อาหารได้อย่างเหมาะสม ลดการพึ่งพาแรงงานคน และปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย ดังนั้น การพัฒนาระบบให้อาหารอัตโนมัติไม่เพียงแต่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของแรงงาน แต่ยังช่วยเพิ่มความถี่ ซึ่งอาจส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิต อัตราการรอดของไรน้ำนางฟ้า และลดการสูญเสียทรัพยากรจากการให้อาหารที่ไม่เหมาะสมได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศอย่างยั่งยืน

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 2 ชุดการทดลอง (treatments) ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ (replicates) คือ ชุดการทดลองที่ 1 การให้อาหารด้วยแรงงานคน ซึ่งอาศัยการให้อาหาร 3 ครั้ง/วัน ตามเวลาทำงานปกติระหว่างวัน และชุดการทดลองที่ 2 การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยการให้อาหาร 5 ครั้ง/วัน ครอบคลุมเวลากลางคืน ซึ่งใช้แรงงานคนได้ยากหรือต้องมีค่าจ้างเพิ่มในการให้อาหารกลางคืน ทำการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด



2 x 3 x 0.6 เมตร ที่มีสภาพแวดล้อมเหมือนกันทุกประการ และสุ่มกำหนดชุดการทดลองแต่ละบ่ออย่างอิสระ **(Figure 1)**

Figure 1 Experimental System Schematic

ระบบเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (Automatic feeding system)

ระบบเครื่องให้อาหารอัตโนมัติถูกออกแบบขึ้นโดยใช้หลักการ ควบคุมเชิงตรรกะตามฐานเวลา (Time-based Logic Control) โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) ทำงานร่วมกับโมดูลนาฬิกาเวลาจริง (Real-Time Clock: RTC) รุ่น DS3231 ซึ่งเป็นระบบฐานเวลาที่มีความแม่นยำสูง (High Precision) พร้อมฟังก์ชันชดเชยความคลาดเคลื่อนตามอุณหภูมิ (Temperature Compensation) โดยระบบจะดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลเวลาปัจจุบันจาก RTC กับชุดข้อมูลตารางเวลาที่จัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Scheduled Array) ตามที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนด ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดไว้ 5 ช่วงเวลาต่อวัน เมื่อค่าเวลาปัจจุบันสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด (Trigger Event) หน่วยประมวลผลจะส่งสัญญาณ (Digital Output) ไปยังโมดูลรีเลย์ (Relay Module) เพื่อทำหน้าที่เป็นส่วนต่อประสานกำลัง (Power Interface) ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับปั๊มสูบจ่ายน้ำ (Delivery Water Pump) ขนาดกำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับการควบคุมปริมาตรอาหาร ให้มีความคงที่มื้อละ 60 ลิตร โดยระบบจะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลคงที่ (Steady Flow Rate) ของปั๊มน้ำซึ่งมีอัตราการจ่าย (Nominal Delivery Volume) อยู่ที่ 35 ลิตร/นาที ซึ่งระยะเวลาการทำงาน (Operating Duration) ของตัวขับเคลื่อน (Actuator) **(Figure 2)** นั้น สามารถคำนวณได้โดยกระบวนการแปลงตัวแปรจากปริมาตรสู่โดเมนเวลาซึ่งเป็นไปตามสมการทางวิศวกรรม (Munson et al., 2006) ดังนี้

$$t = \frac{V}{Q}$$

t คือ ระยะเวลาการทำงานของปั๊ม (นาที)

V คือ ปริมาตรอาหารที่ต้องการ (ลิตร)

Q คือ อัตราการไหลของปั๊ม (ลิตรต่อนาที)

กระบวนการทำงานของระบบ (System Process Flow)

กระบวนการทำงานถูกออกแบบในลักษณะกระบวนการวนซ้ำ (Cyclic Process) เพื่อให้ระบบสามารถปฏิบัติงานได้โดยอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงาน **(Figure 2)** ดังนี้

1. **Standby Phase** ระบบควบคุม (Controlling System) จะอยู่ในสถานะเฝ้าสังเกตการณ์ (Polling State) โดยจะดำเนินการอ่านค่าเวลาจากโมดูล RTC ทุก 1 วินาที เพื่อเปรียบเทียบกับชุดข้อมูล 5 ช่วงเวลาที่ถูกกำหนดไว้ในเงื่อนไข
2. **Activation Phase** เมื่อค่าเวลาปัจจุบันสอดคล้องกับช่วงเวลาที่กำหนด ได้แก่ 07:00 น., 12:00 น., 17:00 น., 22:00 น. และ 03:00 น. ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณทางลอจิกสถานะสูง (Logic High) ไปยังชุดรีเลย์ (Relay) เพื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ปั๊มสูบจ่ายน้ำ
3. **Dosing Phase** ปั๊มน้ำจะเริ่มต้นกระบวนการดูดและจ่ายอาหาร (Liquid Feed) จากถังพัก (Storage Tank) โดยระบบควบคุมจะทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพการทำงานเป็นระยะเวลาคงที่ 1 นาที 43 วินาที (หรือ 103 วินาที) ซึ่งคำนวณได้จากสมการข้างต้น เพื่อให้ได้ปริมาตรอาหารมื้อละ 60 ลิตร สอดคล้องกับอัตราการไหลของปั๊มน้ำ
4. **Termination Phase** เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการจ่ายอาหารตามที่กำหนด ระบบควบคุมจะทำการตัดสัญญาณลอจิกเป็นสถานะต่ำ (Logic Low) ไปยังชุดรีเลย์ (Relay) ให้ทำการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าในทันที เพื่อหยุดการทำงานของปั๊มน้ำ พร้อมทั้งบันทึกสถานะการปฏิบัติงาน (Operation Log) ของการจ่ายอาหารในมื้อนั้นลงในหน่วยความจำของระบบ
5. **Cycle Completion** ระบบจะกลับเข้าสู่สภาวะรอคอย (Standby Phase) อีกครั้ง เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับรอบการทำงานถัดไปในลักษณะกระบวนการวนซ้ำ โดยช่วงเวลาในการจ่ายอาหารจะถูกกระจายไปตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง

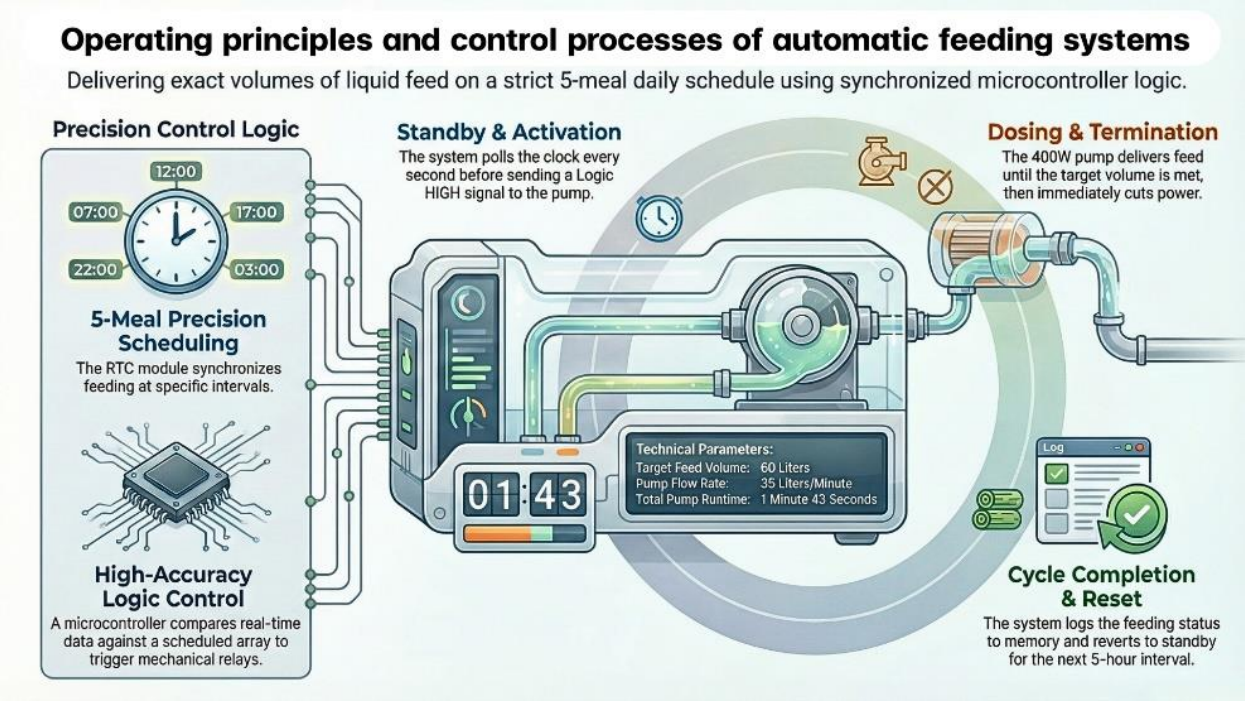


Figure 2 Operating Principle of the Automated Feeding System

วิธีเตรียมการทดลอง

การเตรียมอาหาร (เพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา) *Chlorella* sp.

เตรียมบ่อซีเมนต์ขนาด 1.5 x 5 x 0.8 เมตร ล้างทำความสะอาดและเติมน้ำลงไปให้ได้ระดับ 50 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 3,750 ลิตร จากนั้นชั่งตวงคำนวณสูตรอาหารโดยดัดแปลงสูตรอาหารของนุกูล (2558) โดยละลายสูตรอาหารแต่ละชนิดลงในบ่อที่เตรียมไว้ และเติมหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลาโดยการกรองด้วยผ้าขนาดตา 60 ไมโครเมตร จำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ของระดับน้ำ ทำการคนสาหร่ายคลอเรลลาที่ได้ขยายไว้ทุกวันอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) พร้อมติดตั้งให้อากาศตลอดเวลาเพื่อเพิ่มการหมุนเวียนของน้ำ จนกระทั่งสาหร่ายคลอเรลลามีอายุประมาณ 4 วัน (1×10^7 เซลล์/มิลลิลิตร) กรองด้วยผ้าขนาดตา 60 ไมโครเมตร ก่อนนำมาเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย และเตรียมอาหารให้เพียงพอตลอดระยะเวลาที่ทดลอง (ธนบดี และคณะ, 2568)

การเตรียมไรน้ำนางฟ้าไทย

นำไข่ไรน้ำนางฟ้าไทยจากฟาร์มโรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จำนวน 5 กรัม ใส่ในกะละมังสำหรับเพาะฟัก เติมน้ำสะอาดที่ปราศจากคลอรีนประมาณ 10 เซนติเมตร ปล่อยไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ไข่ไรน้ำนางฟ้าไทยจะเริ่มทยอยฟักออกเป็นตัว และจะฟักออกเป็นตัวหมดภายใน 48 ชั่วโมง ใช้แผ่นพลาสติกทึบแสงปิดปากกะละมังให้พอมีแสงเข้าเล็กน้อย เนื่องจากไรน้ำนางฟ้าไทยวัยอ่อนชอบมาว่ายน้ำและรวมตัวอยู่บริเวณที่มีแสงส่องผ่าน จากนั้นดูดตัวอ่อนไรน้ำนางฟ้าไทยออกจากกะละมังที่ฟักโดยใช้สายยางใสในบ่อสำหรับอนุบาล ทำการอนุบาลด้วยสาหร่ายคลอเรลลาให้มีอาหารตลอดเวลา จนมีอายุ 5 วัน **(Figure 3)** จึงเริ่มการทดลอง (ธนบดี และคณะ, 2567)

ขั้นตอนการทดลอง

เตรียมบ่อซีเมนต์ขนาด 2 x 3 x 0.6 เมตร เติมน้ำที่ระดับ 30 เซนติเมตร (ปริมาตรน้ำ 1,800 ลิตร) จำนวน 8 บ่อ จากนั้นสุ่มนับไรน้ำนางฟ้าไทยอายุ 5 วัน **(Figure 3)** จำนวน 30 ตัว/ลิตร (นุกูล, 2548) ใช้ไรน้ำนางฟ้าไทย 54,000 ตัว/บ่อ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเริ่มต้นของไรน้ำนางฟ้าไทย และเก็บข้อมูลทุก ๆ 5 วัน พร้อมจดบันทึกผลตามวิธีของธนบดี และคณะ (2567) จากนั้นให้อาหารตามชุดการทดลองที่กำหนด โดยทำการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยเป็นระยะเวลา 10 วัน (ไรน้ำนางฟ้าอายุ 15 วัน)

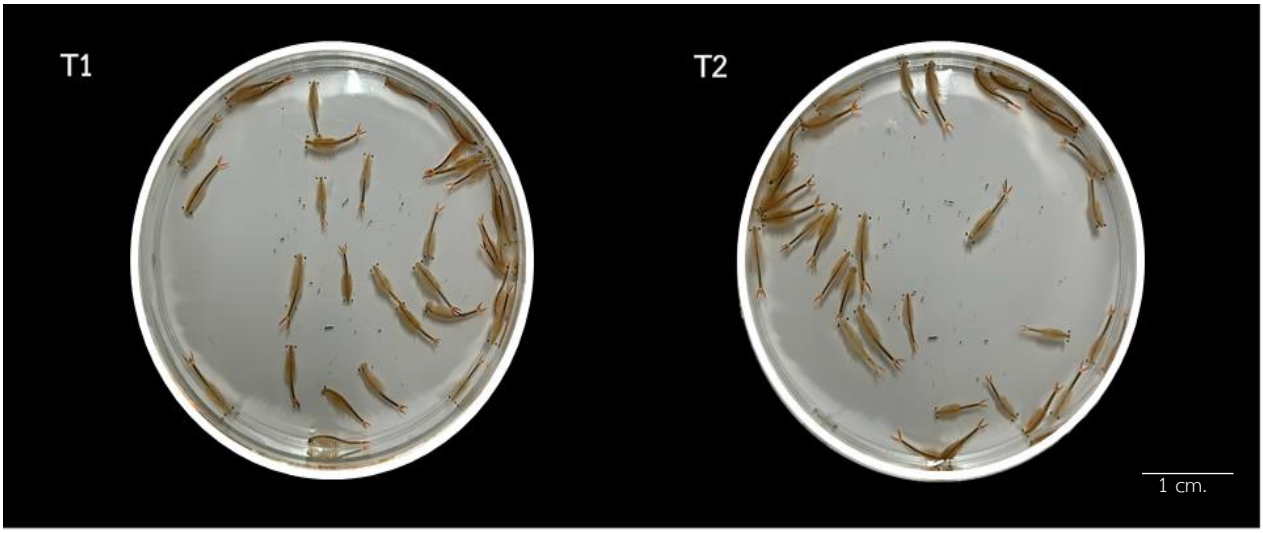


Figure 3 Thai Fairy Shrimp at 5 days of age used for the experiment. Scale bar = 1 cm.

การให้อาหาร

ให้อาหารด้วยสาหร่ายคลอเรลลา 1×10^{7} เซลล์/มิลลิลิตร โดยกำหนดปริมาตรอาหารเท่ากับ 300 ลิตร/บ่อเลี้ยง/วัน ตามการรายงานของนุกูล (2552) และควบคุมให้ทั้งสองชุดการทดลองได้รับปริมาตรอาหารรวมเท่ากัน โดยกำหนดความแตกต่างเฉพาะ “วิธีการให้และจำนวนมื้อหรือความถี่การให้อาหาร” ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารด้วยแรงงานคน โดยแบ่งการให้อาหารออกเป็น 3 มื้อเท่า ๆ กัน มื้อละ 100 ลิตร ตามช่วงเวลา 07.00 น., 12.00 น. และ 17.00 น. ในแต่ละมื้อทำการตวงปริมาตรอาหารตามที่กำหนดและให้อาหารด้วยแรงงานคน รวมปริมาตรอาหารที่ให้ 300 ลิตร/วัน

ชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหาร ซึ่งสามารถควบคุมความถี่และปริมาตรอาหารที่ให้ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยแบ่งการให้อาหารออกเป็น 5 มื้อเท่า ๆ กัน มื้อละ 60 ลิตร ตามช่วงเวลาที่ตั้งโปรแกรมไว้ คือ 07.00 น., 12.00 น., 17.00 น., 22.00 น. และ 03.00 น. รวมปริมาตรอาหารที่ให้ 300 ลิตร/วัน

โดยระหว่างการเลี้ยงทั้งสองชุดการทดลอง การให้อาหารจะกระจายทั่วบ่อเลี้ยง และเปิดน้ำสะอาดเข้าสู่บ่อเลี้ยง (flow of water) วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 น. และ 18.00 น. ครั้งละ 5 นาที เพื่อช่วยรักษาสภาพแวดล้อมภายในระบบการเลี้ยงให้เหมาะสม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวทุก ๆ 5 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการเก็บผลผลิตไรน้ำนางฟ้าไทยโดยใช้สวิงกรองเอาเฉพาะตัวซับด้วยผ้าชุบน้ำบิดให้หมาดก่อนชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุกชุดการทดลอง พร้อมนับจำนวนตัวไรน้ำนางฟ้าไทย เพื่อคำนวณหาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายตามวิธีของ Halver (1972) ได้แก่

น้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final Weight; FW)

FW = น้ำหนักเฉลี่ยของไรน้ำนางฟ้าไทยต่อหนึ่งตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว)

ความยาวสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final Length; FL)

FL = ความยาวเฉลี่ยของไรน้ำนางฟ้าไทยต่อหนึ่งตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (มิลลิเมตร/ตัว)

น้ำหนักเพิ่ม (Weight Gain; WG)

WG = น้ำหนักตัวของไรน้ำนางฟ้าไทยสุดท้าย – น้ำหนักตัวของไรน้ำนางฟ้าไทยเริ่มต้น (กรัม/ตัว)

ความยาวเพิ่ม (Length Gain; LG)

LG = ความยาวของไรน้ำนางฟ้าไทยสุดท้าย – ความยาวของไรน้ำนางฟ้าไทยเริ่มต้น (มิลลิเมตร/ตัว)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Day Growth; ADG)

ADG = น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย – น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น / ระยะเวลา (วัน) (กรัม/ตัว/วัน)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR%)

SGR% = (ln น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย – ln น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น) / (ระยะเวลา (วัน)) X 100

อัตรารอดตาย (Survival Rate; SR%)

SR% = จำนวนสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนเริ่มต้นการทดลอง X 100

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและแคโรทีนอยด์รวม

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการทางเคมี (Proximate analysis) ของตัวอย่างสัตว์ทดลอง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เถ้า และความชื้น ดำเนินการตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุแคโรทีนอยด์รวม (Total carotenoids) ดัดแปลงจากวิธีของ Britton et al. (1995) โดยชั่งตัวอย่าง 0.50 กรัม เติมสาร Butylated Hydroxytoluene (BHT) เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากนั้นบดตัวอย่างให้ละเอียดและสกัดด้วย อะซิโตน (Acetone) ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) เป็นเวลา 1 นาที แยกส่วนใส (Supernatant) และทำการสกัดซ้ำด้วยอะซิโตนอีก 2–3 ครั้ง จนตัวอย่างไม่มีสี นำสารสกัดทั้งหมดรวมเข้าด้วยกัน แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้นร้อยละ 60 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการสกัดต่อด้วยการเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2.0 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่องเขย่าสารเป็นเวลา 1 นาที หลังจากเขย่าสารละลายจะเกิดการแยกชั้น นำส่วนสารละลายสีเหลืองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลด้านอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลาจากการให้อาหารด้วยแรงงานคนเปรียบเทียบกับการให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติมาหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติโดยใช้ Independent Samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลาโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติและการใช้แรงงานคนเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าไรน้ำนางฟ้าไทยทั้งสองชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักและความยาวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยในช่วงอายุ 10 วันแรก น้ำหนักเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) **(Figure 4)** เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อายุ 15 วัน การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติส่งผลให้น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักสูงกว่าการให้อาหารด้วยแรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับความยาวตัวของไรน้ำนางฟ้าไทย โดยพบว่าความยาวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวของชุดการทดลองที่ใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติสูงกว่าชุดที่ใช้แรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติให้ผลผลิตต่อลิตร ผลผลิตรวม และอัตราการรอดตายสูงกว่าการให้อาหารด้วยแรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) **(Table 1)** แสดงให้เห็นว่าการให้อาหารหลายเวลา (5 มื้อ/วัน) สอดคล้องกับพฤติกรรมการกินแบบกรองอาหารของไรน้ำนางฟ้าไทยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิต และการรอดตายได้ดีกว่าการให้อาหารแบบจำกัดเวลา (3 มื้อ/วัน) **(Figure 4-7)**

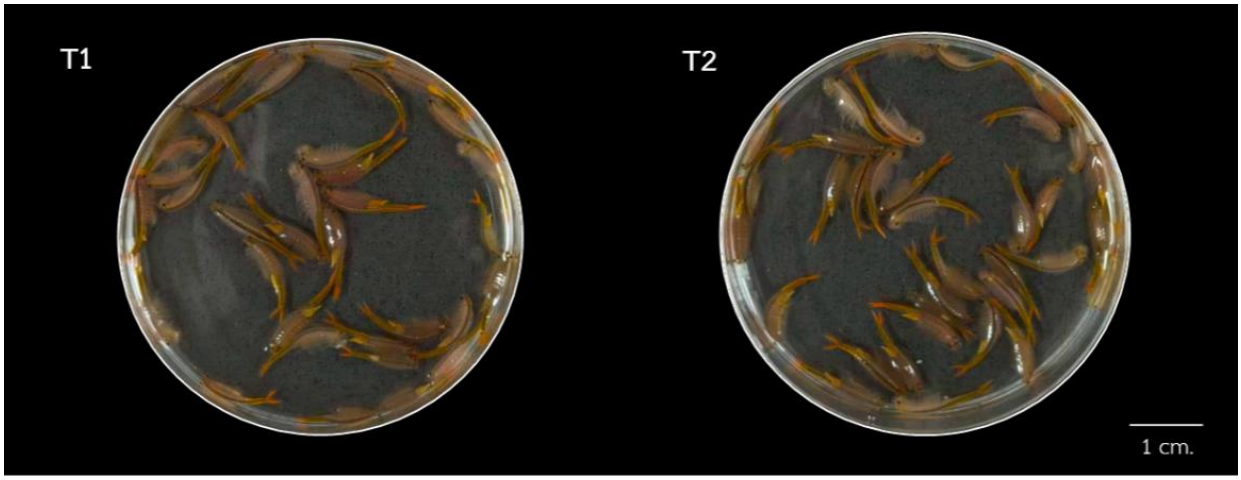


Figure 4 Thai Fairy Shrimp at 10 days of age exposed to two feeding treatments: T1 (manual feeding 3 times/day) and T2 (automatic feeder feeding 5 times/day). Scale bar = 1 cm.



Figure 5 Thai Fairy Shrimp at 15 days of age exposed to two feeding treatments: T1 (manual feeding 3 times/day) and T2 (automatic feeder feeding 5 times/day). Scale bar = 1 cm.

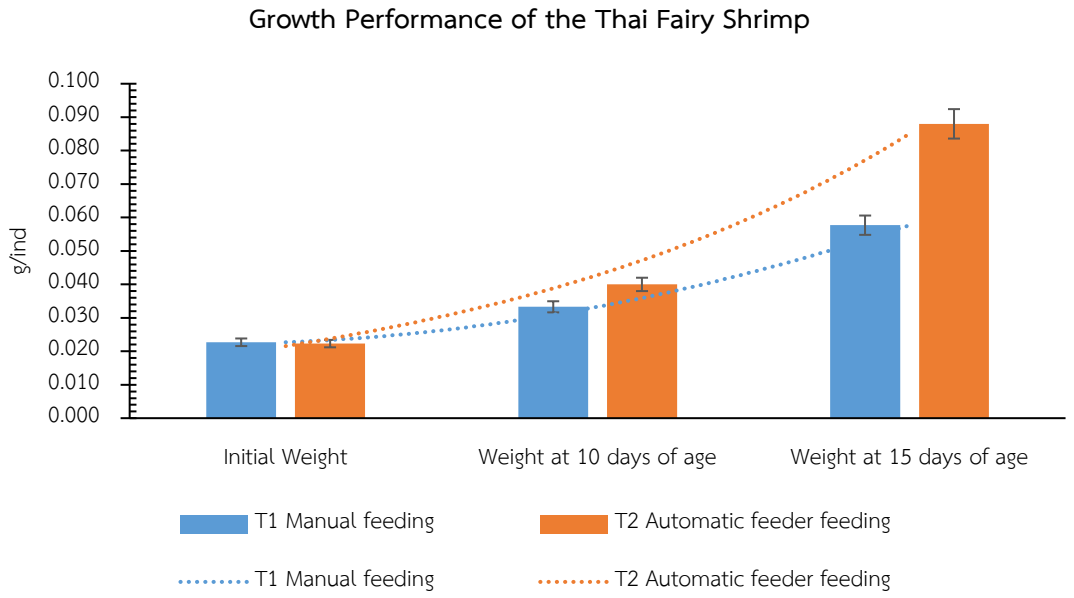


Figure 6 Growth of the Thai fairy shrimp as affected by feeding treatments (T1: manual feeding 3 times/day, and T2: automatic feeder feeding 5 times/day)

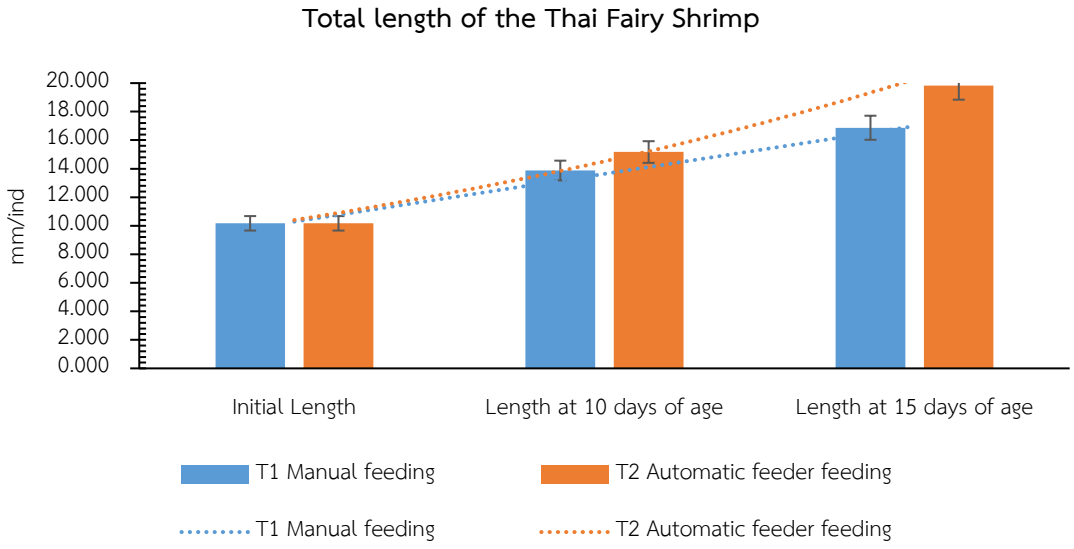


Figure 7 Total length of the Thai fairy shrimp as affected by feeding treatments (T1: manual feeding 3 times/day, and T2: automatic feeder feeding 5 times/day)

Table 1 Growth performance of the Thai fairy shrimp as affected by feeding treatments

Parameters	Treatment 1: Manual feeding 3 times/day (Mean ± SD)	Treatment 2: Automatic feeder feeding 5 times/day (Mean ± SD)	t	*p*-value
Initial Weight (g/ind)	0.0227 ± 0.015	0.0223 ± 0.014	0.267	0.802
Weight at 10 days of age (g/ind)	0.0333 ± 0.005	0.0400 ± 0.008	1.089	0.337
Weight at 15 days of age (g/ind)	0.0577 ± 0.011	0.0880 ± 0.012	5.298	0.006*
Weight Gain (g/ind)	0.0333 ± 0.003	0.0633 ± 0.005	6.364	0.003*
Average Day Growth (g/ind/day)	0.0023 ± 0.006	0.0043 ± 0.011	4.243	0.013*
Specific Growth Rate (%/day)	6.100 ± 0.560	9.060 ± 0.590	6.350	0.003*
Initial Length (mm/ind)	10.170 ± 0.150	10.170 ± 0.210	0.000	1.000
Length at 10 days of age (mm/ind)	13.870 ± 0.290	15.170 ± 0.320	5.212	0.006*
Length at 15 days of age (mm/ind)	16.870 ± 0.290	19.830 ± 0.500	8.263	0.001*
Length Gain (mm/ind)	6.700 ± 0.200	9.670 ± 0.350	12.714	0.001*
Daily Length Growth Rate (mm/ind/day)	0.450 ± 0.020	0.640 ± 0.020	12.618	0.001*
Specific Length Growth Rate (%/day)	3.370 ± 0.080	4.450 ± 0.060	19.101	0.001*
Yield (g/L)	1.220 ± 0.090	2.130 ± 0.110	10.934	0.001*
Total Product (g)	2,187.90 ± 12.950	3,031.30 ± 19.880	10.896	0.001*
Survival rate (%)	71.671 ± 5.890	81.675 ±4.890	4.243	0.013*

Note: An asterisk (*) indicates a statistically significant difference ($p<0.05$).

ด้านคุณค่าทางโภชนาการของไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลาเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่ารูปแบบการให้อาหารทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยมีองค์ประกอบทางเคมีเฉลี่ยประกอบด้วย โปรตีน (61.201–62.264%) ไขมัน (3.130–3.276%) คาร์โบไฮเดรต (21.120–21.600%) เยื่อใย (7.180–7.813%) เถ้า (6.160–6.256%) และความชื้น (96.033–96.122%) **(Table 2)**

สำหรับปริมาณแคโรทีนอยด์รวม (Total carotenoids) ของไรน้ำนางฟ้าไทยในทั้งสองชุดการทดลอง พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 223.756 ± 21.011 ถึง 224.112 ± 19.441 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (p>0.05) **(Table 3)**

Table 2 Proximate composition of the Thai fairy shrimp as affected by feeding treatments

Proximate composition (%)	Percentage on a dry weight basis		*p*-value
	Treatment 1 Manual feeding 3 times/day (Mean ± SD)	Treatment 2: Automatic feeder feeding 5 times/day (Mean ± SD)	
Protein	61.201 ± 2.051^{ns}	62.264 ± 1.028^{ns}	0.110
Lipid	3.130 ± 0.061^{ns}	3.276 ± 0.041^{ns}	0.341
Carbohydrate	21.600 ± 3.055^{ns}	21.120 ± 2.010^{ns}	0.262
Crude fiber	7.813 ± 1.061^{ns}	7.180 ± 1.010^{ns}	0.122
Ash	6.256 ± 0.018^{ns}	6.160 ± 0.044^{ns}	0.151
Moisture	96.122 ± 2.012^{ns}	96.033 ± 3.022^{ns}	0.150

Note: ns indicates no statistically significant difference (p>0.05), All components are expressed as percentages of dry weight, except moisture content, which is expressed as a percentage of wet weight.

Table 3 Total carotenoid contents (μg/g dry weight) of the Thai fairy shrimp as affected by feeding treatments

Carotenoid composition	μg/g dry weight		*p*-value
	Treatment 1 Manual feeding 3 times/day (Mean ± SD)	Treatment 2: Automatic feeder feeding 5 times/day (Mean ± SD)	
Total carotenoid contents (μg/g dry weight)	223.756 ± 21.011^{ns}	224.112 ± 19.441^{ns}	0.181

Note: ns indicates no statistically significant difference (p>0.05)

วิจารณ์

การเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลาโดยใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ ส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักและความยาว รวมทั้งผลผลิตและอัตราการรอดตายสูงกว่าการให้อาหารด้วยแรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ความถี่ และ ความสม่ำเสมอ ในการให้อาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไรน้ำนางฟ้าไทย โดยรูปแบบการให้อาหารมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการเลี้ยง ซึ่งวิธีการให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสามารถให้อาหารได้

หลายมื้อต่อวัน ส่งเสริมการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และผลผลิตได้ดีกว่าการให้อาหารวันละ 3 มื้อด้วยแรงงานคน เนื่องจากไรน้ำนางฟ้าไทยเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีพฤติกรรมการกินแบบกรองอาหาร (filter feeder) ซึ่งจำเป็นต้องได้รับอาหารอย่างต่อเนื่องในระดับที่เหมาะสม การเพิ่มความถี่ในการให้อาหารจึงช่วยให้ไรน้ำนางฟ้าไทยได้รับสาหร่ายคลอเรลลาอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้การใช้ประโยชน์จากอาหารมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และนำไปสู่อัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักและความยาวที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของศิริวรรณ และ ชนัดดา (2554) ที่พบว่าการจัดการความถี่การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติมีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดของไรน้ำนางฟ้า อย่างไรก็ตามการกำหนดความหนาแน่นสาหร่ายและปริมาตรอาหารควรสอดคล้องกับความต้องการตามระยะวัย และควรมีการประเมินระดับอาหารคงเหลือต่อคุณภาพน้ำร่วมด้วยในการศึกษาครั้งต่อไป นอกจากนี้

ศิริวรรณ และ ชนัดดา (2554) ยังรายงานว่าการใช้เครื่องให้อาหารแบบอัตโนมัติเลี้ยงไรน้ำนางฟ้ากำหนดให้อาหาร 2 ชั่วโมงต่อครั้ง ให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงกว่าให้ 3 และ 4 ชั่วโมงต่อครั้ง ส่วนการให้อาหารโดยใช้แรงงานคนอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากผู้ปฏิบัติงาน (human error) เนื่องจากมีโอกาสเกิดความแปรปรวนของเวลาและปริมาตรอาหารในแต่ละมื้อ จากปัจจัยด้านบุคคลและสภาพแวดล้อม เช่น ความคลาดเคลื่อนในการตวง การให้อาหารช้าหรือเร็วกว่าเวลาที่กำหนด และความไม่สม่ำเสมอในการกระจายอาหารในบ่อเลี้ยง ในขณะที่ระบบให้อาหารอัตโนมัติสามารถกำหนด “เวลา” และ “ปริมาตรต่อมื้อ” ได้อย่างคงที่และแม่นยำตามโปรแกรมที่กำหนดตลอดช่วงการทดลอง ทำให้การได้รับอาหารของสัตว์ทดลองมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการควบคุมความคลาดเคลื่อนจากผู้ปฏิบัติงาน (human error) ในการให้อาหาร โดยกำหนดให้ทั้งสองชุดการทดลองได้รับอาหารจากแหล่งเดียวกันและมีปริมาตรอาหารรวมต่อวันเท่ากัน ในส่วนชุดให้อาหารด้วยแรงงานคน กำหนดใช้ภาชนะตวงชนิดเดียวกันทุกบ่อ และตวงปริมาตรอาหารต่อมื้อด้วยกระบอกตวงมาตรฐาน รวมทั้งให้อาหารตามเวลาที่กำหนดโดยผู้ปฏิบัติงานคนเดิมตลอดการทดลอง เพื่อลดความแปรปรวนที่เกิดจากบุคคลและกระบวนการให้อาหาร การควบคุมดังกล่าวช่วยให้การจัดการอาหารมีความสม่ำเสมอ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมในระบบการเลี้ยงมีความเสถียรมากขึ้น ลดความเครียดของ ไรน้ำนางฟ้า เช่นเดียวกับรายงานของ Lavens and Sorgeloos (1996) และ Sorgeloos et al. (2001) กล่าวว่าการให้อาหารบ่อยครั้งในปริมาณน้อยเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนสัตว์ และยังสอดคล้องกับ Dhont et al. (2013) ที่รายงานว่าความสม่ำเสมอของการจัดการอาหารมีผลโดยตรงต่ออัตราการรอดและการใช้ประโยชน์อาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ การให้อาหารด้วยเครื่องให้อาหารแบบอัตโนมัติให้ผลผลิตต่อลิตรและผลผลิตรวมสูงกว่าการใช้แรงงานคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการอาหารที่มีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มผลผลิตและลดการสูญเสียได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ FAO (2018) ที่สนับสนุนการนำเทคโนโลยีอัตโนมัติมาใช้ในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความยั่งยืน

ไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลาทั้ง 2 รูปแบบมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนซึ่งมีค่า 61.201-62.264% สูงกว่าการรายงานของ Plodsomboon and Sanoamuang (2023) รายงานการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella vulgaris*) มีโปรตีนอยู่ที่ 54.14 % แต่น้อยกว่ารายงานของ Dararat et al. (2012) รายงานว่าไรน้ำนางฟ้าไทยมีโปรตีน 64.65 ± 0.66 % และรายงานของจามรี และคณะ (2559) พบว่าไรน้ำนางฟ้าไทยมีโปรตีนสูงถึง 75.24 ± 1.54 % แต่ทั้งนี้ระดับโปรตีนดังกล่าวทำให้ไรน้ำนางฟ้าไทยมีศักยภาพใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อนและปลาสวยงาม เนื่องจากมีความต้องการโปรตีนสูงเพื่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาระบบอวัยวะต่าง ๆ (Siddik et al., 2021; Ng et al., 2023) นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบปริมาณไขมันของไรน้ำนางฟ้าไทย 3.130-3.276% ซึ่งสอดคล้องกับ Plodsomboon and Sanoamuang. (2023) รายงานการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วย *Pediastrum boryanum* และ *Chlorella vulgaris* มีปริมาณไขมันเท่ากับ 3.21-3.56 % น้อยกว่ารายงานของ Dararat et al. (2012) มีปริมาณไขมัน 7.57 ± 0.26% และจามรี และคณะ (2559) พบว่าไรน้ำนางฟ้าไทยมีปริมาณไขมัน 7.36±2.22% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเตรียมคลอเรลลาที่ใช้สูตรปุ๋ยและรูปแบบในการให้อาหารต่างกัน

ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์รวมเฉลี่ยของไรน้ำนางฟ้าไทยทั้ง 2 ชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 223.756 ± 21.011 - 224.112 ± 22.441 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Dararat et al. (2012) ที่เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เท่ากับ 254.41 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และสูงกว่าการรายงานของ Plodsomboon and Sanoamuang (2023) ที่ได้เลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella vulgaris*) ได้ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม เท่ากับ 200.53 ไมโครกรัม/กรัม

น้ำหนักแห้ง แต่น้อยกว่าการเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลาผง และ *Pediastrum boryanum* ให้ปริมาณแคโรทีนอยด์รวม เท่ากับ 380.19 และ 310.91 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไรน้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาผง สามารถสะสมแคโรทีนอยด์รวมได้ในปริมาณที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella vulgaris*) อาจเกิดจากการที่สาหร่ายคลอเรลลาผงมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมที่สูงกว่าสาหร่ายสด นอกจากนี้การสะสมแคโรทีนอยด์ในร่างกายขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของสัตว์น้ำ เช่น สัตว์น้ำในกลุ่ม Crustaceans จะมีความแตกต่างในกลไกการดูดซึมและการสะสมแคโรทีนอยด์จากอาหารต่างๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ที่ดูดซึมมาให้กลายเป็นรูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้ เช่น การสะสมแคโรทีนอยด์ในลำตัวเพื่อป้องกันแสงอัลตราไวโอเลต (UV) และเพิ่มความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่มีความเครียดสูง เช่น ความแห้งแล้งหรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำ (Su et al., 2018; López-Roa et al., 2020) ทั้งนี้ ไรน้ำนางฟ้าไทยมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ที่เข้าสู่ร่างกายและสะสมไว้ได้ดี ส่งผลให้ลำตัวมีสีที่เข้มขึ้น แม้ว่าความแตกต่างของสีนี้จะจำแนกได้ยากด้วยตาเปล่าก็ตาม

สรุป

การใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิต และอัตราการรอดตายสูงกว่าการให้อาหารด้วยแรงงานคน โดยสามารถเพิ่มความถี่การให้อาหารในเวลากลางคืนซึ่งคนไม่สามารถให้อาหารได้สะดวก นอกจากนี้ยังอาจใช้ทดแทนการใช้แรงงานคนได้อย่างสิ้นเชิง เนื่องจากเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสามารถกำหนดการให้อาหารได้หลายมื้อต่อวัน และควบคุมความถี่รวมทั้งปริมาตรอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ จึงสอดคล้องกับพฤติกรรมการกินแบบกรองอาหาร (filter feeding) ของไรน้ำนางฟ้าไทย และช่วยลดความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมตลอดช่วงการเลี้ยง รวมไปถึงองค์ประกอบคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแคโรทีนอยด์ของไรน้ำนางฟ้าไทยมีปริมาณสูงเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ ดังนั้นจากผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยเชิงพาณิชย์ได้อย่างเหมาะสม

การอนุญาตวิจัยในสัตว์

งานวิจัยนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ตามเอกสารเลขที่ NSRU-IACUC No. 202503

คำขอบคุณ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568

เอกสารอ้างอิง

จามรี เครือหงษ์, จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน และสุรภี ประชุมพล. 2559. ผลของระยะเวลาการเสริมคลอเรลลาต่อคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแคโรทนอยด์ของไรน้ำนางฟ้าไทยเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 10: 49-56.

จิตรา สิมาวัน, นิศาชล ฤาแก้วมา และโฆษิต ศรีภูธร. 2559. ผลของการใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยในอาหารต่อความเข้มของสีผิวปริมาณแคโรทีนอยด์รวมและการเจริญเติบโตของปลาทอง. แก่นเกษตร. 44: 682-687.

ธนบดี ปิ่นทศิริ, พีระพล คำหอม, สุรภี ประชุมพล, จอมสุดา ดวงวงษา และจามรี เครือหงษ์. 2567. การใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทย. แก่นเกษตร. 52: 856-869.

ธนบดี ปิ่นทศิริ, ชัยพิพัฒน์ ล่ำสัน, ธีรภัทร บุญมี และจามรี เครือหงษ์. 2568. ชีววิทยาการสืบพันธุ์บางประการของไรแดงสยามจากแหล่งน้ำธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 19: 30-41.

นุกูล แสงพันธุ์. 2548. การเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อการค้าในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

นุกูล แสงพันธุ์ และละออศรี เสนาะเมือง. 2552. ผลของความเข้มข้นของอาหารต่อการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของไรน้ำนางฟ้าไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 14: 19-28.

นุกูล แสงพันธุ์. 2558. คู่มือการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี, สุพรรณบุรี.

ละออศรี เสนาะเมือง, วิภาวี ไทเมืองพล, บรรเจิด สอนสุภาพ, สายรุ้ง สอนสุภาพ, โฆษิต ศรีภูธร และประภัทศร ดาบสีพาย. 2565. การจัดการและการถ่ายทอดความรู้ด้านการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดและไรน้ำนางฟ้าเพื่อการใช้ประโยชน์ในชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างยั่งยืน. รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ คิดประเสริฐ และชนัดดา เกษมโชติช่วง. 2554. เครื่องให้อาหารไรน้ำนางฟ้าแบบอัตโนมัติ. รายงานการวิจัยคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ชลบุรี.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Analytical Chemist. Washington DC.: Association of Official.

Britton, G., S. Liaaen-Jensen, and H. Pfander. 1995. Carotenoids. Volume 1A: Isolation and analysis. Birkhauser: Basel, Switzerland.

Chaoruangrit, L., P. Tapaneeyaworawong, S. Powtongsook, and L. Sanoamuang. 2018. Alternative microalgal diets for cultivation of the fairy shrimp *Branchinella thailandensis* (Branchiopoda: Anostraca). Aquaculture International. 26: 37–47.

Dararat, W., K. Lomthaisong, and L. Sanoamuang. 2012. Biochemical composition of three species of fairy shrimp (Branchiopoda: Anostraca) from Thailand. Journal of Crustacean Biology. 32: 81–87.

Dhont, J., K. Dierckens, J. G. Støttrup, and G. Van Stappen. 2013. Rotifers, Artemia and copepods as live feeds for fish larvae in aquaculture. P. 157–202. In: Advances in aquaculture hatchery technology. Woodhead Publishing.

FAO. 2018. The state of world fisheries and aquaculture. FAO, Rome.

Jindal, D., and P. Sharma. 2019. Drying techniques and nutritional retention of freshwater zooplankton. Aquaculture Nutrition. 25: 1135-1144.

Halver, J. 1972. Fish Nutrition. Academic Press, NY.

Kongkeaw, P., W. Rungpiboon, and K. Thammasiri. 2020. Effect of drying methods on nutritional quality of *Moina macrocopa*. Aquaculture Research. 51: 320-329.

Lavens, P., and P. Sorgeloos. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper No. 361, Rome.

Munson, B. R., D. F. Young, and T. H. Okiishi. 2006. Fundamentals of fluid mechanics. 5th Edition. Wiley.

Ng, W. K., N. Romano, and C. B. Koh. 2023. Nutrition and feeding of aquaculture species. Aquaculture Reports. 28: 101456.

Plodsomboon, S., and L. Sanoamuang. 2023. Effects of *Pediastrum boryanum* and dried chlorella as feeds on the growth performance and carotenoid content of the fairy shrimp *Branchinella thailandensis* (Branchiopoda, Anostraca). Tropical Natural History. 23: 73–81.

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

Siddik, M. A. B., J. Howieson, and R. Fotedar. 2021. Role of live feed in aquaculture: Nutritional perspectives. Aquaculture Research. 52: 1–15.

Sorgeloos, P., P. Dhert, and P. Candreva. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. Aquaculture. 200: 147–159.

Su, F., B. Huang, and J. Liu. 2018. The carotenoids of shrimps (Decapoda: Caridea and Dendrobranchiata) cultured in China. Journal of Crustacean Biology. 38: 523–530.