



วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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



การใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทย

The utilization of photosynthetic bacteria in Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) culture

ธนบดี ปิ่นทศิรี¹, พีระพล คำหอม¹, สุรณี ประชุมพล¹, จอมสุตา ดวงวงษา² และ จามรี เครือหงษ์^{1*}

Thanabodee Pintasiri¹, Pheeraphol Khamhom¹, Surapee Prachumpon¹, Jomsuda Duangwongsa² and Jamree Khrueahong^{1*}

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

¹ Department of Agricultural Technology, 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 Resource, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 502901

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทย ประกอบด้วย 2 การทดลอง วัตถุประสงค์ คือ 1) ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (PSB) 2) ศึกษาการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วย PSB 3) ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วย PSB การทดลองที่ 1 การเจริญเติบโตของ PSB โดยใช้ไข่ไก่ ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิลิตรต่อลิตร เมื่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าการใช้ไข่ไก่ 5 ความเข้มข้นที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุด ได้แก่ 45, 50, 25, 10 และ 5 มิลลิลิตรต่อลิตร ตามลำดับ จึงนำผลดังกล่าวไปทำการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกับสาหร่ายคลอเรลลา (ชุดควบคุม) พบว่าการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลาให้การเจริญเติบโตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับไร่น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วย PSB แต่อัตราการรอดตายและผลผลิตของไร่น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วย PSB ความเข้มข้น 25 มิลลิลิตรต่อลิตรสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น เมื่อคำนวณต้นทุนและผลตอบแทน พบว่า PSB ได้กำไรสุทธิสูงกว่าการเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลา การใช้ PSB ความเข้มข้นของไข่ไก่ 10 มิลลิลิตรต่อลิตร ทำให้กำไรและผลตอบแทนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยสามารถใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงเป็นอาหารทดแทนสาหร่ายคลอเรลลาได้

คำสำคัญ: ไร่น้ำนางฟ้าไทย; แบคทีเรียสังเคราะห์แสง; สาหร่ายคลอเรลลา

ABSTRACT: This research aimed to study the utilization of photosynthetic bacteria (PSB) for *Branchinella thailandensis* culture. The research had 2 experiments. The objectives were to: 1) study the growth of PSB, 2) study *B. thailandensis* culture by PSB, and 3) study the costs and returns of *B. thailandensis* culture by PSB. For the first experiment, the growth of PSB was measured using chicken egg concentrations of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, and 50 mL/L, for a period of 14 days. The result showed that the chicken eggs at 5 different concentrations showed the best growth curve at 45, 50, 25, 10, and 5 mL/L, respectively. Therefore, these results were used for the second experiment, comparing the growth of *B. thailandensis* with PSB and *Chlorella vulgaris* (control). It was found that *B. thailandensis* cultured by *Chlorella vulgaris* has a significantly ($P < 0.05$) higher growth rate than PSB. However, *B. thailandensis* cultured with PSB 25 mL/L had the highest survival rates and biomass statistically significant differences with other treatments ($P < 0.05$). The costs and returns found that using PB to feed *B. thailandensis* resulted in higher net profits than using *Chlorella vulgaris*, using 10 mL/L of

* Corresponding author: jamree.k@nsru.ac.th, Thanabodee.pi@nsru.ac.th

Received: date; April 17, 2024 Revised: date; June 19, 2024

Accepted: date; June 20, 2024 Published: date; September 24, 2024

PSB had the highest profits and return on investment. Therefore, it concluded that the utilization of PSB replacement with *Chlorella vulgaris* for *B. thailandensis* culture was possible.

Keywords: Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*); photosynthetic bacteria; *Chlorella vulgaris*

บทนำ

ไร่น้ำนางฟ้า (Fairy shrimp) เป็นสัตว์น้ำจืดจำพวกครัสเตเชียนเช่นเดียวกับกุ้ง แต่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้ม ลักษณะคล้ายไรทะเลหรืออาร์ทีเมีย ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำ ไร่น้ำนางฟ้าไทย เป็น 1 ใน 3 ชนิดที่ถูกค้นพบในประเทศไทย ซึ่งแตกต่างจากไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรและไร่น้ำนางฟ้าสยาม คือลำตัวมีสีส้มแดงตลอดทั้งตัวรวมถึงแพนหาง และมีขนาดใหญ่กว่าไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร (ละอองศรี และคณะ, 2565) ไร่น้ำนางฟ้าไทยนิยมเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์เนื่องจากใช้ระยะเวลาการเลี้ยงน้อยกว่าไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร จากการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยหากมีอาหารที่เพียงพอและสม่ำเสมอ จะใช้ระยะเวลาเพียง 7 วันเข้าสู่ตัวเต็มวัยและสามารถผสมพันธุ์ได้ ปัจจุบันสามารถเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทย เพื่อเป็นอาหารมีชีวิตที่ใช้ในการอนุบาลและเลี้ยงสัตว์น้ำได้ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ไร่น้ำนางฟ้าไทยมีโปรตีนสูงถึง 66-77 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.08-9.48 เปอร์เซ็นต์ (จามรี และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังพบกรดอะมิโนจำเป็นที่มีความต้องการของสัตว์น้ำ ซึ่งไร่น้ำนางฟ้าไทย พบกรดอะมิโน 784.92 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีสารแคโรทีนอยด์สูงถึง 254.41 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Dararat et al., 2012) ช่วยในการเร่งสีปลาสวยงาม เช่นเดียวกับจามรี และคณะ (2560) รายงานว่าไร่น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนจากน้ำทิ้งบ่อปลา มีกรดอะมิโนรวมและกรดอะมิโนจำเป็นสูงถึง 779.10 และ 541.09 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว คือ มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีสารเร่งสี จึงนำไร่น้ำนางฟ้าไทย เพื่อเลี้ยงปลาสวยงามได้แก่ ปลาทอง ปลาหมอสี ปลาการ์ฟ เป็นต้น (นุกูล และคณะ, 2549; วิกิจ และคณะ, 2552; จิตรา และคณะ, 2559; จงดี และคณะ, 2560) ส่วนสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ได้แก่ ปลาตะปอม ปลานิล ปลากระพงขาว กุ้งก้ามกราม เป็นต้น การเลี้ยงด้วย ไร่น้ำนางฟ้าทำให้สัตว์น้ำเหล่านี้เจริญเติบโตได้ดี (วิกิจ และคณะ, 2552; จามรี และคณะ, 2562, จามรี และคณะ, 2565)

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าจำเป็นต้องมีอาหาร คือ สาหร่ายคลอเรลลา ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดียว แต่ในการเพาะขยายสาหร่ายคลอเรลลานั้นใช้ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยนา (16-20-0) ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) กากผลุขรส (อามิ-อามิ) กากน้ำตาล น้ำกากส่าเหล้าสาเบียร์ รำละเอียด ยีสต์ขนมปัง กากถั่วเหลือง มูลสัตว์ต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อเพาะขยายสาหร่ายคลอเรลลา (ศิพร และและบานเย็น, 2548; สุธิรา, 2553; จีรศักดิ์, 2551; ธนบดี และคณะ, 2566; Rottmann et al., 2003) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้สาหร่ายคลอเรลลาเจริญเติบโตได้ดี คือ แสง อุณหภูมิ สภาพแวดล้อม สารอาหาร เป็นต้น (ลัดดา, 2542; Chittra and Benjamas, 2010) และในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการผลิต มีการสร้างบ่อเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูง แต่สำหรับแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสามารถเพาะเลี้ยงได้ในขวดพลาสติกเท่านั้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตแบคทีเรียสังเคราะห์แสงน้อยกว่าการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

มีรายงานการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการเพาะเลี้ยงไรแดงเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (มัสสุรา, และคณะ 2562) เนื่องจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสามารถขยายได้ง่าย เพียงใช้โปรตีนเป็นอาหารของเชื้อโดยใช้ขี้สควมให้เข้ากันทั้งไข่แดงและไข่ขาวเท่านั้น (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566) อีกทั้งยังพบโปรตีนสูงถึง 45-65 เปอร์เซ็นต์ (Sasikala and Ramana, 1995; Yang et al., 2017) ในขณะที่ Saejung and Thammaratana (2016) รายงานว่า แบคทีเรียสังเคราะห์แสงมีโปรตีน 40-60 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนจำเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Kuo et al. (2012) และ Meng et al. (2018) รายงานว่าแบคทีเรียสังเคราะห์แสงมีสารแคโรทีนอยด์ 0.024-0.25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงถูกนำมาใช้ในอาหารเพื่อเร่งสีปลากะพงขาว (ศิริลักษณ์, 2531) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Saejung et al. (2018) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกับคลอเรลลา โดยการนำเอาแบคทีเรียสังเคราะห์แสงไปบดให้แห้งเป็นผงแล้วนำไปให้เป็นอาหารไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร พบว่าไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรมีอัตราการรอดตายและสามารถเจริญเติบโตได้ดีเช่นเดียวกับคลอเรลลา นอกจากนี้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรท ในน้ำมีปริมาณน้อย ทำให้คุณภาพน้ำเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า แต่ยังไม่พบการรายงานการเลี้ยง

โรน่านางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงแบบมีชีวิต จากคุณสมบัติของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงนอกจากมีโปรตีนสูง มีสารแคโรทีนอยด์ช่วยในการเร่งสีสัตว์น้ำ แล้วยังช่วยในเรื่องของคุณภาพน้ำอีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design; CRD) โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic bacteria; PSB) แบ่งออกเป็น 10 ชุดการทดลอง โดยใช้ไข่ไก่ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (PSB5, PSB10, PSB15, PSB20, PSB25, PSB30, PSB35, PSB40, PSB45, PSB50) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ทดลองในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง จากการทดลองที่ 1 เลือกกลุ่มที่เจริญเติบโตดี 5 อันดับแรก มาเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ สาหร่ายคลอเรลลา แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ทดลองในกะละมังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 20 ลิตร จากนั้นนำผลผลิตมาหาต้นทุน และผลตอบแทนการเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงต่อไป

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

นำขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร มาล้างทำความสะอาดและปล่อยให้แห้ง ใส่หัวเชื้อแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ในปริมาตร 200 มิลลิกรัม (จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการประมงน้ำจืดพิจิตร) ใส่ไข่ไก่โดยใช้ทั้งไข่ขาวและไข่แดงดีให้ละเอียดและใส่ตามชุดการทดลองที่กำหนด ใส่ไข่ปลาให้ครบปริมาณ 1 ลิตร เขย่าให้เข้าด้วยกัน และนำไปตากแดดหรือกลางแจ้งจนครบ 14 วัน โดยทุก ๆ วัน ในเวลา 13.00 น. จะวัดค่าความทึบแสง (Optical Density; OD) ที่ความยาวคลื่นแสง 660 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (Mohammad, 2019)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

การเตรียมการทดลอง

การเพาะสาหร่ายคลอเรลลา โดยเตรียมบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร เติมน้ำลงไปให้ได้ระดับ 20 เซนติเมตร (ปริมาตร 157 ลิตร) ทำการละลายสูตรอาหาร โดยใช้สูตรอาหารของอนุกุล (2558) ประกอบด้วยยูเรีย 46-0-0 30 กรัม ปุ๋ย 16-20-0 15 กรัม รำ 50 กรัม ปูนขาว 9 กรัม ลงในบ่อที่เตรียมไว้กรองหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลา 30 ลิตร นำหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลามาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการประมงน้ำจืดอุทัยธานี คนทุกวันอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง และเติมอากาศตลอดเวลาเพื่อเพิ่มการหมุนเวียนของน้ำ จนกระทั่งสาหร่ายคลอเรลลามีอายุประมาณ 4 วัน จึงกรองด้วยผ้าขนาดตา 60 ไมโครเมตร (ธนบดี และชนกันต์, 2561) ก่อนนำมาเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทย โดยเตรียมสาหร่ายคลอเรลลาให้เพียงพอสำหรับการเลี้ยงโรน่านางฟ้าไทยตลอดระยะเวลาที่ทดลอง

การเตรียมแบคทีเรียสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยเลือก 5 ลำดับแรกที่มีผลการเจริญเติบโตดี โดยใช้ค่า OD สูงที่สุดและมีแนวโน้มการเจริญเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่มาดำเนินการต่อในการทดลองที่ 2

การเตรียมโรน่านางฟ้า

นำไข่โรน่านางฟ้าไทยจากโรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปริมาณ 2 กรัม ใส่ในกะละมังสำหรับฟักไข่ เติมน้ำสะอาดที่ปราศจากคลอรีนลงไปประมาณ 3-4 เซนติเมตร ปล่อยให้ประมาณ 24 ชั่วโมง ไข่โรน่านางฟ้าไทยจะเริ่มทยอยฟักออกเป็นตัวและจะฟักออกเป็นตัวหมดภายใน 48 ชั่วโมง ใช้แผ่นพลาสติกปิดให้พอมืดแสงเล็กน้อย เนื่องจากโรน่านางฟ้าไทยวัยอ่อนจะชอบมาเล่นแสง ดูดออกโดยใช้สายยางดูดตัวอ่อนของโรน่านางฟ้าไทยออกจากกะละมังที่ฟัก ใส่ในกะละมังสำหรับอนุบาลขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 50 ลิตร อนุบาลไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลา ปริมาณ 100 มิลลิลิตรต่อวัน ให้อาหารวันละ 2 มื้อ ๆ ละ 50 มิลลิลิตร จนไร่น้ำนางฟ้าไทยอายุ 5 วันจึงเริ่มการทดลอง

วิธีการทดลอง

เติมน้ำใส่กะละมังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ใส่ น้ำสูง 16 เซนติเมตร จะได้ปริมาตรน้ำ 20 ลิตร จำนวน 18 กะละมัง สุ่มนับไร่น้ำนางฟ้าไทย จำนวน 30 ตัวต่อลิตร ใช้ไร่น้ำนางฟ้าไทย 600 ตัวต่อกะละมัง วัดความยาวและชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของไร่น้ำนางฟ้าไทย เท่ากับ 0.70 เซนติเมตรต่อตัว และ 0.07 กรัมต่อตัว ตามลำดับ การให้อาหารตามชุดการทดลอง ปริมาตร 100 มิลลิลิตรต่อวัน โดยแบ่งออกเป็น 2 มื้อ ๆ ละ 50 มิลลิลิตร เวลา 08.30 และ 17.00 น. เลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าเป็นเวลา 10 วัน (ไร่น้ำนางฟ้าอายุ 15 วัน)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ในทุกวันเวลา 8.00 น. วิเคราะห์คุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) แอมโมเนียไนโตรเจนรวม (total ammonia nitrogen) ตามวิธีการของ APHA (1992) จากนั้นเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการเก็บผลผลิตไร่น้ำนางฟ้าไทยโดยใช้กระชอนกรองเอาเฉพาะตัว ชักด้วยผ้าชุบน้ำบิดให้หมาดก่อน วัดความยาวและชั่งน้ำหนักทุกตัว ทุกชุดการทดลอง นับจำนวนตัวไร่น้ำนางฟ้าไทยที่เหลือ เพื่อหาอัตราการรอดตาย หาค่าเฉลี่ยความยาวและน้ำหนักของทุกชุดการทดลอง แล้วนำมาคำนวณหาเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ดังต่อไปนี้

ความยาวเฉลี่ย (average length; cm/ind)

= ความยาวของไร่น้ำนางฟ้ารวมทั้งหมด/จำนวนตัว

น้ำหนักเฉลี่ย (average weight; g/ind)

= น้ำหนักของไร่น้ำนางฟ้ารวมทั้งหมด/จำนวนตัว

ความยาวเพิ่ม (length gain; cm/ind)

= ความยาวของไร่น้ำนางฟ้าไทยสุดท้าย - ความยาวของไร่น้ำนางฟ้าไทยเริ่มต้น

น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain; g/ind)

= น้ำหนักตัวของไร่น้ำนางฟ้าไทยสุดท้าย - น้ำหนักตัวของไร่น้ำนางฟ้าไทยเริ่มต้น

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; %/day)

$$= \frac{\ln \text{ น้ำหนักไร่น้ำนางฟ้าเฉลี่ยสุดท้าย} - \ln \text{ น้ำหนักไร่น้ำนางฟ้าไทยเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100 \text{ (เปอร์เซ็นต์)}$$

อัตราการรอดตาย (survival rate; %)

$$= \frac{\text{จำนวนไร่น้ำนางฟ้าไทยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนไร่น้ำนางฟ้าเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}} \times 100 \text{ (เปอร์เซ็นต์)}$$

ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ใช้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ตามวิธีของ สมศักดิ์ (2530) และ Kay (1986) ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่

ต้นทุนผันแปร = ค่าอาหาร + ค่าใช้ไร่น้ำนางฟ้า + ค่าจ้างแรงงาน + ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน

ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ + ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน

ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน = ค่าเสียโอกาสในการนำเงินทุนไปประกอบกิจการอื่น ๆ โดยคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 1.8 บาท ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2565

ค่าเสื่อมราคา = มูลค่าซื้อหรือสร้าง/อายุการใช้งาน

ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์คิดค่าเสื่อมราคาแบบวิธีเส้นตรง (straight-line depreciation method) โดยกำหนดให้มูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งานตามประเภทเครื่องมืออุปกรณ์

รายได้ทั้งหมด = จำนวนผลผลิต (กรัม) x ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ (บาท)

รายได้สุทธิ = รายได้ทั้งหมด-ต้นทุนผันแปร

กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมด-ต้นทุนทั้งหมด

ผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์) = (รายได้สุทธิX100)/ ต้นทุนทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลในแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงวัดโดยใช้ค่า OD เมื่อขยายด้วยไขไก่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิลิตรต่อลิตร เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเจริญเติบโตสูงขึ้น แต่ใช้ไขไก่ความเข้มข้น 45 มิลลิลิตรต่อลิตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 50, 25, 10 และ 5 มิลลิลิตรต่อลิตร ตามลำดับ (Figure 1) จึงได้เลือก PBS 5 ความเข้มข้นนี้ไปใช้ในการเลี้ยงไร่นางฟ้าไทยในการทดลองที่ 2

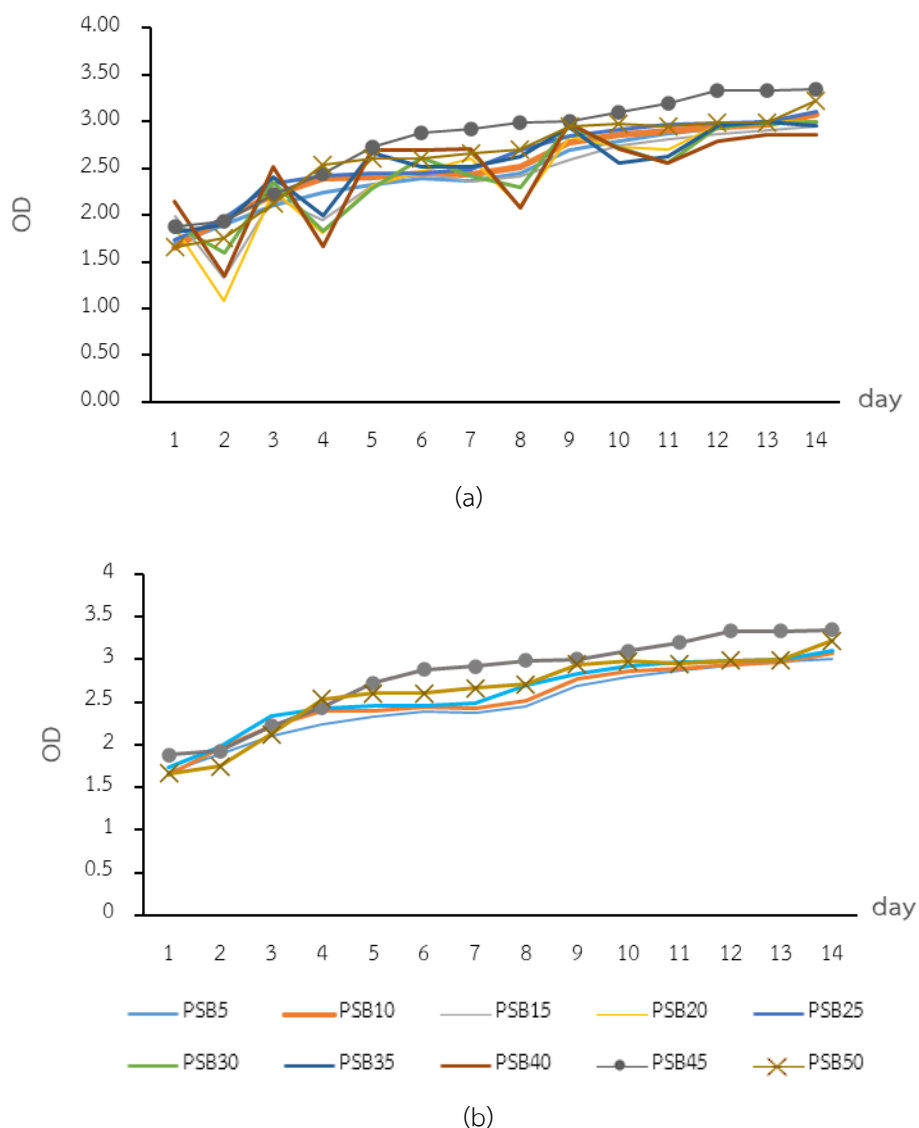


Figure 1 Growth curve of photosynthetic bacteria (a) all treatments (b) top 5 best groups

ศึกษาการเลี้ยงไร่นางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

การเจริญเติบโตทั้งความยาวและน้ำหนักของไร่นางฟ้าไทยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลา (ชุดควบคุม) ให้การเจริญเติบโตด้านความยาวสุดท้าย น้ำหนักสุดท้าย ความยาวเพิ่ม น้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไร่นางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ส่วนอัตราการรอดตายของไร่นางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่ใช้ไข่ไก่ 25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีค่าสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ($P < 0.05$) จึงส่งผลให้ผลผลิตของไร่นางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่ใช้ไข่ไก่ 25 มิลลิลิตรต่อลิตร สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 1; Figure 2)

Table 1 Growth rate, Biomass, and Survival rate of Thai fairy shrimp cultured for 10 days (age 15 days)

Parameter	Treatment						P-value
	Control	PSB5	PSB10	PSB25	PSB45	PSB50	
Initial average length (cm/ind)	0.70±	0.70±	0.70±	0.70±	0.70±	0.70±	0.124
Final average length (cm/ind)	1.93±	1.68±	1.70±	1.88±	1.74±	1.71±	0.001
Length gain (cm/ind)	0.001 ^a	0.001 ^f	0.001 ^e	0.001 ^b	0.003 ^c	0.001 ^d	0.001
Initial average weight (g/ind)	0.070±	0.070±	0.070±	0.070±	0.070±	0.070±	0.112
Final average weight (g/ind)	0.126±	0.103±	0.111±	0.123±	0.111±	0.111±	0.001
Weight gain (g/ind)	0.001 ^a	0.000 ^d	0.000 ^c	0.000 ^b	0.000 ^c	0.000 ^c	0.001
Specific growth rate (%/day)	0.055±	0.033±	0.041±	0.053±	0.041±	0.041±	0.001
	0.001 ^a	0.001 ^d	0.001 ^c	0.001 ^b	0.001 ^c	0.001 ^c	0.001
Biomass (g)	0.373±	0.220±	0.273±	0.353±	0.273±	0.273±	0.001
	0.003 ^a	0.000 ^d	0.003 ^c	0.003 ^b	0.003 ^c	0.003 ^c	0.001
Biomass/L (g)	52.20±	38.37±	52.23±	53.03±	45.43±	44.37±	0.001
	0.057 ^b	0.033 ^e	0.088 ^b	0.033 ^a	0.033 ^c	0.088 ^d	0.001
Survival rate (%)	2.61±	1.92±	2.16±	2.65±	2.27±	2.22±	0.001
	0.015 ^a	0.034 ^c	0.068 ^b	0.032 ^a	0.013 ^b	0.010 ^b	0.000
	69.20±	62.30±	64.70±	71.70±	68.10±	66.40±	0.000
	0.11 ^b	1.06 ^e	2.12 ^d	0.67 ^a	0.48 ^{bc}	0.48 ^{cd}	

Note: Values are mean±SD. Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05)

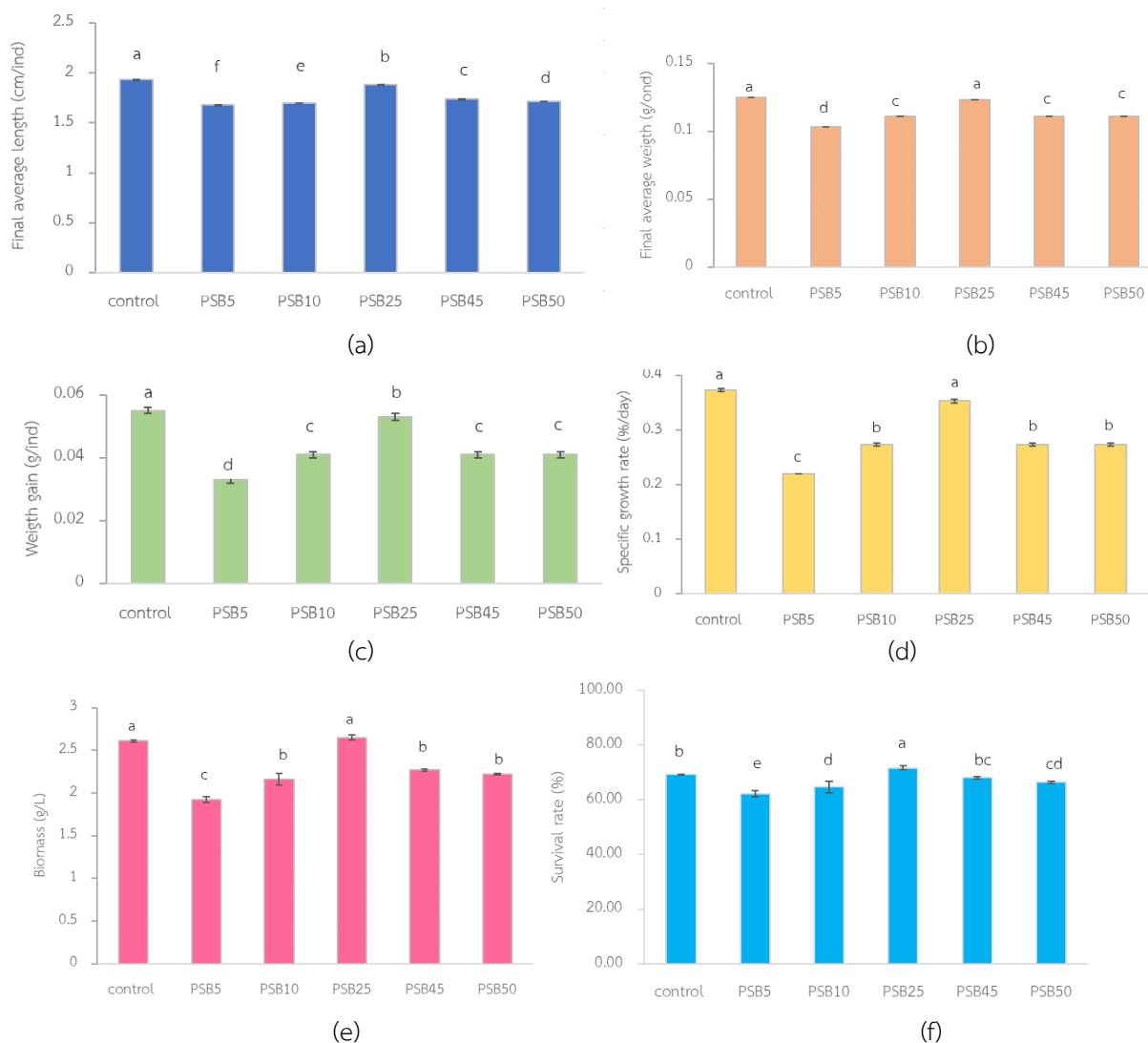


Figure 2 Final average length (a), Final average weight (b), Weight gain (c), Specific growth rate (d) Biomass (e), and Survival rate (f) of Thai fairy shrimp

ส่วนคุณภาพน้ำพบว่ามีความใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลองโดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยค่าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26.00 ± 0.83 - 28.00 ± 0.41 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 1.80 ± 0.63 - 2.20 ± 0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.55 ± 0.47 - 8.46 ± 0.54 และค่าแอมโมเนียไนโตรเจนรวมอยู่ระหว่าง 0.50 ± 0.29 - 1.20 ± 0.77 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table2)

Table 2 Water quality parameters in basin of Thai fairy shrimp experiment

Water quality	Treatment						P-value
	Control	PSB5	PSB10	PSB25	PSB45	PSB50	
Temperature (°C)	26.00±0.83	28.00±0.41	27.00±0.15	27.00±0.22	27.00±0.38	26.00±0.88	0.154
Dissolved oxygen (mg/l)	1.80±0.63	1.90±0.42	2.00 ±0.98	1.90±0.62	1.90±0.88	2.20±0.55	0.223
pH	8.46±0.54	7.83±0.69	8.39±0.82	8.40±0.77	7.60±0.59	7.55±0.47	0.173
Tatal amonia nitrogen (mg/l)	0.50±0.29	0.80±0.51	0.80±0.66	1.00±0.74	1.00±0.69	1.20±0.77	0.129

ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

ต้นทุนการผลิตไร่น้ำนางฟ้าไทยต่อ 1 กระละมัง (20 ลิตร) มีต้นทุนผันแปรได้แก่ ค่าใช้ไร่น้ำนางฟ้าคิดเป็น 1,000 ฟอง 0.3 บาท (อ้างอิงจากเว็บไซต์ขายออนไลน์ 1 กรัม 120 บาท มีประมาณ 400,000 ฟอง) น้ำเลี้ยงจากประปาส่วนภูมิภาค 1 ลิตร เท่ากับ 0.01 บาท ใช้ทั้งหมด 20 ลิตร จึงเท่ากับ 0.20 บาท ค่าเสียโอกาสในการลงทุนเมื่อฝากธนาคาร 1.8 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ค่าสาหร่ายคลอเรลลาขาย 150 ลิตร ประกอบด้วย หัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลา 20 ลิตร ลิตรละ 50 บาท ปุ๋ย 46-0-0 กิโลกรัมละ 35 บาท ใช้ 30 กรัม เท่ากับ 1.05 บาท ปุ๋ยนา 18-20-0 กิโลกรัมละ 30 กรัม ใช้ 15 กรัม เท่ากับ 0.45 บาท รำละเอียดกิโลกรัมละ 20 บาท ใช้ 15 กรัม คิดเป็น 0.30 บาท ปูนขาวกิโลกรัมละ 15 บาท ใช้ 9 กรัม คิดเป็น 0.14 บาท น้ำ 130 ลิตร คิดเป็น 1.30 บาท รวมต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 1,003.24 บาท ดังนั้น ต้นทุนในการขยายสาหร่ายคลอเรลลาเท่ากับ 6.69 กรัมต่อลิตร ส่วนหัวเชื้อแบคทีเรียสังเคราะห์แสง 200 มิลลิลิตร เท่ากับ 4 บาท ใช้ไป 1 ฟอง เหลือ 40 มิลลิลิตร ราคา 4 บาท หากมีหัวเชื้อแบคทีเรียสังเคราะห์แสงจะทำให้ลดต้นทุนไปอีก จำนวนต้นทุนผันแปร เท่ากับ 7.32, 5.09, 5.60, 7.13, 9.16 และ 9.67 บาท เมื่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าด้วยสาหร่ายคลอเรลลา และแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่ขยายใช้ไป 5, 10, 25, 45 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมกะละมังคิด 20 บาทใช้งานได้ 5 ปี ค่าเสียโอกาสในการลงทุนเมื่อฝากธนาคารคิดเป็น 1.8 เปอร์เซ็นต์ต่อปี จึงคิดต้นทุนคงที่เท่ากับ 0.13 บาทในทุกชุดการทดลอง เมื่อคำนวณต้นทุนต่อกะละมังทดลองเท่ากับ 7.45, 5.22, 5.73, 7.26, 9.29 และ 9.80 บาทตามลำดับ (Table 3) เมื่อคำนวณรายได้จากผลผลิตไร่น้ำนางฟ้าไทยโดยขายกิโลกรัมละ 400 บาท ได้เท่ากับ 20.88, 15.36, 20.88, 21.20, 18.16 และ 17.76 บาท มีกำไรสุทธิเท่ากับ 13.43, 10.14, 15.15, 13.94, 8.87 และ 7.96 บาท ผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 182.01, 196.74, 266.67, 193.80, 96.88 และ 82.55 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลา และแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่ขยายด้วยใช้ไปปริมาตร 5, 10, 25, 45 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้ในการคำนวณดังกล่าวไม่ได้คิดค่าแรง จะเห็นได้ว่าการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยให้กำไรสูงกว่าเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลา เมื่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงขยายด้วยใช้ไปปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีผลกำไรสูงและผลตอบแทนสูงสุด รองลงมา คือ การเลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงขยายด้วยใช้ไปปริมาตร 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ

Table 3 Cost and return on investment of of *B. thailandensis* culture by photosynthetic bacteria

Total cost (Baht/ Basin)	Treatment					
	control	PSB5	PSB10	PSB25	PSB45	PSB50
Variable cost						
Egg of fairy shrimp	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Water	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
<i>Chlorella vulgaris</i>	6.69	-	-	-	-	-
PSB	-	4.50	5.00	6.50	8.50	9.00
Opportunity cost	0.13	0.09	0.1	0.13	0.16	0.17
Total variable cost	7.32	5.09	5.6	7.13	9.16	9.67
Fixed cost						
Depreciation of basin	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Opportunity cost	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Total fix cost	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Total cost	7.45	5.22	5.73	7.26	9.29	9.80
Biomass (g)	52.20± 0.057 ^b	38.37± 0.033 ^e	52.23± 0.088 ^b	53.03± 0.033 ^a	45.43± 0.033 ^c	44.37± 0.088 ^d
Gross income (baht)	20.88± 0.02 ^b	15.35± 0.01 ^e	20.89± 0.04 ^b	21.21± 0.01 ^a	18.17± 0.01 ^c	17.75± 0.04 ^d
Net income (baht)	13.56± 0.02 ^c	10.27± 0.02 ^d	15.28± 0.04 ^a	14.07± 0.02 ^b	9.00± 0.02 ^e	8.09± 0.04 ^f
Profit (baht)	13.43± 0.02^c	10.14± 0.02^d	15.15± 0.04^a	13.94± 0.02^b	8.87± 0.02^e	7.96± 0.04^f
Return on Investment (%)	182.01± 0.31^c	196.74± 0.26^d	266.67± 0.61^a	193.80± 0.18^b	96.88± 0.14^e	82.55± 0.36^f

Note: Values are means±S.D. in the same low with different superscripts significantly different (P<0.05)

วิจารณ์

จากศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงเมื่อขยายด้วยไขไก่ โดยวัดจากค่า OD มีแนวโน้มการเจริญเติบโตสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงได้รับสารอาหารจากไขไก่ ตามรายงานของ Stefanova et al. (2021) พบโปรตีนจากไข่ขาวสูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Patthawaro et al. (2020) ได้ขยายแบคทีเรียสังเคราะห์แสงจากของเสียโรงงานน้ำตาล สามารถทำให้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงเจริญเติบโตได้ดี และจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบโปรตีนสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปทดลองเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร Saejung et al. (2018) พบว่าไร่น้ำสิรินธรเลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงอายุ 5 วัน มีอัตราการรอดตายสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และมีการเจริญเติบโตด้านความยาวสูงกว่าการใช้สาหร่ายคลอเรลลาเมื่อไร่น้ำนางฟ้าสิรินธราายุ 30 วัน แต่มีอัตราการรอดตายเหลือเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากงานวิจัยนี้พบอัตราการรอดตายของไร่น้ำนางฟ้าไทย เมื่อเลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสูงถึง 71.7 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง วิธีการเลี้ยงและชนิดของไร่น้ำนางฟ้าแตกต่างกัน

ส่วนคุณภาพน้ำมีค่าใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลองและอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงโรน้านางฟ้าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26.00-28.00 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.55-8.46 และแอมโมเนียไนโตรเจนรวมอยู่ระหว่าง 0.50-1.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับสอดคล้องกับนกุล และคณะ (2549) กล่าวว่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมในน้ำไม่ควรเกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงความเข้มข้นสูงขึ้น ทั้งนี้ไข่ไก่มีส่วนประกอบของโปรตีนสูง เมื่อโรน้านางฟ้ากินแบคทีเรียสังเคราะห์แสงเข้าไป มีการขับถ่ายของเสียออกมา จึงทำให้มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมสูงขึ้นตามความเข้มข้นของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ทั้งนี้ในการทดลองดังกล่าวมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าปกติเพราะไม่มีการให้อากาศในกะละมังทดลอง แต่ได้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในทุกวันจึงทำให้ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของโรน้านางฟ้าไทย

การเลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยเมื่อเลี้ยงด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในงานวิจัยนี้ให้ผลผลิตสูงถึง 2.65 กรัมต่อลิตร หรือ 2.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งให้ผลผลิตมากกว่า การรายงานของ จามรี และคณะ (2559) เลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยด้วยจุลินทรีย์ EM ร่วมกับยีสต์มีชีวิต ที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร ให้ผลผลิต 1.55 ± 0.04 กรัมต่อลิตร (คิดเป็น 1.55 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) แต่น้อยกว่ารายงานของ โฆษิต และ ละออศรี (2550) เลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยด้วยสาหร่ายคลอเรลลา ยีสต์และน้ำหมักชีวภาพที่พบผลผลิตตัวเฉลี่ยสูงสุด 3.204 ± 0.435 กรัมต่อลิตร (คิดเป็น 3.204 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เมื่อเลี้ยงด้วยความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร และให้น้ำหมักชีวภาพ 1 มิลลิตรต่อลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอาหารที่ให้และวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ นกุล และคณะ (2549) ที่รายงานว่า สามารถผลิตโรน้านางฟ้าได้ 1,538.0 - 2,021.8 กรัมต่อปริมาตรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนต้นทุนและผลตอบแทนการลงทุนพบว่าการเลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าใช้สาหร่ายคลอเรลลาทั้งนี้เนื่องจากการขยายแบคทีเรียสังเคราะห์แสงนี้ใช้เพียงไข่ไก่ที่มีราคาถูกกว่าปุ๋ยเคมี ที่ต้องใช้ในการขยายสาหร่ายคลอเรลลา ต้นทุนการใช้ไข่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อนำมาคำนวณผลตอบแทนการลงทุน พบว่า การใช้ไข่ไก่ 10 มิลลิตรต่อการขยายแบคทีเรียสังเคราะห์แสง 1 ลิตรให้ผลตอบแทนการลงทุนสูงสุด 266.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลตอบแทนการลงทุนดังกล่าวสูงกว่ารายงานของจามรี และคณะ (2558) เลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยด้วยยีสต์มีชีวิตมีผลตอบแทนการลงทุนเพียง 92.07 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการขยายยีสต์มีชีวิตมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการขยายแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

สรุป

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงขยายโดยใช้ไข่ไก่ 45 มิลลิตรต่อลิตรมีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ รองลงมาคือ 50, 25, 10 และ 5 มิลลิตรต่อลิตร ตามลำดับ นำไปเลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยสามารถเจริญเติบโตได้ดีและมีอัตราการรอดตายสูง เมื่อนำมาคำนวณต้นทุนและผลตอบแทน การใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงขยายโดยใช้ไข่ไก่ 10 มิลลิตรต่อลิตร ได้กำไรและผลตอบแทนสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงขยายโดยใช้ไข่ไก่ทดแทนสาหร่ายคลอเรลลาในการเลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยได้ ซึ่งสามารถใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงขยายโดยใช้ไข่ไก่ 10 มิลลิตรต่อลิตร จะทำให้ผลิตโรน้านางฟ้าไทยได้กำไรและผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงโรน้านางฟ้าไทยให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

การอนุญาตวิจัยในสัตว์

งานวิจัยนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ตามเอกสารเลขที่ NSRU-IACUC No. 202111

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพิจิตรสำหรับห้วยเชื้อแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการประมงน้ำจืดอุทัยธานีสำหรับห้วยเชื้อคลอเรลลา สาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทาวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- โฆษิต ศรีภูธร และละออศรี เสนาะเมือง. 2550. การเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยโดยใช้น้ำหมักชีวภาพและยีสต์เป็นอาหาร. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์. 6(ฉบับพิเศษ): 369-375.
- จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน, จามรี เครือหงษ์ และสุรภี ประชุมพล. 2560. ผลของการเสริมไร่น้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) ต่อการเจริญเติบโตและสีผิวของปลาทอง (*Carassius auratus*). วารสารเกษตรพระวรุณ. 14(1): 22-29.
- จามรี เครือหงษ์, จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน, สุรภี ประชุมพล และปริญญา พันบุญมา. 2558. ผลผลิตต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยยีสต์มีชีวิตร่วมกับจุลินทรีย์ EM. น. 107-114. ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านเศรษฐศาสตร์เกษตร เศรษฐศาสตร์ทรัพยากร เศรษฐศาสตร์อาหาร และธุรกิจเกษตร ครั้งที่ 4 ภูมิคุ้มกันของเกษตรกรและภาคการเกษตร ไทย 17 กรกฎาคม 2558, สงขลา.
- จามรี เครือหงษ์, จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน, สุรภี ประชุมพล และปริญญา พันบุญมา. 2559. การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยด้วยยีสต์มีชีวิตร่วมกับจุลินทรีย์ EM. วารสารแก่นเกษตร. 44(ฉบับพิเศษ): 636-642.
- จามรี เครือหงษ์, จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน และสุรภี ประชุมพล. 2559. ผลของระยะเวลาการเสริม คลอเรลลาต่อคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแคโรทีนอยด์ของไร่น้ำนางฟ้าไทยเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 10(1): 49-56.
- จามรี เครือหงษ์, จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน และสุรภี ประชุมพล. 2560. เปรียบเทียบกรดอะมิโนและกรดไขมันของไร่น้ำนางฟ้าไทยที่เลี้ยงด้วยน้ำบ่อปลาสาวยเสริมด้วยคลอเรลลา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 22(ฉบับพิเศษ): 386-399.
- จามรี เครือหงษ์, จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน, สุรภีประชุมพล, จิตาภา มงคลแสง, คงฤช ยิ้มเครือทอง และนางสาวลัทพรพรณ พรมกล้า. 2562. การใช้ไร่น้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลาทัพบก. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 1(1): 1-5.
- จามรี เครือหงษ์, สุรภี ประชุมพล และศิริภรณ์ โคตะมี. 2565. การทดแทนปลาป่นด้วยไร่น้ำนางฟ้าป่น (*Branchinella thailandensis*) ในอาหารสำหรับลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus*). น. 1-7. ใน: การประชุมระดับชาติทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการประชุมระดับชาติด้านงานประจำสัปดาห์วิจัย 17-18 พฤษภาคม 2565. คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี.
- จิตรา สิมาวัน, นิสาชล ฤแก้วมา และโฆษิต ศรีภูธร. 2559. ผลของการใช้ไร่น้ำนางฟ้าไทยในอาหารต่อความเข้มของสีผิวปริมาณแคโรทีนอยด์รวมและการเจริญเติบโตของปลาทอง. แก่นเกษตร. 44(ฉบับพิเศษ 1): 682-687.
- ธนบดี ปันทศิริ และชนกันต์ จิตมนัส. 2561. การนำจุลินทรีย์ (EM) มาประยุกต์ใช้การเพาะเลี้ยงไรแดง (*Moina macrocopa*). วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 19(3): 16-22.
- ธนบดี ปันทศิริ, อัญชิสา ปันชูศรี, สุรภี ประชุมพล, จอมสุตา ดวงวงษา และจามรี เครือหงษ์. 2566. ผลผลิตของไรแดง (*Moina macrocopa*) ที่เลี้ยงด้วยจุลินทรีย์ (EM) ในปริมาตรที่ต่างกัน. วารสารสัตวศาสตร์. 4(ฉบับพิเศษ 1): 748-754.
- ธนบดี ปันทศิริ, สุรภี ประชุมพล และจามรี เครือหงษ์. 2566. ชีวิตวิทยาของไรแดง (*Moina macrocopa*) จากแหล่งน้ำธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง. น. 2-8. ใน: การประชุมวิชาการสำหรับและเพลงท้องถิ่นแห่งชาติ ครั้งที่ 23-24 มีนาคม 2566. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- ธีรศักดิ์ สุนทรา. 2551. การใช้น้ำกากส่าในการเพาะเลี้ยงไรแดง. รายงานการวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- นุกุล แสงพันธ์ุ, โฆษิต ศรีภูธร และละออศรี เสนาะเมือง. 2549. ไร่น้ำนางฟ้า: จิวแต่แจ้ว. ศูนย์อนุรักษ์มรดกไทยประยุกต์ภาควิชาชีพวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- นุกุล แสงพันธ์ุ. 2558. คู่มือการเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี, สุพรรณบุรี.
- มีศุรา ละใบเดิน, ธวัชชัย งามศิริ และทินวุฒิ ล่องพริก. 2562. ผลของการใช้ไรแดงเสริมแบคทีเรียสังเคราะห์แสงต่อการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม. รายงานวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา.

- ละออศรี เสนาะเมือง, วิภาวี ไทเมืองพล, บรรเจิด สอนสุภาพ, สายรุ้ง สอนสุภาพ, โฆษิต ศรีภูธร และประภัทร ดาบสีพาย. 2565. การจัดการและการถ่ายทอดความรู้ด้านการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดและไร่น้ำนางฟ้าเพื่อการใช้ประโยชน์ในชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างยั่งยืน. รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพฯ.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. แพลงก์ตอนพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิกิจ ฝั้นรับ, ทศนภา ว่องสนั่นศิลป์ และดำรง โลหะลักษณ์เดช. 2552. การใช้ไร่น้ำนางฟ้าเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจในจังหวัดตรัง. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ตรัง.
- ศิพร หล้าสุวงษ์ และบานเย็น นวลศรี. 2548. การเพาะไรแดงโดยใช้กากน้ำตาล. เอกสารวิชาการเลขที่ 22/2548 ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครราชสีมา กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศิริลักษณ์ จารุสมบัติ. 2531. การใช้เซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสงในอาหารเพื่อเร่งสีผิวของปลาแพนซีคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*). ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม. โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.
- สุจิรา แสงงาม. 2553. การใช้ประโยชน์น้ำกากส่าในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและไรแดง. วิทยานิพนธ์ ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic bacteria : PSB). กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- APHA. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. Washington D.C. American Public Health Association, USA.
- Chittra, Y., and C. Benjamas. 2010. Effect of nitrogen, salt, and iron content in the growth medium and light intensity on lipid production by microalgae isolated from freshwater sources in Thailand. *Bioresource Technology*. 102: 3034-3040.
- 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(1): 81-87.
- Kay, R. D. 1986. Farm management : planning, control and implementation. Mc Grow Hill Book Co., Singapore.
- Kobayashi, M., and M. Kobayashi. 2000. Waste remediation and treatment using anoxygenic phototrophic bacteria. In: Blankenship, R. E., Madigan, M. T. and Bauer, C. E. (eds): *Anoxygenic Photosynthetic Bacteria*: 1269-1282.
- Kuo, F. S., Y. H. Chien, and C. J. Chen. 2012. Effects of light sources on growth and carotenoid content of photosynthetic bacteria *Rhodospseudomonas palustris*. *Bioresource Technology*. 113: 315-318.
- Meng, F., A. Yang, H. Wang, G. Zhang, X. Li, Y. Zhang, and Z. Zou. 2018. One-step treatment and resource recovery of high-concentration non-toxic organic wastewater by photosynthetic bacteria. *Bioresource Technology*. 251: 121-127.
- Mohammad, A. A. 2019. Optimizing of culture medium for photosynthetic bacteria (PSB). *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas In Education*. 5(4): 2395-4396.
- Patthawaro, S., K. Lomthaisong, and C. Saejung. 2020. Bioconversion of agro-industrial waste to value-added product lycopene by photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas faecalis* and its carotenoid composition. *Waste Biomass*. 11: 2375-2386.

- Rottmann, R. W., S. J. Graves, C. Watson, and R. P. E. Yanong. 2003. Culture Techniques of *Moina* sp. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Saejung, C., and T. Thammaratana. 2016. Biomass recovery during municipal wastewater treatment using photosynthetic bacteria and prospect of production of single cell protein for feedstuff. *Environmental Technology*. 37: 3055-3061.
- Saejung, C., A. Chaiyarat, and L. Sanoamuang. 2018. Effects of algae, yeast and photosynthetic bacteria diets on survival and growth performance in the fairy shrimp, *Streptocephalus sirindhornae* (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*. 91: 1505–1522.
- Saejung, C., and P. Salasook. 2018. Recycling of sugar industry wastewater for single-cell protein production with supplemental carotenoids. *Environmental Technology*. 41(1): 59-70.
- Sasikala, C., and C.V. Ramana. 1995. Biotechnological potentials of anoxygenic phototrophic bacteria. I. Production of single-cell protein, vitamins, ubiquinones, hormones, and enzymes and use in waste treatment. *Advances in Applied Microbiology*. 41: 173-226.
- Stefanova, I. L., A. Yu. Klimenkova, L. V. Shakhnazarova, and V. Mazo. 2021. Chicken egg white characteristics of its properties and the prospects for functional foods development. *Theory and Practice of Meat Processing*. 6(2): 163-173.
- Yang, A., G. Zhang, G. Yang, H. Wang, F. Meng, H. Wang, and M. Peng. 2017. Denitrification of aging biogas slurry from livestock farm by photosynthetic bacteria. *Bioresource Technology*. 232: 408-411.