

**ความถี่ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวน
ของคาลานอยด์โคพีพอด *Parvocalanus crassirostris*
The Optimal Harvesting Frequency for Production
on a Number of Calanoid Copepod *Parvocalanus crassirostris***

ดวงทิพย์ อุเงิน^{1*}, วรเทพ มุธุวรรณ¹, สรณัฐ โชติพิทักษ์², วิรชา เจริญดี¹,

วิไลวรรณ พวงสันเทียะ¹ และ พัชริดา รัตนวัฒนาพงษ์¹

Doungtip Ourgern^{1*}, Vorathep Muthuwan¹, Soranot Chotnipat², Wiracha Charoendee¹,

Wilaiwan Phuangsanthia¹ and Patcharida Rattanawattanapong¹

¹สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ประเทศไทย

²คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ประเทศไทย

¹Institute of Marine Science, Burapha University, Thailand

²Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Thailand

Received : 30 July 2025, Received in revised form : 10 October 2025, Accepted : 12 October 2025

Available online : 28 October 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : *Parvocalanus crassirostris* เป็นคาลานอยด์โคพีพอด (Calanoid copepod) มีขนาดเล็กที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยาและคุณค่าทางโภชนาการสูง มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับอนุบาลปลาทะเลสวยงาม วัยอ่อน โคพีพอดชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือ ระยะเวลาของชีวิตมีพัฒนาการเร็วและมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวที่จำเป็น (PUFAs) เช่น DHA และ EPA ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต การสร้างสี ในปริมาณมาก ส่งผลช่วยให้ลูกปลาที่ได้รับโคพีพอดชนิดนี้มีอัตราการรอดสูง และด้วยขนาดของระยะวัยอ่อนที่เล็ก จึงทำให้เป็นชนิดที่มีการนำมาใช้ในการอนุบาลปลาทะเลสวยงามตามแนวปะการังเลี้ยงยาก เช่น ปลาผีเสื้อ ปลาลิ้นสมุทและปลาที่มีปากขนาดเล็กอื่นๆ พบได้ทั่วไปในน่านน้ำเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน รวมถึงน่านน้ำในแถบฮาวายและน่านน้ำในประเทศไทย และเป็นชนิดที่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงเทคนิคการเพาะเลี้ยงและการเพิ่มผลผลิตทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและเชิงพาณิชย์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะมีศักยภาพสูงแต่การผลิต *P. crassirostris* อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพยังเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากต้องรักษาสมดุลระหว่างการเก็บเกี่ยวกับความคงตัวของประชากร งานวิจัยนี้ได้เน้นถึงความสำคัญของการหาช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวมากเกินไปและรักษาผลผลิตให้สูง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความถี่ในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่สุดของ *P. crassirostris* ในระยะวัยอ่อนและโคพีพอด เพื่อพัฒนาแนวทางสำหรับระบบการผลิตในระดับโรงเพาะฟักต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย : วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ประกอบด้วย ไม่เก็บเกี่ยวผลผลิต (ชุดควบคุม) เก็บเกี่ยวผลผลิตวันเว้นวัน เก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 3 วันครั้ง และเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 5 วันครั้ง

โดยเก็บเกี่ยวในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำในแต่ละตู้ทดลองต่อครั้ง ทำการทดลองในตู้กระจกความจุ 5 ลิตร จำนวน 12 ตู้ ละ 3 ซ้ำ โคพีพอดที่ใช้ในการทดลองได้มาจากโคพีพอดที่คัดแยกมาจากแนวชายฝั่งของสถานีวิจัยย่อยชะอำ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ม.บูรพา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ที่เลี้ยงในตู้ขนาด 100 ลิตร ใช้โคพีพอดที่ความหนาแน่นเริ่มต้น ($\pm$ SE) 1.99 ± 0.13 ตัวต่อมิลลิลิตร ให้แพลงก์ตอนพืช *Chaetoceros* sp. และ *Isocrysis galbana* ความหนาแน่นชนิดละ 75,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทุกวันละ 1 ครั้ง เลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง ที่ความเค็ม 28 ppt ให้แสงตลอดเวลา 24 ชั่วโมง การจัดการระหว่างการเลี้ยง โดยการดูดตะกอนก้นตู้และเปลี่ยนถ่าย 20 เปอร์เซ็นต์ ทุก 3 วัน และตรวจสอบจำนวนความหนาแน่นทุก 2 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างในตู้ทดลองจำนวน 49 มิลลิลิตร เติมน้ำยารักษาสภาพ 10% Neutral buffered formalin 1 มิลลิลิตร ก่อนนำไปนับความหนาแน่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ((Olympus SZ). ตัวอย่างความหนาแน่น อัตราการเติบโตจำเพาะและระยะการเจริญเติบโตที่พบ (นอเพลียส โคพีพอดิต ตัวเต็มวัย) ทำการทดลองเป็นเวลา 21 วัน

ผลการวิจัย : ผลของการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดในเวลาที่ต่างกัน พบว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตวันเว้นวันดีที่สุด เนื่องจากสามารถเก็บรวบรวมโคพีพอดได้ทั้งหมดตลอดการทดลอง 6,170 ตัว (ร้อยละ 60) รองลงมา คือ การเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 3 วันครั้ง จำนวน 2,527.78 ตัว (ร้อยละ 25) และการเก็บเกี่ยวผลผลิต 5 วันครั้ง เก็บเกี่ยวผลผลิตได้น้อยสุด จำนวน 1,511.11 ตัว (ร้อยละ 15) ในขณะที่ชุดควบคุมไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของโคพีพอดที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเวลาที่ต่างกันพบว่า การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ต่างกันไม่มีผล ($P > 0.05$) ต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นที่เพิ่มจำนวนขึ้นในช่วงแรกมีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 4-6 ของการทดลอง มีความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 3.33 ± 0.33 , 4.53 ± 0.82 , 3.43 ± 0.23 , 3.22 ± 0.39 ตัวต่อมิลลิลิตร ก่อนมีแนวโน้มจำนวนความหนาแน่นลดลงน้อยกว่า 1 ในวันที่ 14 มีค่าเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 0.31 ± 0.08 , 0.36 ± 0.09 , 0.33 ± 0.07 , 0.24 ± 0.04 ตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) พบโคพีพอดที่เก็บเกี่ยวอาหารต่างกันมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเมื่อทำการทดลองครบ 21 วัน มีค่าเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 0.06 ± 0.125 , 0.14 ± 0.14 , 0.21 ± 0.11 , 0.002 ± 0.14 ต่อวัน และไม่มีผลต่อสัดส่วนร้อยละระยะตัวเต็มวัย (Adult) (ร้อยละ 36.19, 59.04, 71.76, 28.11) โคพีพอดิต (copepodite) (ร้อยละ 9.57, 20.16, 14.51, 13.11) และนอเพลียส (nauplii) (ร้อยละ 54.24, 20.28, 13.76, 58.78)

สรุปผลการวิจัย : ผลการศึกษายืนยันว่าการเก็บเกี่ยววันเว้นวันเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มผลผลิตโดยไม่ทำลายเสถียรภาพของประชากร วิธีนี้ช่วยให้สามารถเก็บนอเพลียสและโคพีพอดิตในช่วงเวลาที่มีคุณค่าสูงสุดทางโภชนาการ เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงลูกปลา เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวที่ห่างกว่า (ทุก 3 หรือ 5 วัน) พบว่าการเก็บทุกวันวันเว้นวันสามารถรักษาการมีอาหารมีชีวิตอย่างต่อเนื่อง และป้องกันความผันผวนของประชากรซึ่งอาจนำไปสู่ความเครียดหรือการลดประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของศาลานอยด์โคพีพอด ที่ระบุถึงประโยชน์ของการเก็บเกี่ยวบ่อยในปริมาณเหมาะสมต่อสุขภาพและความสามารถในการผลิตของระบบเพาะเลี้ยง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า การเลี้ยงโคพีพอด *P. crassirostris* เพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตไปอนุบาลสัตว์ทะเลสวยงามวัยอ่อน ควรมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกวัน วันเว้นวันเหมาะสมที่สุด โดยไม่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นของโคพีพอดและสามารถเก็บรวบรวมจำนวนโคพีพอดในระยะที่ต้องการได้สูงสุด ในขณะที่วิธีการไม่เก็บเกี่ยวผลผลิตอาจใช้สำหรับการเก็บรักษาสายพันธุ์เพื่อนำไปเพิ่มจำนวนในฟาร์มต่อไป

งานวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบหนาแน่นและระบบกึ่งหมุนเวียนน้ำเพื่อรองรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ข้อมูลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงโคพีพอดให้มีผลผลิตสูงต่อเนื่องและลดต้นทุนในอนาคต

คำสำคัญ : ความถี่ ; การเก็บเกี่ยวผลผลิต ; คาลานอยด์โคพีพอด (*Parvocalanus crassirostris*)

Abstract

Background and Objectives : *Parvocalanus crassirostris* is a calanoid copepod species of significant ecological and nutritional importance, widely recognized as a premium live feed for the larviculture of marine ornamental fish. Its naupliar stage is particularly small, highly digestible, and enriched with essential polyunsaturated fatty acids (PUFAs), including docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA), which play critical roles in enhancing larval growth, pigmentation, neural development, and survival rates. These nutritional qualities make *P. crassirostris* an optimal live diet for marine fish species with small mouth openings, such as butterflyfish and angelfish, which are otherwise challenging to rear. Distributed across tropical and subtropical waters—including coastal areas of Thailand and the Hawaiian Islands—this species has been the focus of intensive research aimed at improving culture techniques, optimizing production efficiency, and meeting the increasing demand for high-quality live feeds in aquaculture hatcheries. Despite its high potential, the continuous and efficient production of *P. crassirostris* remains challenging, mainly due to the delicate balance required between harvesting and population stability. Over-harvesting can severely deplete populations, while insufficient harvesting may lead to overcrowding, increased competition for resources, and reduced reproductive output. Previous studies have highlighted the importance of establishing optimal harvest intervals to maintain sustainable yields and prevent fluctuations in population dynamics. This study aimed to determine the most appropriate harvesting frequency for *P. crassirostris*, focusing on naupliar and copepodite stages, to develop guidelines applicable to commercial-scale production systems and ornamental fish hatcheries.

Methodology : The experiment was designed using a completely randomized design (CRD). Four different harvesting strategies were tested: non-harvest (control), harvesting once every other day, harvesting once every third day, and harvesting once every fifth day. Each harvest involved the removal of 20% of the culture volume, after which the tank was replenished with filtered, sterilized seawater. Twelve units of 5-litre glass tanks were divided into 4 triplicate treatments, 3 replicates each. Copepods were sourced from stock cultures maintained at the Cha-am Research Station, Institute of Marine Science, Burapha University, and were acclimated under controlled laboratory conditions. The initial stocking density was 1.99 ± 0.13 ind./ml⁻¹. In the current study, Cultures were fed daily with two

microalgal species, including *Isochrysis galbana* & *Chaetoceros* sp. each at a concentration of 75,000 cells/ml⁻¹ to 1 time per day. The culture was maintained at room temperature, salinity of 28 ppt, and a photoperiod of 24:0 h light:dark cycle. Routine culture management included siphoning bottom sediments and performing 20% water exchanges every three days to maintain optimal water quality and reduce organic waste buildup. Population density, specific growth rate (SGR), and the proportion of developmental stages (nauplii, copepodite, and adult) were monitored every two days over a 21-day experimental period. Sampling was conducted by collecting 49 mL of water from each tank, which was preserved with 10% neutral buffered formalin prior to counting under a stereo microscope (Olympus SZ).

Main Results : The results showed that the optimal harvest frequency was every other day, yielding a total number of 6,170 copepods (60% of the production). Harvesting once every third day had an average copepod output of 2,527.78 (25%). Harvesting once every fifth day gave the lowest total output (1,511.11 copepods, 15%). In compared were consisting of the harvesting frequencies in this experiment there was no significant effect on copepod density during the production ($P > 0.05$). The results showed that responded copepods by increasing the maximum copepod density was (mean $\pm$ SE) 3.33 $\pm$ 0.33, 4.53 $\pm$ 0.82, 3.43 $\pm$ 0.23, 3.22 $\pm$ 0.39 ind./mL⁻¹ at 4-6 days before increasing density to below 1 ind./mL⁻¹ (mean $\pm$ SE) 0.31 $\pm$ 0.08, 0.36 $\pm$ 0.09, 0.33 $\pm$ 0.07, 0.24 $\pm$ 0.04 ind./mL⁻¹ at 14 days, respectively. *P. crassirostris* showed no significant ($P > 0.05$) in the specific population growth rate (mean $\pm$ SE) 0.06 $\pm$ 0.125, 0.14 $\pm$ 0.14, 0.21 $\pm$ 0.11, 0.002 $\pm$ 0.14 day⁻¹. The proportion of copepods in adult stage (36.19%, 59.04%, 71.76% and 28.11% respectively), copepodite (9.57%, 20.16%, 14.51% and 13.11% respectively), and nauplii (54.24%, 20.28%, 13.76% and 58.78% respectively) did not show statistical differences between treatments. These results suggest that harvesting frequency does not disrupt age structure or recruitment dynamics within the population, provided that harvesting is conducted in moderate volumes.

Conclusions : Harvesting *P. crassirostris* every other day proved to be the most effective strategy for maximizing yield while maintaining population stability. This schedule ensures regular availability of nauplii and copepodites at peak nutritional value, which is essential for larval fish culture. Less frequent harvesting (every three or five days) resulted in lower yields and less efficient population turnover. These findings agree with previous studies on calanoid copepods, which highlighted that frequent but moderate harvesting supports culture performance, reduces density-related stress, and promotes reproduction. Harvesting every other day provides an optimal balance between sustainable biomass production and stable population dynamics, making it suitable for hatcheries requiring a steady supply of high-quality live feed. Non-harvest strategies may be useful for maintaining broodstock populations for future scaling. Moreover, this study underscores the potential of semi-recirculating or intensive

culture systems to further enhance production efficiency, reduce operational costs, and meet the growing demand for sustainable aquaculture feeds. The insights gained here offer practical guidelines for improving *P. crassirostris* culture, ensuring reliable, cost-effective live feed supply chains for marine ornamental fish hatcheries and other aquaculture industries.

Keywords : optimal ; harvesting frequency ; calanoid copepod *Parvocalanus crassirostris*

*Corresponding author. E-mail : Doungtip@go.buu.ac.th

Introduction

อาหารมีชีวิตนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มักพบใช้กันทั่วไปในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ โรติเฟอร์ อาร์ทีเมีย และโคพีพอด โคพีพอดที่พบในทะเลมีมากกว่า 11,500 สายพันธุ์ มีชนิดและขนาดที่หลากหลาย (Boxshall & Halsey, 2004; Humes, 1994) อีกทั้งยังมีคุณค่าทางสารอาหารสูง ทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัว DHA EPA สูง (van der Meeren *et al.*, 2008) ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาและวิจัยเพื่อเพาะเลี้ยงโคพีพอดชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นอาหารของสัตว์น้ำที่ความเหมาะสมตามขนาดของลูกปลา เช่น ในกลุ่มปลากะพงและปลาเก๋า (Payne & Rippingale, 2001; Payne *et al.*, 2001) ขณะเดียวกันในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงามในต่างประเทศพบมีการนำโคพีพอด *P. crassirostris* มาอนุบาลปลาทะเลในแนวปะการังที่มีมูลค่าสูงและเลี้ยงยาก เช่น ปลาผีเสื้อ (Flame angel fish) (*Centropyge loriculus*, Shields & Laidley, 2003), Bluefin trevally (*Caranx melampygus*, Laidley *et al.*, 2004) หรือ Red snapper (*Lutjanus campechanus*, Shields *et al.*, 2005) หรือในการอนุบาลลูกปลา Yellow Tang (*Zebrasoma flavescens*) พบว่าเมื่อใช้โคพีพอดชนิดนี้มาเป็นอาหารร่วมกับอาหารมีชีวิตชนิดอื่นพบว่าอัตราการรอดตายในช่วงแรก 1-6 หลังจากฟักสูงขึ้น (Bergess & Chatham., 2018) รวมถึงปลารุ่นอื่น ๆ ที่มีขนาดของลูกปลาแรกฟักที่เล็กมาก ๆ และมีขนาดความกว้างของปากเล็กมาก (Mouth gapers) พบว่าสามารถอนุบาลให้รอดได้ เมื่อได้รับโคพีพอดชนิดนี้เป็นอาหาร ดังนั้นขนาดและชนิดของอาหารจึงนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญหนึ่ง ที่ส่งผลต่ออัตราการรอด และการเจริญเติบโตของลูกปลาแรกฟักให้รอดพ้นจากภาวะวิกฤตในช่วงแรกของการเติบโต



Figure 1 Description of *Parvocalanus crassirostris* (egg, nauplius, and adult)

P. crassirostris (Figure 1) เป็นคาลานอยด์โคพีพอด (Calanoid copepod) มีนอเพลียสขนาดเล็กเจริญเติบโตเร็ว และมีคุณค่าทางอาหารสูง (McKinnon *et al.*, 2003; Shields *et al.*, 2005; Stottrup, 2000) เป็นชนิดที่มีการนำมาใช้ในการอนุบาลปลาทะเลสวยงามตามแนวปะการัง พบได้ทั่วไปในเขตร้อน และกึ่งเขตร้อน รวมถึงน่านน้ำในแถบฮาวาย (Hawainian) และน่านน้ำในประเทศไทย มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เพศเมียจะวางไข่ทิ้งลงสู่พื้นบ่อ ไข่มักผลิตเป็นชุด ๆ ละ 4 ฟอง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ไมโครเมตร ใช้เวลาประมาณ 6.75 ชั่วโมง ก่อนฟักเป็นระยะวัยอ่อน (N1 นอเพลียส-1 มีขนาดกว้าง 49 ไมโครเมตร ยาว 77 ไมโครเมตร) (Kline & Laidley, 2015) นอเพลียส-3 (N3) จึงเริ่มกินแพลงก์ตอนพืช (Lawson & Grice, 1973) ระยะของนอเพลียสจะเริ่มเข้าสู่ตัวเต็มวัยเมื่ออายุ 8-10 วัน เพศเมียสามารถผลิตไข่ได้จนตายประมาณ 28 วันหลังจากฟักหรือการศึกษาพัฒนาการเพาะเลี้ยง *P. crassirostris* เพื่อหาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงตัวเต็มวัยแบบหนาแน่นในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ น้ำ 25 ± 1 องศาเซลเซียส และให้อาหารเป็นไดอะตอม *Chaetoceros muelleri* และ *Tisochrysis lutea* (มีชื่อย่อว่า T-Iso (Helm & Laing, 1987; Okauchi, *et al.*, 1997) เป็นสายพันธุ์ใกล้เคียงกับ *I. galbana* (Liu & Lin, 2001; Bendif *et al.*, 2013) ที่ความหนาแน่น 150,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ที่ความเค็ม 22 ส่วนในพัน น้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงจะผ่านการกรอง 0.35 ไมโครเมตรและผ่านการฆ่าเชื้อ ยูวี ฟลูออเรสเซนต์ ทำการเลี้ยงหัวเชื้อโคพีพอดที่ความหนาแน่น 10 ตัวต่อมิลลิลิตร ในฟลasks ขนาด 2 ลิตร และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำผ่านสวิงกรองขนาด 38 ไมโครเมตร ทุก 4 วัน การผลิตนอเพลียสจะเริ่มต้นเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 1,500 ลิตร เป็นแบบ 2 ขั้นตอน คือ เก็บไข่ทุกวัน เมื่อโคพีพอดระยะตัวเต็มวัยอายุ 9 วันทำการเก็บรวบรวมผ่านสวิงกรองขนาดตาข่าย 125 ไมโครเมตร เพื่อนำไปเพาะขยายพันธุ์ต่อไป (Kline & Charlas, 2015) หรือในการศึกษาของ Kline *et al.*, (2014) ที่ได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงในการเพาะเลี้ยงโคพีพอดชนิดนี้แบบหนาแน่นโดยทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างโคพีพอดชนิดนี้มาจาก Kaneohe Bay ใน Oahu Hawaii USA ที่นำมาเพาะเลี้ยงไว้ใน Oceaning Institute ตั้งแต่วันที่ 2014 ไข่จะฟักใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง เข้าสู่ นอเพลียส 1 ขนาดยาว 77 ไมโครเมตร กว้าง 49 ไมโครเมตร ก่อนพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 8 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีลักษณะความแตกต่างของรูปร่างที่สังเกตได้จากภายนอก คือ เพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ เพศเมียที่สมบูรณ์สามารถผลิตไข่ได้ 28 ฟองต่อวัน และผลิตไข่ได้จนตายประมาณ 28 วันหลังจากฟัก ในระหว่างการเลี้ยงให้แพลงก์ตอนพืชชนิด *I. galbana* และ *C. muelleri* ที่ความหนาแน่น 150,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เป็นอาหารที่ดีที่สุด พบว่าเพศเมียมีไข่ตก มีอัตราการรอดสูง และมีการเลี้ยงโคพีพอดชนิดนี้ในปริมาณมาก (Large-scale) ในบ่อไฟเบอร์กลาสขนาดใหญ่ที่ความจุ 1,000 ลิตร และ 1,500 ลิตร จำนวน 7 บ่อ ที่ทำการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่ความหนาแน่น 1-2 ตัวต่อมิลลิลิตร และสำหรับเก็บรวบรวมตัวอ่อนระยะนอเพลียสเพื่อใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำ ทุกวันจะมีการเก็บรวบรวมนอเพลียสโดยให้การสร้างระบบให้มีการหมุนเวียนน้ำในถังเลี้ยงโคพีพอดผ่านสวิง 105 ไมโครเมตร ลงในถัง 200 ลิตร ก่อนเก็บรวบรวมโคพีพอดที่ผ่านสวิง 105 ไมโครเมตร ไปใช้ออนุบาลสัตว์น้ำต่อไป ซึ่งวิธีการนี้ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวตัวอ่อนโคพีพอดไปใช้ได้มากกว่า 36 วัน หรือการศึกษาลงของอัตราการรอดของการเลี้ยง *P. crassirostris* ด้วยโปรไบโอติกเชิงพาณิชย์ ใช้โคพีพอดจาก Pacific Aquaculture and Coastal Resources Center in Keaukaha (Big Island, Hawaii) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 21 ± 1 องศาเซลเซียส pH 7.8 ± 1 น้ำที่ใช้มีการฆ่าเชื้อโดยผ่านกรอง 1 ไมโครเมตร และยูวี ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง (24L/0D) ให้อาหาร *C. calcitrans*, *Tisochrysis lutea* และ *Rhodomonas salina* (Gamiao *et al.*, 2021) หรือ

การศึกษาลงของความหนาแน่นของตัวเต็มวัยที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง *P. crassirostris* ในระบบการเพาะเลี้ยงแบบหนาแน่นเลี้ยงในบ่อเลี้ยง 1 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้แสงจากธรรมชาติ อุณหภูมิ 26 ± 1 องศาเซลเซียส ความเค็ม 27 PSU (Practical Salinity Units) โดยให้แพลงก์ตอนพืช *I. galbana* ที่ความหนาแน่น 200,000-300,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เป็นอาหารและศึกษาอัตราการรอดซึ่งนำตัวเต็มวัย 22 ตัวต่อมิลลิลิตร เลี้ยงในบีกเกอร์ขนาดความจุ 1 ลิตร จากนั้นประมาณ 2 ชั่วโมง พบว่าสามารถผลิตไข่ได้ 30 ฟองต่อมิลลิลิตร และศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงตัวเต็มวัยที่ต่างกัน 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 80 ตัวต่อมิลลิลิตร ในภาชนะขนาดความจุ 4 ลิตร ทุก 4 ชั่วโมง จะทำการแยกไข่และตัวเต็มวัยออกจากกันโดยใช้สวิงขนาดตาข่าย 40 ไมโครเมตร และ 100 ไมโครเมตร เพื่อทำการคัดแยกและความสัมพันธ์ของการผลิตไข่ต่อไป ซึ่งพบว่าการเลี้ยงตัวเต็มวัยที่ความหนาแน่นมากกว่า 5 ตัวต่อมิลลิลิตร ทำให้สามารถผลิตไข่ได้มากที่สุด (Valencia *et al.*, 2022)

เห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงโคพีพอด *P. crassirostris* พบมีรายงานการศึกษางจรชีวิตและพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ ได้แล้วและมีการนำไปใช้เป็นอาหารอนุบาลลูกปลาทะเลสวยงามแล้วในหลายประเทศ แต่ขณะนี้ยังไม่มีรายงานการเพาะเลี้ยงโคพีพอดชนิดนี้ได้ในประเทศไทยและเนื่องจากสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา มีนโยบายด้านความเป็นเลิศทางด้านวิทยาศาสตร์ทางทะเล มีพันธกิจในการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงามในแนวปะการัง ซึ่งมักประสบปัญหาปลาทะเลสวยงามในแนวปะการังหลายชนิดไม่สามารถอนุบาลให้รอดและเติบโตพ้นระยะวัยอ่อนได้ และเนื่องจากปัจจัยอาหารมีชีวิตที่มีความสำคัญ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาและเพาะเลี้ยงโคพีพอดชนิดนี้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตลูกปลาวัยอ่อน ซึ่งขณะนี้สามารถเพาะเลี้ยงและเพิ่มจำนวนได้แล้ว และอยู่ระหว่างการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น

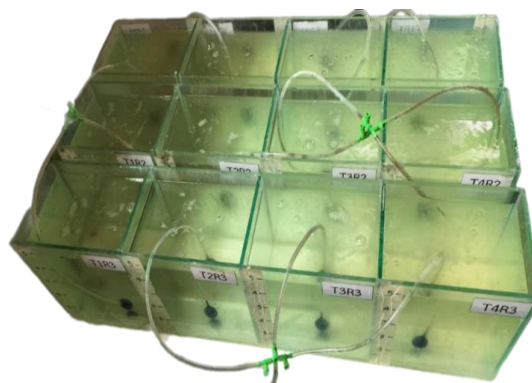


Figure 2 Experimental *P. crassirostris* nauplius and copepodite stages, Four different harvesting strategies were tested: non-harvest (control), harvesting once every other day, harvesting once every third day, and harvesting once every fifth day

Methodology

Figure 2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เพื่อทดสอบช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความจุน้ำ ที่ต่างกัน 4 ช่วงเวลา คือ ไม่เก็บเกี่ยวผลผลิต (ชุดควบคุม) เก็บเกี่ยวผลผลิตวันเว้นวัน เก็บเกี่ยวผลผลิต 3 วันครั้ง และเก็บเกี่ยวผลผลิต 5 วันครั้ง จำนวน 3 ซ้ำ โดยเริ่มทดลองใช้ความหนาแน่นโคฟีพอด *P. crassirostris* ความหนาแน่นจำนวน 2 ตัวต่อมิลลิตร ในตู้ความจุน้ำ 5 ลิตร ใช้โคฟีพอด *P. crassirostris* ตัวละ 10,000 ตัว รวมทั้งหมดจำนวน 120,000 ตัว ทำการเลี้ยงที่ความเค็มน้ำ 28 ppt เป็นระยะเวลา 21 วัน การเก็บเกี่ยวผลผลิตทำได้โดยนำสวิงขนาด 85 ไมโครเมตร วางไว้ด้านบนเพื่อใช้สำหรับดักกรองโคฟีพอดที่มีขนาดใหญ่ระยะตัวเต็มวัยและระยะโคฟีพอดดบนสวิง ในขณะที่ด้านล่างจะวางซ้อนทับด้วยสวิงขนาด 31 ไมโครเมตร ใช้สำหรับรองรับโคฟีพอด ที่มีขนาดเล็กกว่า 85 ไมโครเมตร – 31 ไมโครเมตร ก่อนใช้ปั๊มเกอร์หรือภาชนะพลาสติกตกเพื่อสุ่มรวบรวมโคฟีพอดพร้อมน้ำทะเลจากตู้ทดลองลงสู่สวิงที่เตรียมไว้ จากนั้นจะทำการเก็บรวบรวมโคฟีพอดที่อยู่บนสวิงขนาด 85 ไมโครเมตร กลับตู้ทดลองและเก็บรวบรวมโคฟีพอดที่อยู่บนสวิง 31 ไมโครเมตร ตามปริมาณการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่กำหนด (20 เปอร์เซ็นต์ของตู้) มาทำการสุ่มนับความหนาแน่นต่อไป (Table 1) non-harvest (control), harvesting once every other day, harvesting once every third day, and harvesting once every fifth day.

Table 1 Example of experimental procedures during the first seven days

Day	Harvest				Feed	Cleaning & maintenance	Water Quality	Water Quality
	T1	T2	T3	T4	<i>I. galbana</i> & <i>Chaetoceros</i> <i>sp.</i>	were carried out by replacing 20% of the tank water.	Analysis: Salinity, Temp. DO	Analysis; NH ₄ , PO ₄ , NO ₂ , NO ₃ , pH
0	-	✓	✓	✓	✓		✓	✓
1	-							
2	-	✓			✓			
3	-		✓			✓	✓	
4	-	✓			✓			
5	-			✓				
6	-	✓	✓		✓		✓	
7	-					✓		✓

เตรียมภาชนะทดลองและน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ทดลองในตู้กระจกความจุ 5 ลิตร จำนวนทั้งสิ้น 12 ใบ ในแต่ละตู้จะมีหัวจ่ายอากาศจำนวน 1 หัว เพื่อหมุนเวียนน้ำและเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ ให้เพียงพอสำหรับการทดลองไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้น้ำทะเลที่มีความ 28 ppt ที่ผ่านการกรองด้วยผ้ากรองขนาด 1 มิลลิเมตร และกำจัดเชื้อโรคด้วยคลอรีน 5 ppm

แหล่งที่มาของโคพีพอด *P. crassirostris* และการจัดการในระหว่างการเลี้ยงหัวเชื้อโคพีพอดที่ใช้ในการทดลอง

P. crassirostris ที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดที่ทางสถานีวิจัยย่อยชะอำได้เพาะเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการให้เป็นชนิดเดียวแล้ว *P. crassirostris* จะถูกเลี้ยงในความจุ 100 ลิตร ที่ความเค็ม 28 ppt ให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง การจัดการระหว่างการเพาะเลี้ยง ในระหว่างการเพาะเลี้ยงทุก 3 วัน จะมีการดูดตะกอนบริเวณพื้นลงสู่สวิงกรองขนาด 31 ไมโครเมตร และทำการเก็บรวบรวมตะกอนพื้นภาชนะมาตรวจสอบและเก็บรวบรวมไข่ของโคพีพอดที่ถูกปล่อยสู่พื้นภาชนะเลี้ยง พร้อมตรวจสอบการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กชนิดอื่น ๆ โดยการนำตะกอนเหล่านั้นมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Olympus SZ) ก่อนลดปริมาณน้ำประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของตู้เลี้ยง และเติมน้ำใหม่ที่มีความเค็มเดิม ทุก 12-14 วัน ให้ล้างทำความสะอาดตู้เลี้ยงและย้ายตู้เลี้ยง โดยการเก็บน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงโคพีพอดพร้อมโคพีพอด 50 เปอร์เซ็นต์ของตู้ลงพักแยกไว้ในตู้หรือภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นโคพีพอดที่เหลือในตู้อีก 50 เปอร์เซ็นต์ของตู้เลี้ยงจะทำการกรองน้ำทิ้งโดยวิธีกลักน้ำผ่านสายยางลงสู่สวิงกรองขนาด 85 ไมโครเมตร ที่วางไว้ด้านบน ซึ่งโคพีพอดตัวเต็มวัย (Adult) จะถูกกักไว้ด้านบนของสวิงให้ทำการเก็บรวบรวมลงเลี้ยงเพื่อให้ขยายพันธุ์ต่อไปและใช้สวิงขนาด 31 ไมโครเมตร วางซ้อนไว้ด้านล่าง เพื่อให้ไข่และนอเพลียส (Nauplius) ตกลงสู่สวิงกรองขนาด 31 ไมโครเมตร นำไปเพาะขยายพันธุ์ต่อหรือนำไปใช้อุบลาลูกปลาทะเลสวยงาม ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติตามคำขอจดอนุสิทธิบัตรที่ 233001868

อาหารและการให้อาหาร

ให้แพลงก์ตอนพืช *I. galbana* และ *Chaetoceros* sp. เป็นอาหารที่ความหนาแน่นชนิดละ 100,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร หัวเชื้อแพลงก์ตอนพืชถูกเลี้ยงในห้องปฏิบัติการและทำการขยายปริมาณนอกห้องปฏิบัติการที่ความจุ 50-100 ลิตร Figure 3 อาหารที่ใช้เลี้ยงแพลงก์ตอนพืช ดัดแปลงจาก สูตร Conway medium (Liao *et al.*, 1983) และ สูตร f/2 Medium (Guillard & Ryther, 1962) ให้อาหารทุกวัน ละ 1 มื้อ (Figure 2)



Figure 3 *I. galbana* and *Chaetoceros* sp. used in the experiment

การจัดการระหว่างการทดลอง

P. crassirostris ในการทดลองจะถูกเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง และให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง มีการจัดการระหว่างการเลี้ยงทุก 3 วัน จะมีการดูดตะกอนก้นตู้โดยใช้สายยางขนาดเล็กค่อย ๆ ดูดตะกอนบริเวณพื้นตู้ด้วยวิธีก้าน้ำลงสู่สวิงกรองขนาด 31 ไมโครเมตรพร้อมน้ำในตู้ทดลองที่ด้านล่างสวิงถูกรองรับด้วยกะละมังพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้โคฟีพอดสัมผัสผิวด้านการบอบซ้ำ และทำการเก็บรวบรวมตะกอนพื้นภาชนะมาตรวจสอบและเก็บรวบรวมไข่ของโคฟีพอดที่ถูกปล่อยสู่พื้นภาชนะเลี้ยง พร้อมตรวจสอบไข่ของโคฟีพอดที่ถูกปล่อยลงสู่พื้นภาชนะ ก่อนนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Olympus SZ) หากพบมีไข่ปนมากับตะกอนให้ทำการค่อย ๆ กำจัดตะกอนออกก่อนนำไข่คืนสู่ตู้ทดลอง นอกจากนี้หากพบการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กชนิดอื่น ๆ ให้ทำการจดบันทึกเป็นข้อมูลและกำจัดทิ้งโดยก่อนลดปริมาณน้ำประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของตู้เลี้ยง และเติมน้ำใหม่ที่ความเค็มเดิม

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างสำหรับการนับ

เมื่อเริ่มต้นทดลอง (วันที่ 0) และทุก 2 วันจนครบ 21 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างน้ำจำนวน 49 มิลลิลิตร ที่อยู่ในตู้ทดลอง ความจุน้ำ 5 ลิตร เพื่อนำไปนับจำนวนของโคฟีพอด โดยมีการกวนน้ำและ/หรือเพิ่มอากาศให้แรงขึ้นเพื่อให้ไข่ในตู้ทดลองผสมเข้ากันดีแล้วจึงตักน้ำในปริมาตรที่กำหนดไว้ใส่ลงในภาชนะกั้นกรวยที่ใช้สำหรับตกตะกอนที่มีป้ายระบุชุดการทดลอง ข้างของการทดลอง ปริมาตรน้ำที่เก็บ และวันที่เก็บตัวอย่างไว้ แล้วนำไปเติมน้ำยารักษาสภาพ 10% Neutral buffered formalin จำนวน 1 มิลลิลิตร ก่อนปล่อยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแพลงก์ตอนในน้ำตกตะกอนแล้ว ทำการดูดน้ำใสส่วนบนทิ้งไปด้วยความระมัดระวังไม่ให้ตะกอนฟุ้งขึ้นมา แล้วจึงปรับปริมาตรของตัวอย่างให้มีปริมาตรตามต้องการ เช่น 5 หรือ 10 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่มีฝาปิดสนิทเพื่อนำไปนับต่อไป

การนับตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์

ก่อนการนับจำนวนของแพลงก์ตอนในน้ำตัวอย่างจะทำการประเมินความหนาแน่นเบื้องต้นของตัวอย่างที่เก็บไว้ด้วยการสุ่มตัวอย่างที่ผสมให้เข้ากันดีแล้วออกมาเล็กน้อย เช่น 1 มิลลิลิตร หยดลงบนสไลด์แล้วส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ หากพบว่าตัวอย่างมีความหนาแน่นมากยากต่อการนับ จะทำการเจือจางตัวอย่างในอัตราส่วนที่เหมาะสมในขวดใหม่แล้วบันทึกอัตราส่วนที่เจือจางไว้ แต่หากสามารถนับได้ก็就不用เจือจางตัวอย่าง แล้วจึงนำตัวอย่างไปนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้ Sedgewick Rafter Counting Chamber โดยนับจำนวนของโคฟีพอด และระยะการเจริญเติบโตที่พบ (Nauplius, Copepodite, Adult) การวัดขนาด ระหว่างการนับทำการบันทึกภาพของโคฟีพอดที่พบในระยะต่าง ๆ กันเทียบกับสเกล อย่างน้อยระยะละ 20 ตัว แล้วนำภาพที่ได้ไปวัดขนาด ความกว้างและความยาวของลำตัวด้วยโปรแกรมวัดขนาด

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

ทำการวัดความเค็มของน้ำด้วย Salino-refractometer ATAGO รุ่น S/mill-E Temperature และ Dissolved oxygen ด้วย Dissolved oxygen meter (Milwaukee, MW600 PRO) ทุก 3 วัน และเก็บตัวอย่างน้ำทุก 7 วัน เพื่อนำไปวัด pH ด้วยเครื่องวัดกรด-ด่าง แบบตั้งโต๊ะ (Hanna รุ่น HI5221-02 & HI5222-02) และวิเคราะห์ Alkalinity ด้วยการไทเทรตกับสารละลาย

กรดมาตรฐาน (APHA, 1995) Total ammonia nitrogen ด้วยวิธี Phenol hypochlorite (Solorzano, 1969) Nitrite-nitrogen ด้วยวิธี Azo dye และ Nitrate-nitrogen ด้วยวิธี Cadmium-reduction (Strickland & Parson, 1977) ทุก 7 วัน (Table 1)

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนโคพีพอดที่พบสูงสุดในแต่ละชุดการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) จำแนกความถี่ (ร้อยละ) ของระยะการเจริญเติบโตของโคพีพอดที่พบในช่วงเริ่มต้น ช่วงที่โคพีพอดมีจำนวนสูงสุด และก่อนสิ้นสุดการทดลอง แล้วแสดงด้วยกราฟ

Results

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเก็บเกี่ยวผลผลิต โคพีพอดเฉพาะระยะนาเพลียสและโคพีพอดิตที่มีขนาดเล็กกว่า 85 ไมโครเมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตวันเว้นวัน เก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 3 วันครั้ง และเก็บเกี่ยวผลผลิต 5 วันครั้ง พบว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตวันเว้นวันดีที่สุด เนื่องจากสามารถเก็บรวบรวมโคพีพอดได้ทั้งหมดตลอดการทดลอง 6,170 ตัว (ร้อยละ 60) รองลงมา คือ การเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 3 วันครั้ง จำนวน 2,527.78 ตัว (ร้อยละ 25) และการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 5 วันครั้ง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้น้อยสุด จำนวน 1,511.11 ตัว (ร้อยละ 15) เมื่อเทียบกับสัดส่วนของโคพีพอดระยะนาเพลียสและโคพีพอดิตที่ทำการเก็บเกี่ยวของทุกชุดทดลอง ดังแสดงใน Figure 4

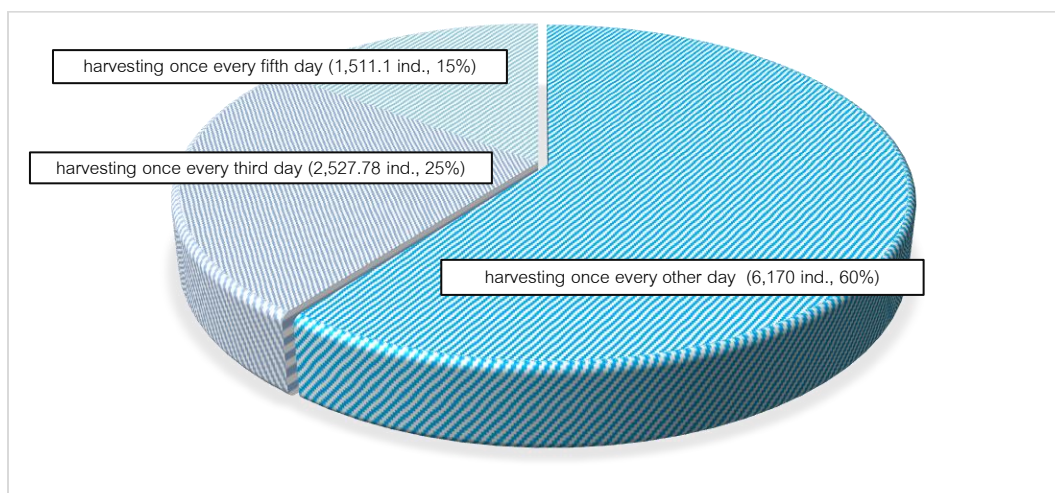


Figure 4 Total number nauplius and copepodite stage, different harvesting once every other day, once every third day, and harvesting once every fifth day

จากผลการทดลองแสดง Figure 5 เมื่อเริ่มต้นทดลองใช้โคฟีพอดที่ความหนาแน่นเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 1.99 ± 0.13 ตัวต่อมิลลิลิตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โคฟีพอด *P. crassirostris* ที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ต่างกันระหว่าง ไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตระหว่างการเลี้ยง (ชุดควบคุม) การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่วันเว้นวัน ทุก 3 วันครั้ง และทุก 5 วันครั้ง ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ของความจุน้ำที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอดตลอดระยะเวลา 21 วัน พบว่าไม่มีผล ($P > 0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของโคฟีพอดที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเพิ่มจำนวนขึ้นในช่วงแรกของการเลี้ยงพบความหนาแน่นของโคฟีพอด สูงสุดในวันที่ 4-6 ของการทดลอง วันที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่างกัน วันเว้นวัน ทุก 3 วันครั้ง ไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตและทุก 5 วัน ความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 4.53 ± 0.82 , 3.43 ± 0.23 , 3.33 ± 0.33 , 3.22 ± 0.39 ตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ก่อนแนวโน้มความหนาแน่นโคฟีพอด *P. crassirostris* ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ต่างกัน คือ ไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตระหว่างการเลี้ยง การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่วันเว้นวัน ทุก 3 วัน และทุก 5 วัน ลดลงมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 1 ตัวต่อมิลลิลิตร ในวันที่ 14 มีค่าเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 0.31 ± 0.08 , 0.36 ± 0.09 , 0.33 ± 0.07 , 0.24 ± 0.04 ตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และจากผลการทดลองพบว่าหากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในระหว่างการเลี้ยงโคฟีพอดจะสามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ซึ่งเหมาะสำหรับการเก็บรักษาสายพันธุ์ให้คงอยู่ต่อไป

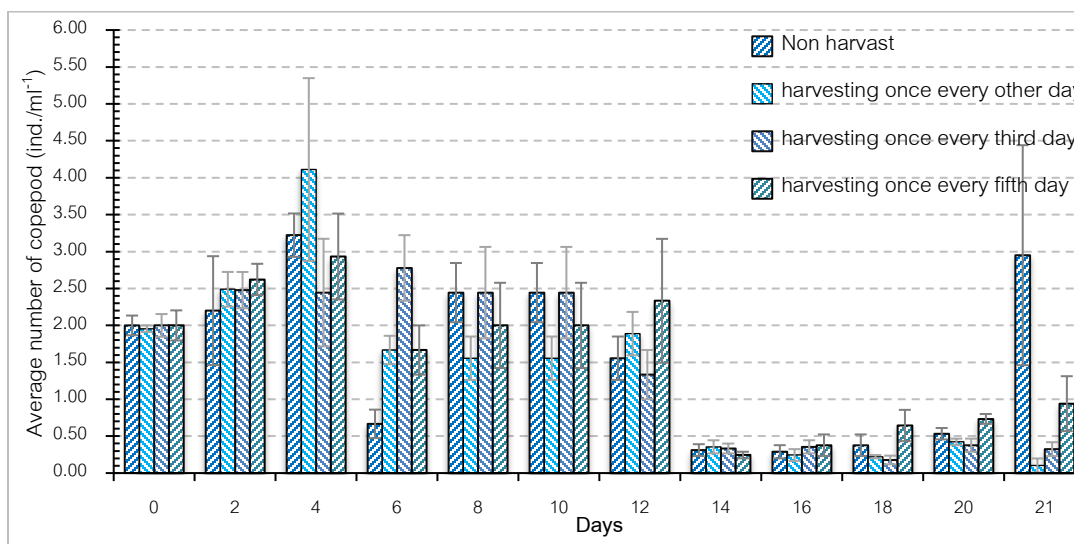


Figure 5 Average number of copepod (ind./ml⁻¹), Four different harvesting strategies were tested: non-harvest (control), harvesting once every other day, harvesting once every third day, and harvesting once every fifth day

เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Population growth rate) ของโคพีพอด *P. crassirostris* การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ต่างกันระหว่าง ไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตระหว่างการเลี้ยง (ชุดควบคุม) การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่วันเว้นวัน ทุก 3 วันครั้ง และทุก 5 วันครั้ง พบว่าไม่แตกต่าง ($P>0.05$) เมื่อทำการทดลองครบ 21 วัน มีค่าเฉลี่ย ($\pm$ SE) เท่ากับ 0.06 ± 0.125 , 0.14 ± 0.14 , 0.21 ± 0.11 , 0.002 ± 0.14 ต่อวัน โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของโคพีพอดที่เก็บเกี่ยวผลผลิตต่างกันจะเริ่มลดลงต่ำกว่า 0 เมื่ออายุ 14 วันจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ตามลำดับ Figure 6

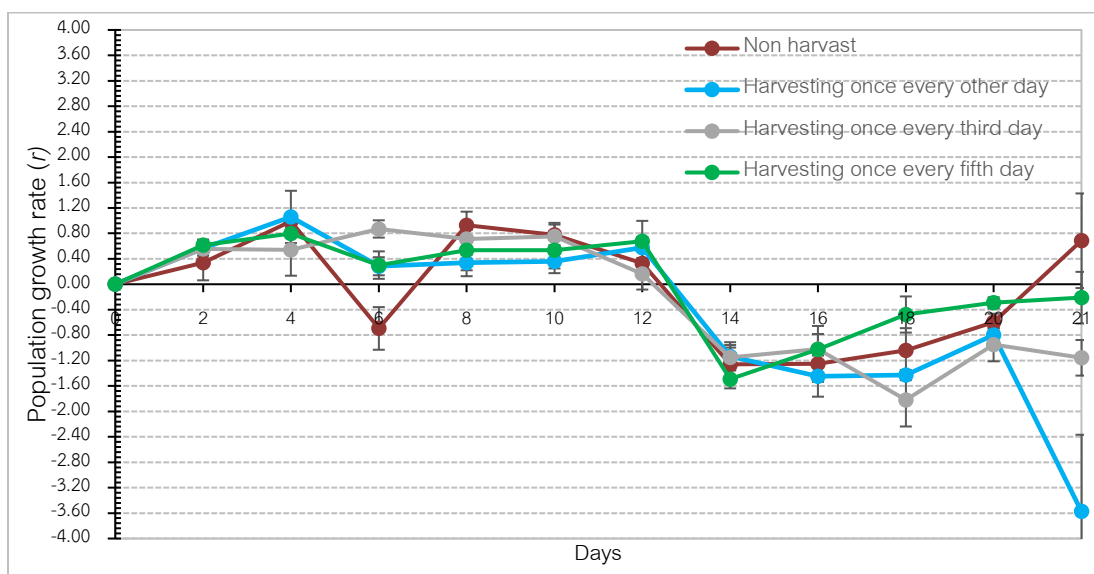


Figure 6 Population growth rate ($\text{ind.}/\text{mL}^{-1}$), Four different harvesting strategies were tested:

non-harvest (control), harvesting once every other day, harvesting once every third day, and harvesting once every fifth day

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนร้อยละของระยะการเจริญเติบโตของโคพีพอดที่พบตลอดการทดลองของ *P. crassirostris* ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ต่างกันระหว่าง ไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่วันเว้นวัน ทุก 3 วัน และทุก 5 วัน ที่แสดงใน Figure 6 พบระยะการเจริญเติบโตของโคพีพอดที่พบมากที่สุดตลอดการทดลอง ในสัดส่วนที่ต่างกันตั้งแต่ระยะ ตัวเต็มวัย (Adult) โคพีพอดิต (copepodite) และนาเพลียส (nauplii) ไม่ต่างกันมีสัดส่วน (ร้อยละ 36.19, 9.57, 54.24), (ร้อยละ 59.04, 20.16, 20.28), (ร้อยละ 71.76, 14.51, 13.73) และ (ร้อยละ 28.11, 13.11, 58.78) ตามลำดับ Figure 7

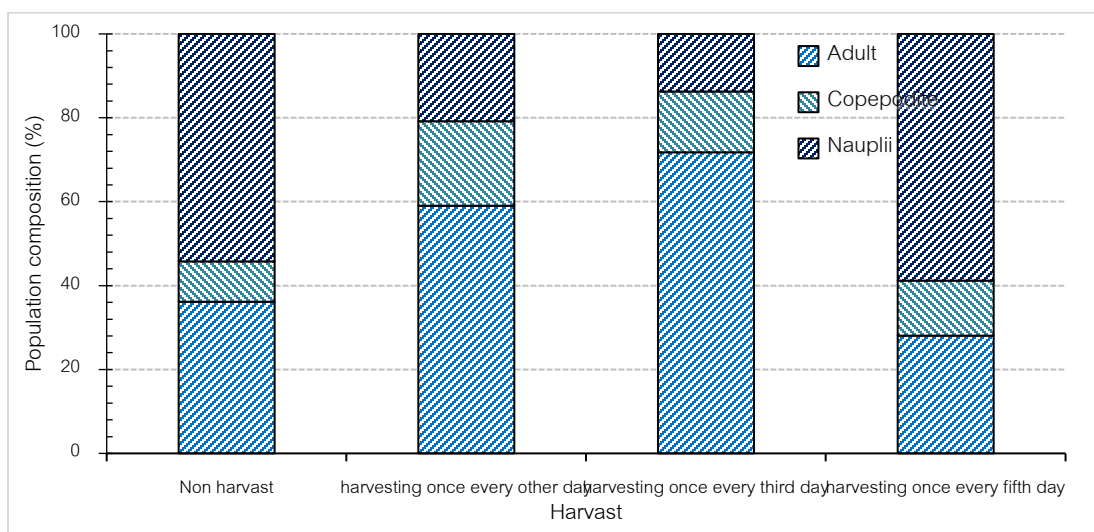


Figure 7 Population composition (%). Four different harvesting strategies were tested: non-harvest (control), harvesting once every other day, harvesting once every third day, and harvesting once every fifth day

Discussion

การทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดในระยะนาเพลียสและโคฟีโพดิดควรเก็บเกี่ยวทุกวันเว้นวัน และควรดำเนินการตั้งแต่วันที่ 2-12 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Santhosh *et al.*, (2018) ที่การเพาะเลี้ยง *Acartia* sp. กลางแจ้งมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตระยะนาเพลียส (N1-N6) และระยะโคฟีโพดิด (C1-C5) หลังจากเพาะเลี้ยงโคฟีพอดแล้ว 6 วัน และเก็บเกี่ยวผลผลิต 50% ของตู้เลี้ยงทุกวันเป็นเวลา 16 วัน (Wiradana *et al.*, 2020) ในขณะที่การเพาะเลี้ยงโคฟีพอด *P. crassirostris* แบบเข้มข้น ในถังเลี้ยงขนาด 100-200 ลิตร สามารถเลี้ยงโคฟีพอดได้ 3,000-6,000 ตัวต่อลิตร และมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตของโคฟีพอดในระยะนาเพลียสและโคฟีโพดิดโดยใช้ตาข่ายที่มีขนาดต่างกันในการคัดแยกโคฟีพอดเช่นเดียวกับการทดลองในครั้งนี้ แต่มีความแตกต่างกันที่มีระบบเก็บเกี่ยวโคฟีพอดซึ่งมีการพัฒนาระบบการเก็บเกี่ยวแบบ overflow, passive filtration, หรือใช้ตกตะกอนโดยแรงโน้มถ่วงเพื่อเก็บไข่ (Kline & Laidley., 2015) ซึ่งควรนำไปพัฒนาในการเลี้ยงโคฟีพอดชนิดนี้ต่อไป ในขณะที่ปรับวิธีการเพาะเลี้ยง *P. crassirostris* พบว่าจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในตู้เลี้ยงเพียงบางส่วนของทุกสัปดาห์ด้วยการดูดตะกอนผ่านสวิงขนาด 100 ไมโครเมตรและให้ไหลผ่านลงสู่สวิงขนาด 25 ไมโครเมตรรวบรวมโคฟีพอดในระยะนาเพลียสและไข่ซึ่งใช้วิธีการเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ (Alajmi *et al.*, 2015) หรือในการเพาะเลี้ยงโคฟีพอด *Acartia tonsa* เพื่อใช้เป็นอาหารในการอนุบาลลูกปลาลิ้นหมา (*Paralichthys lethostigma*) พบว่าในการเก็บเกี่ยวผลผลิตของโคฟีพอดโดยทำการใช้ตาข่ายกรองที่มีขนาดต่างกันเพื่อคัดแยกขนาดของโคฟีพอดที่ต้องการและให้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังเลี้ยงโคฟีพอด 30% ของถังเลี้ยงทุกสัปดาห์ ซึ่งอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตของโคฟีพอดในครั้งที่เก็บเกี่ยวผลผลิตในตู้เลี้ยง 20% ของถังเลี้ยง (Williamson *et al.*, 2020) ในขณะที่การเพาะเลี้ยงโคฟีพอดแบบต่อเนื่อง

จำนวนมากถึงขนาดใหญ่ 1,000 ลิตร สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตของโคพีพอดได้ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อเนื่องเป็นเวลา 10-15 วันของจำนวนโคพีพอดทั้งหมด (Santhosh *et al.*, 2018) และควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การใช้อาหารที่มีความเข้มข้นสูง เช่น แพลงก์ตอนเข้มข้น การนำอาหารทางเลือกมาใช้เลี้ยงเพื่อศักยภาพในการผลิต และลดต้นทุนในการผลิต เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบการเลี้ยงต่อไป

Conclusions

ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าในการเลี้ยงโคพีพอด *P. crassirostris* เพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตของโคพีพอดระยะนอเพลียส และโคพีพอดไปใช้ในการอนุบาลสัตว์ทะเลสวยงามวัยอ่อน ควรมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกวันเว้นวัน ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ของความจุน้ำเหมาะสมที่สุด โดยไม่มีผลต่อความหนาแน่นของโคพีพอด และสามารถเก็บรวบรวมจำนวนโคพีพอดในระยะที่ต้องการได้สูงสุด

Acknowledgments

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนการสนับสนุนงบประมาณการดำเนินการวิจัยจาก งบประมาณเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ส่วนงานสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ม.บูรพา ประจำปีงบประมาณ 2567 ทั้งนี้คณะผู้ดำเนินการขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการวิจัยทุกท่านที่ทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จเป็นไปด้วยดี และขอขอบคุณสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ม.บูรพา เป็นอย่างยิ่ง

References

- Alajmi, F., Zeng, C., & Jerry, D. (2015). Domestication as a Novel Approach for Improving the Cultivation of Calanoid Copepods: A Case Study with *Parvocalanus crassirostris*. *PLoS ONE*, 10, e0133269.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133269>
- Amerian Public Health Association, American Water Work Association, and Water Environment Federation. (1995). *Standard method for the examination of water and wastewater*. 19th ed. APHA, Washington, D.C.
- Bendif, E.M., Probert, I., Schroeder, D. C., & de Vargas, C. (2013). On the description of *Tisochrysis lutea* gen. nov. sp. nov. and *Isochrysis nuda* sp. nov. in the *Isochrysidales*, and the transfer of *Dicrateria* to the *Prymnesiales* (Haptophyta). *J Appl Phycol*, 25, 1763–1776.
- Boxshall, G.A., & Halsey, S.H. (2004). *An introduction to copepod diversity*. Ray Society, Andover, U.K.

- Burgess, A., & Callan, C. (2018). Effects of supplemental wild zooplankton on prey preference, mouth gape, osteological development and survival in first feeding cultured larval yellow tang (*Zebrasoma flavescens*). *Aquaculture*, 495, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.046>
- Gamiao, S., Maria Haws, C., Tim, G., Chatham, C., & Carla. (2021). Survival in *Parvocalanus crassirostris* cultures treated with commercial probiotic. *In a thesis submitted to the graduate division of the University of Hawai'i at Holo in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science*, 58 p.
- Guillard, R. R. L., & Ryther, J. H. (1962). Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Canadian Journal of Microbiology*, 8(2), 229–239. <https://doi.org/10.1139/m62-029>.
- Helm, M. M., & Laing, I. (1987). Preliminary observations on the nutritional value of 'Tahiti *Isochrysis*' to bivalve larvae. *Aquaculture*, 62, 281–288.
- Humes, A.G., (1994). How many copepods? *Hydrobiologia*, 292–293, 1–7.
- Kline, D. M., Chatham, K. C., & Charles, W. L. (2014). Advances in intensive copepod production technology. *Global Aquaculture advocate*. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/advances-in-intensive-copepod-production-technology/?headlessPrint=AAAAPIA9c8r7gs82oWZBA>
- Kline, M. D., & Laidley, C. W. (2015). Development of intensive copepod culture technology for *Parvocalanus crassirostris*: Optimizing adult density. *Aquaculture*, 435, 128-136.
- Laidley, C. W., Burnell, A. F., Shields, R. J., Molnar, A., & Kotani, T. (2004). Marine ornamentals: captive culture progress at the Oceanic Institute. *Global Aquaculture Advocate*, 7, 53-54.
- Lawson, T. J., & Grice, G. D. (1973). *The developmental stages of Paracalanus crassirostris* Dahl, 1894 (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 24(1), 43-56.
- Liao, I.C., K.H. Su , & J.H. Lin, 1983. Larval foods for Penaeid prawn. In: CRC Handbook of Mariculture. Vol-1. Crustacean Aquaculture (J.P. McVey ed.). CRC press, Florida. pp. 43-69.

- Liu, C. H., & Lin, H. J. (2001). Growth and fatty acid composition of the tropical marine haptophyte *Isochrysis galbana* and its related species. *Aquaculture*, 201(1–2), 135–150. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00552-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00552-2)
- McKinnon, A., Duggan, S., Nichols, P.D., Rimmer, M.A., Semmens, G.L., & Robino, B. (2003). The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture*, 223, 89–106.
- Okauchi M, Kawamura K, & Mizukami Y. (1997). Nutritive value of 'Tahiti *Isochrysis*' *Isochrysis* sp. for larval greasy back shrimp, *Metapenaeus ensis*. *Bull Natl Res Inst Aquacult*, 26, 1–11.
- Payne, M.F., Rippingale, R.J., & Cleary, J.J. (2001). Cultured copepods as food for West Australian dhufish (*Glaucosoma hebraicum*) and pink snapper (*Pagrus auratus*) larvae. *Aquaculture*, 194, 137–150.
- Payne, M.F., & Rippingale, R.J. (2001). Intensive cultivation of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*, 201, 329–342.
- Santhosh B., Anil M. K., Muhammed Anzeer F., Aneesh K. S., Mijo V. Abraham, Gopakumar G., Rani Mary George, Gopalakrishnan A. , & Unnikrishnan C. (2018). Culture Techniques of marine Copepods. CMFRI Booklet No.9/2018. ISBN 978-93-82263-23-4. *Indian Council of Agricultural Research Central Marine Fisheries Research Institute*, 142 p.
- Shields, R. J., & Laidley, C. W. (2003). Intensively cultured paracalanid copepods: High quality diet for small tropical marine fish larvae? *Global Aquaculture Advocate*, 6(6), 80 p.
- Shields, R.J., Kotani, T., Molnar, A., Marion, K., Kobashigawa, J., & Tang, L. (2005). Intensive cultivation of a subtropical paracalanid copepod, *Parvocalanus* sp., as prey for small marine fish larvae. *Copepods Aquac*, 209–223.
- Solorzano, L. (1969). *Determination of ammonia in natural water by the phenol hypochlorite method* 1 1 This research was fully supported by U.S Atomic Energy Commission contract no. ATS (11-1) Gen 10, P.A. 20. *Limnology and Oceanography*, 14(5), 799-801. <https://doi.org/10.4319/LO.1969.14.5.0799>
- Støttrup, J.J. (2000). The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. *Aquac. Res*, 31, 709–711.

- Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1977). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Minister of Supply and Services, Canada.
- Valencia, T. G. A., Merino, G. E., Prieto-Guevara, M. J., Acosta Portillo, J. E., López Arboleda, J. E., & Chapman, F. A. (2022). Spawning *Parvocalanus crassirostris* at a high adult density: Explaining low adult population numbers and means for improving their intensive culture. *Aquaculture*, 546, 737347.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737347>
- van der Meeren, T., Olsen, R. E., Hamre, K., & Fyhn, H. J. (2008). Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. *Aquaculture*, 274 (2–4), 375–397.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.041>
- Williamson, A., Blandon, I., Scarpa, J., Vega, R., & Siccardi, A. (2020). *Copepod propagation and use as a live food for fish larviculture*. Journal of the World Aquaculture Society, 51(4), 789–812.
<https://doi.org/10.1111/jwas.12697>
- Wiradana, P., Anjani, S., Yusup, D., Wiryatno, J., Melianawati, R., Nege, A., & Soegianto, A. (2020). Copepod growth populations (*Acartia* sp.) in outdoor mass culture tanks: Exploring natural feed potentials for sustainable aquaculture. *Ecology, Environment and Conservation*, 26, 2020-1383.