

การเพาะเลี้ยงโคพีพอดเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนใน โรงเพาะฟัก

Copepod Cultivation for Larviculture in the Hatchery

พงศธร จันทรรัตน์^{1/*}
Pongsaton Juntarut^{1/*}

(Received: 28 October 2014; Accepted: 13 January 2015)

Abstract: Copepods play an important role as a natural food for aquatic animals, particularly in hatchery-based marine larviculture. They contain nutrients essential for the growth and survival of larvae. This is an important factor to be considered for the successful production of aquatic animal larvae of required market size. Therefore, studying different factors related to copepod culture is essential in maximizing the productivity of culture. This paper discusses the culture of copepods under extensive, semi-intensive and intensive system. In addition, it also explores the influences of culture system, species selection, feed selection, the application of probiotics in culture and storage copepod products in the process of developing a commercial scale copepod culture. These information are useful for the development of copepod cultivation in Thai aquaculture.

Keywords: Copepod, aquaculture, larviculture, hatchery

^{1/} โปรแกรมวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

^{1/} Program in Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla 90000, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: pongsaton634@hotmail.com

บทคัดย่อ: โคพีพอดมีบทบาทสำคัญเป็นอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำโดยเฉพาะการใช้อนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อนในโรงเพาะฟัก เนื่องจากโคพีพอดมีองค์ประกอบของสารอาหารสำคัญทางโภชนาการที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะประสบความสำเร็จในการผลิตลูกพันธุ์สัตว์น้ำเพื่อใช้เลี้ยงให้ได้ขนาดตามความต้องการของตลาด ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงโคพีพอดย่อมส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่มีประสิทธิภาพตามความต้องการใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน บทความฉบับนี้ได้กล่าวถึงรูปแบบการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม แบบกึ่งพัฒนา และแบบพัฒนา นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเพาะเลี้ยง การคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์ การคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยง การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกส์ร่วมกับการเลี้ยง และการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเลี้ยงโคพีพอดเชิงพาณิชย์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยได้

คำสำคัญ: โคพีพอด การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน โรงเพาะฟักสัตว์น้ำ

คำนำ

โคพีพอด (copepod) เป็นครัสเตเชียน (crustacean) ขนาดเล็กดำรงชีพอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งโคพีพอดบางชนิดพบดำรงชีพอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (Ho, 2001) แต่ส่วนใหญ่ดำรงชีพอย่างอิสระ (free-living) มีบทบาทสำคัญเป็นผู้บริโภคแพลงก์ตอนพืชและเป็นอาหารของสัตว์น้ำในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Turner, 2004) และยังเป็นอาหารธรรมชาติ (natural food) ที่สำคัญในแหล่งเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย (Shil et al., 2013) จากบทบาทดังกล่าวโคพีพอดจึงจัดเป็นอาหารมีชีวิต (live feed) (Conceição et al., 2010) ที่มักใช้ร่วมกับโรติเฟอร์ (rotifer) (Lubzens et al., 2001) อาร์ทีเมีย (Artemia) (Sorgeloos et al., 2001) และแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (green algae) และไดอะตอม (diatom) (Hemaiswarya et al., 2011) เป็นต้น ในการอนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสัตว์น้ำวัยอ่อนมีการพัฒนาระบบการมองเห็นและระบบทางเดินอาหารยังไม่สมบูรณ์จึงเป็นข้อจำกัดในการจับกินและการย่อยอาหารในช่วงแรกหลังฟักออกจากไข่ (Yúfera et al., 2014) แต่พบว่าโคพีพอดระยะตัวอ่อนมีขนาดเหมาะสมต่อการกินของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีขนาดความกว้างของช่องปากค่อนข้างเล็ก (Doi et al., 1997) และสามารถย่อยได้ง่ายในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกด้วย (Payne and Rippingale, 2000) พร้อมทั้งโคพีพอดยังมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง

(highly unsaturated fatty acids) โปรตีน รงควัตถุ วิตามิน และสารอาหารอื่น ๆ ที่สำคัญทางโภชนาการเหมาะสมและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน (van der Meer et al., 2008) นอกจากนี้โคพีพอดยังมีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้นในระยะนาพลิอุส (nauplius I-VI) ระยะโคพีพอดิด (copepodid I-VI) และระยะตัวเต็มวัย (adult) (Chullasorn et al., 2012; Golez et al., 2004; Santhanam and Perumal, 2013) เหมาะสมแก่การนำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตใช้ในโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ

โดยทั่วไปมักใช้โคพีพอดในกลุ่มฮาร์แพคติกอย (harpacticoid) คาลานอยด์ (calanoid) และไซโคลพอยด์ (cyclopoid) เป็นอาหารมีชีวิตเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อน (Drillet et al., 2011b) ซึ่งโคพีพอดแต่ละกลุ่มมีพฤติกรรมการดำรงชีพแตกต่างกัน เนื่องจากฮาร์แพคติกอยโคพีพอดระยะตัวเต็มวัยนั้นอาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน จึงเรียกโคพีพอดกลุ่มนี้ว่า epi-benthic copepod และพบว่าโคพีพอดในสกุล *Tisbe* สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อใช้อนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (de Lima and Souza-Santos, 2007) ลูกม้าน้ำ (Olivotto et al., 2008a) และลูกปลาการ์ตูน (Olivotto et al., 2008b) ส่วนโคพีพอดในกลุ่มคาลานอยด์และไซโคลพอยด์ระยะตัวเต็มวัยมีรูปแบบการดำรงชีพเป็นแพลงก์ตอน (planktonic copepod) อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำและในมวลน้ำจึงเรียกโคพีพอดทั้งสองกลุ่มนี้ว่า pelagic copepod โดยคาลานอยด์โคพีพอดในสกุล *Acartia* มักนำมาใช้เป็นอาหาร

อนุบาลลูกปลากะรัง และปลากะพงแดง (McKinnon *et al.*, 2003) ส่วนไซโคลพอยด์โคพีพอดในสกุล *Oithona* สามารถนำมาอนุบาลลูกปลากะพงขาว (Santhanam and Perumal, 2012) และโคพีพอดสกุล *Apocyclops* มักใช้อนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (Farhadian *et al.*, 2007) นอกจากนี้โคพีพอดยังสามารถใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำชายฝั่งสำคัญทางเศรษฐกิจในกลุ่มปู (Jantrarotai *et al.*, 2004) ซึ่งเป็นกลุ่มสัตว์น้ำในระบบการเพาะเลี้ยงที่ยากต่อการอนุบาลลูกพันธุ์ในโรงเพาะฟักก่อนการปล่อยลงเลี้ยงต่อในระบบบ่อดิน (วุฒิชัย และคณะ, 2555)

วัตถุประสงค์ของบทความฉบับนี้ได้กล่าวถึงชนิดของโคพีพอดที่สามารถเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวผลผลิตมาใช้เพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อน พร้อมทั้งได้มีการยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการเพาะเลี้ยงโคพีพอดที่สามารถใช้เป็นแนวคิดในการปรับปรุงและพัฒนาการผลิตโคพีพอดเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนของประเทศไทย

1. รูปแบบการเพาะเลี้ยงโคพีพอด

โดยทั่วไปลักษณะการเพาะเลี้ยงและการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ประกอบด้วย การเลี้ยงแบบดั้งเดิม (extensive system) การเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive system) และการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive system) (Ajiboye *et al.*, 2011) โดยแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของการลงทุนการผลิตและปริมาณของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ รวมทั้งการปนเปื้อนเชื้อโรคไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ไวรัส หรือปรสิตที่สามารถส่งผลเสียต่อสัตว์น้ำวัยอ่อนที่ทำการอนุบาลด้วยโคพีพอดได้ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการผลิตโคพีพอดจากการเพาะเลี้ยงทั้ง 3 รูปแบบ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังต่อไปนี้

1.1 การเลี้ยงโคพีพอดแบบดั้งเดิม

การเลี้ยงโคพีพอดแบบดั้งเดิมจัดเป็นรูปแบบการผลิตโคพีพอดโดยอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก โดยจะเก็บเกี่ยวโคพีพอดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ด้วยวิธีการกรองน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วนำโคพี

พอดที่เก็บเกี่ยวได้มาพักเตรียมพร้อมในการใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน หรืออาจนำโคพีพอดที่เก็บเกี่ยวได้มาพักรอเวลาเหมาะสมที่จะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นถัดไป โดยมีนักวิจัยหลายกลุ่มได้มีการรายงานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบดั้งเดิมในเขตภูมิภาคเอเชีย ดังการศึกษาของ Toledo *et al.* (1999) มีการใช้ประโยชน์จากโคพีพอดในแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อผลิตนอเพลียสสำหรับอนุบาลปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides*) วัยอ่อนในประเทศฟิลิปปินส์ โดยนอเพลียสจะถูกเพาะขยายจากพ่อแม่พันธุ์โคพีพอดชนิด *Acartia tsuensis*, *Pseudodiaptomus* spp. และ *Oithona* sp. ที่เก็บเกี่ยวได้จากแหล่งน้ำกร่อยในธรรมชาติโดยการกรองน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 400-600 ไมโครเมตร ซึ่งจะนำพ่อแม่พันธุ์โคพีพอดมาปล่อยไว้ในถังเลี้ยงเพื่อให้ผลิตนอเพลียสก่อนการปล่อยปลากะรังดอกแดงวัยอ่อนลงในถังดังกล่าว เช่นเดียวกับ Doi *et al.* (1997) ที่ได้เก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดชนิด *Pseudodiaptomus annandalei* และ *A. tsuensis* จากบ่อเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) เพื่อผลิตนอเพลียสสำหรับการอนุบาลปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*) วัยอ่อนในประเทศฟิลิปปินส์เช่นกัน

การเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมมักมีการลงทุนน้อยเนื่องจากโคพีพอดอาศัยอาหารธรรมชาติและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโตในแหล่งน้ำหรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งความหนาแน่นของโคพีพอดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติในแหล่งน้ำนั้น ๆ ก่อนที่จะมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยการใช้เครื่องมืออย่างง่าย เพื่อนำมาใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟักต่อไป แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตโคพีพอดที่เก็บเกี่ยวจากแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่ส่งผลทำให้เกิดการติดเชื้อในสัตว์น้ำวัยอ่อนสามารถสร้างความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงได้ โดยมีรายงานของ Zhang *et al.* (2008) พบว่าโคพีพอดชนิด *Nitocra* sp. เป็นพาหะนำเชื้อโรคไวรัสจุดขาว (white spot syndrome virus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งครุมา (*Marsupenaeus japonicus*) ในประเทศจีน ซึ่งจากการทดลองเลี้ยงลูกกุ้งครุมาระยะโพสลาร์วา (post larvae) ด้วยโคพีพอดที่ติด

เชื้อไวรัสสฤจขาวมีผลให้ลูกกุ้งมีอัตราการตายประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ลูกกุ้งชุดควบคุมที่เลี้ยงด้วยโคฟีพอดปลอดเชื้อไวรัสมีอัตราการตายเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการแยกเชื้อไวรัสสฤจขาวจากโคฟีพอดที่ติดเชื้อแล้วนำไปฉีดเข้ากล้ามเนื้อของลูกกุ้งในระยะวัยรุ่นพบว่าทำให้ลูกกุ้งมีอัตราการตายสูงถึง 73 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ลูกกุ้งชุดควบคุมมีอัตราการตายเพียง 23 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น นอกจากนี้โคฟีพอดยังอาจเป็นพาหะนำเชื้อโรคแบคทีเรียในสกุล *Vibrio* และ *Aeromonas* ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดในสกุลดังกล่าวจัดเป็นเชื้อก่อโรคร้ายแรงและสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Austin, 2011) โดยมีรายงานการศึกษาของ Thomas et al. (2006) พบเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio cholera* ในโคฟีพอดที่เก็บได้จากแหล่งน้ำกร่อยบางฤดูกาลในประเทศอินเดีย ซึ่งสอดคล้องกับ Rawlings et al. (2007) ได้รายงานการตรวจพบเชื้อแบคทีเรีย *V. cholera* ในโคฟีพอดชนิด *Acartia tonsa* และ *Eurytemora affinis* บริเวณอ่าวเบงกอลของมหาสมุทรอินเดีย นอกจากนี้ได้มีรายงานพบเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Vibrio*, *Aeromonas* และ *Arcobacter* ในโคฟีพอดชนิด *Acartia clausi*, *Centropages typicus*, *Paracalanus parvus* และ *Temora stylifera* บริเวณชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนอีกด้วย (Gugliandolo et al., 2008) จากรายงานข้างต้นแสดงให้เห็นว่าโคฟีพอดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาจเป็นตัวกลาง (vector) ที่สามารถแพร่กระจายเชื้อไวรัสและแบคทีเรียชักนำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคสัตว์น้ำได้ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมจึงมีข้อดีในแง่ของการลงทุนต่ำแต่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคที่อาจปะปนมากับโคฟีพอดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกและนำไปสู่การติดเชื้อในสัตว์น้ำวัยอ่อนระหว่างการอนุบาลในโรงเพาะฟัก

1.2 การเลี้ยงโคฟีพอดแบบกึ่งพัฒนา

การเลี้ยงโคฟีพอดแบบกึ่งพัฒนาเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่มีการพัฒนาสู่ระบบการจัดการเลี้ยงที่ซับซ้อนมากกว่าลักษณะการเลี้ยงแบบดั้งเดิมเนื่องจากเริ่มมีการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ เช่น การให้อาหารเลี้ยงและการควบคุมคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบดังกล่าวมักผลิตโคฟีพอดได้ปริมาณน้อยจากการเลี้ยงที่ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ อีกทั้งยังต้องมีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ แพลงก์ตอน และปรสิตที่อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยโคฟีพอดได้ (Ajiboye et al., 2011) โดยมีรายงานการเลี้ยงโคฟีพอดแบบกึ่งพัฒนาในประเทศออสเตรเลียของ Schipp et al. (1999) ที่เก็บเกี่ยวพ่อแม่พันธุ์โคฟีพอดชนิด *Acartia* spp. จากทะเลสาบน้ำเค็มมาทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณผลผลิตนอพลีซิสแล้วนำไปใช้ออนุบาลลูกปลากระพงข้างปาน (*Lutjanus johnii*) และปลากะพงแดง ป่าชายเลน (*Lutjanus argentimaculatus*) ซึ่งนำพ่อแม่พันธุ์โคฟีพอดรุ่นแรกที่ได้มาเพาะเลี้ยงที่ความหนาแน่น 50-200 ตัว/ลิตร ในถังเลี้ยงขนาด 100-1,000 ลิตร โดยแต่ละวันทำการเลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชผสมหลายชนิด ได้แก่ *Rhodomonas* sp., *Tetraselmis* sp. และ *Isochrysis* sp. (อัตราส่วน 2:1:1) อัตราความหนาแน่น 2×10^4 เซลล์/ลิตร ภายใต้การเลี้ยงที่มีการเตรียมน้ำก่อนนำไปใช้ในการเลี้ยง การให้แสง การให้ออกซิเจน การควบคุมความเค็มของน้ำ และการควบคุมอุณหภูมิน้ำให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดชนิดนี้ พร้อมทั้งมีการป้องกันและกำจัดแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่น ๆ อาทิเช่น โรติเฟอร์ และตัวอ่อนหรือไข่ของเพรียงหินที่อาจปนเปื้อนมาในระบบการเลี้ยงโคฟีพอดนอกจากนี้การศึกษาในประเทศอินเดียของ Rajkumar and Kumaraguru vasagam (2006) ได้ทำการกร่อนน้ำบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 158, 500 และ 190 ไมโครเมตร ตามลำดับ เพื่อแยกและกำจัดสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ที่ปะปนมา เช่น ลูกปลา ลูกกุ้ง โรติเฟอร์ และตัวอ่อนของเพรียงหินส่วนที่เหลือเป็นโคฟีพอดชนิด *A. clausi* ระยะโคฟีพอดติดและตัวเต็มวัยที่สามารถนำไปเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros affinis* และ *Chlorella marina* ภายใต้การควบคุมปัจจัยการเลี้ยงและการควบคุมคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส ความเค็ม 30-34 ส่วนในพันส่วน (part per thousand) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7-8.5 และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5-6.8

มิลลิเมตร/ลิตร เพื่อใช้ผลผลิตในการอนุบาลลูกปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*)

จะเห็นว่ารูปแบบการเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบกึ่งพัฒนายังเป็นระบบเปิดที่มีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกอาจชักนำสู่การปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในกลุ่มแบคทีเรียและเชื้อไวรัสที่ได้กล่าวมาข้างต้นเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยของปรสิตที่อาจสร้างความเสียหายให้กับสัตว์น้ำในระบบการเพาะเลี้ยงด้วยการเกาะติดเพื่อดูดกินของเหลวหรือน้ำเลือดจากตัวเจ้าบ้าน (host) และการที่ปรสิตใช้อวัยวะในการยึดเกาะหรือฝังลงไปบนเนื้อเยื่อของตัวเจ้าบ้านจะก่อให้เกิดบาดแผลตามด้วยการติดเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสในระยะที่สองเรียกว่าการติดเชื้อทุติยภูมิ (secondary infection) ในสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยการศึกษาของ Leaw *et al.* (2012) รายงานพบปรสิตโคพีพอดชนิด *Caligus rotundigenitalis* เกาะติดอยู่บริเวณด้านในของแผ่นปิดเหงือก ลำตัว และหัวของปลากระพงแดง (*Lutjanus erythropterus*) ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศมาเลเซีย โดยปรสิตโคพีพอดนั้นจัดเป็นปรสิตภายนอกที่มีระยะส่วนหน้าของร่างกายเป็นตะขอใช้ในการยึดเกาะผิวหนังด้านนอก ร่างกายของเจ้าบ้านชักนำให้เกิดบาดแผลเรื้อรังส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตและการตายของเจ้าบ้าน (Fast, 2014) สอดคล้องกับรายงานในประเทศฟิลิปปินส์ของ Cruz-Lacierda *et al.* (2011) พบว่าโคพีพอดชนิด *Caligus epidemicus*, *Pseudocaligus uniartus* และ *Lepeophtheirus sigani* เป็นปรสิตของปลาชนิดหินจุดแดง (*Siganus guttatus*) ส่วนโคพีพอดชนิด *Lepeophtheirus spinifer* เป็นปรสิตของปลาจะละเม็ดทอง (*Trachinotus blochii*) ในขณะที่ปลากระพงขาว (*L. calcarifer*) พบว่ามีโคพีพอดชนิด *C. epidemicus* เป็นปรสิตที่ก่อให้เกิดแผลเปื่อย (erosion) และการตกเลือด (hemorrhage) บริเวณผิวหนังลำตัว ครีบ และตา ชักนำให้ปลาไม่กินอาหารและเสื่อมสภาพจนถึงล้มต่อการเจริญเติบโตของปลาที่ติดเชื้อปรสิตโคพีพอดดังกล่าว

1.3 การเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนา

การเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนาเป็นลักษณะการเพาะขยายผลผลิตในปริมาณมากด้วยอัตราการเลี้ยงที่มีความหนาแน่นค่อนข้างสูงภายใต้การควบคุมปัจจัยการเลี้ยงอย่างเป็นระบบแบบแผน ไม่ว่าจะเป็นอาหารที่ใช้เลี้ยง คุณภาพน้ำ หรือโรงเรือนเพาะเลี้ยงที่มีการลงทุนสูงกว่าการเลี้ยงแบบดั้งเดิมและแบบกึ่งพัฒนา (Stotttrup, 2000) แต่ผลผลิตโคพีพอดจากระบบการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาสามารถเก็บเกี่ยวได้ในปริมาณมากกว่าและสามารถกำหนดวงจรระยะการเลี้ยงให้ทันตามความต้องการใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟัก โดยชนิดของโคพีพอดที่มีการคัดเลือกมาเพาะขยายในระบบการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาต้องเป็นโคพีพอดชนิดที่สามารถเลี้ยงได้ในระดับความหนาแน่นสูง มีวงจรชีวิตสั้น ให้ผลผลิตสูง และสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมในระบบการเลี้ยงที่มีการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงอย่างมีประสิทธิภาพ (Ajiboye *et al.*, 2011) ซึ่งมีการศึกษาวิจัยการเพาะขยายโคพีพอดในรูปแบบการเลี้ยงแบบพัฒนาเพื่อสนองความต้องการของโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ เช่น การศึกษาของ Raju *et al.* (2012) ในประเทศอินเดียได้ทดลองเพาะเลี้ยงไซโคลพอยด์โคพีพอดชนิด *Oithona rigida* ด้วยแพลงก์ตอนพืชหลายชนิด ได้แก่ *C. marina*, *Nannochloropsis* sp., *I. galbana*, *Dunaliella salina* และ *Tetraselmis* sp. ในถังเลี้ยงกลางแจ้งภายใต้การควบคุมคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ 26-34 องศาเซลเซียส ความเค็ม 26-35 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่าง 7.5-8.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5.0-7.5 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นต้น พบว่าในช่วงระยะเวลาเลี้ยง 35 วัน สามารถผลิตโคพีพอดได้เฉลี่ยประมาณ 4.48×10^4 ตัว/ลิตร ส่วนในประเทศออสเตรเลียจากการศึกษาของ Payne and Ripplingale (2001) มีการทดลองเลี้ยงคลาโนอยด์โคพีพอดชนิด *Gladioferens imparipes* ด้วยการปล่อยตัวอ่อนโคพีพอดในความหนาแน่น 1×10^3 ตัว/ลิตร และเลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *I. galbana* และ *Rhodomonas baltica* ในความหนาแน่น 2×10^7 - 2×10^8 เซลล์/ลิตร/วัน ในระบบถังเลี้ยงขนาด 60, 500 และ 1,000 ลิตร สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดระยะนอเพลียสได้ในปริมาณเฉลี่ย 1.12×10^3 ตัว/ลิตร/วัน (ระยะเวลา 58 วัน)

8.78×10^2 ตัว/ลิตร/วัน (ระยะเวลา 420 วัน) และ 5.20×10^2 ตัว/ลิตร/วัน (ระยะเวลา 184 วัน) ตามลำดับ ในขณะที่ Ribeiro and Souza-Santos (2011) สามารถเพาะเลี้ยง ฮาร์แพคติกอยโคพีพอดชนิด *Tisbe biminensis* ด้วยไดอะตอม (*Phaeodactylum tricornutum* และ *Thalassiosira fluviatilis*) และอาหารปลาสวยงามสำเร็จรูปภายใต้ระบบการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในมวลน้ำที่ความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วน และควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 28-32 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลผลิตนอเพลียสและโคพีพอดติดเฉลี่ย 2.80×10^4 ตัว/ลิตร/วัน ในช่วงระยะการเลี้ยงเป็นเวลาประมาณ 130 วัน

โดยการเพาะขยายปริมาณโคพีพอดในระบบการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาต้องมีการคำนึงถึงปริมาณอาหารในถังเลี้ยงที่มีการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ ที่ส่งผลให้การเพาะเลี้ยง และผลิตโคพีพอดได้ในปริมาณมากอีกทั้งการเพาะเลี้ยงในระบบดังกล่าวมีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคและปรสิตค่อนข้างน้อยเนื่องจากการเพาะขยายปริมาณโคพีพอดในระบบการเลี้ยงแบบปิดมีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยกว่ารูปแบบการเพาะเลี้ยงแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนาอาจมีการปนเปื้อนของโรติเฟอร์ที่เกิดจากอุบัติเหตุระหว่างการเลี้ยงแต่สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้ยา เช่น flubendazole ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของโรติเฟอร์แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของโคพีพอดที่เลี้ยง (Steenfeldt and Nielsen, 2010) นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนาจำเป็นต้องใช้ต้นทุนในการผลิตที่ค่อนข้างสูงกว่ารูปแบบการเลี้ยงแบบดั้งเดิมและแบบกึ่งพัฒนา เนื่องจากต้องผลิตโคพีพอดในปริมาณมากจากการเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงที่ต้องมีการลงทุนในส่วนของการที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตโคพีพอดและต้องมีการจัดการดูแลควบคุมคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างการเลี้ยง อีกทั้งการลงทุนในส่วนของการเลี้ยงถึงเลี้ยง หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงย่อมส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตโคพีพอดในระบบดังกล่าว (Conceição et al., 2010)

2. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงโคพีพอดเชิงพาณิชย์

ในระบบการเพาะเลี้ยงของประเทศไทยมีรายงานการทดลองใช้โคพีพอดอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนจากการศึกษาของสุภาวดี และคณะ (2556) ที่รายงานผลการวิจัยการใช้โคพีพอดสกุล *Tigriopus* ในการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มีผลให้สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของลูกกุ้งได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Jantrarotai et al. (2004) ที่ได้ศึกษาการใช้โคพีพอดน้ำเค็มร่วมกับอาร์ทีเมียในการอนุบาลลูกปูดำ (*Scylla olivacea*) พบว่าลูกปูมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นนอกจากนี้อัจฉรี และคณะ (2556) พบว่าลูกปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*) ที่อนุบาลด้วยโคพีพอดสกุล *Apocyclops* ส่งผลให้ลูกปลามีสีเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงระบบการเพาะเลี้ยงโคพีพอดให้มีประสิทธิภาพและสามารถผลิตโคพีพอดที่มีคุณภาพย่อมส่งผลต่อผลผลิตลูกพันธุ์สัตว์น้ำซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงสัตว์น้ำให้ได้ขนาดตามความต้องการของตลาดผู้บริโภคในอนาคตอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยนอกจากการคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์ของโคพีพอดที่มีลักษณะเด่นเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงแล้ว การคัดสรรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง และการประยุกต์ใช้โปรไบโอติก (probiotics) ร่วมกับการเลี้ยงสามารถส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตโคพีพอดให้มีคุณภาพเหมาะสมตามความต้องการของสัตว์น้ำวัยอ่อนเพื่อใช้ในการเสริมสร้างการเจริญเติบโต อีกทั้งการศึกษปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยง เช่น คุณภาพน้ำ หรือการออกแบบถังเลี้ยงและบ่อเลี้ยงเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องต่อความสำเร็จในการผลิตโคพีพอดเพื่อเพิ่มขยายปริมาณมากในเชิงพาณิชย์ (Drillet and Lombard, 2013) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอดให้สามารถใช้ได้ในระยะเวลานานขึ้นย่อมเป็นการเพิ่มมูลค่าการขายผลผลิตโคพีพอดในตลาดได้เช่นกัน ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงโคพีพอดเชิงพาณิชย์ในเรื่องของรูปแบบการเลี้ยง การคัดเลือกสายพันธุ์ การคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยง การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกร่วมกับการเลี้ยง และการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอด เป็นสิ่งสำคัญในการนำมาใช้พัฒนาการเลี้ยงโคพีพอดในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ของประเทศไทย โดยได้มีการยกตัวอย่างการศึกษาวิจัยในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบการเลี้ยงโคฟีพอด

การปรับปรุงการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดให้สามารถเลี้ยงได้ในที่อัตราความหนาแน่นสูงนอกจากการพิจารณาชนิดและอาหารที่เลี้ยงแล้วสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของโคฟีพอดแต่ละชนิด ซึ่งมีลักษณะการดำรงชีพอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นการพิจารณาถึงคุณภาพน้ำพื้นฐานที่สำคัญ เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ย่อมส่งผลต่อปริมาณผลผลิตโคฟีพอด (Rajthilak *et al.*, 2014) นอกจากนี้ยังมีรายงานการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดต่างชนิดร่วมกัน ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะการดำรงชีพที่แตกต่างกันจากการศึกษาของ Lee *et al.* (2013) ได้เปรียบเทียบรูปแบบการเลี้ยงโคฟีพอด 3 ชนิด ที่แยกจากแหล่งน้ำในประเทศเกาหลีที่มีความเค็มของน้ำแตกต่างกันประกอบด้วยโคฟีพอดชนิด *Paracyclops nana* จากทะเลสาบน้ำกร่อยที่มีความเค็มของน้ำ 10-25 ส่วนในพันส่วน *Apocyclops royi* จากโรงเพาะฟักที่มีความเค็มของน้ำ 12-28 ส่วนในพันส่วน และ *Tigriopus japonicus* จากชายฝั่งทะเลที่มีความเค็มของน้ำ 26-34 ส่วนในพันส่วน โดยโคฟีพอดถูกเลี้ยงในระบบการเพาะเลี้ยงแบบเดี่ยว (monoculture) และแบบรวมหลายชนิด (polyculture) พบว่าเมื่อเลี้ยงโคฟีพอดชนิด *P. nana* ร่วมกับ *T. japonicus* ส่งผลให้มีผลผลิตโคฟีพอดสูงกว่าการเลี้ยงแบบเดี่ยว และการเลี้ยง *P. nana* ร่วมกับ *A. royi* อาจเนื่องมาจากลักษณะการดำรงชีพ และการกินอาหารที่แตกต่างกันของ *P. nana* ที่ดำรงชีพเป็นแพลงก์ตอน ส่วน *T. japonicus* ดำรงชีพเป็นสัตว์หน้าดิน ในขณะที่ *P. nana* และ *A. royi* อาศัยอยู่ในมวลน้ำดำรงชีพเป็นแพลงก์ตอนทั้งสองชนิดจึงอาจเกิดการแย่งแย่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้

นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงโคฟีพอดเพื่อเพิ่มปริมาณยังต้องคำนึงถึงต้นทุนและผลผลิตที่ทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการเลี้ยง ดังการค้นหาลำดับปัจจัยการเลี้ยงที่สามารถลดต้นทุนการผลิตด้วยการใช้เศษเหลือใช้จากการ

ปลุสัตว์หรือการเกษตรของ Jeyaraj *et al.* (2014) ที่ใช้มูลสัตว์ในการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดชนิด *Macrosetella gracilis* เพื่อใช้ผลผลิตในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟักของประเทศอินเดีย โดยทำการทดลองใช้สูตรอาหารมูลสัตว์ ได้แก่ มูลวัว มูลไก่ มูลแพะ และมูลสัตว์ผสมทั้ง 3 ชนิด (อัตราส่วน 1:1:1) ด้วยการผสมมูลสัตว์ 500 กรัม ในน้ำ 20 ลิตร แล้วทำการหมักน้ำเป็นเวลา 12 วัน ก่อนนำฟอแม่พันธุ์โคฟีพอดมาเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 20 ตัว/ลิตร เป็นระยะเวลา 15 วัน ผลการศึกษาพบว่าน้ำที่ผสมมูลวัวสามารถผลิตโคฟีพอดได้ประมาณ 4.21×10^3 ตัว ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงในน้ำผสมมูลไก่ (2.35×10^3 ตัว) มูลแพะ (1.57×10^3 ตัว) และมูลสัตว์ผสมทั้ง 3 ชนิด (0.99×10^3 ตัว) ตามลำดับ การประยุกต์ใช้มูลสัตว์ในการเลี้ยงโคฟีพอดสามารถชักนำให้มีการเพิ่มอัตราการผลิตโคฟีพอดได้ อาจเนื่องมาจากปุ๋ยมูลสัตว์ปลดปล่อยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นอาหารธรรมชาติของโคฟีพอด และตะกอนสารอินทรีย์ในมูลสัตว์ก็อาจเป็นอาหารที่สำคัญของโคฟีพอดที่ดำรงชีพเป็นสัตว์หน้าดินได้อีกด้วย

2.2 การคัดเลือกสายพันธุ์โคฟีพอด

โคฟีพอดแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของสารอาหารสำคัญทางโภชนาการแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากอาหารที่ใช้เลี้ยง แต่อย่างไรก็ตามการคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์ของโคฟีพอดที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อนย่อมเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาวิจัย ดังการรายงานของ Yang and Hur (2014) ในประเทศเกาหลีที่มีการคัดเลือกชนิดของโคฟีพอดเพื่อนำไปใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนด้วยการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนะของโคฟีพอด 8 ชนิด ประกอบด้วย *Pseudodiaptomus inopinus*, *Tachidius triangularis*, *T. japonicus*, *Amphiascus* sp., *Nitokra spinipes*, *Tisbe teuera*, *P. nana* และ *Apocyclops* sp. พบว่าโคฟีพอดชนิด *P. nana* มีปริมาณโปรตีน 51 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าโคฟีพอดชนิดอื่น ๆ และสูงกว่าอาหารมีชีวิตที่ใช้กันทั่วไปอย่างเช่น อาร์ทีเมีย (*Artemia* sp.) และโรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) และพบว่าโคฟีพอดชนิด *P. nana* มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว

สูง (highly unsaturated fatty acid หรือ HUFA) สูงสุด (8.8 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม) ซึ่งสูงกว่าในโคฟีพอดชนิดอื่น ๆ โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมีย

นอกจากนี้การคัดเลือกสายพันธุ์โคฟีพอดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ผลิตไข่ได้ปริมาณมาก และมีอัตราการฟักของตัวอ่อนค่อนข้างสูงเป็นคุณลักษณะเด่นที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณได้ ดังการศึกษาวิจัยของ McKinnon *et al.* (2003) ที่เปรียบเทียบความสามารถในการผลิตไข่ของโคฟีพอด 3 ชนิด ได้แก่ *Bestiolina similis*, *Acartia sinjiensis* และ *Parvocalanus crassirostris* เพื่อใช้ผลผลิตในการอนุบาลปลารั้วอ่อนในกลุ่มปลากะพงแดงและปลากะรัง พบว่าแม่โคฟีพอดชนิด *B. similis* ที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Heterocapsa niei* สามารถผลิตไข่ได้ประมาณ 48 ฟอง/ตัว/วัน สูงกว่าในแม่โคฟีพอดชนิด *A. sinjiensis* (40 ฟอง/ตัว/วัน) และ *P. crassirostris* (31 ฟอง/ตัว/วัน) ตามลำดับ ในขณะที่ Lee *et al.* (2012) ได้ศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์โคฟีพอดชนิด *P. nana* จากแหล่งน้ำ 6 แห่งในประเทศเกาหลีใต้ โดยพิจารณาคัดเลือกจากค่าความดกไข่ของโคฟีพอดแต่ละสายพันธุ์พบว่าสายพันธุ์ที่แยกจากทะเลสาบน้ำกร่อยที่มีความเค็มของน้ำ 18 พีเอสยู (practical salinity unit) สามารถผลิตโคฟีพอดระยะอนุเพลียสได้มากที่สุดประมาณ 14 ตัว/วัน และสามารถเลี้ยงได้ในความหนาแน่นสูงสุดที่ 8.80×10^4 ตัว/ลิตร อีกทั้งยังมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของประชากรสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ อีกด้วย

2.3 การคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอด

การคัดเลือกชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอดเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นสูง และสามารถเพิ่มขยายปริมาณผลผลิตโคฟีพอดเพื่อรองรับความต้องการอาหารมีชีวิตของโรงเพาะฟักสัตว์น้ำที่มีปริมาณความต้องการมากขึ้นในปัจจุบัน จากการศึกษาของ Pan *et al.* (2012) ได้รายงานผลการผลิตไข่ของแม่พันธุ์โคฟีพอดน้ำกร่อยชนิด *Acartia bilobata* ที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชต่างชนิดกัน พบว่าแม่โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *I. galbana* สามารถผลิตไข่ได้สูงสุด 24 ฟอง/ตัว/วัน มากกว่าการเลี้ยงด้วย

Nannochloropsis oculata และ *Tetraselmis chui* ตามลำดับ และพบว่าช่วงอายุ (life span) ของแม่โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *I. galbana* ยาวนานถึง 18 วัน ซึ่งนานกว่าแม่พันธุ์โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ ส่วนการศึกษาของ Lee *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของอาหารต่างชนิดที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอดชนิด *P. nana* ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน พบว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมระหว่างแพลงก์ตอนพืช 2 ชนิด ได้แก่ *Tetraselmis suecica* กับ *I. galbana* และ *T. suecica* กับ *P. tricornutum* มีความดกไข่ประมาณ 17 ฟอง/ตัว/วัน มากกว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมระหว่างแพลงก์ตอนพืช 2 ชนิด *T. suecica* กับ *P. tricornutum* พบว่ามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้การพิจารณาขนาดของแพลงก์ตอนพืชต้องเหมาะสมต่อการนำไปใช้เลี้ยงโคฟีพอดแต่ละชนิดที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตไข่ของโคฟีพอดได้ ดังการศึกษาของ Teixeira *et al.* (2010) ได้ทดลองเลี้ยงโคฟีพอดชนิด *A. tonsa* ด้วยการเปรียบเทียบแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด ที่มีขนาดของเซลล์แตกต่างกัน พบว่าแม่โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *Thalassiosira weissflogii* (13.2 ไมโครเมตร) สามารถผลิตไข่ได้สูงสุด 28 ฟอง/ตัว/วัน ส่วนโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *I. galbana* (4.7 ไมโครเมตร) ที่มีขนาดเล็กกว่า *Chaetoceros muelleri* (7.3 ไมโครเมตร) พบว่าสามารถผลิตไข่ได้เพียง 22 และ 20 ฟอง/ตัว/วัน ตามลำดับ

2.4 การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกส์ร่วมกับการเลี้ยงโคฟีพอด

โปรไบโอติกส์จัดเป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรคสามารถเจริญเติบโตได้ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำ โดยโปรไบโอติกส์สามารถผสมลงในอาหารให้สัตว์น้ำกินหรือผสมรวมกับน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ โปรไบโอติกส์มีผลต่อการกระตุ้นกระบวนการสร้างเอนไซม์สำคัญในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำส่งผลให้มีกระบวนการย่อยอาหารที่มีประสิทธิภาพและทำให้มีการดูดซึมสารอาหารที่ได้จากการย่อยไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างมี

ประสิทธิภาพอีกทั้งโปรไบโอติกยังสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันส่งผลต่อการต่อต้านเชื้อโรค เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา ชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของสัตว์น้ำได้ (De et al., 2014) การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกในระบบการเลี้ยงโคพีพอดสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้จากผลการศึกษาของ Drillet et al. (2011a) ที่ใช้โปรไบโอติกในกลุ่มแบคทีเรียชนิด *Lactobacillus farciminis* และ *Lactobacillus rhamnosus* เลี้ยงโคพีพอดชนิด *A. tonsa* พบว่าสามารถเพิ่มขนาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไข่ของแม่โคพีพอดได้ และสามารถเพิ่มอัตราการฟักของตัวอ่อนโคพีพอดชนิดนี้ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้โคพีพอดเป็นตัวกลางสะสมโปรไบโอติกก่อนนำไปใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและการรอด ดังการศึกษาของ Sun et al. (2013) ด้วยการเลี้ยงโคพีพอดชนิด *P. annandalei* ในน้ำที่มีโปรไบโอติกที่ประกอบด้วย *Bacillus clausii* และ *Bacillus pumilus* เพื่อให้โคพีพอดกรองกินโปรไบโอติกเข้าไปสะสมในร่างกาย (bioencapsulation) ก่อนนำโคพีพอดเหล่านั้นไปใช้ในการอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*) พบว่าสามารถกระตุ้นกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยในระบบทางเดินอาหารของลูกปลาส่งผลให้กระบวนการย่อยอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น และลูกปลาสามารถดูดซึมเอาสารอาหารที่ได้จากการย่อยไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น และยังพบว่าโปรไบโอติกที่สะสมอยู่ในโคพีพอดสามารถถ่ายทอดไปยังลูกปลากะรังดอกแดงมีผลให้กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกันของลูกปลาส่งผลให้มีการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลาในโรงเพาะฟัก จากรายงานที่กล่าวมาข้างต้นสามารถพิสูจน์ได้ว่าการใช้โปรไบโอติกในระบบการเพาะเลี้ยงสามารถเพิ่มปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตโคพีพอดที่ส่งผลสืบเนื่องต่อคุณภาพของสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ โดยโปรไบโอติกมีความสำคัญเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (immunostimulants) ในสัตว์น้ำที่สามารถต้านทานการรุกรานของเชื้อโรคที่ปะปนมากับปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ เช่น อาหาร น้ำ และอุปกรณ์การเลี้ยง เป็นต้น และโปรไบโอติกยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อย และการดูดซึม

สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกด้วย

2.5 การเก็บรักษามวลผลิตโคพีพอด

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยใช้อาร์ทีเมียระยะนาอเพลียสที่สามารถเพาะฟักจากไข่ (cyst) ที่มีการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (Lavens and Sorgeloos, 2000) เนื่องจากในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยมากมายสนับสนุนการใช้โคพีพอดเป็นอาหารมีชีวิตอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน ดังนั้นการพัฒนาวิธีการเก็บรักษาไข่ของโคพีพอดให้อยู่ได้ในระยะเวลาอันยาวนานก่อนจะนำมาเพาะฟักเพื่อใช้ประโยชน์ตัวอ่อนในการอนุบาลลูกพันธุ์สัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งที่ควรมีการศึกษาค้นคว้า ดังการรายงานของ Beyrend-Dur et al. (2014) พบว่าไข่ของโคพีพอดชนิด *A. bilobata* ที่เก็บเกี่ยวจากตะกอนดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*L. vannamei*) มีระยะพักตัว (dormancy stage) นานเป็นเวลาถึง 3 เดือน ในสภาวะควบคุมความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเมื่อนำไข่โคพีพอดมาฟักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าตัวอ่อนสามารถฟักเป็นตัวได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Drillet et al. (2006) ได้รายงานว่าสามารถเก็บรักษาไข่ของโคพีพอดชนิด *A. tonsa* ไว้ได้ในความเย็น 2-3 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ปี โดยพบว่าไข่ที่เก็บไว้ในความเย็นในช่วงเวลา 3-11 เดือน มีอัตราการฟักเป็นตัวสูงประมาณ 70-78 เปอร์เซ็นต์ และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของไข่โคพีพอดที่เก็บรักษาไว้ในความเย็น 2-3 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (n-3 polyunsaturated fatty acid) เฉลี่ยสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) พบว่ามีค่าคงที่ในไข่โคพีพอดที่เก็บรักษาไว้ในช่วงความเย็นดังกล่าวเป็นเวลา 3-12 เดือน ในขณะที่ Marcus and Murray (2001) ได้ทดลองเก็บรักษาไข่ของโคพีพอดชนิด *Centropages hamatus* เพื่อผลิตนาอเพลียส พบว่าไข่ของโคพีพอดที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 4-17 เดือน ในน้ำเค็มที่ลดปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ (de-oxygenated seawater) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถฟักเป็นนาอเพลียสได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานก่อนนำมาฟัก

เป็นตัวอ่อนเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกพันธุ์สัตว์น้ำในโรงเพาะฟัก

นอกจากนี้การเก็บรักษาโคพีพอดด้วยการแช่แข็งก่อนนำมาละลายเพื่อใช้อนุบาลลูกพันธุ์สัตว์น้ำก็สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาที่ที่สำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ ดังการศึกษาของ Olivotto *et al.* (2010) ที่รายงานผลการเก็บรักษาโคพีพอดชนิด *Temora longicornis*, *A. clausi*, *C. hamatus*, *Pseudocalanus* spp., *Microcalanus* spp. และ *Oithona similis* ด้วยการแช่แข็งที่ความเย็น -80 องศาเซลเซียส พบว่ามีองค์ประกอบทางโภชนาของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid และ omega-3 ในปริมาณ 14-22, 19-27 และ 44-46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าในไรติเฟอร์และอาร์ทีเมีย และเมื่อนำโคพีพอดแช่แข็งมาละลาย (defrozen) แล้วใช้เป็นอาหารร่วมกับไรติเฟอร์และอาร์ทีเมียในการอนุบาลลูกปลาการตูนลายปล้อง (*A. clarkii*) พบว่าสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การเผาผลาญไขมัน และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาการตูนในโรงเพาะฟักได้

อย่างไรก็ตามการคิดค้นวิธีและเทคนิคการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอดนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ร่วมด้วย เช่น อาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาของผลผลิตโคพีพอด นอกจากนี้การเก็บรักษาผลผลิตไม่ว่าจะเป็น ไข่ นอพลีซิส โคพีพอดติดหรือตัวเต็มวัยของโคพีพอดแต่ละชนิดไว้ในความเย็นที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตโคพีพอด เช่น อัตราการฟักและคุณค่าทางโภชนาได้ (Olivotto *et al.*, 2012)

สรุป

โคพีพอดเป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มครัสเตเชียนมีความสำคัญเป็นอาหารธรรมชาติในห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำทั่วไป และเป็นอาหารที่มีชีวิตที่สำคัญในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย โคพีพอดหลายชนิดในกลุ่มฮาร์แพคติกอยด์ คาลานอยด์ และไซโคลพอยด์สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อ

ใช้ผลผลิตในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนเนื่องด้วยคุณสมบัติของโคพีพอดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อน ผลผลิตโคพีพอดสามารถเก็บเกี่ยวได้จากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม แบบกึ่งพัฒนา และแบบพัฒนา อย่างไรก็ตามการพัฒนาแบบและปัจจัยการเพาะเลี้ยง เช่น การคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์โคพีพอดที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว ให้ผลผลิตสม่ำเสมอส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่จะป้อนสู่ภาคส่วนการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน นอกจากนี้การคัดเลือกอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงโคพีพอดก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาเนื่องจากส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโคพีพอดสามารถส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่อนุบาลได้ นอกจากนี้การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกในการเลี้ยงยังสามารถเพิ่มผลผลิตโคพีพอดและส่งผลต่อเนื่องในการกระตุ้นการทำงานของระบบทางเดินอาหารและภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยโคพีพอดดังกล่าวได้อีกด้วย นอกจากนี้การพิจารณาถึงการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอดไม่ว่าจะเป็นในรูปของไข่ ตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยก็สามารถเพิ่มมูลค่าทางการตลาดและเพิ่มความสะดวกในการนำผลผลิตมาใช้ประโยชน์เพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟักอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม วาสนา อากรรัตน์ และเทพบุตร เวชกามา. 2555. การประเมินอัตราการกินอาหาร และการรอดตายของปูม้า (*Portunus pelagicus*) ที่เลี้ยงในบ่อดิน. วารสารเกษตร 28(1): 83-91.
- สุภาวดี จุลละสร วงศ์ปิยะ อนันต์สฤติพร ปรชัยเจก คลังสิน ภาวนา กังเตีย และรัชดาวรรณ จุลลวาทิเลิศ. 2556. เปรียบเทียบอัตราการรอดและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วย *Tigriopus* (Harpacticoida, Harpacticidae) ที่มีชีวิต 3 ชนิด. น. 104-116. ใน: เรื่องเดิมการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2555.

- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อัจริ๊ เรื่องเดช วิไลวรรณ พวงสันเทียะ นงนุช เลหาะ-วิสุทธิ และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2556. การใช้โคพีพอด *Apocyclops* sp. และอาร์ทีเมียเป็นอาหารเพิ่มสัณฐานชาติในลูกปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*). น. 510-517. ใน: เรื่องได้มีการประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- Ajiboye, O. O., A. F. Yakubu, T. E. Adams, E. D. Olaji and N. A. Nwogu. 2011. A review of the use of copepods in marine fish larviculture. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21: 225-246.
- Austin, B. 2011. Taxonomy of bacterial fish pathogens. *Veterinary Research* 42: 1-13.
- Beyrend-Dur, D., G. Dur, S. Souissi and J.S. Hwang. 2014. Dormant eggs of a calanoid copepod from tropical brackish aquaculture ponds. *Crustaceana* 87: 284-290.
- Chullasorn, S., V. Ivanenko, H. U. Dahms, P. Kangtia and W.X. Yang. 2012. A new species of *Tigriopus* (Copepoda, Harpacticoida, Harpacticidae) from Thailand with the description of its naupliar development. *Helgoland Marine Research* 66: 139-151.
- Conceição, L. E. C., M. Yúfera, P. Makridis, S. Morais and M.T. Dinis. 2010. Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research* 41: 613-640.
- Cruz-Lacierda, E. R., G. Erazo-Pagador, A. Yamamoto and K. Nagasawa. 2011. Parasitic caligid copepods of farmed marine fishes in the Philippines. pp. 53-62. In: M.G. Bondad-Reantaso, et al. (eds.). *Diseases in Asian Aquaculture VII*. Asian Fisheries Society, Selangor, Malaysia.
- De, B. C., D. K. Meena, B. K. Behera, P. Das, P. K. Das Mohapatra and A. P. Sharma. 2014. Probiotics in fish and shellfish culture: immunomodulatory and ecophysiological responses. *Fish Physiology and Biochemistry* 40: 921-971.
- de Lima, L. C. M. and L. P. Souza-Santos. 2007. The ingestion rate of *Litopenaeus vannamei* larvae as a function of *Tisbe biminiensis* copepod concentration. *Aquaculture* 271: 411-419.
- Doi, M., J. Toledo, M. Golez, M. de los Santos and A. Ohno. 1997. Preliminary investigation of feeding performance of larvae of early red-spotted grouper, *Epinephelus coioides*, reared with mixed zooplankton. *Hydrobiologia* 358: 259-263.
- Drillet, G. and F. Lombard. 2013. A first step towards improving copepod cultivation using modelling: the effects of density, crowding, cannibalism, tank design and strain selection on copepod egg production yields. *Aquaculture Research*: 1-10.
- Drillet, G., M. H. Iversen, T. F. Sørensen, H. Ramløv, T. Lund and B. W. Hansen. 2006. Effect of cold storage upon eggs of a calanoid copepod, *Acartia tonsa* (Dana) and their offspring. *Aquaculture* 254: 714-729.
- Drillet, G., T. Rabarimanantsoa, S. Frouël, J. Lamson, A. Christensen, S. Kim-Tiam and B. Hansen. 2011a. Do inactivated microbial preparations improve life history traits of the copepod *Acartia tonsa*?. *Marine Biotechnology* 13: 831-836.
- Drillet, G., S. Frouël, M. H. Sichlau, P. M. Jepsen, J. K. Højgaard, A. K. Joarder and B. W. Hansen. 2011b. Status and recommendations on marine copepod

- cultivation for use as live feed. *Aquaculture* 315: 155-166.
- Farhadian, O., F. M. Yusoff and A. Arshad. 2007. Ingestion rate of postlarvae *Penaeus monodon* fed *Apocyclops dengizicus* and *Artemia*. *Aquaculture* 269: 265-270.
- Fast, M. D. 2014. Fish immune responses to parasitic copepod (namely sea lice) infection. *Developmental and Comparative Immunology* 43: 300-312.
- Golez, M. S. N., T. Takahashi, T. Ishimaru and A. Ohno. 2004. Post-embryonic development and reproduction of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida). *Plankton Biology and Ecology* 51(1): 15-25.
- Gugliandolo, C., G. P. Irrera, V. Lentini and T. L. Maugeri. 2008. Pathogenic *Vibrio*, *Aeromonas* and *Arcobacter* spp. associated with copepods in the Straits of Messina (Italy). *Marine Pollution Bulletin* 56: 600-606.
- Hemaiswarya, S., R. Raja, R. Ravi Kumar, V. Ganesan and C. Anbazhagan. 2011. Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27: 1737-1746.
- Ho, J. S. 2001. Why do symbiotic copepods matter?. *Hydrobiologia* 453-454: 1-7.
- Jantrarotai, P., P. Temphakdee and S. Pripanapong. 2004. Evaluation of different larval feeds for survival and development of early stage mud crab (*Scylla olivacea*). *Kasetsart Journal: Natural Science* 38: 484-92.
- Jeyaraj, N., P. Santhanam, P. Raju, S. Ananth and K. Jothiraj. 2014. Alternative methods for marine harpacticoid copepod, *Macrosetella gracilis* production in marine fish larviculture. *International Journal of Zoological Research* 10: 1-8.
- Lavens, P. and P. Sorgeloos. 2000. The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture* 181: 397-403.
- Leaw, Y. Y., S. Faizah, C. Anil and B. C. Kua. 2012. Prevalence, mean intensity and site preference of *Caligus rotundigenitalis* Yü, 1933 (Copepoda: Caligidae) on cage cultured crimson snapper (*Lutjanus erythropterus* Bloch, 1790) from Bukit Tambun, Penang, Malaysia. *Veterinary Parasitology* 187: 505-510.
- Lee, K. W., J. H. Kang, H. G. Park and H. U. Dahms. 2012. Effect of strain and selection line on the fecundity of the cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov, 1935. *Aquaculture Research* 44: 50-58.
- Lee, K. W., H. U. Dahms, H. G. Park and J. H. Kang. 2013. Population growth and productivity of the cyclopoid copepods *Paracyclopina nana*, *Apocyclops royi* and the harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* in mono and polyculture conditions: a laboratory study. *Aquaculture Research* 44: 836-840.
- Lee, K. W., H. G. Park, S. M. Lee and H. K. Kang. 2006. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. *Aquaculture* 256: 346-353.
- Lubzens, E., O. Zmora and Y. Barr. 2001. Biotechnology and aquaculture of rotifers. pp. 337-353. In: L. Sanoamuang, et al. (eds.). *Rotifera IX*. Springer, Netherlands.
- Marcus, N. H. and M. Murray. 2001. Copepod diapause eggs: a potential source of nauplii for aquaculture. *Aquaculture* 201: 107-115.

- McKinnon, A. D., S. Duggan, P. D. Nichols, M. A. Rimmer, G. Semmens and B. Robino. 2003. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture* 223: 89-106.
- Olivotto, I., N. E. Tokle, V. Nozzi, L. Cossignani and O. Carnevali. 2010. Preserved copepods as a new technology for the marine ornamental fish aquaculture: a feeding study. *Aquaculture* 308: 124-131.
- Olivotto, I., M. A. Avella, G. Sampaolesi, C. C. Piccinetti, P. Navarro Ruiz and O. Carnevali. 2008a. Breeding and rearing the longsnout seahorse *Hippocampus reidi*: rearing and feeding studies. *Aquaculture* 283: 92-96.
- Olivotto, I., F. Capriotti, I. Buttino, A. M. Avella, V. Vitiello, F. Maradonna and O. Carnevali. 2008b. The use of harpacticoid copepods as live prey for *Amphiprion clarkii* larviculture: effects on larval survival and growth. *Aquaculture* 274: 347-352.
- Olivotto, I., G. Gaiot, L. Holste, F. Tulli, G. Cardinaletti, C.C. Piccinetti, G. Gioacchini and O. Carnevali. 2012. Are *Acartia tonsa* cold-stored eggs a suitable food source for the marine ornamental species *Amphiprion polymnus*? a feeding study. *Aquaculture Nutrition* 18: 685-696.
- Pan, Y. J., S. Souissi, A. Souissi, C. H. Wu, S. H. Chengand and J. S. Hwang. 2012. Dietary effects on egg production, egg-hatching rate and female life span of the tropical calanoid copepod *Acartia bilobata*. *Aquaculture Research*: 1-13.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale. 2000. Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched Artemia. *Aquaculture* 188: 353-361.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale. 2001. Intensive cultivation of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture* 201: 329-342.
- Rajkumar, M. and K. P. Kumaraguru Vasagam. 2006. Suitability of the copepod, *Acartia clausi* as a live feed for seabass larvae (*Lates calcarifer* Bloch): compared to traditional live-food organisms with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture* 261: 649-658.
- Rajthilak, C., P. Santhanam, A. Anusuya, A. Pazhanimuthu, R. Ramkumar, N. Jeyaraj and P. Perumal. 2014. Laboratory culture and population growth of brackish water harpacticoid copepod, *Nitokra affinis* (Gurney, 1927) under different temperatures, salinities and diets. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 6: 72-81.
- Raju, P., M. Kathiresan, S. Ananth, R. Nandakumar, T. Jayalakshmi, P. Ananthi, A. S. Devi and P. Santhanam. 2012. Laboratory culture of marine cyclopoid copepod *Oithona rigida* Giesbrecht. *Indian Journal of Natural Sciences* 3(14): 1177-1181.
- Rawlings, T. K., G. M. Ruiz and R. R. Colwell. 2007. Association of *Vibrio cholerae* O1 El Tor and O139 Bengal with the copepods *Acartia tonsa* and *Eurytemora affinis*. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 7926-7933.
- Ribeiro, A. C. B. and L. P. Souza-Santos. 2011. Mass culture and offspring production of marine harpacticoid copepod *Tisbe biminiensis*. *Aquaculture* 321: 280-288.

- Santhanam, P. and P. Perumal. 2012. Evaluation of the marine copepod *Oithona rigida* Giesbrecht as live feed for larviculture of Asian seabass *Lates calcarifer* Bloch with special reference to nutritional value. Indian Journal of Fisheries 59: 127-134.
- Santhanam, P. and P. Perumal. 2013. Developmental biology of brackishwater copepod *Oithona rigida* Giesbrecht: a laboratory investigation. Indian Journal of Geo-Marine Sciences 42: 236-243.
- Schipp, G. R. and J. M. P. Bosmans and A. J. Marshall. 1999. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp. Aquaculture 174: 81-88.
- Shil, J., A. Ghosh and S. Rahaman. 2013. Abundance and diversity of zooplankton in semi intensive prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farm. SpringerPlus 2: 1-8.
- Sorgeloos, P., P. Dhert and P. Candreva. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. Aquaculture 200: 147-159.
- Steenfeldt, S. J., and J. W. Nielsen. 2010. Use of flubendazole as a therapeutic agent against rotifers (*Brachionus plicatilis*) in intensive cultures of the harpacticoid copepod *Tisbe holothuriae*. Aquaculture Research 41(7): 1089-1094.
- Støttrup, J. G. 2000. The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. Aquaculture Research 31: 703-711.
- Sun, Y. Z., H. L. Yang, K. P. Huang, J. D. Ye and C. X. Zhang. 2013. Application of autochthonous *Bacillus* bioencapsulated in copepod to grouper *Epinephelus coioides* larvae. Aquaculture 392-395: 44-50.
- Teixeira, P. F., S. M. Kaminski, T. R. Avila, A. P. Cardozo, J. G. F. Bersano and A. Bianchini. 2010. Diet influence on egg production of the copepod *Acartia tonsa* (Dana, 1896). Anais da Academia Brasileira de Ciências 82: 333-339.
- Thomas, K. U., N. Joseph, O. Raveendran and S. Nair. 2006. Salinity-induced survival strategy of *Vibrio cholerae* associated with copepods in Cochin backwaters. Marine Pollution Bulletin 52: 1425-1430.
- Toledo, J. D., M. S. Golez, M. Doi and A. Ohno. 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. Fisheries Science 65: 390-397.
- Turner, J. T. 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. Zoological Studies 43: 255-266.
- van der Meeren, T., R. E. Olsen, K. Hamre and H. J. Fyhn. 2008. Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. Aquaculture 274: 375-397.
- Yang, S. J. and S. B. Hur. 2014. Selection of copepods as live food for marine fish larvae based on their size, fecundity, and nutritional value. Ocean and Polar Research 36: 199-208.
- Yúfera, M., J. B. Ortiz-Delgado, T. Hoffman, I. Siguero, B. Urup and C. Sarasquete. 2014. Organogenesis of digestive system, visual system and other structures in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) larvae reared with copepods in mesocosm system. Aquaculture 426-427: 126-137.

Zhang, J. S., S. L. Dong, Y. W. Dong, X. L. Tian and C. Q. Hou. 2008. Bioassay evidence for the transmission of WSSV by the harpacticoid copepod *Nitocra* sp. Journal of Invertebrate Pathology 97: 33-39.
