

การเติบโตของโคพีพอด *Apocyclops royi* (Lindberg, 1940) ที่เลี้ยงด้วย สาหร่าย *Tetraselmis suecica* และ *Thalassiosira* sp. ในระบบ แบบกึ่งต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง

Growth of copepod *Apocyclops royi* (Lindberg, 1940) fed with *Tetraselmis suecica* and *Thalassiosira* sp. in semi-continuous and continuous culture systems

ปวีณา ตปนิยวรรต^{1,2*}, อนินาถ ประสพวงศ์³, มะลิวัลย์ कुตะโค³ และ สรวิศ เผ่าทองสุข^{1,2}
Paveena Tapaneeyaworawong^{1,2*}, Aninart Prasopwong³, Maliwan Kutako³ and
Sorawit Powtongsook^{1,2}

บทคัดย่อ: โคพีพอดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีความสำคัญเพราะสามารถนำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับอนุบาล
ลูกปลาวัยอ่อนได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากการเติบโตของโคพีพอด *Apocyclops royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย
T. suecica หรือ *Thalassiosira* sp. เพียงชนิดเดียว และการเลี้ยง *T. suecica* ร่วมกับ *Thalassiosira* sp. ใน
ระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง พบว่าความหนาแน่นโคพีพอดรวมทุกระยะ (นอเพเลียสและตัวเต็มวัย) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย
T. suecica เพียงชนิดเดียว และ *T. suecica* ร่วมกับ *Thalassiosira* sp. มีค่าสูงสุดเท่ากับ 12,765 และ 10,679
ตัว/ล. ตามลำดับ เมื่อทำการเลี้ยงโคพีพอดในระบบต่อเนื่องด้วยสาหร่าย *T. suecica* ผสมกับ *Thalassiosira*
และใช้อัตราการเจือจาง 0.26 ต่อวัน พบว่าความหนาแน่นของโคพีพอดระยะนอเพเลียสและตัวเต็มวัยมีค่า
เฉลี่ยเท่ากับ $9,008 \pm 3,701$ และ $3,083 \pm 1,256$ ตัว/ล. ตามลำดับ คิดเป็นผลผลิตโคพีพอดระยะนอเพเลียสและ
ตัวเต็มวัยเท่ากับ 2,376 และ 813 ตัว/ล./วัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงโคพีพอดแบบต่อเนื่องให้
ผลผลิตโคพีพอดดี จึงอาจจะสามารถผลิตโคพีพอดเพื่ออนุบาลลูกสัตว์น้ำแบบอัตโนมัติได้

คำสำคัญ: *Apocyclops royi*, *Tetraselmis suecica*, *Thalassiosira* sp., การเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง,
การเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง

ABSTRACT: Copepod is one of the important zooplankton which has been used as live feed for
fish larviculture. This research involved the study on growth of a marine copepod, *Apocyclops*
royi, fed with single and mixed culture of *Tetraselmis suecica* and *Thalassiosira* sp. Copepods
were grown in semi-continuous culture system. It was found that copepod fed with single culture
of *T. suecica* and mixed culture of *T. suecica* and *Thalassiosira* sp. had the maximum density

¹ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency

² ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Center of Excellence for Marine Biotechnology, Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn
University

³ หน่วยวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

Marine Biotechnology Research Unit, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chantaburi Campus

* Corresponding author: paveena.tap@biotec.or.th

of 12,765 and 10,679 no./L, respectively. With continuous culture at 0.26 per day dilution rate, copepod fed with mixed culture of *T. suecica* and *Thalassiosira* had the average density of nauplii and adult at $9,008 \pm 3,701$ and $3,083 \pm 1,256$ no./L, respectively. Productivity of nauplii and adult were 2,376 and 813 no./L/day, respectively. It was indicated that continuous culture system gave the high copepod productivity. Of these, it can be used for automated feeding to aquatic larva.

Keywords: *Apocyclops royi*, *Tetraselmis suecica*, *Thalassiosira* sp., continuous culture, semi-continuous culture

บทนำ

โคพีพอดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มครัสเตเชียขนาดเล็กที่มีความหลากหลาย พบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม (Dahm, 2000) โคพีพอดมีความสำคัญในระบบนิเวศน์โดยทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตขั้นต้นกับผู้บริโภคในลำดับถัดไป โคพีพอดหลายชนิดจึงถูกนำมาเป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำในโรงเพาะฟัก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่าไรติเฟอร์และอาร์ทีเมีย (Olivotto et al., 2010) นอกจากโคพีพอดจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (HUFA) สูงแล้ว ยังมีวิตามินต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของลูกสัตว์น้ำอีกด้วย โคพีพอดระยะนอเพลียสมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมโครเมตร จึงเหมาะสมกับขนาดปากของลูกปลาแรกฟักออกจากไข่ (McKinnon et al., 2003) โดยเฉพาะลูกปลาเก่าที่พบว่าในการอนุบาลมักมีอัตราการรอดต่ำ มีสาเหตุมาจากปากของลูกปลาแรกฟักมีขนาดเล็ก จึงมีความน่าสนใจในการนำโคพีพอดระยะนอเพลียส มาใช้เป็นอาหารแก่ลูกปลาเก่าเพื่อเพิ่มอัตราการรอดและการเติบโต โดยคุณค่าทางโภชนาการของโคพีพอดนั้นเกิดจากอาหารที่โคพีพอดกินเข้าไป โดยสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดที่โคพีพอดกินเข้าไปจะมีคุณค่าทางโภชนาการที่ต่างกัน ดังนั้นการใช้สาหร่ายมากกว่าหนึ่งชนิดเพื่อเป็นอาหารแก่โคพีพอด จึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ โดย Milione et al. (2007) พบว่าการใช้สาหร่ายสองชนิดเป็นอาหารให้โคพีพอด *Acartia sinjiensis* จะส่งผลให้โคพีพอดมีพัฒนาเร็วกว่าการใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียวเป็นอาหาร รวมถึงการศึกษาผลผลิตของโคพีพอดในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องและกึ่งต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลผลิตโคพีพอดที่สูงขึ้นและมีคุณภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเติบโตของโคพีพอด *Apocyclops*

royi ซึ่งเป็นโคพีพอดน้ำจืดสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้เป็นอย่างดีและนิยมนำมาใช้ในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำในประเทศได้หวั่น (Pan et al., 2017) โดยทำการเลี้ยงด้วยสาหร่ายชนิดเดียวและสาหร่ายผสมประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียว *Tetraselmis suecica* และไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ซึ่งสาหร่ายทั้งสองเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่นิยมใช้เป็นอาหารของลูกสัตว์น้ำในโรงเพาะฟักทั่วไป จะทำการเลี้ยงทั้งในระบบการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องและแบบต่อเนื่องในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาพัฒนาระบบผลิตโคพีพอดต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเติบโตของโคพีพอด *A. royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Tetraselmis suecica*, *Thalassiosira* sp. และ *T. suecica* ร่วมกับ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง

ทำการเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* ด้วยสาหร่าย *T. suecica*, *Thalassiosira* sp. และ *T. suecica* ร่วมกับ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องในขวดขนาด 1 ลิ. โดยการเติมหัวเชื้อสาหร่ายลงในอาหารสูตรของกิลลาร์ด F/2 (Guillard, 1973) ความเค็ม 30 พีเอสยู ปริมาตร 800 ลิ. โดยชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุด คือชุดที่หนึ่งเลี้ยงสาหร่าย *T. suecica* เพียงชนิดเดียว โดยเติมหัวเชื้อสาหร่าย ปริมาตร 100 มล. และเมื่อสาหร่ายเติบโตจึงเติมหัวเชื้อโคพีพอดลงในขวดสาหร่ายปริมาตร 100 มล. ชุดที่สองเลี้ยงสาหร่าย *Thalassiosira* sp. เพียงชนิดเดียว ใช้หัวเชื้อสาหร่าย ปริมาตร 100 มล. และใช้หัวเชื้อโคพีพอดปริมาตร 100 มล. และชุดที่สามเลี้ยงสาหร่าย *T. suecica* ร่วมกับ *Thalassiosira* sp. โดยใช้หัวเชื้อสาหร่ายชนิดละ 50 มล. และหัว

เชื้อโคฟีพอด 100 มล. โดยทั้งสามชุดการทดลองมีความหนาแน่นโคฟีพอดเริ่มต้นที่ประมาณ 1,400 ตัว/ล. จากนั้นวางขวดเลี้ยงโคฟีพอดในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส โดยให้อากาศที่ผ่านตัวกรอง 0.22 ไมครอนเมตร และให้แสงความเข้ม 5,500 ลักซ์ ตลอด 16 วันที่ทดลอง และได้ติดตามผลการเติบโตของโคฟีพอดด้วยการนับจำนวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การเก็บผลผลิตแบบกึ่งต่อเนื่องทำในวันที่ 10 และ 13 ของการทดลอง ทำโดยการนำโคฟีพอดปริมาตร 300 มล. ออกจากขวดเลี้ยง และได้เติมสาหร่ายปริมาตรเท่ากันกลับเข้าไปในขวดเลี้ยง

การเติบโตของโคฟีพอด *A. royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T.suecica* และ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

การเลี้ยงโคฟีพอด *A. royi* แบบต่อเนื่องในการทดลองนี้เลือกให้อาหารโคฟีพอดด้วยสาหร่าย *T.suecica* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวผสมกับไดอะตอม *Thalassiosira* sp. โดยได้เลี้ยงสาหร่าย *T.suecica* และ *Thalassiosira* sp. แยกกันในขวดแก้วปริมาตร 1 ล. เมื่อสาหร่ายมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงนำสาหร่ายทั้ง 2 ขวด มาเชื่อมต่อเข้ากับขวดเลี้ยงโคฟีพอดปริมาตร 2 ล. เมื่อเลี้ยงโคฟีพอดแบบต่อเนื่องอาหารสูตร F/2 จะถูกสูบเข้าสู่ขวดเลี้ยงสาหร่ายแต่ละชนิดด้วยปั๊มแบบปริมาตร (peristaltic pump) อาหาร F/2 ที่ถูกเติมเข้ามาเพื่อเป็นอาหารให้กับสาหร่ายจะทำให้ปริมาตรของน้ำในขวดเลี้ยงสาหร่ายเพิ่มขึ้นจนเกินปริมาตร 1 ล. ที่ถูกกำหนดไว้ ดังนั้นสาหร่ายแต่ละขวดจะถูกดันออกทางท่อด้านบนด้วยแรงดันลมจากอากาศที่พ่นในขวดเลี้ยงสาหร่าย จากนั้นสาหร่ายจากทั้ง 2 ขวดจะไหลลงเข้าสู่ขวดเลี้ยงโคฟีพอดเพื่อเป็นอาหารสำหรับโคฟีพอดและเมื่อปริมาตรน้ำในขวดเลี้ยงโคฟีพอดเพิ่มขึ้น น้ำส่วนที่เกินกว่าปริมาตร 2 ล. ที่กำหนดไว้จะถูกดันออกเข้าสู่ขวดเก็บเกี่ยวผลผลิต ติดตามการเติบโตของโคฟีพอดด้วยการนับจำนวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทุกวัน และวัดปริมาตรผลผลิตโคฟีพอดเพื่อคำนวณอัตราการเจริญ (ต่อวัน) ในการเลี้ยงแบบต่อเนื่องด้วยสมการดังนี้ $D = F/V$ โดยที่ F คือ อัตราการไหล (ล./วัน) และ V คือ ปริมาตรการเลี้ยงโคฟีพอด (ล.) (Bailey and Ollis, 1986)

ผลการศึกษา

การเติบโตของโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T.suecica*, *Thalassiosira* sp. และ *T.suecica* ร่วมกับ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง

เมื่อเลี้ยงโคฟีพอดที่มีความหนาแน่นเริ่มต้นเฉลี่ยของนอเพลียสและตัวเต็มวัยเท่ากับ 988 ± 271 และ 494 ± 370 ตัว/ล. ตามลำดับ และเลี้ยงด้วยสาหร่าย *Thalassiosira* sp. เพียงชนิดเดียว และในวันที่ 10 ของการทดลอง พบว่าโคฟีพอดระยะนอเพลียส, ตัวเต็มวัยและโคฟีพอดรวมทุกระยะมีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ $3,086 \pm 642$, $3,580 \pm 741$ และ $6,667 \pm 3,333$ ตัว/ล. ตามลำดับ (Figure 1A) ซึ่งในช่วงที่เก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดออกสามารถคำนวณผลผลิตเฉลี่ยของโคฟีพอดระยะนอเพลียส, ตัวเต็มวัยและโคฟีพอดรวมทุกระยะได้เท่ากับ 331, 195 และ 321 ตัว/ล./วัน

จากการเลี้ยงโคฟีพอด *A. royi* ด้วยสาหร่าย *T.suecica* เพียงชนิดเดียว พบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของโคฟีพอดระยะนอเพลียสและระยะตัวเต็มวัยเริ่มต้นเท่ากับ $1,062 \pm 271$ และ 617 ± 0 ตัว/ล. ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง โคฟีพอดระยะนอเพลียสมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $9,567 \pm 1,835$ ตัว/ล. ในขณะที่ในวันที่ 19 ของการทดลอง มีโคฟีพอดตัวเต็มวัยความหนาแน่นสูงสุด $5,432 \pm 1,518$ ตัว/ล. ทั้งนี้ความหนาแน่นของโคฟีพอดรวมทุกระยะสูงสุดในวันที่ 15 ของการทดลองเท่ากับ $12,765 \pm 4,376$ ตัว/ล. (Figure 1B) ผลการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยนำออก 300 มล. 2 ครั้ง คือวันที่ 10 และ 13 ของการทดลอง พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของโคฟีพอดระยะนอเพลียส, ตัวเต็มวัยและรวมทุกระยะได้ เท่ากับ 1,007, 508 และ 952 ตัว/ล./วัน ตามลำดับ

ส่วนผลการเติบโตของโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายผสม 2 ชนิด ได้แก่ *T.suecica* และ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยมีความหนาแน่นเริ่มต้นของโคฟีพอดระยะนอเพลียสและระยะตัวเต็มวัยเริ่มต้นเท่ากับ $1,074 \pm 370$ และ 741 ± 332 ตัว/ล. พบว่านอเพลียสและโคฟีพอดรวมทุกระยะมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ

10,679±1,657 และ 12,037±819 ตัว/ล. ตามลำดับ ในวันที่ 13 ของการทดลอง ในขณะที่ตัวเต็มวัยมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5,185±872 ตัว/ล. ในวันที่ 16 ของการเลี้ยง (Figure 1C) เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอด 2 ครั้ง พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของนอเพลียส, ตัวเต็มวัยและโคพีพอดรวมทุกระยะเท่ากับ 894, 314 และ 1,208 ตัว/ล./วัน ตามลำดับ ถึงแม้ว่าความหนาแน่นโคพีพอดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรกที่ไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิต

โคพีพอดออก แต่เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดออก 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรการเลี้ยง ในวันที่ 10 และ 13 ซึ่งผลการทดลองได้ชี้ให้เห็นว่าหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดออกในแต่ละครั้งสามารถส่งเสริมให้โคพีพอดเติบโตได้ดีขึ้นโดยมีความหนาแน่นสูงกว่าในช่วง 10 วันแรกของการทดลอง โดยเฉพาะในชุดที่ให้สาหร่าย *T. suecica* และชุดที่ให้สาหร่ายผสมเป็นอาหาร

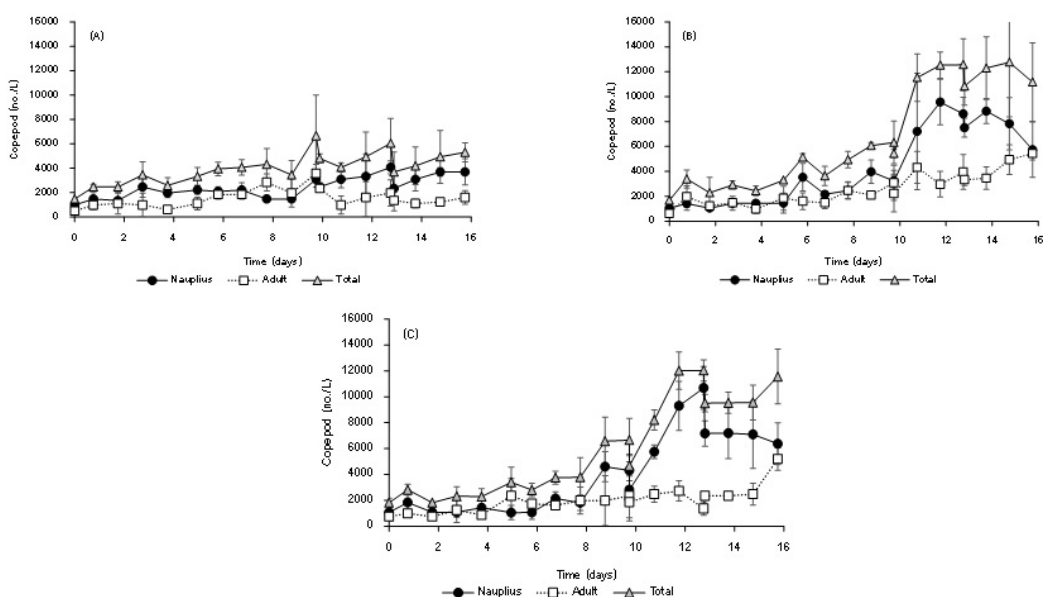


Figure 1 Growth of copepod *A. royi* fed with *Thalassiosira* sp. (A), *T. suecica* (B) and mixed culture of *Thalassiosira* sp. and *T. suecica* (C) in semi-continuous culture system. Semi-continuous harvesting were performed in day 10 and 13 in which thirty percentage of copepod culture was harvested and replaced with fresh microalgae culture.

การเติบโตของโคพีพอด *A. royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* ผสมกับ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัยเริ่มต้นเท่ากับ 4,568±271 และ 4,321±329 ตัว/ล. ตามลำดับ โดยใช้สาหร่าย *T. suecica* ผสมกับ *Thalassiosira* sp. และในวันที่ 5 ของการทดลองได้เริ่มระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง มีความหนาแน่นของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัยเฉลี่ยเท่ากับ 7,407±2,289 และ 3,210±239 ตัวต่อลิตร

ตามลำดับ ทำการเลี้ยงแบบต่อเนื่องด้วยอัตราการเจือจางเฉลี่ยเท่ากับ 0.26±0.03 ต่อวัน ผลการทดลองพบว่าในระหว่างวันที่ 5-35 พบว่ามีโคพีพอดระยะนอเพลียส ตัวเต็มวัยและรวมทุกระยะเฉลี่ย 9,008±3,701 3,083±1,256 และ 12,091±4,304 ตัว/ล. ตามลำดับ (Figure 2) เมื่อคำนวณผลผลิตตลอดการทดลองพบว่ามีผลผลิตโคพีพอดระยะนอเพลียส โคพีพอดระยะตัวเต็ม และโคพีพอดทุกระยะเท่ากับ 2,376, 813 และ 3,189 ตัว/ล./วัน ตามลำดับ

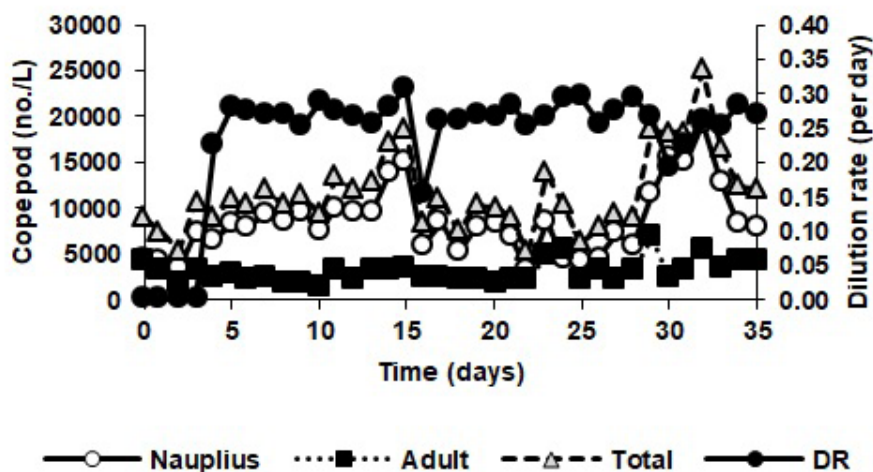


Figure 2 Growth of *A. royi* fed with mixed culture of *Thalassiosira* sp. and *T. suecica*. Continuous mode of cultivation with 0.26 per day dilution rate (DR) was operated after day 5 of the experiment.

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเติบโตของโคพีพอด *A. royi* แบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียวและผสม 2 ชนิด พบว่าโคพีพอดที่เลี้ยงด้วยไดอะตอม *Thalassiosira* sp. เพียงชนิดเดียวให้ความหนาแน่นของโคพีพอดต่ำที่สุด เนื่องจากระหว่างเลี้ยงพบตะกอนสาหร่ายเกาะอยู่บริเวณผนังขวดเลี้ยงทำให้เซลล์มีลักษณะเป็นกลุ่ม ไม่เหมาะสมต่อการกินของโคพีพอดและนอกจากนั้น Ianora et al. (1996) รายงานว่า *Thalassiosira rotula* มีผลต่อการพัฒนาของไข่โคพีพอด ซึ่งอาจมีผลจากคุณค่าทางอาหารไม่เพียงพอ หรืออาจเป็นได้จากการระหว่างการเติบโตของ *Thalassiosira rotula* มีการสร้างสารที่เป็นตัวยับยั้งการพัฒนาของไข่จึงส่งผลให้ส่งผลให้โคพีพอดได้ผลผลิตน้อยกว่า แต่จากการศึกษาของ Arendt et al. (2005) ซึ่งใช้ *Thalassiosira weissflogii* เป็นอาหารแก่โคพีพอด *Temora longicornis* กลับให้ผลการศึกษาดังกล่าวโดยพบว่าทำให้โคพีพอดเติบโตได้ดีมีผลผลิตไข่สูง เนื่องจาก *T. weissflogii* มี PUFAs สูง ทั้งนี้ทั้งนั้นอาจจะเป็นไปได้ว่าสาหร่ายชนิดเดียวกันอาจใช้เป็นอาหารโคพีพอดแต่ละชนิดได้ผลผลิตที่แตกต่างกัน

โคพีพอดที่เลี้ยงด้วย *T. suecica* เพียงชนิดเดียว และสาหร่ายผสม *Thalassiosira* sp. และ *T. suecica* มีความหนาแน่นสูงสุดของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัยใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการใช้สาหร่าย *T. suecica* เพียงชนิดเดียวเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* สามารถให้การเติบโตที่ดีได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Knuckey et al. (2005) พบว่าหากเลี้ยงโคพีพอด *Acartia tonsa* ด้วยสาหร่าย *Tetraselmis* จะทำให้โคพีพอดในระยะนอเพลียสมีการพัฒนาที่เร็วกว่าการเลี้ยงด้วย *Rhodomonas* sp. และการศึกษาของ Rajkumar and Rahmam (2016) ซึ่งรายงานว่าการเลี้ยงโคพีพอด *Acartia erythraea* และ *Oithona brevicornis* ด้วยสาหร่าย *Isochrysis galbana* และสาหร่ายผสม 4 ชนิด (*I. galbana*, *Chaetoceros affinis*, *Chlorella marina* และ *Nannochloropsis oculata*) ให้ความหนาแน่นสูงสุดของโคพีพอดไม่แตกต่างกัน เช่นกัน โดยมีความหนาแน่นของนอเพลียสสูงสุดเท่ากับ 4,583 ตัว/ล. ในขณะที่โคพีพอดระยะโคพีไพอ์และตัวเต็มวัยมีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 2,097 และ 1,429 ตัว/ล. ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียวสามารถให้การเติบโตที่ดีแก่โคพีพอดได้ แต่การให้สาหร่ายมากกว่าหนึ่งชนิด

เพื่อเป็นอาหารแก่โคฟีพอด จะทำให้โคฟีพอดได้รับคุณค่าทางโภชนาการที่หลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะกรดไขมันและสารสีคารอทีนอยด์ ซึ่งจากรายงานของ Pan et al. (2017) พบว่าโคฟีพอด *A. royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *I. galbana* และ *Nannochloropsis oculata* ให้การเติบโตและความคงตัวของโคฟีพอดสูงที่สุด และโคฟีพอดที่เลี้ยง *I. galbana* เพียงชนิดเดียว และ *I. galbana* ผสมกับ *N. oculata* ให้ปริมาณ DHA สูง ซึ่ง DHA มีผลโดยตรงต่อความคงตัวของโคฟีพอด *A. royi* โดยมีผลไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Ohs et al. (2010) ที่พบว่าโคฟีพอด *Pseudodiaptomus pelagicus* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายผสม *I. galbana* และ *T. weissflogii* ให้ผลผลิตโคฟีพอดสูงกว่าการใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียวเป็นอาหาร และการศึกษาของ Camus et al. (2009) ที่เลี้ยงโคฟีพอด *Bestiolina similis* ด้วยสาหร่ายผสม 3 ชนิด *Isochrysis* sp., *Tetraselmis chuii* และ *Pavlova* sp. ก็พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการผลิตไข่และอัตราการฟักสูงถึง 91 เปอร์เซ็นต์ ใน 48 ชั่วโมง จากผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สาหร่ายมากกว่าหนึ่งชนิดเพื่อเป็นอาหารโคฟีพอดจะช่วยให้ได้ผลผลิตโคฟีพอดที่สูงกว่า และโคฟีพอดได้สารอาหารที่ครบถ้วน และเพื่อให้โคฟีพอดได้สารอาหารครบถ้วนจึงได้นำสาหร่าย *Thalassiosira* sp. และ *T. suecica* มาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงโคฟีพอดด้วยระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องด้วยอัตราการเจือจางเฉลี่ย 0.26 ต่อวัน นาน 30 วัน (ระหว่างวันที่ 5-35) พบว่าระบบนี้สามารถได้ความหนาแน่นเฉลี่ยของโคฟีพอดระยะนอเพลียส, ตัวเต็มวัยและทุกระยะรวมกันเท่ากับ $9,008 \pm 3,701$ $3,083 \pm 1,256$ และ $12,091 \pm 4,304$ ตัว/ล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ นฤมล (2550) ที่ทำการเลี้ยงโคฟีพอดแบบต่อเนื่องในถังขนาด 5 ล. ด้วยสาหร่าย *Isochrysis* sp. และเลี้ยงเป็นเวลา 79 วัน ด้วยอัตราการเจือจาง 0.2 ต่อวัน พบว่า ความหนาแน่นเฉลี่ยของโคฟีพอดทุกระยะรวมกันในระบบเลี้ยงเท่ากับ $10,873 \pm 4,388$ ตัว/ล. สำหรับโคฟีพอดที่เก็บเกี่ยวได้จากระบบการผลิตส่วนใหญ่เป็นระยะนอเพลียส โดยมีผลผลิตเท่ากับ 1,856 ตัว/ล./วัน และเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตของโคฟีพอดที่เลี้ยงแบบต่อเนื่องด้วยสาหร่ายผสมระหว่าง *Thalassiosira* sp. และ *T. suecica* ที่ให้ผลผลิต

ของระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัยเท่ากับ 2,376 และ 813 ตัว/ล./วัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตของโคฟีพอดที่ได้จากการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องด้วยสาหร่ายแบบชนิดเดียว ซึ่งมีผลผลิตนอเพลียสและตัวเต็มวัยเท่ากับ 894 และ 314 ตัว/ล./วัน ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงแบบต่อเนื่องโดยใช้สาหร่าย 2 ชนิด ให้ผลผลิตของโคฟีพอดสูงกว่าการใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียว และเลี้ยงแบบต่อเนื่องที่มีการให้อาหารตลอดเวลาทำให้โคฟีพอดมีอาหารที่เพียงพอ จึงสามารถเติบโตได้ดีกว่าการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องและสามารถเลี้ยงได้เป็นระยะเวลานาน (Novoveska et al. 2016)

สรุป

จากการศึกษาการเติบโตของโคฟีพอด *A. royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* และ *Thalassiosira* sp. เพียงชนิดเดียวและ *T. suecica* ผสมกับ *Thalassiosira* sp. ในระบบการเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง พบว่าให้ความหนาแน่นโคฟีพอดรวม ทุกระยะเท่ากับ 12,765, 6,667 และ 10,679 ตัว/ล. และเมื่อทำการเลี้ยงโคฟีพอดแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 30 วัน ด้วยสาหร่ายสองชนิดที่ใช้ระบบผลิตสาหร่ายแยกแต่ละชนิดนำมาเติมรวมกันลงในขวดเลี้ยงโคฟีพอดอย่างต่อเนื่อง พบว่าได้ความหนาแน่นของโคฟีพอดรวมทุกระยะเฉลี่ยเท่ากับ $12,091 \pm 4,304$ ตัว/ล. และมีผลผลิตโคฟีพอดรวม 3,189 ตัว/ล./วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงแบบต่อเนื่องให้ผลผลิตและความหนาแน่นของโคฟีพอดที่สูง และสามารถใช้งานได้สะดวกมีความเป็นไปได้ในอนาคตในการนำระบบผลิตโคฟีพอดแบบต่อเนื่องมาใช้เป็นระบบให้อาหารแบบอัตโนมัติ เพื่อลดการใช้แรงงานและทำให้มีอาหารที่เพียงพอตลอดระยะเวลาการอนุบาลลูกสัตว์น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพาผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 217/2561

เอกสารอ้างอิง

- นฤมล ไบพัด. 2550. การผลิตโคพีพอดด้วยระบบการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Arendt, K. E., S. H. Jonasdottir, and P. J. Hansen. 2005. Effects of dietary fatty acids on the reproductive success of the calanoid copepod *Temora longicornis*. *Marine Biology*. 146:513-530.
- Bailey, J. E. and D. F. Oillis. 1986. *Biochemical Engineering Fundamental*. 2^{ed}. McGraw-Hill. Singapore.
- Camus, T., C. Zeng, and A. D. McKinnon. 2009. Egg production, egg hatching success and population increase of tropical paracalanoid copepod, *Bestiolina similis* (Calanoida: Paracalanidae) fed different microalgal diets. *Aquaculture*. 297: 169-175.
- Dahm, HU. 2000. Phylogenetic implications of the Crustacean Nauplius. *Advance in copepod taxonomy*. *Hydrobiologia*. 417: 91-99.
- Guillard, R. R. L. 1973. Method for Microflagellates and Nanoplankton. In Stein, J. R. (ed). *Handbook of Phycological Methods: Culture Methods and Growth Measurements*. New York: Cambridge University.
- Ianora, A., S.A. Poulet, A. Mariralto, and R. Grotoli. 1996. The diatom *Thalassiosira rotula* affects reproductive success in the copepod *Acartia clausi*. *Marine Biology*. 125: 279-286.
- Knuckey, R. M., G. L. Semmens, R. J. Mayer, and M. A. Rimmer. 2005. Development of an optimal microalgal diet for the culture of the calanoid copepod *Acartia sinjiensis*: Effect of algal species and feed concentration on copepod development. *Aquaculture*. 249: 339-351.
- McKinnon, A. D., S. Duggan, P. D. Nichols, M. A. Rimmer, G. Semmen, and B. Robino. 2003. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture*. 223: 89-106.
- Milione, M., C. and C. Zeng. Tropical Crustacean Aquaculture Research Group. 2007. The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture*. 273: 656-664.
- Novoveska, L., D. T. Franks, T. A. Wulfer, and W. J. Henley. 2016. Stabilizing continuous mixed cultures of microalgae. *Algal Research*. 13: 126-133.
- Ohs, C. L., K. L. Chang, S. W. Grabe, M. A. DiMaggio, and E. Stenn. 2010. Evaluation of dietary microalgae for culture of the calanoid copepod *Pseudodiaptomus pelagicus*. *Aquaculture*. 307: 225-232.
- 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.

- Pan, Y. J., I. Sadvskaya, J. S. Hwang, and S. Souissi. 2017. Assessment of the fecundity, population growth and fatty acid composition of *Apocyclops royi* (Cyclopoida, Copepod) fed on different microalgal diets. *Aquaculture Nutrition*. 2017; 1-9.
- Rajkumar, M. and M. M. Rahman. 2016. Culture of calanoid copepod, *Acartia erythraea* and Cyclopoid copepod, *Oithona brevicornis* with various microalgal diets. *Sains Malaysiana*. 45(4):615-620.