

ผลของโรติเฟอร์เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก
แตกต่างกัน 3 ชนิดต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูก
ปลาไคเดมา *Pseudochromis diadema*

Effects of Rotifers Enriched with Three Different Types
of Microalgae on Growth and Survival Rate of Diadema
Larvae *Pseudochromis diadema*

อมรรัตน์ กนกรุ่ง^{1*} รวิวรรณ วัฒนดิolk¹ ไพรัช ทองระอา¹
ทิฆัมพร นามกร¹ วิศัลย์ ชุมแสง¹ บัณฑิต ปลั่งดี¹ และ ศิริวรรณ ชูศรี¹
Amonrat Kanokrun^{1*}, Rawiwan Watanadilok¹,
Pairach Thongra-Ar¹, Tikomporn Namkorn¹, Wisan Chumsaeng¹,
Bundit Plungdee¹ and Siriwan Choosri¹

Received: 14 August 2024

Revised: 17 September 2025

Accepted: 22 January 2026

บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดของลูกปลาไคเดมา (*Pseudochromis diadema*) แรกฟักที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*) ซึ่งเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด (*Tetraselmis gracilis*, *Isochrysis galbana* และ *Nannochloropsis oculata*) แบ่งออกเป็น 4 ชุดทดลอง ได้แก่ 1. โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสีเขียว *T. gracilis* 2. โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง *I. galbana* 3. โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายยูกลีโนไฟตา *N. oculata* และ 4. กลุ่มควบคุม (ไม่มีการเสริมคุณค่าทางอาหารในโรติเฟอร์) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ใช้ในการเลี้ยงลูกปลา 3 ตัวต่อมิลลิลิตร ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เลี้ยงระยะเวลา 15 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลา

¹สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย 20131

¹Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: amonrat_@go.buu.ac.th

ชุดทดลองที่ 2 มีความยาวรวมเพิ่ม (total length gain) และความยาวมาตรฐานเพิ่ม (standard length gain) สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 4.28 ± 0.10 mm ($P < 0.05$) และ 3.10 ± 0.08 mm ($P < 0.05$) ตามลำดับ ในการทดลองลูกปลาแรกฟักกลุ่มควบคุมมีการตายของลูกปลาทั้งหมดเมื่อเลี้ยงได้ 3 วัน อัตราการรอดพบสูงสุดในชุดทดลองที่ 1 ($P < 0.05$) การศึกษาคุณค่าทางอาหารและกรดไขมันรวมของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด พบปริมาณโปรตีนสูงสุดใน *I. galbana* ($P < 0.05$) ไขมันมีปริมาณสูงใน *N. oculata* ($P < 0.05$) กรดไขมันรวมสูงสุดพบใน *N. oculata* หลังจากการเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็กให้โรติเฟอร์ พบว่ามีปริมาณไขมันสูงสุดในโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana* ปริมาณโปรตีนสูงสุดในโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* ($P < 0.05$) กรดไขมันรวมสูงสุดพบในโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *N. oculata*

คำสำคัญ: กรดไขมัน สาหร่ายขนาดเล็ก โรติเฟอร์ ปลาไต่เตม่า การเสริมคุณค่าทางอาหาร

ABSTRACT

In this study, we investigated the growth and survival rate of newly hatched diadema larvae (*Pseudochromis diadema*) fed with rotifers (*Brachionus rotundiformis*) supplemented with three types of microalgae (*Tetraselmis gracilis*, *Isochrysis galbana*, and *Nanochloropsis oculata*). The control group was fed with rotifers without any nutritional supplement. Each group was replicated three times for the experiment. The larvae were fed twice daily at 9:00 am and 3:00 pm with a density of 3 rotifers per milliliter for 15 days. At the end of the experiment, it was found that the experimental group 2 had the highest total length gain of 4.28 ± 0.10 mm ($P < 0.05$) and the standard length was also the highest in group 2 ($P < 0.05$). All larvae in the control group died after 3 days, while the survival rate was the highest in group 1 ($P < 0.05$). The study compared the nutritional value and total fatty acids of three types of microalgae. It found that *I. galbana* had the highest protein content ($P < 0.05$), *N. oculata* had the highest lipid content ($P < 0.05$), and *N. oculata* had the highest total fatty acids content. When these microalgae were used as a supplement for rotifers, rotifers enriched with *I. galbana* had the highest lipid content, rotifers enriched with *T. gracilis* had the highest protein content ($P < 0.05$), and *N. oculata* resulted in the highest total fatty acids content.

Keywords: Fatty Acid; Microalgae; Rotifer; Diadema Fish; Supplement

บทนำ

ปลาไต่เตม่า (*Pictichromis diadema*) เป็นปลาสวยงามที่จัดอยู่ในกลุ่ม dottyback ลำตัวมีสีเหลืองและมีสีชมพูพาดกลางลำตัวบางครั้งเรียกว่า “กลุ่มปลาหวานเย็น” เป็นที่ชื่นชอบของนักเพาะเลี้ยงปลาตามบ้าน อาศัยอยู่ตามแนวปะการังบริเวณที่มีโขดหิน ซึ่งปลาชนิดนี้โดยนิสัยแล้วชอบอาศัยอยู่ตามโพรงหรือซอกหินที่มีขนาดพอดีกับลำตัว มีการนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศ จึงทำให้ปลาชนิดนี้มีมูลค่าในการซื้อขาย

ค่อนข้างสูง แต่ในด้านการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้ยังไม่สามารถทำการเลี้ยงให้มีการเจริญเติบโตจนถึงระยะปลาวัยรุ่น (larvae) และมีอัตราการตายสูง Wittenrich & Turingan [1] ซึ่งทั้งนี้อาจมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและปริมาณสารอาหารที่ต้องการของลูกปลา อาหารที่ใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนที่เหมาะสมจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของความสำเร็จในการเลี้ยงลูกปลา โรติเฟอร์เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนเนื่องจากโรติเฟอร์มีขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 50-120 ไมครอน [2] เป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยเฉพาะในลูกปลาแรกฟักที่มีขนาดเล็กของปลาสวยงาม กลุ่ม dottyback โรติเฟอร์มีความเคลื่อนไหวช้ามีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วสามารถเลี้ยงได้ในปริมาณมากด้วยระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งโรติเฟอร์สามารถปรับเปลี่ยนคุณค่าทางอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์น้ำวัยอ่อนได้โดยการเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก [3]

การทำวิจัยเพื่อพัฒนางานด้านการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามชนิดนี้มีความสำคัญในการเพิ่มความหลากหลายสายพันธุ์ปลาสวยงาม รวมถึงการลดปริมาณการจับสัตว์ในแนวปะการังจากธรรมชาติ สามารถส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงเป็นธุรกิจปลาสวยงามในอนาคตเพื่อสร้างรายได้ และนำไปสู่การจำหน่ายปลาสวยงามในตลาดปลาสวยงาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อนำไปสู่การทำวิจัยวิธีการเลี้ยงปลาในแนวปะการังด้วยอาหารมีชีวิตที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาสวยงาม ในแต่ละช่วงระยะเวลาของการพัฒนาจากตัวอ่อนแรกฟักจากไข่จนถึงระยะการพัฒนาเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป วัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลาไคเดมา ระยะแรกฟักที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็กที่ต่างกัน 3 ชนิด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ที่ใช้คือสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิดซึ่งสาหร่ายทั้งสามชนิดนี้มีคุณค่าทางอาหารที่แตกต่างกันคือ *T. gracilis* มีกรดไขมันกลุ่ม PUFA (Polyunsaturated fatty acid) สูง [4] ส่วนสาหร่าย *I. galbana* มีกรดไขมันชนิด DHA (Docosahexaenoic acid) สูง [5] และ *N. oculata* มีไขมันและปริมาณของกรดไขมันรวมสูง และตัวแปรตาม (Dependent variable) คือคุณค่าทางอาหาร ชนิดและปริมาณกรดไขมันในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหาร การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลาไคเดมา อีกทั้งข้อมูลที่ได้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกชนิดอาหารมีชีวิตที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์สวยงามในแนวปะการังชนิดอื่น จึงนับได้ว่าเป็นการพัฒนางานวิจัยทางด้านอาหารมีชีวิตให้มีข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญทางด้านคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสวยงามในแนวปะการัง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

ในการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD, Completely randomized design) เลี้ยงลูกปลาไคเดมาระยะแรกฟักในถังไฟเบอร์ขนาดบรรจุ 100 ลิตร ด้วยโรติเฟอร์ที่มีการเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็กแตกต่างกัน 3 ชนิด ในการทดลองมี 4 ชุดทดลอง แต่ละชุดทดลอง มี 3 หน่วยการทดลอง (replicate) คือ ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *N. oculata* และชุดทดลองที่ 4 กลุ่มควบคุมเลี้ยงลูกปลาไคเดมาด้วยโรติเฟอร์ที่ไม่มีการเสริมคุณค่าทางอาหาร

2. การเตรียมพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการทดลอง

ทำการจับปูปลาไวดemaal (P. diadema) เพื่อให้เป็นพ่อแม่พันธุ์โดยในขั้นตอนแรกจะทำการเลี้ยงปลาเพศผู้และเพศเมียที่จับจากธรรมชาติที่มีขนาด 4-5 เซนติเมตร ในตู้กระจกขนาด 20 X 60 X 20 นิ้ว ซึ่งภายในตู้มีการใส่ท่อ PVC และหินเทียมเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมใกล้เคียงธรรมชาติเพื่อลดความเครียดให้กับปลาพ่อแม่พันธุ์ ประมาณ 2-3 เดือน ปลาจะเริ่มมีการยอมรับกันในการจับคู่ มีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าและเย็น และจะทำการเสริมด้วยอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยของช่วงเย็นทุกวัน ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ทุก 2 สัปดาห์

3. การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลาไวดemaalแรกฟัก

นำรังไข่ของปลาไวดemaal ที่วางไว้ในระบบเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เมื่อรังไข่มีอายุ 4 วัน ซึ่งไข่มีการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 1) หลังจากนั้นจึงนำมาทำการเป่าลมในถังเพาะฟักขนาด 100 ลิตร ที่เตรียมไว้ เมื่อพบว่าลูกปลามีการฟักออกมาจึงย้ายลงไปในถังทดลอง 3 ชุดทดลอง และชุดควบคุม ที่ความหนาแน่นของลูกปลา 5 ตัวต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวนลูกปลา 400 ตัวต่อชุดการทดลอง เป่าลมในถังทดลองด้วยหัวทราย น้ำมีระดับความเค็มที่ 32 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรดเบสระหว่างทดลองอยู่ในช่วง 8.3 – 8.5 ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 15.00 น. ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ 3 ตัวต่อมิลลิลิตร ซึ่งก่อนทำการให้อาหารแต่ละครั้งจะมีการสูบน้ำอาหารที่เหลือทุกครั้งก่อนให้ เลี้ยงลูกปลาระยะเวลา 15 วัน การเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังทดลองในช่วงวันแรกถึงวันที่ 3 ของการทดลองจะทำการถ่ายน้ำออกจากถังทดลอง 30 % หลังจากนั้น จะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังทดลอง 50% ทุกวันจนสิ้นสุดการทดลอง ทำการวัดขนาดความยาวมาตรฐาน ความยาวรวมและน้ำหนักของลูกปลา เมื่อสิ้นสุดการทดลองและทำการวัดความยาวและน้ำหนักของลูกปลาก่อนเริ่มทำการทดลอง

4. การเตรียมสาหร่ายขนาดเล็ก 3 สายพันธุ์ (*T. gracilis*, *I. galbana*, และ *N. oculata*) เพื่อใช้ในการทดลอง [2]

เพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *I. galbana* ที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน *N. oculata* เพาะเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วน ปรับระดับความเป็นกรดเบส เริ่มต้นที่ 7.8 ด้วยสารละลาย 1 N HCL และ 2 M KOH ใช้อาหารเหลวสูตร Guillard “f/2” [6] ความเข้มแสงที่ 3500 - 4000 ลักซ์ ช่วงเวลาการให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง ไม่ให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิ 25 °C ทำการเป่าลมในขวดเพาะเลี้ยงสาหร่ายจนถึงระยะการเจริญเติบโตคงที่ (stationary phase)

5. การเสริมคุณค่าทางอาหารโรติเฟอร์ (supplemented of rotifer)

ทำการเพิ่มคุณค่าทางอาหารโรติเฟอร์ด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด (*T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata*) ที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วน ซึ่งเป็นระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ โดยใช้ภาชนะขนาดบรรจุ 10 ลิตร ความหนาแน่นโรติเฟอร์ 50 ตัวต่อมิลลิลิตร นำสาหร่ายขนาดเล็กที่เพาะเลี้ยงจากข้อที่ 4 นับความหนาแน่นเซลล์ด้วยสไลด์ Haemocytometer ใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ โดยแยกภาชนะตามชนิดของสาหร่ายขนาดเล็ก [2] โดยใช้ความหนาแน่นของสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* เท่ากับ 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร *I. galbana* ที่ความหนาแน่นเซลล์ เท่ากับ 8×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ *N. oculata* เท่ากับ 10×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เป็นการเพิ่มความหนาแน่นเซลล์ของสาหร่ายที่สูงเพื่อให้มีความเพียงพอต่อการเสริมคุณค่าทางอาหารให้กับโรติเฟอร์ Fábregas et al. [7] ระยะเวลาในการเลี้ยง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงทำการเก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ด้วยการผ่านกระชอนผ้าไนลอนขนาดตาถี่ 45 ไมโครเมตร ในการศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลาไวดemaal โรติเฟอร์เลี้ยงปลาไวดemaal จะมีการนับความ

ความแน่นของโรติเฟอร์ทุกครั้งด้วยสไลด์ Sedgwick rafter ก่อนนำไปให้ลูกปลาที่ทำการทดลอง ในการศึกษาคุณค่าทางอาหาร (proximate analysis) และกรดไขมัน นั้นจะเก็บตัวอย่างของโรติเฟอร์ด้วยผ้าในลอนขนาดเท่า 45 ไมโครเมตร ล้างด้วยน้ำกลั่นก่อนทำการเก็บตัวอย่างเพื่อรอการวิเคราะห์ตัวอย่าง

6. การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (proximate analysis) และกรดไขมัน

นำตัวอย่างสาหร่ายขนาดเล็กและโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารเตรียมไว้ทำ Freeze drying หลังจากนั้น ทำการชั่งน้ำหนัก 2-3 กรัม น้ำหนักแห้ง เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า โยอาหาร โดยใช้วิธี AOAC [8] และชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ 0.50 – 0.60 กรัม เพื่อวิเคราะห์กรดไขมัน โดยวิธีของ Folch and Sloane-Stanlet [9]

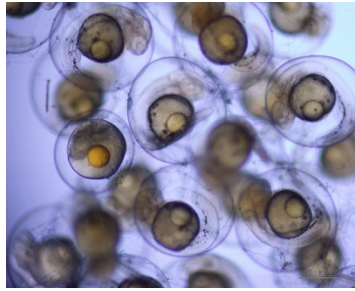
7. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่เป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) ต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตัวแปรตาม (Dependent variable) เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ One-Way ANOVA ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล IBMS SPSS statistic version 20 และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

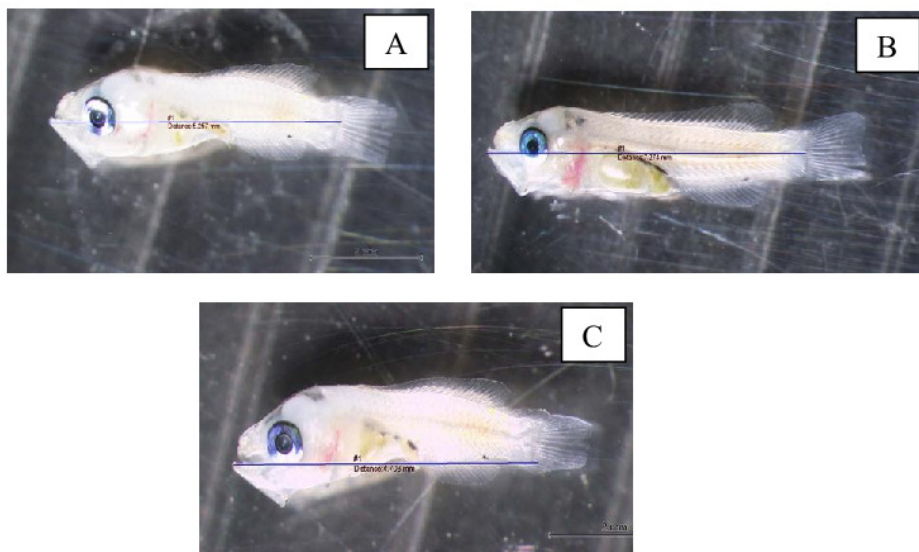
ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาไคเดมาแรกฟักที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ซึ่งเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด (*T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata*)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลาไคเดมาแรกฟักมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรวมเพิ่ม (total length gain) สูงสุดที่ชุดทดลองที่ 2 คือ 4.28 ± 0.10 mm รองลงมาคือ ชุดทดลองที่ 1 และ 3 ตามลำดับ (2.76 ± 0.14 และ 2.05 ± 0.07 mm ตามลำดับ) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนทางด้านความยาวมาตรฐานเพิ่ม (standard length gain) พบสูงสุดในชุดทดลองที่ 2 รองลงมาคือ ชุดทดลองที่ 1 และ 3 ตามลำดับ (3.10 ± 0.08 , 1.89 ± 0.1 และ 1.34 ± 0.16 mm, $P < 0.05$) น้ำหนักเพิ่ม (weight gain) พบสูงสุดในลูกปลาชุดทดลองที่ 2 รองลงมาคือ ชุดทดลองที่ 3 และ 1 ตามลำดับ (5.66 ± 0.7 , 5.59 ± 0.21 และ 4.71 ± 0.19 mg ตามลำดับดังภาพที่ 2) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในการทดลองลูกปลาแรกฟักชุดควบคุมมีการตายของลูกปลาทั้งหมดเมื่อเลี้ยงได้ 3 วัน จากการศึกษ้อัตราการรอดของลูกปลาพบว่าลูกปลาในชุดทดลองที่ 1 มีอัตราการรอดสูงสุด คือ 6.50 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ชุดทดลองที่ 2 และ 3 (5.00 ± 0.75 และ 1.50 ± 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 1) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 1 ลักษณะของไข่ปลาไคเดมา (*P. diadema*) อายุ 4 วัน



ภาพที่ 2 ปลาไคเดมาชุดทดลองที่ 1 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (A) ปลาไคเดมาชุดทดลองที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (B) และปลาไคเดมาชุดทดลองที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (C)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาไคเดมา (*P. diadema*) ที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ซึ่งเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็กแตกต่างกัน 3 ชนิด (*T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata*) เป็นระยะเวลา 15 วัน ($\bar{x} \pm SD$)

ชุดทดลอง	Total length gain (mm)	Standard length gain (mm)	Weight gain (mg)	Survival rate (%)
ชุดควบคุม	-	-	-	-
ชุดทดลองที่ 1	2.76 ± 0.14^b	1.89 ± 0.10^b	4.71 ± 0.19^a	6.50 ± 0.66^c
ชุดทดลองที่ 2	4.28 ± 0.10^c	3.10 ± 0.08^c	5.66 ± 0.70^b	5.00 ± 0.75^b
ชุดทดลองที่ 3	2.05 ± 0.07^a	1.34 ± 0.16^a	5.59 ± 0.21^b	1.50 ± 0.50^a

* Data in a row with different characters indicate statistical differences over the course of the experiment

2. โปรตีน ไขมันและกรดไขมันในสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด (*T. gracilis*, *I. galbana*, และ *N. oculata*)

จากการศึกษาปริมาณโปรตีน ไขมัน และกรดไขมัน พบว่าสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* มีปริมาณโปรตีนสูงสุด (61.60 ± 0.30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ *T. gracilis* และ *N. oculata* ตามลำดับ (60.37 ± 0.50 และ 60.07 ± 1.03 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง $P < 0.05$) ปริมาณไขมันสูงสุดพบใน *N. oculata* (8.89 ± 0.26 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) พบปริมาณไขมันรองลงมาในสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* และ *T. gracilis* ตามลำดับ (8.48 ± 0.37 และ 8.02 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตารางที่ 2 $P < 0.05$) กรดไขมันรวมสูงสุดพบในสาหร่ายขนาดเล็ก *N. oculata* (78.97 ± 3.36 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) พบรองลงมาใน *I. galbana* และ *T. gracilis* ตามลำดับ (68.08 ± 4.22 และ 67.32 ± 3.62 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด, $P < 0.05$) กรดไขมัน Palmitic acid (C16:0) พบสูงสุดในสาหร่ายขนาดเล็ก *N. oculata* รองลงมาคือ *T. gracilis* และ *I. galbana* ตามลำดับ (25.50 ± 0.28 , 17.66 ± 0.91 และ 11.77 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน Oleic acid (C18:1 n9) พบสูงสุดในสาหร่ายขนาดเล็ก *N. oculata* รองลงมาคือ *T. gracilis* และ *I. galbana* ตามลำดับ (22.92 ± 0.40 , 12.94 ± 0.23 และ 9.44 ± 0.44 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน alpha-Linolenic acid (ALA, C18:3 n3) พบสูงสุดใน *T. gracilis* รองลงมาคือ *I. galbana* และ *N. oculata* ตามลำดับ (11.74 ± 0.60 , 5.06 ± 0.20 และ 2.70 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน Arachidonic acid (ARA, C20:4 n6) พบในสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* ที่ 0.78 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด ส่วนในสาหร่ายขนาดเล็กอีกสองชนิดไม่พบกรดไขมันชนิดนี้ กรดไขมัน Docosapentaenoic acid (DPA, C20:5 n3) พบในสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* ที่ 2.38 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด ส่วนในสาหร่ายขนาดเล็กอีกสองชนิดไม่พบกรดไขมันชนิดนี้ กรดไขมัน Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6 n3) พบในสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* ที่ 5.24 ± 0.51 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด ส่วนในสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *N. oculata* ไม่พบกรดไขมันชนิดนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด *T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเหลว Guillard “f/2” (% ของน้ำหนักแห้ง $\pm$ SD)

Parameters	Microalgae		
	<i>T. gracilis</i>	<i>I. galbana</i>	<i>N. oculata</i>
Protein	60.37 ± 0.50^{ab}	61.60 ± 0.30^b	60.07 ± 1.03^a
Lipid	8.02 ± 0.06^a	8.48 ± 0.37^{ab}	8.89 ± 0.26^b
Ash	11.08 ± 0.69^a	11.24 ± 0.31^a	12.19 ± 0.20^b
Fiber	1.73 ± 0.22^a	2.45 ± 0.38^b	2.51 ± 0.02^b
Carbohydrate	18.81 ± 1.09^b	16.22 ± 1.07^a	16.35 ± 0.94^a
Moisture	4.79 ± 0.23	4.50 ± 0.43	3.74 ± 0.29

* Data in a row with different characters indicate statistical differences over the course of the experiment

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (Fatty acid, FA) ในสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด *T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata* (% ของกรดไขมันรวมทั้งหมด $\pm$ SD)

Fatty acid	<i>T. gracilis</i> (% of total FA $\pm$ SD)	<i>I. galbana</i> (% of total FA $\pm$ SD)	<i>N. oculata</i> (% of total FA $\pm$ SD)
Saturated FAs			
C6:0	nd	nd	0.53 $\pm$ 0.06
C12:0	nd	1.16 $\pm$ 0.25	0.54 $\pm$ 0.02
C14:0	0.45 $\pm$ 0.04	13.49 $\pm$ 0.20	1.48 $\pm$ 0.05
C15:0	1.88 $\pm$ 0.69	1.32 $\pm$ 0.05	0.92 $\pm$ 0.05
C16:0 (PA)	17.66 $\pm$ 0.91 ^b	11.77 $\pm$ 1.12 ^a	25.50 $\pm$ 0.28 ^c
C17:0	6.34 $\pm$ 0.36	5.04 $\pm$ 0.23	9.40 $\pm$ 1.81
C18:0	0.81 $\pm$ 0.12	1.84 $\pm$ 0.56	2.44 $\pm$ 0.10
C20:0	nd	nd	0.23 $\pm$ 0.04
C22:0	nd	nd	0.31 $\pm$ 0.03
C24:0	nd	nd	0.35 $\pm$ 0.04
Total	27.14 $\pm$ 2.12	34.62 $\pm$ 2.41	41.70 $\pm$ 2.48
Monounsaturated FAs			
C14:1	0.99 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.01	0.46 $\pm$ 0.04
C16:1	1.31 $\pm$ 0.04	4.34 $\pm$ 0.16	2.76 $\pm$ 0.08
C17:1	0.37 $\pm$ 0.04	Nd	1.62 $\pm$ 0.09
C18:1n9 (OA)	12.94 $\pm$ 0.23 ^b	9.44 $\pm$ 0.44 ^a	22.92 $\pm$ 0.40 ^c
C22:1n9	nd	nd	0.29 $\pm$ 0.04
C24:1n9	nd	nd	0.24 $\pm$ 0.03
Total	15.61 $\pm$ 0.33	14.46 $\pm$ 0.61	28.92 $\pm$ 0.68
Polyunsaturated FAs			
C18:2n6 (c, LA)	8.36 $\pm$ 0.16	6.08 $\pm$ 0.37	5.72 $\pm$ 0.10
C18:3n6	0.47 $\pm$ 0.02	1.10 $\pm$ 0.09	Nd
C18:3n3 (ALA)	11.74 $\pm$ 0.60 ^c	5.06 $\pm$ 0.20 ^b	2.70 $\pm$ 0.08 ^a
C20:3n6	nd	nd	0.27 $\pm$ 0.01
C20:4n6 (ARA)	0.78 $\pm$ 0.07	nd	Nd
C20:3n3 (EPA)	nd	nd	Nd
C20:5n3 (DPA)	2.38 $\pm$ 0.27	nd	0.31 $\pm$ 0.03
C22:2	0.84 $\pm$ 0.05	1.53 $\pm$ 0.03	Nd
C22:6n3 (DHA)	nd	5.24 $\pm$ 0.51	Nd

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (Fatty acid, FA) ในสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด *T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata* (% ของกรดไขมันรวมทั้งหมด $\pm$ SD) (ต่อ)

Fatty acid	<i>T. gracilis</i> (% of total FA $\pm$ SD)	<i>I. galbana</i> (% of total FA $\pm$ SD)	<i>N. oculata</i> (% of total FA $\pm$ SD)
Total	24.57 $\pm$ 1.17	19.01 $\pm$ 1.20	9.00 $\pm$ 0.22
Total FAs	67.32 $\pm$ 3.62a	68.08 $\pm$ 4.22a	78.97 $\pm$ 3.36b
PUFAs	24.57 $\pm$ 1.17	19.03 $\pm$ 1.20	9.00 $\pm$ 0.21
HUFA	4.00 $\pm$ 0.65	6.78 $\pm$ 1.38	1.99 $\pm$ 0.02

nd; not detected, c; cis, PA; palmitic acid, OA; oleic acid, LA; linoleic acid, ALA; alpha-linolenic acid, ARA; arachidonic acid, DPA; docosapentaenoic acid, DHA; docosahexaenoic acid, PUFA; Polyunsaturated fatty acid, HUFA; Highly unsaturated fatty acid

*Data in a row with different characters indicate statistical differences over the course of the experiment

3. โปรตีน ไขมันและกรดไขมันในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด (*T. gracilis*, *I. galbana* and *N. oculata*)

จากการศึกษาปริมาณโปรตีน ไขมัน และกรดไขมันในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด พบว่าโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* มีปริมาณโปรตีนสูงสุด (65.35 $\pm$ 0.13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ โรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana*, *N. oculata* และชุดทดลองที่ไม่มีการเสริมคุณค่าทางอาหาร ตามลำดับ (65.12 $\pm$ 0.16, 62.67 $\pm$ 0.13 และ 60.48 $\pm$ 1.74 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง $P<0.05$) ปริมาณไขมันสูงสุดพบในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* (7.73 $\pm$ 0.07 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) รองลงมาโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis*, *N. oculata* และชุดทดลองที่ไม่มีการเสริมคุณค่าทางอาหารตามลำดับ (7.24 $\pm$ 0.28, 7.07 $\pm$ 0.20 และ 5.82 $\pm$ 0.22 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง $P<0.05$, ตารางที่ 4) กรดไขมันรวมสูงพบในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *N. oculata* (69.25 $\pm$ 5.71 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) พบรองลงมาในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana* และ *T. gracilis* ตามลำดับ (66.43 $\pm$ 3.95 และ 60.84 $\pm$ 7.55 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด $P<0.05$) กรดไขมัน Palmitic acid (C16:0) พบสูงสุดในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *N. oculata* รองลงมาคือ *I. galbana* และ *T. gracilis* ตามลำดับ (15.99 $\pm$ 0.54, 13.17 $\pm$ 0.39 และ 12.84 $\pm$ 0.77 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน Oleic acid (C18:1 n9) พบสูงสุดในสาหร่ายโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *N. oculata* รองลงมาคือ *I. galbana* และ *T. gracilis* ตามลำดับ (8.49 $\pm$ 0.44, 7.86 $\pm$ 0.07 และ 6.20 $\pm$ 0.16 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน alpha-Linolenic acid (ALA, C18:3 n3) พบสูงในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* รองลงมาคือ *I. galbana* และ *N. oculata* ตามลำดับ (5.61 $\pm$ 1.01, 4.29 $\pm$ 0.30 และ 3.90 $\pm$ 0.85 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน Arachidonic acid (ARA, C20:4 n6) พบสูงในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* รองลงมาคือ *I. galbana* และ *N. oculata* ตามลำดับ (0.85 $\pm$ 0.18, 0.79 $\pm$ 0.08 และ 0.74 $\pm$ 0.20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน Eicosatrienoic acid (EPA, C20:3 n3) พบสูงในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* 0.45 $\pm$ 0.05 และในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana* 0.28 $\pm$ 0.03 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด แต่ไม่พบกรดไขมันชนิดนี้ในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *N. oculata* กรดไขมัน Docosapentaenoic acid (DPA, C20:5 n3) พบในโรติเฟอร์

ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* ที่ 1.38 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด พบรองลงมาในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana* และ *N. oculata* ตามลำดับ (1.21 ± 0.04 และ 0.79 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด) กรดไขมัน Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6 n3) พบในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* ที่ 0.44 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด ส่วนในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *N. oculata* ไม่พบกรดไขมัน DHA (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 คุณค่าทางอาหารของโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด *T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata* (% ของน้ำหนักแห้ง $\pm$ SD)

Parameters	โรติเฟอร์ที่ไม่มี การเสริมคุณค่า ทางอาหาร	โรติเฟอร์ที่เสริม คุณค่าทางอาหาร ด้วย <i>T. gracilis</i>	โรติเฟอร์ที่เสริม คุณค่าทางอาหาร ด้วย <i>I. galbana</i>	โรติเฟอร์ที่เสริม คุณค่าทางอาหาร ด้วย <i>N. oculata</i>
Protein	60.48 ± 1.74^a	65.35 ± 0.13^c	65.12 ± 0.16^c	62.67 ± 0.13^b
Lipid	5.82 ± 0.22^a	7.24 ± 0.28^b	7.73 ± 0.07^c	7.07 ± 0.20^b
Ash	10.66 ± 0.39^c	6.26 ± 0.06^a	6.56 ± 0.08^a	7.35 ± 0.19^b
Fiber	1.35 ± 0.36^a	2.38 ± 0.23^b	1.24 ± 0.35^a	2.42 ± 0.92^b
Carbohydrate	19.31 ± 1.58^b	15.80 ± 0.17^a	17.70 ± 0.52^{ab}	18.34 ± 1.33^b
Moisture	2.38 ± 0.27	2.97 ± 0.17	1.65 ± 0.24	2.15 ± 0.25

*Data in a row with different characters indicate statistical differences over the course of the experiment

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (Fatty acid, FA) ในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด *T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata* (% ของกรดไขมันรวมทั้งหมด $\pm$ SD)

Fatty acids	โรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่า ทางอาหารด้วย <i>T. gracilis</i> (% of total FA $\pm$ SD)	โรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่า ทางอาหารด้วย <i>I. galbana</i> (% of total FA $\pm$ SD)	โรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทาง อาหารด้วย <i>N. oculata</i> (% of total FA $\pm$ SD)
Saturated FAs			
C6:0	0.95 ± 0.09	0.94 ± 0.11	1.64 ± 0.19
C12:0	0.29 ± 0.03	0.25 ± 0.02	nd
C14:0	1.61 ± 0.29	3.62 ± 0.08	1.79 ± 0.23
C15:0	3.92 ± 0.86	3.50 ± 0.96	4.02 ± 0.85
C16:0 (PA)	12.84 ± 0.77^a	13.17 ± 0.39^a	15.99 ± 0.54^b
C17:0	7.97 ± 0.50	10.11 ± 0.76	12.34 ± 0.44
C18:0	5.12 ± 0.59	5.67 ± 0.12	6.22 ± 0.33
C22:0	1.61 ± 0.99	0.35 ± 0.03	nd
C23:0	0.33 ± 0.32	0.34 ± 0.09	0.59 ± 0.06

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (Fatty acid, FA) ในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก 3 ชนิด *T. gracilis*, *I. galbana* และ *N. oculata* (% ของกรดไขมันรวมทั้งหมด $\pm$ SD) (ต่อ)

Fatty acids	โรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย <i>T. gracilis</i> (% of total FA $\pm$ SD)	โรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย <i>I. galbana</i> (% of total FA $\pm$ SD)	โรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย <i>N. oculata</i> (% of total FA $\pm$ SD)
C24:0	0.33 $\pm$ 0.07	0.31 $\pm$ 0.01	0.39 $\pm$ 0.06
Total	34.97 $\pm$ 4.81	38.26 $\pm$ 2.57	42.98 $\pm$ 2.70
Monounsaturated FAs			
C14:1	0.64 $\pm$ 0.29	0.61 $\pm$ 0.08	0.93 $\pm$ 0.08
C16:1	1.14 $\pm$ 0.07	1.57 $\pm$ 0.08	1.24 $\pm$ 0.05
C17:1	0.46 $\pm$ 0.05	0.70 $\pm$ 0.06	0.65 $\pm$ 0.05
C18:1n9 (OA)	6.20 $\pm$ 0.16 ^a	7.86 $\pm$ 0.07 ^b	8.49 $\pm$ 0.44 ^c
C20:1n9	2.38 $\pm$ 0.09	2.75 $\pm$ 0.07	2.05 $\pm$ 0.06
C22:1n9	nd	1.32 $\pm$ 0.14	0.77 $\pm$ 0.04
C24:1n9	0.84 $\pm$ 0.09	0.89 $\pm$ 0.03	0.94 $\pm$ 0.14
Total	11.66 $\pm$ 0.75	15.70 $\pm$ 0.53	15.07 $\pm$ 0.86
Polyunsaturated FAs			
C18:2n6(c, LA)	4.91 $\pm$ 0.61 ^a	4.72 $\pm$ 0.25 ^a	5.33 $\pm$ 0.73 ^a
C18:2n6 (t)	0.40 $\pm$ 0.03	0.60 $\pm$ 0.06	0.45 $\pm$ 0.05
C18:3n6	0.28 $\pm$ 0.02	0.15 $\pm$ 0.02	nd
C18:3n3 (ALA)	5.61 $\pm$ 1.01 ^b	4.29 $\pm$ 0.30a ^b	3.90 $\pm$ 0.85 ^a
C20:3n6	0.33 $\pm$ 0.09	nd	nd
C20:4n6 (ARA)	0.85 $\pm$ 0.18 ^a	0.79 $\pm$ 0.08 ^a	0.74 $\pm$ 0.20 ^a
C20:3n3 (EPA)	0.45 $\pm$ 0.05	0.28 $\pm$ 0.03	nd
C20:5n3 (DPA)	1.38 $\pm$ 0.24 ^b	1.21 $\pm$ 0.04a ^b	0.79 $\pm$ 0.33 ^a
C22:6n3 (DHA)	nd	0.44 $\pm$ 0.06	nd
Total	14.21 $\pm$ 2.24	12.48 $\pm$ 0.84	11.21 $\pm$ 2.17
Total FAs	60.84 $\pm$ 7.55 ^a	66.43 $\pm$ 3.95 ^b	69.25 $\pm$ 5.71 ^c
PUFAs	14.21 $\pm$ 2.24	12.47 $\pm$ 0.84	11.20 $\pm$ 2.17
HUFA	8.48 $\pm$ 0.72	8.67 $\pm$ 0.75	6.27 $\pm$ 0.58

nd; not detected, c; cis, PA; palmitic acid, OA; oleic acid, LA; linoleic acid, ALA; alpha-linolenic acid, ARA; arachidonic acid, DPA; docosapentaenoic acid, DHA; docosahexaenoic acid, PUFA; Polyunsaturated fatty acid, HUFA; Highly unsaturated fatty acid

* Data in a row with different characters indicate statistical differences over the course of the experiment

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การอภิปรายผล

ปลาไคเดมาแรกฟักมีขนาดความยาวของลำตัว 3.10 ± 0.09 mm เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (15 วัน) พบว่าลูกปลาที่เลี้ยงชุดทดลองที่ 2 มีการเจริญเติบโตสูงสุด มีความยาวรวม (total length) 7.02 ± 0.70 mm ความยาวรวมเพิ่ม (total length gain) 4.28 ± 0.10 mm และมีความยาวมาตรฐาน (standard length) 6.20 ± 0.08 mm ความยาวมาตรฐานเพิ่ม (standard length gain) ที่ 3.10 ± 0.08 mm สูงกว่าชุดทดลองที่ 1 และ 3 ทั้งนี้เนื่องจากลูกปลาชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* ซึ่งในโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana* พบกรดไขมันชนิด DHA (docosahexaenoic acid) แต่ในโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *N. oculata* ไม่พบกรดไขมัน DHA (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ในการศึกษากรดไขมันในสาหร่ายขนาดเล็กทั้ง 3 ชนิด พบว่าสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* สร้างกรดไขมัน DHA ภายในเซลล์ แต่สาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *N. oculata* ไม่ได้ทำการสร้างกรดไขมัน DHA เมื่อทำการเสริมคุณค่าทางอาหารให้กับโรติเฟอร์ด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* กลไกในการสร้างกรดไขมันของโรติเฟอร์จึงสามารถสร้างกรดไขมัน DHA ภายในตัวเองได้ ซึ่งกรดไขมัน DHA มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะลูกปลาวัยอ่อนแรกฟักไคเดมาส่งผลถึงการพัฒนาทางด้านความยาวของลูกปลาทั้งในส่วนของความยาวรวมและความยาวมาตรฐานที่สูงกว่าลูกปลาที่เลี้ยงในชุดทดลองที่ 1 และ ชุดทดลองที่ 3 Bischoff et al. [10] กล่าวถึงความต้องการทางโภชนาการของลูกปลาโดยเฉพาะสารอาหารชนิดกรดไขมันว่า ลูกปลาระยะแรกเกิดถ้าได้รับกรดไขมันชนิด DHA ต่ำ จะส่งผลถึงการเจริญเติบโตของลูกปลาที่ช้า มีการพัฒนาทางด้านความยาวน้อยเมื่อเทียบกับลูกปลาที่ได้รับสารอาหารกรดไขมันชนิด DHA เพียงพอต่อการพัฒนาการเจริญเติบโต ทั้งนี้เนื่องจาก DHA มีส่วนช่วยการทำงานของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ให้มีความยืดหยุ่น ซึ่งกระบวนการนี้ส่งผลถึงการดูดซึมของสารอาหาร รวมถึงการส่งสัญญาณในเซลล์ประสาทตา เพราะถ้าลูกปลาหรือสิ่งมีชีวิตได้รับ DHA เข้าสู่กระบวนการของร่างกาย ทำให้การรับสัญญาณภาพเคลื่อนไหว จึงทำให้ลูกปลามีความสามารถในการจับเหยื่อได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ Senadheera et al. [11] ในการศึกษาครั้งนี้ได้พบว่าโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วย *I. galbana* มีกรดไขมันชนิด EPA (eicosatrienoic acid) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้มีการทำงานที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Francis et al. [12] ที่ได้ทำการศึกษาลูกปลาของอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยกรดไขมันต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาระยะแรกฟักของปลาคอด (Cod, *Maccullochella peelii*) และเลี้ยงปลาคอดด้วยอาร์ทีเมียที่ไม่มีการเสริมกรดไขมันเป็นชุดควบคุม จากการศึกษาพบว่าลูกปลาที่มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันระหว่างชุดทดลอง กรดไขมัน DHA และ กรดไขมัน EPA เป็นกรดไขมันที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาแรกฟัก เนื่องจากการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แหล่งกักตุนสัตว์ก่อนนำมาให้ลูกปลาวัยอ่อนแรกฟักมีความสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตในช่วงแรกของลูกปลาระยะแรกฟัก

การศึกษาทางด้านอัตราการรอดของลูกปลาที่ทำการทดลองพบว่าลูกปลาที่ทำการเลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* (ชุดทดลองที่ 1) มีอัตราการรอดสูงกว่าทุกชุดการทดลอง คือ 6.50 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) เนื่องจากโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* พบว่ามีกรดไขมันชนิด ALA (alpha-linolenic acid, C18:3 n3) ในปริมาณ 5.61 ± 1.01 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด และกรดไขมันชนิด LA (linoleic acid, C18:2 n6) 4.91 ± 0.61 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด สูงกว่าโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* และ *N. oculata* กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้มีผลต่ออัตราการรอดของลูกปลาไคเดมาแรกฟัก คล้ายคลึงการศึกษาของ Senadheera et al. [11] ผลของกรดไขมัน ALA/LA (linoleic acid, C18:2 n6) ต่อเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของกรดไขมันในปลาคอด (*Maccullochella peelii*) พบว่าในระหว่างการเลี้ยงลูกปลาระยะเวลา 74 วัน อาหารที่มีกรดไขมันทั้งสองชนิดช่วยส่งเสริมให้อัตราการรอดของลูกปลาดีขึ้นมีการตายของลูกปลาที่ทดลองน้อยลง Kamalam et al. [13] กล่าวถึง กระบวนการของร่างกายสิ่งมีชีวิตจะมี

เอนไซม์ desaturase ที่ทำหน้าที่ในการเติมพันธะคู่เข้าไปในสายโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสายสั้นเป็นกรดไขมันสายยาวจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบร่างกาย สุขภาพของร่างกาย เช่น ป้องกันการเกิดโรค และการอักเสบของเนื้อเยื่อ เป็นต้น และในโรติเฟอร์ที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย *T. gracilis* (ชุดทดลองที่ 1) ยังพบว่ามีปริมาณของกรดไขมัน ARA 0.85 ± 0.18 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวมทั้งหมด ซึ่งกรดไขมัน ARA นี้ช่วยส่งเสริมด้านอัตราการรอดของลูกปลา Copeman et al. [14] กล่าวว่ากรดไขมัน ARA มีผลต่ออัตราการรอดของลูกปลาแรกฟัก

สรุปผลการวิจัย

การเลี้ยงลูกปลาได้เดมาด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหาร *T. gracilis* ทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดสูงกว่าการเลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* และ *N. oculata* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และการเลี้ยงลูกปลาด้วยโรติเฟอร์ที่เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *I. galbana* ลูกปลามีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวสูงกว่าลูกปลาทดลองชุดที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์เสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *N. oculata* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากการศึกษาสรุปผลว่าควรมีการเลี้ยงลูกปลาด้วยโรติเฟอร์ที่มีการเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *T. gracilis* และ *I. galbana*

References

- [1] Wittenrich, M. L., & Turingan, R. G. (2011). Linking Functional Morphology and Feeding Performance in Larvae of Two Coral-Reef Fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 92(3), 295-312.
- [2] Wongrat, L. (2000). *Guide to Culture Phytoplankton*. Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University. (in Thai)
- [3] Rahman, A. R. A., et al. (2018). The Effects of Microalgae as Live Food for *Brachionus plicatilis* (Rotifer) in Intensive Culture System. *Tropical Life Sciences Research*, 29(1), 127-138.
- [4] Conlon, T., et al. (2024). Comparative Pigment and Fatty Acid Profiling of Marine Species Within the Chlorophyte Genus *Tetraselmis*. *Food Bioscience*, 58, 103660.
- [5] Lin, C. Y., & Lin, B. Y. (2017). Comparison of Fatty Acid Composition and Fuel Characteristics of Biodiesels Made From *Isochrysis galbana* Lipids and From Used Cooking Oil. *Journal of Marine Science and Technology*, 25(4), 399-403.
- [6] Guillard, R. R. L. (1975). Culture of Phytoplankton for Feeding Marine Invertebrates. In Smith, W. L., & Chanley, M. H. (Eds.). *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Plenum Press.
- [7] Fábregas, J., et al. (2001). Growth Rate of the Microalga *Tetraselmis suecica* Changes the Biochemical Composition of *Artemia* Species. *Marine Biotechnology*, 3(3), 256-263.
- [8] Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). AOAC International.

- [9] Folch, J., et al. (1957). A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids From Animal Tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509.
- [10] Bischoff, A. A., et al. (2023). Dynamics of Fatty Acids in Pikeperch (*Sander lucioperca*) Larvae and Juveniles During Early Rearing and Weaning in a Commercial RAS: Implications for Dietary Refinement. *Fishes*, 8(9), 444.
- [11] Senadheera, S. D., et al. (2011). Effects of Dietary α -Linolenic Acid (18:3 n-3)/Linoleic Acid (18:2 n-6) Ratio on Fatty Acid Metabolism in Murray Cod (*Maccullochella peelii peelii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(3), 1020-1030.
- [12] Francis, D. S., et al. (2019). Effects of PUFA-Enriched *Artemia* on the Early Growth and Fatty Acid Composition of Murray Cod Larvae. *Aquaculture*, 513, 734362.
- [13] Kamalam, B. S., et al. (2013). Metabolism and Fatty Acid Profile in Fat and Lean Rainbow Trout Lines Fed With Vegetable Oil: Effect of Carbohydrates. *PLOS ONE*, 8(10), e76570.
- [14] Copeman, L. A., et al. (2002). Effects of Docosahexaenoic, Eicosapentaenoic, and Arachidonic Acid on the Early Growth, Survival, Lipid Composition, and Pigmentation of Yellowtail Flounder (*Limanda ferruginea*): A Live Food Enrichment Experiment. *Aquaculture*, 210(1-4), 285-304.