**شیلات، مجله منابع طبیعی ایران**
دوره ۷۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۳۰-۱۷

# تاثیر نسبت‌های اسیدهای چرب لینولئیک به لینولنیک بر عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی، شاخص‌های احشایی و کبدی مولدین ماهی گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*)

**صالح سیفی برنجستانکی[۱]، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی[۲*]، حسین اورجی[۲]، ناصر آق[۳]**

*۱. دانش آموخته دکترای شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران*
*۲. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه شیلات، ساری، ایران*
*۳. استاد پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومی، ایران*

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹ /۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸**

## چکیده

در این مطالعه اثرات سطوح مختلف از نسبت دو اسیدچرب لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA) شامل نسبت‌های شاهد، ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ بر عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی و شاخص‌های احشایی و کبدی در ماهی گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) طی یک دوره پرورش ۹۰ روزه بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش نسبت LA/LNA در جیره، اثرات معناداری بر فاکتور وضعیت و متوسط سرعت رشد روزانه مشاهده نشد ($p>0/05$). وزن نهایی بدن، طول کل و طول چنگالی روند افزایشی را با افزایش نسبت LA/LNA نشان داد ($p<0/05$). بالاترین مقادیر این شاخص‌ها در نسبت ۸ علیرغم عدم اختلاف معنادار مابین سطوح ۰/۵ تا ۴ ($p>0/05$) حاصل شد. بیشترین درصد افزایش وزن و طول بدن در نسبت ۸ حاصل شد که با سایر تیمارها اختلاف معناداری نشان داد ($p<0/05$) ولی اختلاف معناداری در سرعت رشد ویژه وزنی و طولی بدن ماهیان مابین تیمارها مشاهده نشد ($p>0/05$). مقادیر هر دو شاخص احشایی و کبدی از تیمار شاهد تا نسبت معادل ۲ افزایش یافت ولی در سطوح با نسبت ۴ و ۸ روند کاهشی معنادار را نشان داد ($p<0/05$). ضریب تبدیل غذایی مقادیر بمراتب بهتری در نسبت‌های ۴ و ۸ در مقایسه با سایر نسبت‌ها نشان داد ($p<0/05$). روند ماهانه سرعت رشد ویژه وزنی در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمارهای با نسبت‌های ۴ و ۸ سرعت رشد بالاتری را در ماه سوم نسبت به ماههای دوم و اول پرورش نشان دادند. بر اساس نتایج و به منظور تولید مولدین پرورشی می‌توان پیشنهاد کرد که گنجاندن نسبت‌های ۴ و ۸ از LA/LNA (در جیره‌های فاقد روغن ماهی) سبب عملکردهای رشدی و تغذیه‌ای بمراتب بهتری در ماهی گورامی سه خال گردید.

**واژگان کلیدی:** نسبت اسید چرب لینولئیک به لینولنیک، رشد، ضریب تبدیل غذایی، شاخص‌های احشایی و کبدی، گورامی سه‌خال.

* نویسنده مسئول: ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی
Email: a.esmaeili@sanru.ac.ir

**Journal of Fisheries**
Vol. 74, No. 1, Spring 2021
pp. 17-30

# The effects of linoleic to linolenic fatty acids ratios on growth performance, feed conversion ratio, visceral and hepatosomatic indices of three spot gourami (*Trichopodus trichopterus*) brooders

**Saleh Seifi Berenjestanaki[1], Abolghasem Esmaeili Fereidouni[2*], Hossein Ouraji[2], Naser Agh[3]**

*1. PhD Student, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran*
*2. Associate Professor, Animal Sciences and Fisheries Faculty, Fisheries Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran*
*3. Associate Professor, Artemia Reference Center, Biology and Aquaculture Department, Urmia University, Urmia, Iran*

**Received: 06-Mar-2020** **Accepted: 06-Feb-2021**

## Abstract

In this study, the effects of different inclusion levels of two fatty acids (linoleic/linolenic fatty acids; LA/LNA) including the ratios of control, 0.5, 1, 2, 4, and 8 were examined on growth performance, feed conversion ratio, and visceral and hepatosomatic indices in three spot gourami (*Trichopodus trichopterus*) over a 90-day culture period. The results showed that with increasing the LA/LNA ratio in the diet, no significant effects were observed on the condition factor and the average daily growth rate ($p>0.05$). The final body weight, total and fork lengths showed an increasing trend with increasing LA/LNA ratio ($p<0.05$); so that, the highest values were recorded in the ratio of 8 despite the lack of significant differences between the levels of 0.5 to 4. The highest percentages of weight and length increments were obtained in the ratio of 8, which showed a significant difference with other treatments ($p<0.05$); however, there were no significant differences in specific growth rate in body length and weight gains between treatments ($p>0.05$). The values of both visceral and hepatosomatic indices increased from the control group to a ratio of 2, but a significant decreasing trend was observed at levels with a ratio of 4 and 8 ($p<0.05$). The feed conversion ratio showed significantly better values in ratios 4 and 8 compared to other ratios ($p<0.05$). The monthly trend of specific weight growth rate in different treatments showed that treatments with ratios of 4 and 8 showed the higher growth rate in the third month compared to the second and first months of culture period. Based on the results and in order to produce farmed brooders, it can be suggested that the inclusion of 4 and 8 ratios of LA/LNA (in diets without fish oil) resulted in higher growth and nutritional performances in three-spot gourami fish.

**Keywords:** Linoleic to linolenic fatty acid ratio, growth, feed conversion ratio, visceral and hepatosomatic indices, three spot gourami

Corresponding author: Abolghasem Esmaeili Fereidouni Email: a.esmaeili@sanru.ac.ir

## ۱. مقدمه

ماهیان توانایی ساخت و سنتز گروه سری‌های n-3 و n-6از اسیدهای چرب ۱۸ کربنه غیراشباعی PUFA (C18- PUFA; Polyunsaturated fatty acids) مانند اسید لینولئیک (LA; 18:2n6; Linoleic acid) و اسید لینولنیک (LNA; 18:3n3; Linolenic acid) را ندارند و نتیجتا نیاز مبرمی به تامین این اسیدهای چرب ضروری (EFA; Essential fatty acid) در جیره غذایی خود (حدود یک درصد از وزن خشک جیره) دارند (Sargent *et al.*, 2002; Xiao *et al.*, 2020). اکثر ماهیان آب شیرین (برخلاف ماهیان دریایی) توانایی غیراشباع‌سازی و طویل‌سازی اسید لینولئیک به آراشیدونیک و اسید لینولنیک به EPA (Eicosapentaenoic acid) و نهایتا DHA (Docosahexaenoic acid) را دارند؛ ولی این قابلیت به بیان ژن آنزیم‌های غیراشباع‌ساز و طویل‌ساز (مانند Δ۵ و Δ۶) وابسته است (Henderson and Tocher, 1987; Tian *et al.*, 2016). گنجاندن مقادیر بیش از حد نیاز از اسید لینولئیک در جیره ممکن است در انجام تبدیل زیستی مربوط به اسید لینولنیک مشکل‌ساز شود (Sargent *et al.*, 2002). همچنین ممکن است تبدیل زیستی اسید لینولنیک به EPA و DHA بشدت متاثر از تامین مقادیر مناسب از اسید لینولئیک قرار گیرد (Tocher and Sargent, 1984).

احتیاجات دقیق به اسیدهای چرب LA و LNA (شاخص اسیدهای چرب در روغن‌های گیاهی) در جیره علاوه بر مقدار مطلق هر یک از آنها به توازن مناسب آنها (نسبت LA/LNA) هم وابستگی دارد. نسبت LA/LNA و توازن مقادیربهینه از آنها در جیره اثرات قابل توجهی بر حداکثر مقادیر تولید و سنتز اسیدهای چرب EPA و DHA و فعالیت‌های آنزیمی در متابولیسم واسطه‌های کبدی مانند لیپوپروتئین لیپاز، لیپاز کبدی، پیرووات کیناز، سوکسینات دهیدروژناز، متیل دهیدروژناز و لاکتات دهیدروژناز دارد و به همین دلیل مقادیر این آنزیم‌ها مستقیما نشان‌دهنده تاثیر نسبت LA/LNA بر متابولیسم مواد مغذی در کبد است (Tan *et al.*, 2009). مطالعات قبلی در زمینه نسبت‌های مختلف LA/LNA بیانگر اثرات واضح بر عملکرد رشد، متابولیسم اسیدهای چرب، پاسخ‌های ایمنی، تاثیر بر تولیدمثل، بهبود قابلیت جذب موکوس‌های روده‌ای و ابقاء آنها در بافت‌های مختلف بدن در گونه‌های مختلف از ماهیان تجاری خوراکی و زینتی داشت (Furuita, 2007; Tan *et al.*, 2009; Senadheera, 2010; Thanuthong, 2011; Wu and Chen, 2012; Zeng *et al.*, 2015; Tian *et al.*, 2016; Shuzhan *et al.*, 2020).

پودر و روغن ماهی منابع اصلی تامین پروتئین و چربی در جیره غذایی آبزیان محسوب می‌شوند ولی به دلیل محدودیت تولید و افزایش قیمت، استفاده از روغن‌های گیاهی بجای روغن ماهی در جیره‌های غذایی افزایش یافت بطوریکه میزان استفاده از پودر و روغن ماهی در برخی جیره‌ها به صفر رسیده است (Tamira *et al.*, 2019).

شرایط محیطی پرورش، نوع گونه ماهی و توانایی‌های فردی در استفاده از منابع اسیدهای چرب در گونه‌های مختلف ماهیان متفاوت است و این موضوع نقش مهمی در استفاده از منابع چربی (روغن ماهی یا روغن گیاهی) و ترکیب اسیدهای چرب در گونه‌های مختلف ماهیان دارد. استفاده از روغن‌های گیاهی معمولا باعث کاهش مقادیر اسیدهای چرب مفید EPA و DHA در فیله ماهیان تجاری خوراکی می‌شوند (Tocher and Sargent, 1984).

اثرات نوع و نسبت منابع اسید چرب در جیره‌های با روغن ماهی و یا روغن‌های گیاهی از اهمیت بالایی در مطالعات آبزی‌پروری در ماهیان تجاری (خوراکی و یا زینتی) بخصوص در گونه‌های مدل برخوردار است. ماهی گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) ماهی زینتی آب شیرین (خانواده آنابانتیده) است که در مدت ۶-۳ ماه به بلوغ رسیده و در بسیاری از مطالعات ازجمله کنترل بلوغ در ماهی، اکوتوکسیکولوژی، تولیدمثلی، تغذیه‌ای و ژنتیکی بعنوان یک ماهی مدل محسوب می‌شود

(Welcomme, 1988; Seifi Berenjestanaki *et al.*, 2014). بنابراین هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی تأثیر سطوح مختلف از نسبت دو اسید چرب LA/LNA در جیره (منحصرا تهیه شده از روغن‌های گیاهی) در دوره قبل از تولیدمثل جهت تولید مولدین پرورشی ماهی گورامی سه‌خال بر شاخص های رشد، ضریب تبدیل غذایی، و شاخص‌های احشایی و کبدی متمرکز گردید.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. تهیه و سازش‌پذیری بچه ماهیان نوجوان در شرایط پرورشی

بچه ماهیان نوجوان گورامی سه‌خال از مرکز خصوصی ماهیان زینتی خریداری و به سالن آکواریوم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در شهریور سال ۱۳۹۸ منتقل شدند. جهت سازش‌پذیری، بچه ماهیان بمدت ۱۵ روز در آکواریوم‌های ۸۰ لیتری با دمای بین ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد با جیره تجاری در حد سیری تغذیه شدند.

### ۲.۲. ساخت جیره‌های آزمایشی

جهت ساخت جیره‌ها در کلیه تیمارها از منابع پروتئینی فاقد پودر ماهی و از روغن‌های گیاهی بعنوان منابع چربی استفاده شد. محتویات خام جیره پس از آماده‌سازی ابتدا خرد و پس از مخلوط شدن با چرخ گوشت بصورت حبه یا پلت‌هایی با قطر کمتر از ۲ میلی‌متر (تا ۲ میلی‌متر) درآمد. پلت‌ها در مجاورت هوای گرم با دمای ۲۵ درجه خشک شد و در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. محتویات خام و ترکیب جیره‌های آزمایشی و تعیین اسیدهای چرب آنها بترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است.

**جدول ۱- ترکیب و اجزاء خام جیره غذایی (گرم بر کیلوگرم از جیره) در تیمارهای حاوی سطوح مختلف از نسبت‌های اسید چرب لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA) جهت تغذیه ماهی گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*)**

| ترکیب جیره (گرم بر کیلوگرم) | نسبت‌های اسید چرب لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد | ۰/۵ | ۱ | ۲ | ۴ | ۸ |
| کازئین | ۳۲۰ | ۳۲۰ | ۳۲۰ | ۳۲۰ | ۳۲۰ | ۳۲۰ |
| ژلاتین | ۸۰ | ۸۰ | ۸۰ | ۸۰ | ۸۰ | ۸۰ |
| دکسترین | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ |
| سلولز | ۱۴۰ | ۱۴۰ | ۱۴۰ | ۱۴۰ | ۱۴۰ | ۱۴۰ |
| روغن سویا | ۰ | ۱/۱ | ۳۲/۹۵ | ۵۷/۸ | ۷۸/۱ | ۹۰ |
| روغن بزرک | ۹۰ | ۸۸/۹ | ۵۷/۵ | ۳۲/۲ | ۱۱/۹ | ۰ |
| کربوکسی متیل سلولز | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ |
| مخلوط مواد معدنی | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ |
| مخلوط مواد ویتامینی | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| آنتی اکسیدان (BHT) | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| مجموع | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ |
| ترکیب بیوشیمیایی جیره (درصد)* | | | | | | |
| پروتئین خام | ۳۵/۰±۸/۰۱ | ۳۵/۰±۷/۰۱ | ۳۵/۰±۵/۰۲ | ۳۵/۰±۲/۰۱ | ۳۴/۰±۹/۰۳ | ۳۴/۰±۷/۰۲ |
| چربی خام | ۹/۰±۱۱/۱ | ۹/۰±۱۷/۳ | ۹/۰±۲۷/۵ | ۹/۰±۲۹/۲ | ۹/۰±۳۲/۲ | ۹/۰±۳۵/۳ |
| کربوهیدرات کل | ۵±۴۷ | ۴۷/۳±۲ | ۴۷/۷±۶ | ۴۶/۳±۸ | ۴۷/۵±۵ | ۴۶/۲±۴ |
| انرژی (کیلو ژول/گرم) | ۳۲/۰±۴۴/۳ | ۳۳/۰±۳۴/۲ | ۳۲/۰±۴۸/۳ | ۳۲/۰±۴۴/۵ | ۳۲/۰±۴۱/۱ | ۳۲/۰±۴۶/۲ |

* ترکیب بیوشیمیایی جیره (درصد) در دو تکرار اندازه‌گیری شد.

**جدول ۲- ترکیب و مقادیر اسیدهای چرب (درصد از کل اسیدهای چرب) در جیره‌های با سطوح مختلف از نسبت‌های اسید لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA) در تغذیه ماهی گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*)**

| اسید چرب | نسبت‌های اسید چرب لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد | ۰/۵ | ۱ | ۲ | ۴ | ۸ |
| C14:0 | ۱/۰±۵۷/۲۷$^{b}$ | ۲/۰±۱۲/۸۹$^{a}$ | ۱/۰±۱۴/۶۶$^{b}$ | ۱/۰±۵۲/۸۱$^{b}$ | ۱/۰±۵۸/۷۶$^{b}$ | ۱/۰±۶۳/۷۹$^{b}$ |
| C16:0 | ۱۷/۱±۵۷/۴۲$^{bc}$ | ۱۴/۱±۵۴/۲۸$^{c}$ | ۲۰/۱±۰۱/۸۵$^{b}$ | ۲۰/۱±۵۶/۴۶$^{b}$ | ۲۰/۱±۵۷/۳۹$^{b}$ | ۲۴/۱±۰۱/۵۲$^{a}$ |
| C18:0 | ۷/۱±۳۵/۲۱$^{a}$ | ۷/۱±۶۴/۲۴$^{a}$ | ۲/۰±۳۵/۷۴$^{a}$ | ۷/۰±۴۹/۹۳$^{a}$ | ۷/۰±۵۶/۸۹$^{a}$ | ۷/۰±۸۸/۸۱$^{a}$ |
| C20:0 | ۰/۰±۳۲/۰۷$^{a}$ | ۰/۰±۳۴/۰۷$^{a}$ | ۰/۰±۴۲/۰۵$^{a}$ | ۰/۰±۵۳/۰۴$^{a}$ | ۰/۰±۴۲/۰۳$^{a}$ | ۰/۰±۷۱/۰۵$^{a}$ |
| C22:0 | ۰/۰±۰۳/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۶۴/۰۶$^{a}$ | ۰/۰±۵۲/۰۴$^{a}$ | ۰/۰±۸۱/۰۴$^{a}$ | ۰/۰±۷۲/۰۳$^{a}$ | ۰/۰±۸۹/۰۵$^{a}$ |
| C24:0 | ۰/۰±۲۱/۰۸$^{a}$ | ۰/۰±۲۴/۰۴$^{a}$ | ۰/۰±۰۵/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۱۵/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۱۶/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۲۸/۰۱$^{a}$ |
| ΣSFA | ۲۷/۰۵±۵۵/۳$^{b}$ | ۵۲/۵۸±۲۵/۳$^{b}$ | ۴۹/۳۵±۲۹/۳$^{ab}$ | ۸۸/۲۹±۳۰/۳$^{a}$ | ۰۱/۱۱±۳۱/۳$^{a}$ | ۴/۲۳±۳۵/۳$^{a}$ |
| C14:1n5 | ۰/۰±۰۸/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۷/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۷/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۴۳/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۳۵/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۹/۰۱$^{a}$ |
| C16:1n7 | ۰/۰±۳۹/۰۸$^{b}$ | ۰/۰±۲۶/۰۵$^{b}$ | ۰/۰±۲۶/۰۵$^{b}$ | ۰/۰±۵۱/۰۴$^{b}$ | ۰/۰±۴۲/۰۳$^{b}$ | ۱/۰±۰۸/۰۹$^{a}$ |
| C18:1n7 | ۱/۰±۰۲/۰۲$^{b}$ | ۱/۰±۲۱/۰۴$^{b}$ | ۱/۰±۰۶/۰۶$^{b}$ | ۰/۰±۹۶/۰۳$^{c}$ | ۱/۰±۶۱/۶۳$^{b}$ | ۲/۰±۱۴/۸۳$^{a}$ |
| C18:1n9 | ۲۵/۰±۶۲/۸$^{a}$ | ۲۵/۰±۰۲/۹۱$^{a}$ | ۲۳/۰±۰۶/۸۵$^{b}$ | ۲۲/۰±۹۸/۷۳$^{b}$ | ۲۲/۰±۸۷/۸۲$^{b}$ | ۲۳/۰±۸۵/۹۴$^{b}$ |
| C20:1n9 | ۱/۰±۹۸/۲۴$^{a}$ | ۰/۰±۸/۰۴$^{b}$ | ۱/۰±۰۳/۶۳$^{a}$ | ۱/۰±۶۴/۸۱$^{a}$ | ۱/۰±۰۶/۶۱$^{a}$ | ۰/۰±۷۶/۴۳$^{b}$ |
| C22:1n9 | ۰/۰±۰۴/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۶/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۸/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۹/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۷۳/۰۱$^{a}$ |
| C24:1n9 | ۰/۰±۲۲/۰۷$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۳۴/۰۳$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۲/۰۱$^{a}$ |
| ΣMUFA | ۳۵/۲۲±۲۹/۱$^{a}$ | ۳۸/۰۵±۲۷/۱$^{a}$ | ۵۴/۶۰±۲۵/۱$^{a}$ | ۹۴/۶۵±۲۵/۱$^{a}$ | ۴۱/۱۰±۲۶/۲$^{a}$ | ۸۵/۳۲±۲۸/۲$^{a}$ |
| C18:2n6cis | ۱۰/۱±۵۸/۰۸$^{c}$ | ۱۲/۱±۸۷/۱۳$^{c}$ | ۱۸/۱±۲۸/۲۸$^{b}$ | ۲۵/۱±۰۴/۶۷$^{b}$ | ۳۱/۱±۳۵/۸۱$^{a}$ | ۴۱/۱±۲۵/۹۶$^{a}$ |
| C20:2n6 | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۹/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۱/۰۰۱$^{a}$ |
| C18:3n3 | ۲۴/۱±۹۸/۴۸$^{a}$ | ۲۶/۱±۵۶/۷۵$^{a}$ | ۱۵/۱±۷۸/۱۳$^{b}$ | ۱۲/۱±۰۱/۰۴$^{b}$ | ۷/۱±۹۸/۰۱$^{c}$ | ۵/۰±۱۲/۹۱$^{c}$ |
| C20:3n3 | ۰/۰±۰۵/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۹/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ |
| C20:4n6 | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۳/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۰۶/۰۰۱$^{a}$ |
| C20:5n3 | ۰/۰±۰۷/۰۰۲$^{a}$ | ۰/۰±۱۲/۰۰۴$^{a}$ | ۰/۰±۰۳/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۱۵/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۲/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۲۵/۰۱$^{a}$ |
| C22:6n3 | ۰/۰±۰۶/۰۰۲$^{a}$ | ۰/۰±۱۱/۰۳$^{a}$ | ۰/۰±۰۵/۰۰۲$^{a}$ | ۰/۰±۱۷/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۲۵/۰۱$^{a}$ | ۰/۰±۲/۰۱$^{a}$ |
| ΣPUFA | ۷۶/۵۶±۳۵/۲$^{b}$ | ۶۹/۹۱±۳۹/۲$^{a}$ | ۱۷/۴۱±۳۴/۲$^{b}$ | ۵۶/۳۷±۳۷/۲$^{b}$ | ۸۳/۸۴±۳۹/۲$^{a}$ | ۹۹/۸۹±۴۶/۲$^{a}$ |
| ΣHUFA | ۴۴/۳۱±۲/۰$^{a}$ | ۰۸/۰۷±۱/۰$^{b}$ | ۲۱/۶۳±۱/۰$^{b}$ | ۵۷/۸۶±۲/۰$^{a}$ | ۶۶/۶۳±۱/۰$^{b}$ | ۳۱/۴۷±۲/۰$^{a}$ |
| Σn-3 | ۱۶/۴۸±۲۵/۱$^{a}$ | ۸/۷۸±۲۶/۱$^{a}$ | ۷۸/۱۳±۱۵/۱$^{b}$ | ۴۲/۰۶±۱۲/۱$^{b}$ | ۴۴/۰۳±۸/۱$^{c}$ | ۵۸/۹۳±۵/۰$^{c}$ |
| Σn-6 | ۶/۰۸±۱۰/۱$^{c}$ | ۸۹/۱۳±۱۲/۱$^{c}$ | ۳۲/۲۸±۱۸/۱$^{c}$ | ۱۴/۶۷±۲۵/۱$^{b}$ | ۳۹/۸۱±۳۱/۱$^{b}$ | ۴۱/۹۶±۴۱/۱$^{a}$ |
| n-3/n-6 | ۳۷/۳۷±۲/۱$^{a}$ | ۰۷/۵۷±۲/۱$^{a}$ | ۸۶/۸۸±۰/۰$^{b}$ | ۴۹/۶۳±۰/۰$^{b}$ | ۲۶/۵۶±۰/۰$^{b}$ | ۱۳/۴۷±۰/۰$^{b}$ |
| LA/LNA | ۰/۰±۴/۱۹$^{c}$ | ۰/۰±۵/۲۱$^{c}$ | ۱/۰±۱۵/۲۹$^{b}$ | ۲/۰±۱/۵۷$^{b}$ | ۳/۰±۹/۹۱$^{b}$ | ۸/۱±۱/۱$^{a}$ |

اعداد با حروف انگلیسی متفاوت در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار در سطح $p<0.05$ است.

* میانگین مقادیر اسیدچرب جیره‌ها در دو تکرار اندازه‌گیری شد.

## ۲.۳. تیمارهای آزمایشی

تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی نوجوان ماده (با توجه به شکل باله پشتی) از آکواریوم‌های مرحله سازش‌پذیری انتخاب و بطور تصادفی در ۱۸ آکواریوم (ظرفیت مفید ۶۰ لیتر) در ۶ تیمار (هر کدام در ۳ تکرار) با تراکم ۲۰ قطعه در هر آکواریوم (طول اولیه ۱/۱۷ سانتی‌متر و وزن اولیه ۰/۱۲

گرم) توزیع شد. ماهیان با جیره‌های آزمایشی با نسبت‌های مختلف از دو اسید چرب LA/LNA در جیره شامل سطوح شاهد، ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ بمدت ۹۰ روز پرورش یافتند (Tian *et al.*, 2016). میزان غذادهی و دفعات وعده‌های غذایی در کل دوره بصورت روزانه بمقدار ۳ درصد از وزن تر بدن در سه وعده (ساعات ۸، ۱۳ و ۱۸) انجام شد. سیفون کردن آکواریوم‌ها روزانه در یک مرحله در صبح و قبل از وعده غذایی انجام گرفت تا فضولات و غذاهای خورده نشده تخلیه شوند. تعویض آب آکواریوم‌ها بصورت سه روز در میان به میزان یک سوم از کل حجم آب هر آکواریوم انجام شد. دما و pH آب در طول دوره به ترتیب در محدوده ۲۸-۲۷ درجه سانتی‌گراد و ۷/۱۲ بود و سایر شاخص های کیفی آب در محدوده مناسب جهت پرورش گورامی سه‌خال در شرایط آکواریوم بود (Geisler *et al.*, 1979).

### ۲.۴. ارزیابی شاخص‌های رشد و تغذیه

ماهیان به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شدند و بیومتری پس از خشک کردن بدن (دستمال کاغذی) انجام گرفت. به دلیل اهمیت طول بدن در ماهیان زینتی، زیست سنجی ها یا بیومتریهای مرتبط با طول هم انجام شد. جهت بررسی تاثیر نسبت‌های LA/LNA بر عملکرد رشد، بیومتری انفرادی ماهیان (۲۵ قطعه از هر تیمار) با اندازه‌گیری وزن بدن (ترازوی مدرج با دقت یک‌صدم گرم)، ارتفاع بدن، طول کل، طول چنگالی و بزرگ‌ترین قطر شکم (کولیس مدرج با دقت یک میلی‌متر) به صورت ماهانه تا انتهای دوره پرورش انجام شد. شاخص‌های احشایی و کبدی با شکافتن بدن، جداسازی و توزین محتویات احشایی و کبد (۵ قطعه از هر تکرار) در انتهای دوره انجام گرفت. شاخص‌های رشد شامل درصد افزایش وزن بدن (Weight gain; WG)، درصد افزایش طول بدن (Length gain; LG)، نرخ رشد ویژه وزنی (Weight specific growth rate; WSGR)، نرخ رشد ویژه طولی (Length specific growth rate; LSGR)، متوسط سرعت رشد روزانه (Average daily growth rate; ADGR)، ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio; FCR)، فاکتور وضعیت (Condition factor; CF)، شاخص امعاء و احشاء (Viscera index; VSI) و شاخص کبدی (Hepatosomatic index; HSI) با روابط زیر تعیین شد (Sink and Lochmann, 2008):

$$WG\ (\%) = [(W_f - W_i) / W_i] \times ۱۰۰$$

$$LG\ (\%) = [(L_f - L_i) / L_i)] \times ۱۰۰$$

$$WSGR\ (\%\ /\ day) = [(Ln\ W_f - Ln\ W_i) / T] \times ۱۰۰$$

$$LSGR\ (\%\ /\ day) = [(Ln\ L_f - Ln\ L_i) / T] \times ۱۰۰$$

$$ADGR\ (g\ /\ day) = (W_f - W_i) / T$$

$$FCR = [\text{کل غذای خورده شده (g)} / \text{افزایش وزن تر بدن (g)}]$$

$$CF = W_f / (L_f)^{3} \times ۱۰۰$$

$$VSI\ (\%) = [\text{وزن امعاء و احشاء (g)} / \text{وزن تر بدن (g)}] \times ۱۰۰$$

$$HSI\ (\%) = [\text{وزن کبد (g)} / \text{وزن تر بدن (g)}] \times ۱۰۰$$

در روابط، $W_f$ و $L_t$ به ترتیب میانگین وزن و طول نهایی ماهیان، $W_i$ و $L_i$ بترتیب میانگین وزن و طول اولیه ماهیان و T طول کل دوره پرورش می‌باشد.

### ۲.۵. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

جهت ارزیابی و نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smironov استفاده شد. به منظور انجام آزمون همگنی واریانس‌ها از تست Levene، جهت مقایسه شاخص‌های رشد و تغذیه مابین تیمارها از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن (سطح معنادار ۵ درصد) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها بترتیب با نرم‌افزارهای SPSS 20 و Excel انجام گرفت.

## ۳. نتایج

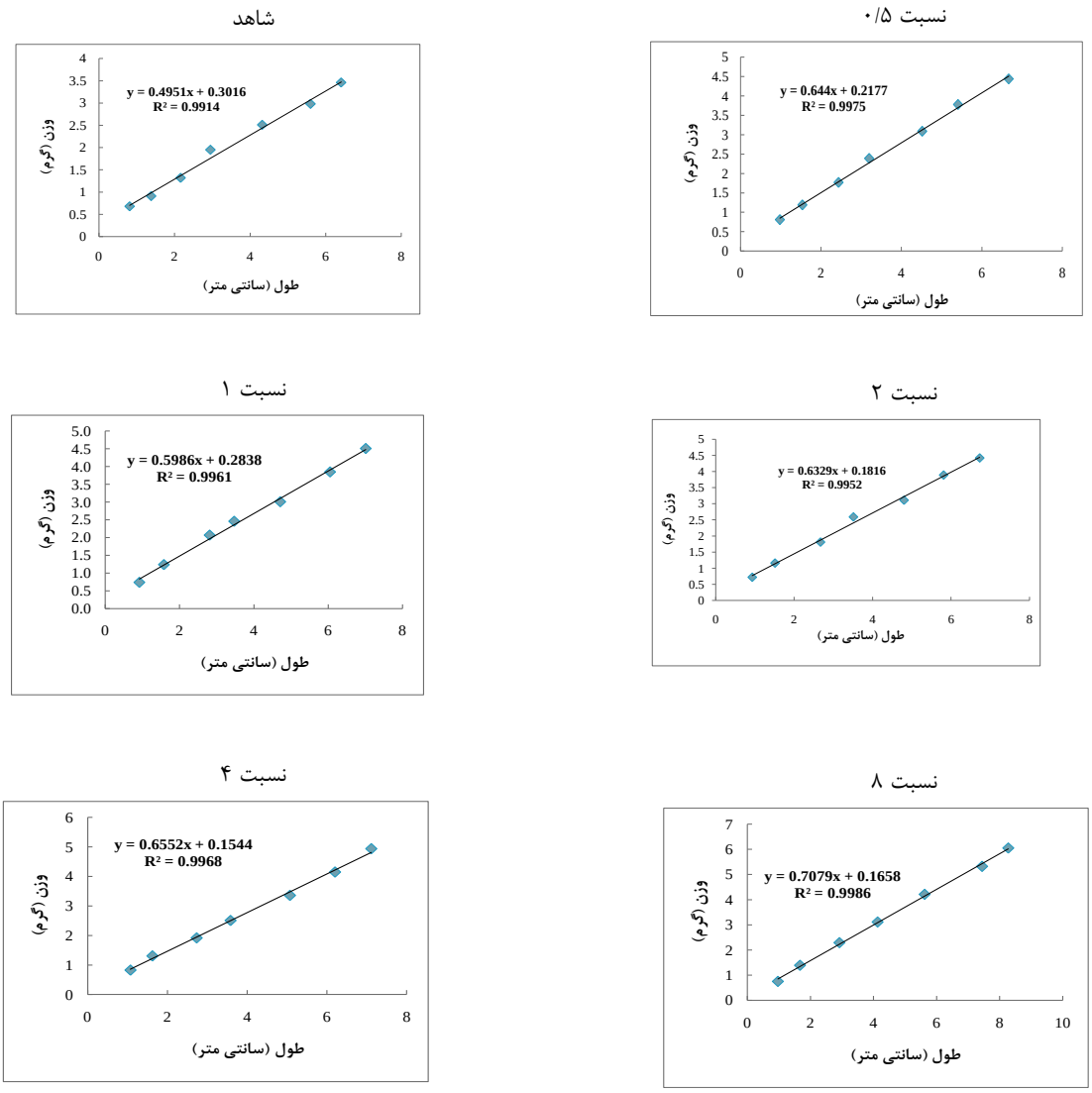
وضعیت رشدی ماهیان ماده گورامی سه‌خال در انتهای دوره نشان داد که با افزایش نسبت LA/LNA جیره اثرات معناداری بر فاکتور وضعیت و ADGR مشاهده نشد ($p>0/05$). وزن نهایی بدن، طول کل و طول چنگالی ماهیان روند افزایشی با افزایش نسبت LA/LNA نشان داد ولی اختلاف معنادار بین سطوح ۰/۵ تا ۸ مشاهده نشد ($p>0/05$) و بالاترین مقادیر در نسبت ۸ حاصل شد. ارتفاع بدن ماده‌ها در سطوح مختلف LA/LNA (۰/۵ الی ۸) حدودا ۱/۸ برابر تیمار شاهد بود و بالاترین مقدار در نسبت‌های ۴ و ۸ حاصل شد ($p>0/05$). قطر شکم ماده‌ها با افزایش نسبت LA/LNA افزایش یافت و در نسبت‌های ۴ و ۸ بالاترین مقدار به ثبت رسید ($p<0/05$). بیشترین درصد افزایش وزن و طول بدن در نسبت ۸ حاصل شد ($p<0/05$). شاخص‌های احشایی و کبدی روند تقریبا مشابهی نشان دادند، به طوریکه مقادیر هر دو شاخص از تیمار شاهد تا نسبت معادل ۲ افزایش ولی روند کاهشی معنادار را در نسبت‌های ۴ و ۸ نشان داد ($p<0/05$). کمترین میزان FCR (۱/۲-۸۷) در نسبت‌های ۴ و ۸ بدست آمد که با سایر تیمارها (۲/۱۸-۲/۱۴) اختلاف معنادار داشت ($p<0/05$). ماهیان در طول دوره تلفاتی نشان ندادند (جدول ۳).

**جدول ۳- شاخص‌های رشدی، ضریب تبدیل غذایی، شاخص‌های کبدی و احشایی (میانگین ± خطای استاندارد) در ماهیان ماده گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) تغذیه شده با نسبت‌های مختلف از LA/LNA در انتهای دوره پرورش (۹۰ روز)**

| تیمار / پارامتر | نسبت‌های اسید چرب لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد | ۰/۵ | ۱ | ۲ | ۴ | ۸ |
| طول اولیه (cm) | ۱/۰±۱۲/۴ | ۱/۰±۲/۳ | ۱/۰±۱۵/۶ | ۱/۰±۲/۴ | ۱/۰±۲/۷ | ۱/۰±۱۶/۵ |
| وزن اولیه (g) | ۰/۰±۷/۲ | ۰/۰±۸/۲ | ۰/۰±۷/۱ | ۰/۰±۷/۱ | ۰/۰±۸/۲ | ۰/۰±۸/۲ |
| طول کل (cm) | ۶/۰±۴/۵$^{b}$ | ۶/۰±۷/۵$^{ab}$ | ۰±۷/۶$^{ab}$ | ۶/۰±۷/۶$^{ab}$ | ۷/۰±۱/۶$^{ab}$ | ۸/۰±۳/۷$^{a}$ |
| طول چنگالی (cm) | ۰±۶/۴$^{b}$ | ۶/۰±۴/۵$^{ab}$ | ۶/۰±۴/۵$^{ab}$ | ۶/۰±۳/۵$^{ab}$ | ۶/۰±۶/۵$^{ab}$ | ۷/۰±۹/۶$^{a}$ |
| وزن نهایی (g) | ۳/۰±۵/۱$^{b}$ | ۴/۰±۴/۳$^{ab}$ | ۴/۰±۵/۵$^{ab}$ | ۴/۰±۴/۴$^{ab}$ | ۴/۰±۹/۵$^{ab}$ | ۰±۶/۸$^{a}$ |
| ارتفاع بدن (cm) | ۱/۰±۲/۱$^{c}$ | ۲/۰±۱/۲$^{bc}$ | ۲/۰±۱/۲$^{bc}$ | ۲/۰±۱/۲$^{bc}$ | ۲/۰±۳/۲$^{a}$ | ۲/۰±۲/۲$^{ab}$ |
| قطر شکم (mm) | ۸/۰±۷/۱$^{b}$ | ۹/۰±۷/۱$^{ab}$ | ۹/۰±۸/۱$^{ab}$ | ۱۰/۰±۵/۲$^{ab}$ | ۰±۱۱/۲$^{a}$ | ۱۲/۰±۲/۲$^{a}$ |
| وزن امعاء و احشاء (g) | ۰/۰±۳۹/۱$^{b}$ | ۰/۰±۴۸/۱$^{b}$ | ۰/۰±۶۵/۲$^{ab}$ | ۰/۰±۷۳/۳$^{a}$ | ۰/۰±۵۶/۲$^{ab}$ | ۰/۰±۶۵/۳$^{ab}$ |
| VSI (%) | ۱۱/۲±۳/۴$^{b}$ | ۱۰/۲±۸/۱$^{b}$ | ۱۴/۳±۴/۳$^{ab}$ | ۱۶/۳±۵/۶$^{a}$ | ۱۱/۲±۳/۵$^{b}$ | ۱۰/۲±۷/۴$^{b}$ |
| HSI (%) | ۰/۰±۸۶/۰۲$^{ab}$ | ۰/۰±۹/۰۳$^{ab}$ | ۱/۰±۵/۰۵$^{a}$ | ۱/۰±۱/۰۵$^{a}$ | ۰/۰±۶/۰۲$^{b}$ | ۰/۰±۴۹/۰۲$^{b}$ |
| CF | ۱/۰±۳/۰۲$^{a}$ | ۱/۰±۵/۰۴$^{a}$ | ۱/۰±۳/۰۲$^{a}$ | ۱/۰±۴۵/۰۵$^{a}$ | ۱/۰±۴/۰۳$^{a}$ | ۱/۰±۱/۰۲$^{a}$ |
| WG (%) | ۴۰۸/۸±۸/۱$^{b}$ | ۴۴۸/۸±۱/۴$^{b}$ | ۵۰۹/۹±۵/۶$^{ab}$ | ۵۱۳/۹±۹/۲$^{ab}$ | ۴۹۵/۸±۲/۶$^{ab}$ | ۷۰۶/۱۰±۷/۱$^{a}$ |
| LG (%) | ۴۷۲/۷±۳/۶$^{b}$ | ۴۵۵/۷±۸/۹$^{b}$ | ۵۰۹/۸±۶/۴$^{ab}$ | ۴۶۵/۷±۵/۶$^{b}$ | ۴۸۲/۷±۸/۵$^{b}$ | ۶۱۲/۸±۹/۹$^{a}$ |
| ADGR (mg/day) | ۰±۳۱/۱ $^{a}$ | ۴±۴۱ $^{a}$ | ۲±۴۱ $^{a}$ | ۳±۴۱ $^{a}$ | ۴±۴۵ $^{a}$ | ۵±۵۸ $^{a}$ |
| FCR | ۲/۰±۱۸/۲$^{a}$ | ۲/۰±۱۵/۱$^{a}$ | ۲/۰±۱۴/۲$^{a}$ | ۲/۰±۱۶/۱$^{a}$ | ۰±۲/۲$^{b}$ | ۱/۰±۸۷/۱$^{b}$ |

اعداد با حروف انگلیسی متفاوت در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار در سطح $p<0.05$ است.

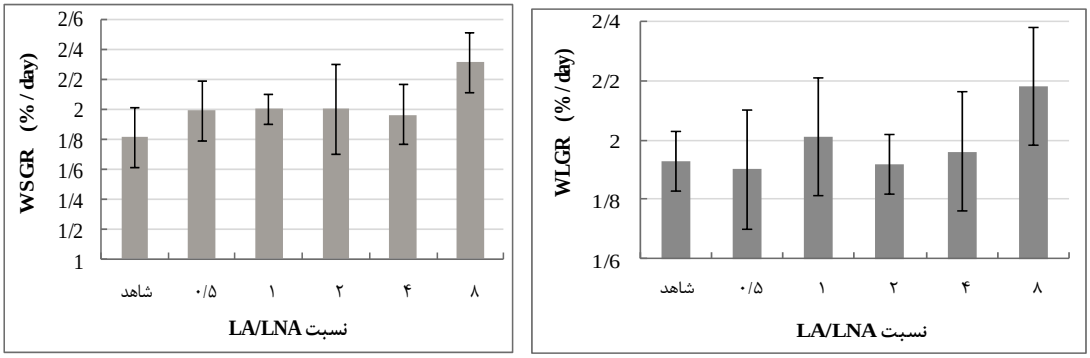
ضرایب رگرسیونی بین وزن و طول بدن ماهی گورامی سه‌خال در طول دوره پرورش در کلیه سطوح از نسبت LA/LNA نشان از وجود همبستگی بالای بین متغیرهای وزن با طول بدن ماهیان ماده داشت (نمودار ۱).



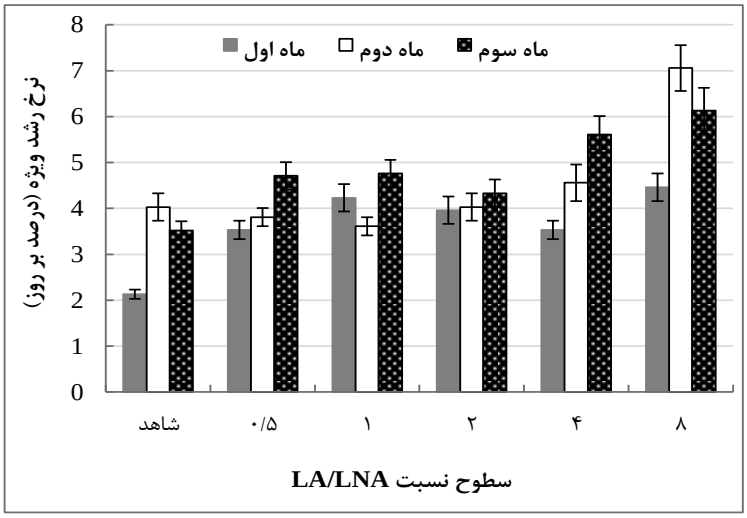

**نمودار ۱- روابط رگرسیونی وزن بدن- طول بدن در ماهیان ماده گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) تغذیه شده با سطوح مختلف از نسبت‌های LA/LNA در انتهای دوره پرورش**

سرعت رشد ویژه وزنی و طولی بدن ماهیان در سطوح مختلف از نسبت‌های LA/LNA اختلاف معناداری بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($p>0/05$)؛ با این وجود بالاترین مقادیر WSGR و WLGR در نسبت ۸ به ثبت رسید (نمودار ۲).

وضعیت ماهانه سرعت رشد ویژه (وزنی) در سطوح مختلف LA/LNA نشان داد که اختلاف این شاخص در ماه اول چندان شدید نبود، ولی تیمارهای حاوی نسبت اسید چرب وضعیت بهتری نسبت به شاهد داشتند. این روند در ماه دوم اختلاف واضحی بین تیمارها (بغیر از تیمار با نسبت ۸) نشان نداد ولی تیمارهای با نسبت‌های ۴ و ۸ بالاترین سرعت رشد ماهانه را در ماه سوم نشان دادند (نمودار ۳).




**نمودار ۲- سرعت رشد ویژه وزنی و طولی بدن (میانگین ± خطای استاندارد) در ماهیان ماده گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) تغذیه شده با سطوح مختلف از نسبت‌های LA/LNA در انتهای دوره پرورش**




**نمودار ۳- سرعت ماهانه رشد ویژه وزنی (میانگین ± خطای استاندارد) در ماهیان ماده گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) تغذیه شده با سطوح مختلف از نسبت‌های LA/LNA در طول دوره پرورش**

## ۴. بحث

تلاش‌های وسیعی در گنجاندن سطوح و یا نسبت‌های اسیدهای چرب شاخص در روغن‌های گیاهی LA و LNA بجای روغن ماهی در جیره آبزیان صورت گرفته است؛ ولی این روند در اکثر موارد منجر به تغییر در ترکیب اسیدهای چرب ضروری در بدن، کاهش اسیدهای چرب غیراشباعی بلند رنجیره، کاهش و یا تغییر در عملکرد فیزیولوژیکی اسیدهای چرب در ماهیان و تغییر در کیفیت و طعم فیله ماهیان گردید (Bahurmiz and Ng, 2007; Thanuthong *et al.*, 2011; Yildiz *et al.*, 2018; Sankian *et al.*, 2019). علی‌رغم این محدودیت‌ها، ضرورت انجام چنین مطالعاتی در گونه‌های مدل از آبزیان (ازجمله ماهیان زینتی) می‌تواند نویدهای امیدبخشی در آبزی‌پروری تجاری و مسیرهای تحقیقاتی و کاربردی برای ماهیان خوراکی در آینده را هموار سازد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تغذیه از نسبت‌های مختلف LA/LNA سبب تغییر در فاکتورهای رشدی و برخی از پارامترهای تغذیه‌ای گردید. با افزایش میزان نسبت LA/LNA، پارامترهای وزن نهایی و شاخص‌های طولی بدن (طول کل و طول چنگالی بدن) مابین سطوح مختلف حاوی نسبت این دو اسید چرب بهبود یافت،

بطوریکه مقادیر بالاتری در سطوح نسبت‌های ۱ تا ۴ و بالاترین مقادیر در نسبت ۸ حاصل شد. همچنین، درصد افزایش وزن و طول بدن با افزایش سطوح LA/LNA افزایش معناداری داشت و بیشترین مقادیر در نسبت‌های ۴ و خصوصاً ۸ حاصل شد. روند افزایشی در شاخصه‌های وزنی، طولی و درصد افزایش وزن و طول بدن در ماهی گورامی سه‌خال در مطالعه حاضر با مطالعه Wu و Chen (۲۰۱۲) مبنی بر افزایش وزن بدن در ماهی هامور (*Epinephelus malabaricus*) همراه با افزایش نسبت LA/LNA مطابقت داشت بطوریکه آنها بالاترین وزن نهایی بدن را در ماهیان تغذیه شده با بالاترین نسبت LA/LNA (۳/۲۵) گزارش کردند. همچنین، Xiao و همکاران (۲۰۰۹) بالاترین شاخص‌های رشدی در گربه ماهی (*Pelteobagrus fulvidraco*) را در ماهیان تغذیه کرده از نسبت LA/LNA معادل ۱/۱۷ بیان کردند.

علی‌رغم اثرات مثبت تاثیر نسبت‌های این دو اسید چرب در بسیاری از گونه‌های ماهیان، نتایج متناقضی نیز در برخی از مطالعات مبنی بر عدم تاثیر بر شاخصه‌های رشدی ماهی در سطوح مختلف از نسبت‌های این دو اسید چرب گزارش شد. بعنوان مثال، هیچ‌گونه اثرات واضح از نسبت‌های LA/LNA بر عملکردهای رشد در مطالعات Ramezanifard و همکاران (۲۰۱۴) در ماهی *Tor tambroides* در محدوده ۰/۵ و ۱، Senadheera و همکاران (۲۰۱۰) در ماهی (*Maccullochella peelii*) Murray cod در محدوده ۰/۳ تا ۲/۹ و Paulino و همکاران (۲۰۱۸) در ماهی Tambaqui (*Colossoma macropomum*) در محدوده بین ۳/۱ تا ۲۶/۹ مشاهده نشد. در برخی از مطالعات نیز اثرات کاهشی در عملکرد رشد ماهیان در ارتباط با افزایش سطح LA/LNA گزارش گردید (Glencross *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2004). با این‌حال، Xie و همکاران (۲۰۱۷) در صافی ماهی خال سفید (*Siganus canaliculatus*) بیان کردند که بیشترین عملکرد رشد از میان سطوح مختلف از نسبت‌های LA/LNA (۰/۴، ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۲/۱، ۷/۹ و ۲۰/۳) در سطح LA/LNA معادل ۲/۱ حاصل شد. چنین روندی در مطالعه حاضر در گورامی سه‌خال مشاهده نشد بطوریکه افزایش LA/LNA تا سطح معادل ۸ اثرات منفی بر فاکتورهای رشد نداشت؛ ولی سطوح بالاتر از این مقدار احتمالا بتوانند اثرات منفی بر شاخص‌های رشدی ایجاد نمایند که صحت آن به تحقیقات بیشتر در آینده نیاز دارد. دلائل مختلفی بر وجود نتایج متناقض از تاثیر نسبت این دو اسید چرب بر شاخصه‌های رشدی ماهیان بخصوص در گونه‌های ماهیان آب شیرین عنوان شد. با وجود ضرورت گنجاندن مقادیر مناسب از اسیدهای چرب غیراشباعی در جیره غذایی ماهیان، تفاوت‌های واضحی در میزان نیاز به این ترکیبات در بین گونه‌های مختلف مشاهده می‌شود. به همین دلیل تاثیر نسبت‌های LA/LNA جیره بر عملکرد رشدی گونه‌های ماهیان آب شیرین همچنان بحث برانگیز است (Sargent *et al.*, 2002). این اختلافات در گونه‌ها به احتمال زیاد با اثر تعادل اسیدهای چرب در جیره غذایی در مورد تبدیل زیستی PUFA به n-3 LC-PUFA مرتبط است. این موضوع به حضور، فراوانی، فعالیت و رقابت بین آنزیم‌های موثر در مسیر طویل‌سازی و غیراشباع‌سازی اسیدهای چرب وابسته است (Sargent *et al.*, 2002; Ramezanifard *et al.*, 2014).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ماهی گورامی سه‌خال می‌تواند منحصرا از جیره‌های حاوی روغن‌های گیاهی بدون اثرات منفی بر رشد بدن استفاده کند. از این نظر نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های Blanchard و همکاران (۲۰۰۸) در ماهی سوف (*Perca fluviatilis*)، Yildiz و همکاران (۲۰۱۸) در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mikiss*) و Xiao و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مطابقت دارد. بعنوان مثال، Xiao و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی کپور معمولی بیان کردند که نسبت‌های LA/LNA سبب بهبود فاکتورهای رشد در مولدین شده و بالاترین رشد در نسبت ۱/۰۹ بدست آمد؛ بااین‌حال Tian و همکاران (۲۰۱۶) اثرات واضحی در فاکتورهای رشد در نسبت‌های LA/LNA (شامل ۰/۵۳، ۱/۰۴، ۲/۰۹، ۳/۹۵ و ۶/۸۲) در ماهی کپور آینه‌ای (*C. carpio*) گزارش نکردند. چنین اختلافاتی را

می‌توان احتمالا بـه تفـاوت در ترکیـب و نـوع منـابع تـامین کننده اسیدهای چرب در جیـره غـذایی و نـوع گونـه مـاهی نسبت داد (Tian *et al.*, 2016; Xiao *et al.*, 2020).

ترکیب و مقادیر n-3 LC- PUFA در جیـره بـه ویـژه اسـیدهای چـرب EPA و DHA از اهمیـت بـالایی در عملکرد رشد آبزیان برخوردارنـد (Francis *et al.*, 2007; Ghaffarilaleh *et al.*, 2014). ماهیان آب شیرین عمـدتا توانـایی تبـدیل اسـید لینولئیـک و لینولنیـک جیـره بـه اسیدهای چرب گروه n-3 LC- PUFA را دارنـد (You *et al.*, 2017). اگرچه مطالعاتی نیز نشـان دادنـد کـه مـاهی نمی‌تواند مقدار کافی PUFA را از LNA یا LA سنتز کند (Zuo *et al.*, 2015; Tian *et al.*, 2016; Yildiz *et al.*, 2018). چنین روندی در مطالعه Zuo و همکاران (۲۰۱۵) با نسبت‌های LA/LNA (صـفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵) در مـاهی yellow croakers (*Larimichthys crocea*) مشاهده شد بطوریکه اثرات منفـی بـر عملکـرد رشـد در سـطح بـالاتر LNA ایجـاد شـد ولـی میـزان رشـد بـا افـزایش نسـبت LA/LNA افـزایش یافـت. همچنـین، Xiao و همکـاران (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش سطح LNA از سطح یک بـه دو درصـد سـبب کـاهش رشـد در گربـه مـاهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) گردید.

در مطالعـه حاضـر و بـر اسـاس نتـایج حاصـل از فاکتورهای رشدی در ماهی گورامی سه‌خال احتمالا مـی-توان بیان نمود که ایـن مـاهی قابلیـت تبـدیل اسـیدهای چرب LA و LNA به اسـیدهای چـرب غیراشـباعی بلنـد زنجیره را دارد؛ زیـرا مقـادیر نسـبتا محـدود از اسـیدهای چرب EPA و DHA در جیره ماهیان مطالعه حاضر اثـرات منفی بـر عملکـرد رشـد ایجـاد نکـرد و سـطوح بـالاتر از نسبت‌های LA/LNA احتمالا توانسـته تـا ایـن کمبـود را جبران نمایند که صحت این موضوع به بررسی‌های دقیق-تری در آینده نیاز دارد.

ضریب تبدیل غذایی (FCR) در ماهیان مطالعه حاضـر تغییرات معناداری را متاثر از نسبت‌های LA/LNA نشـان داد، بطوریکه بهترین مقادیر FCR در نسـبت‌هـای ۴ و ۸ مشـاهده شـد. نتـایج مشـابهی قـبلا در مطالعـه Xiao و همکـاران (۲۰۰۹) در گربـه مـاهی زرد (*P. fulvidraco*) گزارش گردید بطوریکه تغییرات چندانی در مقـادیر FCR بـا افـزایش نسـبت LA/LNA در جیـره (۰/۰۶، ۰/۱۴، ۰۴/۲۳، ۰/۴۷، ۰/۸۵ و ۲/۸۶) در سطوح پـایین مشـاهده نشد ولی رونـد مطلـوبتری در سـطوح بـالاتر دیـده شـد. همچنین در مطالعه حاضـر، میـزان شـاخص‌هـای HSI و VSI بـا افـزایش نسـبت LA/LNA تـا سـطح مشخصـی افزایش و در سطوح بالاتر کاهش یافتنـد. میـزان HSI بـا افزایش LA/LNA تا سطح معادل ۲ افزایش یافته ولی در سطوح ۴ و ۸ کـاهش معنـاداری نشـان دادنـد؛ بطوریکـه میزان HSI در نسبت ۸ تقریبا نصـف میـزان آن در گـروه شـاهد (۰/۴۹ در مقایسـه بـا ۰/۸۶ درصـد) بـود. چنـین روندی در برخی موارد با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد. بعنوان مثـال، شـاخص HSI و VSI در مـاهی آمـور (*Ctenopharyngodon idellus*) در مطالعـــه Chen و همکـاران (۲۰۱۹) بـا افـزایش سـطح LA جیـره کـاهش یافت. همچنین Xiao و همکاران (۲۰۰۹) در گربه مـاهی زرد (*P. fulvidraco*) بیان کردند کـه بـا افـزایش میـزان LA/LNA (سـطح ۱۴/۶۴) شـاخص‌هـای HSI و VSI کاهش می‌یابند. اصولا اسیدهای چـرب گـروه n-3 تمایـل بالاتری به فرآیند غیراشـباع‌سـازی و طویـل‌سـازی دارنـد (Tocher *et al.*, 2002; Blanchard *et al.*, 2008) و ایـن محققـین افـزایش HSI و VSI در سـطوح پـایین‌تـر LA/LNA را به افزایش فعالیت در مسیرهای اشباع‌سـازی و طویل‌سـازی آسـیل اسـیدهای چـرب در کبـد ماهیـان تغذیه شده با میزان بالای LNA در جیره نسبت دادند.

## ۵. نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اولا روغـن مـاهی در جیره می‌تواند با سطح (سطوح) مناسب از نسـبت‌هـای دو اسید چرب LA و LNA در روغن‌های گیاهی بدون اثـرات منفی بر عملکرد رشـد، تغذیـه، و شـاخص‌هـای کبـدی و احشـایی در مـاهی گـورامی سـه‌خـال جـایگزین گـردد و جیره‌های با نسبت‌های LA/LNA معـادل ۴ و ۸ عملکـرد

بهتری داشتند. این یافته‌ها می‌تواند ارتباط بین نسبت‌های LA/LNA، توانایی تبدیل آنها به اسیدهای چرب LC-PUFA n-3 و فراهم نمودن یک شاخص جهت کارآیی مطلوبتر در جایگزینی روغن ماهی بوسیله روغن‌های گیاهی در جیره‌های فرموله شده آبزیان بمنظور تولید مولدین پرورشی در صنعت تجاری آبزی‌پروری را نشان دهد.

## ۶. منابع

## References


Bahurmiz, O., Ng, K., 2007. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. raised from stocking to marketable size. *Aquaculture* 262(2-4), 382-392.

Blanchard, G., Makombu, J.G., Kesternont, P., 2008. Influence of different dietary 18: 3n-3/18: 2n-6 ratio on growth performance, fatty acid composition and hepatic ultrastructure in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 284(1-4), 144-150.

Chen, H., Jian, S., Hong, J., Hiromi, O., Zhi, C., Jing, T., Ermeng, Y., Jun, X., 2019. Influence of dietary alpha-lipoic acid and lipid level on the growth performance, food intake and gene expression of peripheral appetite regulating factors in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture* 505, 412-422.

Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L., De Silva, S.S., 2007. Effects of fish oil substitution with a mix blend vegetable oil on nutrient digestibility in Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture* 269(1-4), 447-455.

Furuita, H., Hori, K., Sugita, T., Yamamoto, T., 2007. Effect of n-3 and n-6 fatty acids in broodstock diet on reproduction and fatty acid composition of broodstock and eggs in the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture* 267(1-4), 55-61.

Geisler, R., Schmidt, G.W., Sookvibul, S., 1979. Diversity and biomass of fishes in three typical streams in Thailand. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 64 (5), 673-697.

Ghaffarilaleh, V., Fouladi-Nashta, A., Paramio, M.T., 2014. Effect of alpha-linolenic acid on oocyte maturation and embryo development of prepubertal sheep oocytes. *Theriogenology* 82(5), 686-696.

Glencross, B.D., Smith, D.M., Thomas, M.R., Williams, K.C., 2002. The effect of n-3 and n-6 fatty acid balance on the growth of the prawn *Penaeus monodon*. *Aquaclture Nutrition* 8(1), 43-51.

Henderson, R., Tocher, D.R., 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progress in Lipid Research* 26(4), 281-347.

Paulino, R.R., Pereira, R.T., Fontes, T.V., Oliva-Teles, A., Peres, H., Carneiro, D.J., Rosa, P.V., 2018. Optimal dietary linoleic acid to linolenic acid ratio improved fatty acid profile of the juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture* 488, 9-16.

RamezaniFard, E., Salleh Kamarudin, M., Ehteshami, F., Shakiba Zadeh, S., Roos Saad, C., Zokaeifar, H., 2014. Effect of dietary linolenic acid (18:3n-3)/linoleic acid (18:2n-6) ratio on growth performance, tissue fatty acid profile and histological alterations in the liver of juvenile *Tor tambroides*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 13(1), 185-200.

Sankian, Z., Khosravi, S., Kim, Y.O., Lee, S.M., 2019. Total replacement of dietary fish oil with alternative lipid sources in a practical diet for mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, juveniles. *Fisheries and Aquatic Sciences* 22(8), 1-9.

Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids. In: Halver, J.E. Hardy, R.W. (Eds.). Fish Nutrition. Academic Press, pp. 181-257.

Seifi Berenjestanaki, S., Esmaeili Fereidouni, A., Ouraji, H., Jani Khalili, K., 2014. Influence of dietary lipid sources on growth, reproductive performance and fatty acid compositions of muscle and egg in three-spot gourami (*Trichopodus trichopterus*) (Pallas, 1770). *Aquaculture Nutrition* 20(5), 494-504.

Senadheera, S.P.S.D., Turchini, G.M., Thanuthong, T., Francis, D.S., 2010. Effects of dietary R-linolenic acid (18:3n-3)/linoleic acid (18:2n-6) ratio on growth performance fillet fatty acid profile and finishing efficiency in Murray cod. *Aquaculture* 309(1-4), 222-230.

Shuzhan, F., Cui, L., Yu, X., Haokun, L., Dong, H., Junyan, J., Yunxia, Y., Xiaoming, Z., Shouqi, X., 2020. The effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth performance, tissues fatty acid profile and sex steroid hormone synthesis of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture Reports* 17, 100361.

Sink, T., Lochmann, R., 2008. Effects of dietary lipid source and concentration on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) egg biochemical composition, egg and fry production, and egg and fry quality. *Aquaculture* 283(1-4), 68-76.

Smith, D.M., Hunter, B.J., Allan, G.L., Roberts, D.C.K., Booth, M.A., Glencross, B.D., 2004. Essential fatty acids in the diet of silver perch (*Bidyanus bidyanus*): Effect of linolenic and linoleic acid on growth and survival. *Aquaculture* 236(1-4), 377-390.

Tamira, M.O., Táfanie, V.F., Renan, R., Luis, D.S., Jose, L., Priscila, V.R., 2019. Effects of the dietary linoleic acid to linolenic acid ratio for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) breeding females. *Aquaculture* 44, 1-25.

Tan, X.Y., Luo, Z., Xie, P., Liu, X.P., 2009. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture* 296(1-2), 96-101.

Thanuthong, T., Francis, D.S., Senadheera, S.D., Jones, P.L., Turchini, G.M., 2011. Fish oil replacement in rainbow trout diets and total dietary PUFA content: I) Effects on feed efficiency, fat deposition and the efficiency of a finishing strategy. *Aquaculture* 320(1-2), 82-90.

Tian, J., Lei, C.X., Ji, H., 2016. Influence of dietary linoleic acid (18:2n-6) and α-linolenic acid (18:3n-3) ratio on fatty acid composition of different tissues in freshwater fish Songpu mirror carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Research* 47(12), 3811-3825.

Tocher, D.R., Sargent, J.R., 1984. Analyses of lipids and fatty acids in ripe roes of some northwest European marine fish. *Lipids* 19, 492-499.

Tocher, D.R., Agaba, M., Hastings, N., Bell, J.G., Dick, J.R., Teale, A.J., 2002. Nutritional regulation of hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition in zebrafish (*Danio rerio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiology* and *Biochemistry* 24, 309-320.

Tocher, D.R., 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research* 41(5), 717-732.

Welcomme, R.L., 1988. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, Italy, FAO, 318 p.

Wu, F.C., Chen, H.Y., 2012. Effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth, tissue fatty acid profile and immune response of the juvenile grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture* 324-325, 111-117.

Xiao, T., Zhi, L., Ping, X., Xiang, L., 2009. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Aquaculture* 296(1-2), 96-101.

Xiao, M., Wang, L., Xie, D., Tian, X., Zhang, Y., Wu, L., Liu, H., Wang, L., Dong, C., Li, X., Nie, G., 2020. Effect of dietary linolenic/linoleic acid ratios on growth performance, ovarian steroidogenesis, plasma sex steroid hormone, and tissue fatty acid accumulation in juvenile common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Reports* 18, 104-116.

Xie, D., Liu, X., Wang, S., You, C., Li, Y., 2017. Effects of dietary LNA/LA ratios on growth performance, fatty acid composition and expression levels of elovl5, Δ4 fad and Δ6/Δ5 fat in the marine teleost *Siganus canaliculatus*. *Aquaculture* 39, 1-8.

Yildiz, M., Eroldogan, T.O., Ofori-Mensah, S., Engin, K., Baltaci, M.A., 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. *Aquaculture* 488, 123-133.

You, C., Miao, S., Lin, S., Wang, S., Waiho, K., Li, Y., 2017. Expression of long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) biosynthesis genes and utilization of fatty acids during early development in rabbitfish *Siganus canaliculatus*. *Aquaculture* 479, 774-779.

Zeng, Y.Y., Jiang, W.D., Liu, Y., Wu, P., Zhao, J., Jiang, J., Kuang, S.Y., Tang, L., Tang, W.N., Zhang, Y.A., Zhou, X.Q., Feng, L., 2015. Optimal dietary alpha- linolenic acid/linoleic acid ratio improved digestive and absorptive capacities and target of rapamycin gene expression of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Nutrition* 22(6), 1251-1266.

Zuo, R., Mai, K., Xu, W., Turchini, G.M., Ai, Q., 2015. Dietary ALA, but not LNA, increase growth, reduce inflammatory processes, and increase anti-oxidant capacity in the marine finfish *Larimichthys crocea*: dietary ALA, but not LNA, increase growth, reduce inflammatory processes, and increase anti-oxidant capacity in the large yellow croaker. *Lipids* 50(2), 149-163.